



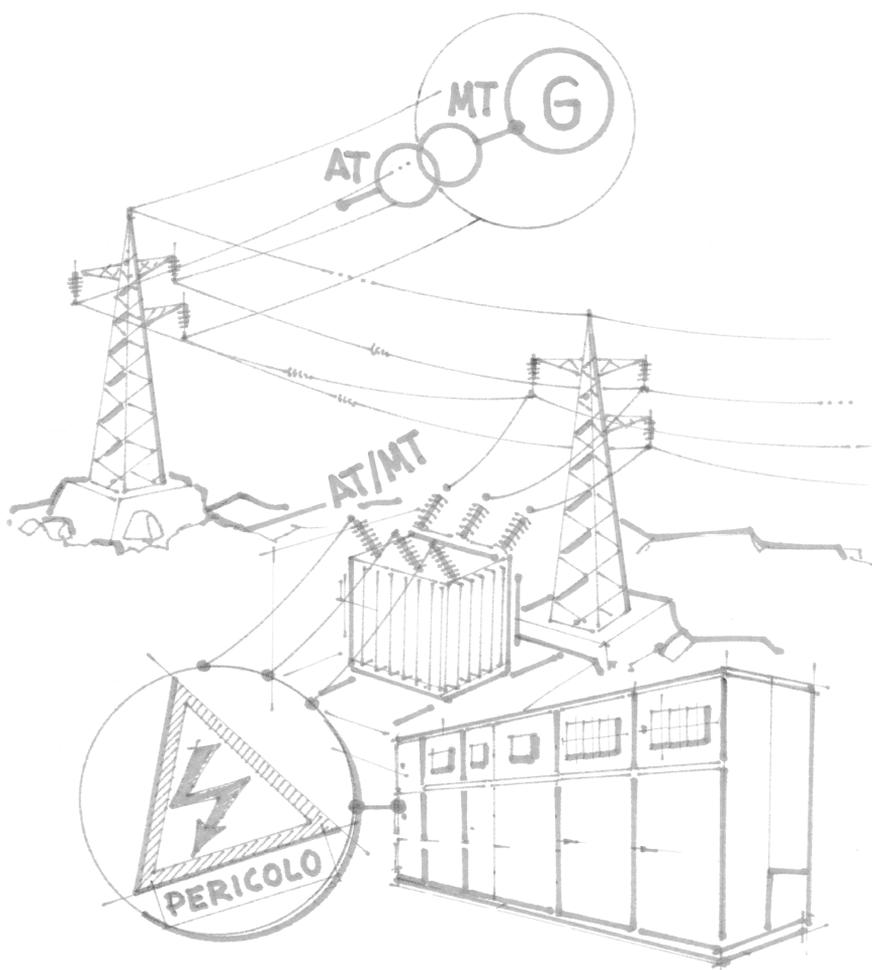
ABB SACE



L'impianto elettrico	1
Le leggi e le norme preposte per la sicurezza	2
La normativa tecnica e i marchi di conformità nazionali	3
Enti normatori e marchi di conformità internazionali	4
L'impianto di terra	5
Sezioni minime convenzionali del conduttore di terra, di protezione, equipotenziale di neutro	6
Classificazione dei sistemi elettrici	7
Protezione contro i contatti accidentali	8
Misure e verifiche	9
Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale	10
Locali contenenti bagni o docce	11
Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito	12
Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)	13

Calcolo degli sforzi elettrodinamici in sistemi di sbarre in rame e alluminio	14
Calcolo delle correnti di corto circuito	15
Rifasamento	16
Scelta dei dispositivi di manovra e protezione	17
La protezione contro le sovratensioni transitorie	18
Sezionamento e interruzione per manutenzione non elettrica	19
Comando funzionale e d'emergenza	20
Blocchi e interblocchi meccanici	21
Manovra e protezione del motore elettrico	22
Sistemi di supervisione e controllo	23
Il quadro elettrico in BT	24
Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT	25

1.1 Definizioni	1/2
1.2 Principi fondamentali di sicurezza ed affidabilità elettrica	1/2
1.3 Pericolosità della corrente elettrica	1/4



L'impianto elettrico

1.1 Definizioni

L'insieme delle macchine, delle apparecchiature e delle linee destinate alla produzione, trasformazione, trasmissione, distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica costituisce il **sistema elettrico**.

All'interno del sistema elettrico, l'insieme di tutti quei componenti che, seppure alimentati con differenti livelli di tensione, sono destinati a svolgere una determinata funzione, prende il nome di **impianto elettrico**.

Oggetto della presente guida è la sola parte dell'impianto elettrico utilizzatore in bassa tensione la cui definizione, fornita dalla Norma CEI 64-8, è:

“l'insieme di componenti elettrici elettricamente associati al fine di soddisfare a scopi specifici e aventi caratteristiche coordinate. Fanno parte dell'impianto elettrico tutti i componenti elettrici non alimentati tramite prese a spina; fanno parte dell'impianto elettrico anche gli apparecchi utilizzatori fissi alimentati tramite prese a spina destinate unicamente alla loro alimentazione”.

Inoltre, la Norma CEI 64-8 (art. 132.1) stabilisce che gli impianti elettrici devono garantire:

- la protezione delle persone e dei beni;
- il corretto funzionamento in conformità all'uso previsto.

1.2 Principi fondamentali di sicurezza ed affidabilità elettrica

Dato un numero **N** di oggetti identici, funzionanti per un tempo **t** in determinate condizioni, si definisce sicurezza **S** (relativa al tempo **t**) il rapporto tra il numero di oggetti **N₁**, che non hanno subito guasto ed il numero totale **N**.

$$S = \frac{N_1}{N}$$

La sicurezza contro un evento sfavorevole (guasto) costituisce pertanto la probabilità che in condizioni e tempi prestabiliti, non si verifichi l'evento indesiderato; la sicurezza **S** è perciò un numero compreso tra 0 e 1.

Per contro la quantità **(1-S)** rappresenta la probabilità di guasto denominata anche insicurezza o pericolo.

Fortunatamente, in presenza di un guasto, non necessariamente si verifica un incidente o un danno a persone e a cose.

Tecnicamente viene definito come rischio **R** il prodotto:

$$R = (1-S) \cdot P \cdot M$$

dove:

(1-S) = probabilità di guasto

P = probabilità che in caso di guasto si verifichi un danno

M = entità delle conseguenze (gravità del danno).

Particolarmente difficile è la scelta dell'unità di misura della grandezza **M**, perché le conseguenze di un incidente possono coinvolgere valori umani, economici, ambientali ed inoltre possono avere conseguenze immediate o differite nel tempo; si dovrà pertanto valutare di volta in volta quale tipo di danno si vuole considerare.

L'impianto elettrico

È necessario inoltre rilevare che ad ogni attività umana è sempre associato un rischio e che, anche nelle condizioni di massima sicurezza, non si può parlare di rischio zero.

L'obiettivo deve pertanto essere la riduzione del rischio ad un livello accettabile, che sia punto di equilibrio tra le molteplici esigenze operative, di progetto, di costo, di sicurezza.

L'affidabilità di una macchina o di un componente è la probabilità che durante un prefissato intervallo di tempo t di funzionamento non si verifichi un guasto che provochi la cessazione della prestazione richiesta.

Le definizioni di affidabilità e sicurezza sono pertanto simili, ma invadono campi differenti: la prima si interessa solo di guasti che possono compromettere le prestazioni cui l'affidabilità si riferisce, la seconda si interessa dei guasti che possono produrre pericoli per le persone e le cose (Fig. 1/1).

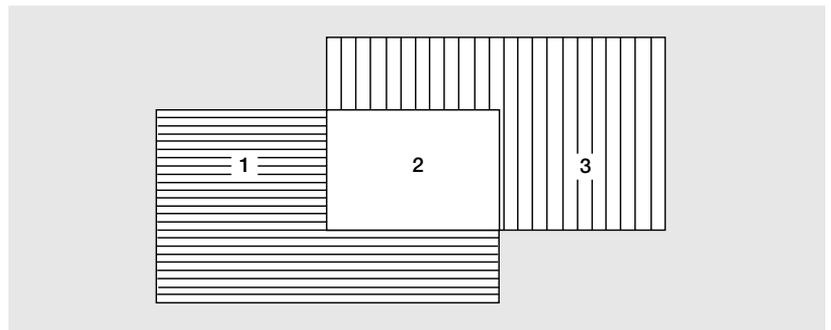


Fig. 1/1 – 1) Guasti che compromettono l'affidabilità
2) Guasti che compromettono l'affidabilità e la sicurezza
3) Guasti che compromettono la sicurezza

Delle tre aree individuate nel diagramma è importante sottolineare l'insidia dei guasti che si collocano nella terza area. Questo tipo di guasti, che pregiudicano la sicurezza ma non l'affidabilità del sistema, è di difficile individuazione perché non si manifestano con una diminuzione delle funzionalità del sistema.

L'impianto elettrico

1.3 Pericolosità della corrente elettrica

Il contatto di uno o più organi del corpo umano con componenti elettrici in tensione, può determinare il passaggio attraverso il corpo, di una corrente elettrica.

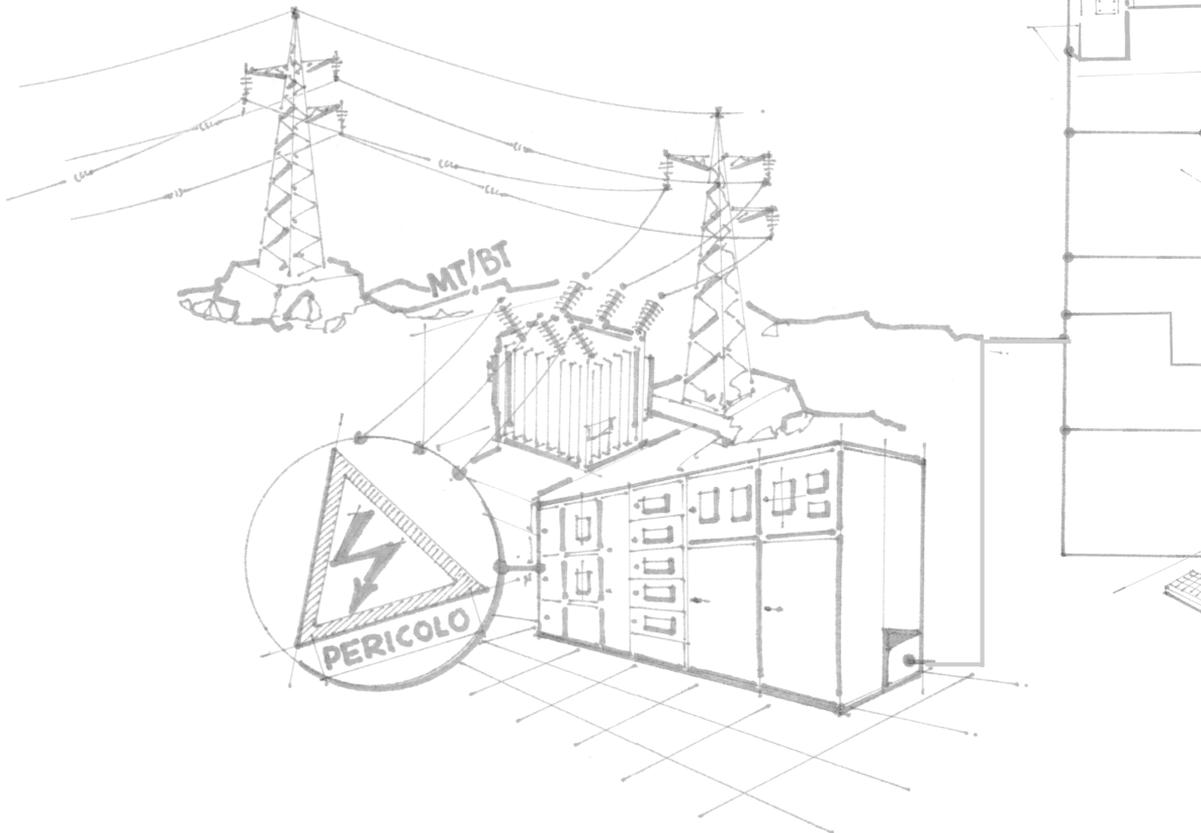
Gli effetti fisiopatologici che la corrente elettrica può provocare, sono principalmente due:

- 1) disfunzione di organi vitali (cuore, sistema nervoso);
- 2) alterazione dei tessuti per ustione.

La soglia minima di sensibilità sui polpastrelli delle dita delle mani è di circa 2 mA in corrente continua e 0,5 mA in corrente alternata alla frequenza di 50 Hz.

La soglia di pericolosità è invece difficilmente individuabile perché soggettiva e dipendente da molteplici fattori, tra i quali:

- l'intensità della corrente
- la frequenza e la forma d'onda, se alternata
- il percorso attraverso il corpo
- la durata del contatto
- la fase del ciclo cardiaco al momento del contatto
- il sesso e le condizioni fisiche del soggetto.



L'impianto elettrico

La pericolosità della corrente in funzione del tempo per cui circola all'interno del corpo umano, è stata riassunta dal CEI 64, fasc. 4985 nei diagrammi di Fig. 1/2 e Fig. 1/3, validi rispettivamente per correnti continue e alternate.

Gli effetti della corrente nelle quattro zone sono così riassumibili:

zona 1: i valori sono inferiori alla soglia di sensibilità;

zona 2: non si hanno, di norma, effetti fisiopatologici pericolosi;

zona 3: si hanno effetti fisiopatologici di gravità crescente all'aumentare di corrente e tempo. In generale si hanno i seguenti disturbi: contrazioni muscolari, aumento della pressione sanguigna, disturbi nella formazione e trasmissione degli impulsi elettrici del cuore. Quasi sempre però, i disturbi provocati in questa zona hanno effetto reversibile e terminano al cessare del contatto;

zona 4: innesco della fibrillazione ventricolare⁽¹⁾, ustioni (anche gravi), arresto della respirazione, arresto del cuore.

Il percorso della corrente elettrica attraverso il corpo umano è un altro importante fattore di pericolosità; in generale è possibile affermare che il pericolo è maggiore ogni qual volta il cuore è interessato dal percorso della corrente.

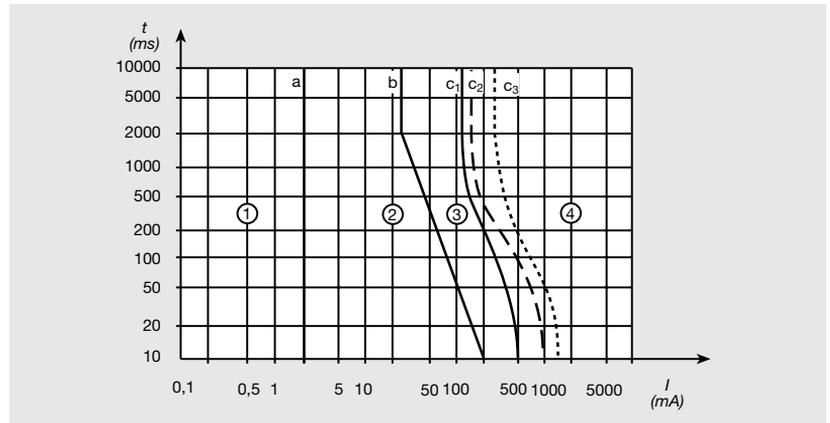
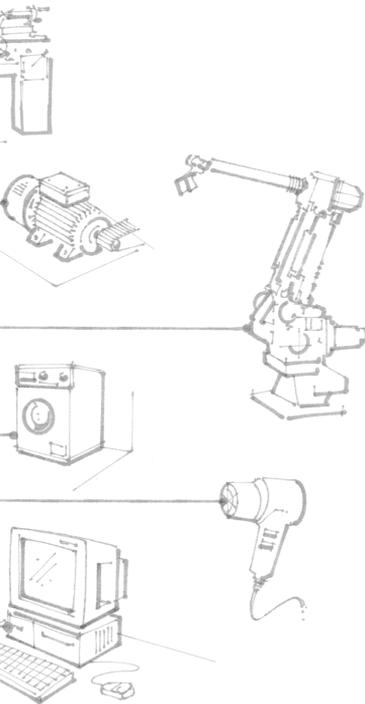


Fig. 1/2 – Zone di pericolosità della corrente continua.

- 1) Di solito, assenza di reazioni, fino alla soglia di percezione.
- 2) In genere nessun effetto fisiologico pericoloso.
- 3) Possono verificarsi contrazioni muscolari e perturbazioni reversibili nella formazione trasmissione degli impulsi elettrici cardiaci.
- 4) Fibrillazione ventricolare probabile. Possono verificarsi altri effetti patofisiologici, ad esempio gravi ustioni. Le curve c_2 e c_3 corrispondono a una probabilità di fibrillazione ventricolare rispettivamente del 5% e 50 %.

(1) Si ha fibrillazione quando i ventricoli, a causa della forte corrente di provenienza esterna al corpo umano, sono stimolati in modo disordinato e si contraggono in modo caotico, impedendo al cuore di svolgere la sua ordinaria funzione.

L'impianto elettrico

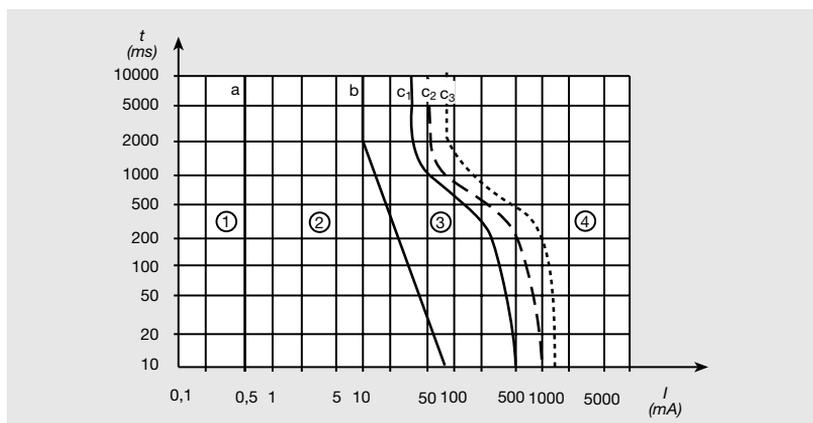


Fig. 1/3 – Zone di pericolosità della corrente elettrica alterata (15÷100 Hz).

- 1) Di solito, assenza di reazioni, fino alla soglia di percezione (dita della mano).
- 2) In genere nessun effetto fisiologico pericoloso, fino alla soglia di tetanizzazione.
- 3) Possono verificarsi effetti patofisiologici, in genere reversibili, che aumentano con l'intensità della corrente e del tempo, quali: contrazioni muscolari, difficoltà di respirazione, aumento della pressione sanguigna, disturbi nella formazione e trasmissione degli impulsi elettrici cardiaci, compresi la fibrillazione atriale e arresti temporali del cuore ma senza fibrillazione ventricolare.
- 4) Probabile fibrillazione ventricolare, arresto del cuore, arresto della respirazione, gravi bruciate. Le curve c_2 e c_3 corrispondono a una probabilità di fibrillazione ventricolare rispettivamente del 5% e 50 %.

Il CEI ha fissato i fattori di percorso **F** della corrente attraverso il corpo; più elevato è il valore di **F**, maggiore è il pericolo. Prendendo come riferimento (ossia **F** = 1), il percorso mano piede di uno stesso lato del corpo (ad esempio mano destra - piede destro) si hanno, per i percorsi più tipici in caso di elettrocuzione, i seguenti valori di **F**:

- | | |
|--------------------------------|----------------|
| – mano sinistra - torace | F = 1,5 |
| – mano destra - torace | F = 1,3 |
| – mano sinistra - piede destro | F = 1 |
| – mano destra - piede sinistro | F = 0,8 |
| – mano sinistra - mano destra | F = 0,4 |

Per quanto riguarda la fase del ciclo cardiaco nell'istante del contatto, è stato sperimentato che il momento meno favorevole si ha quando il fenomeno dell'elettrocuzione inizia tra la fine della contrazione cardiaca e l'inizio dell'espansione.

Da quanto esposto in precedenza, è evidente che il valore della corrente che attraversa il corpo umano, venuto accidentalmente in contatto con una parte in tensione, dipende complessivamente dal valore della resistenza elettrica del singolo individuo. Questo valore è estremamente aleatorio ed anche per uno stesso soggetto varia più volte nel corso della giornata; tuttavia, pur considerando un valore medio prudenziale di 3 k Ω , si osserva che una tensione di soli 60 V (frequenza 50 Hz) provoca teoricamente la circolazione di una corrente di 20 mA, che rappresenta il limite della corrente di distacco (fenomeno della tetanizzazione) per la quasi totalità degli individui.

2.1 Norme giuridiche	2/2
2.2 Norme tecniche	2/3
2.3 Disposizioni legislative nel settore elettrico	2/4
2.3.1 D.P.R. 547/55	2/4
2.3.2 Legge 186/68	2/5
2.3.3 Legge 791/77	2/5
2.3.4 D.L. 626/96	2/5
2.3.5 Legge 46/90 e D.P.R. 447/91	2/5
2.3.6 D.P.R. 392/94 (decreto Cassese)	2/8



Le leggi e le norme preposte per la sicurezza

In qualsiasi ambito tecnico ed in particolare nel settore elettrico si impone, per realizzare impianti **“a regola d’arte”**, il rispetto di tutte le norme giuridiche e tecniche di pertinenza.

La conoscenza delle norme e la distinzione tra norma giuridica e norma tecnica è pertanto il presupposto fondamentale per un approccio corretto alle problematiche degli impianti elettrici che devono essere realizzati conseguendo quel **“livello di sicurezza accettabile”** che non è mai assoluto, ma è, al progredire della tecnologia, determinato e regolato dal legislatore e dal normatore.

2.1 Norme giuridiche

Sono tutte le norme dalle quali scaturiscono le regole di comportamento dei soggetti che si trovano nell’ambito di sovranità dello Stato.

Le fonti primarie dell’ordinamento giuridico sono le leggi ordinarie, emanate dal Parlamento, i decreti legge emanati dal Governo, i decreti del Presidente della Repubblica (Fig. 2/1).

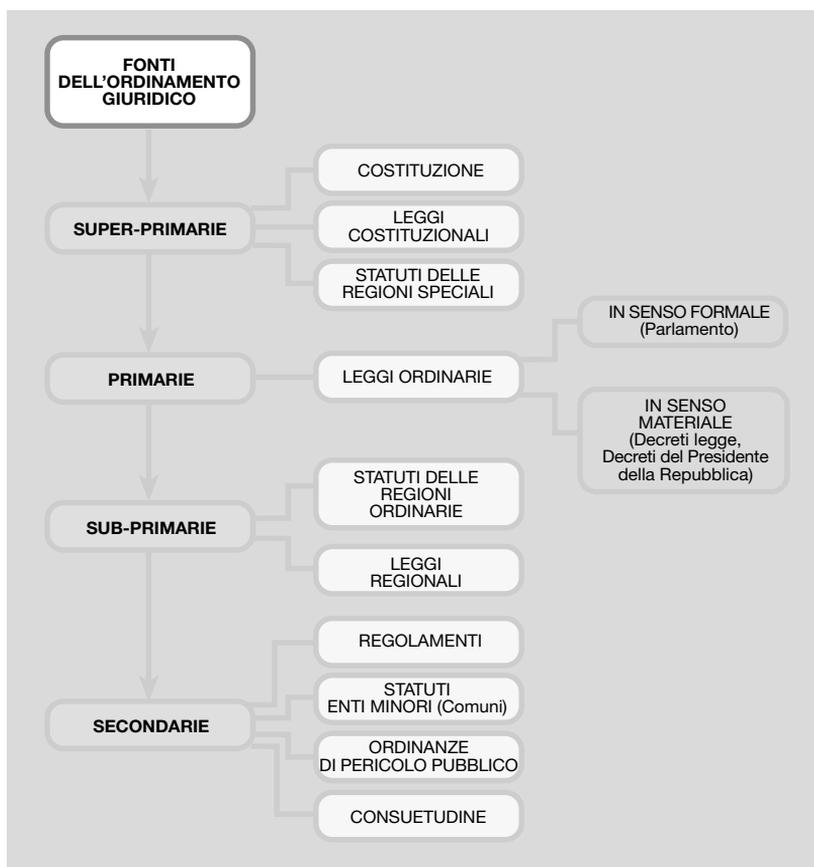


Fig. 2/1 – Le fonti dell’ordinamento giuridico

Le leggi e le norme preposte per la sicurezza

2.2 Norme tecniche

Sono l'insieme delle prescrizioni sulla base delle quali devono essere progettate, costruite e collaudate, le macchine, le apparecchiature, i materiali e gli impianti, affinché sia garantita l'efficienza e la sicurezza di funzionamento.

Le norme tecniche, emanate da organismi nazionali ed internazionali (Fig. 2/2), sono redatte in modo molto particolareggiato e possono assumere rilevanza giuridica quando la stessa viene loro attribuita da un provvedimento legislativo.

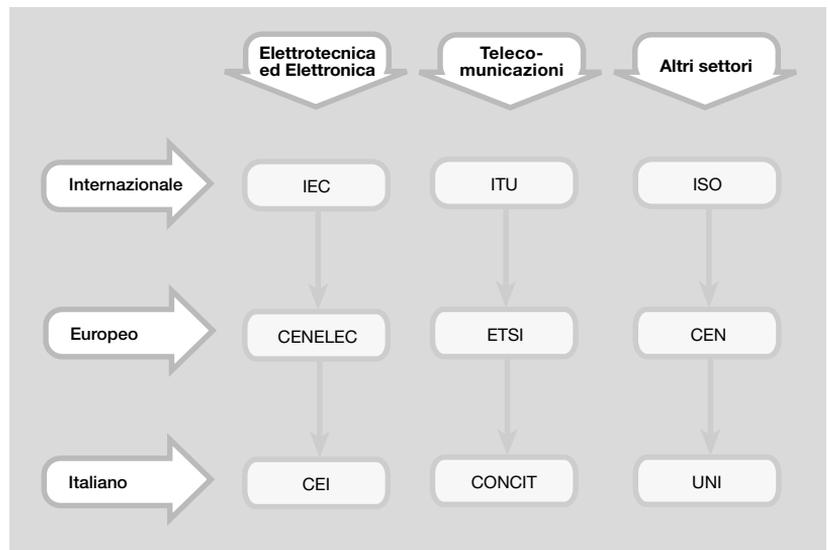


Fig. 2/2 – Enti normativi nazionali ed internazionali

Le leggi e le norme preposte per la sicurezza

2.3 Disposizioni legislative nel settore elettrico

I principali provvedimenti legislativi che riguardano la sicurezza per la prevenzione infortuni, inerenti il settore elettrico, sono:

2.3.1 D.P.R. 547/55

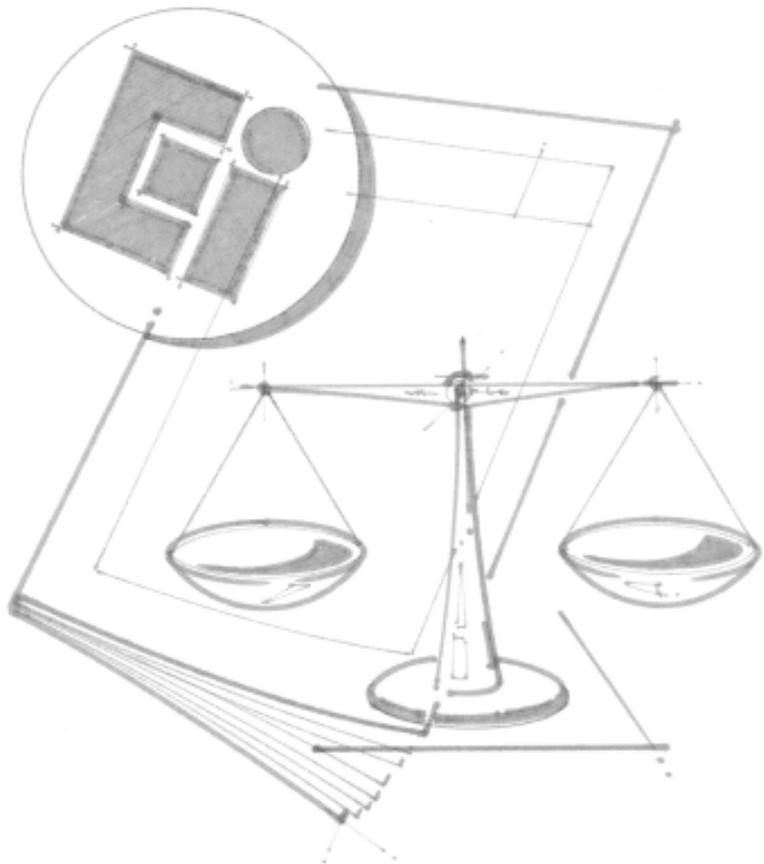
Il D.P.R. 547/55 del 27 aprile 1955 “Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro” anche se un po’ datato, costituisce tutt’oggi un importante riferimento legislativo.

Il decreto, diviso in dodici parti chiamate titoli, si occupa in modo specifico di prevenzione infortuni per cause elettriche al titolo VII: “Impianti, macchine ed apparecchi elettrici”.

Il titolo VII è composto da 84 articoli, divisi in undici capitoli, che stabiliscono i principi fondamentali di sicurezza per apparecchiature, macchine ed impianti elettrici.

Al D.P.R. 547/55 si affianca da alcuni anni il D.L. n°626 del 19 settembre 1994 che integra ed in alcuni articoli sostituisce il D.P.R. 547/55.

In particolare, per gli operatori del settore elettrico, sono di particolare interesse gli articoli 6, 10, 33 e 58.



Le leggi e le norme preposte per la sicurezza

2.3.2 Legge 186/68

La legge 186 dello 01/03/68 “Disposizioni concernenti materiali ed impianti elettrici” si compone di due articoli:

Art. 1 - Tutti i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici devono essere realizzati e costruiti a regola d’arte.

Art. 2 - I materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici realizzati secondo le Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano si considerano costruiti a regola d’arte.

Grazie a questa legge venne offerto per la prima volta in Italia a tutti gli operatori del settore elettrico un preciso riferimento (le Norme CEI) per poter realizzare e gestire in modo corretto gli impianti, le macchine e le apparecchiature elettriche ed elettroniche.

2.3.3 Legge 791/ 77

La legge n°791 del 18 ottobre 1977 “Libera circolazione del materiale elettrico di B.T.” che ha recepito la Direttiva Europea 73/23/CEE.

Nella legge viene confermato il principio della “regola d’arte” in materia di sicurezza, estendendolo così a livello europeo. Diretta conseguenza di ciò è stato il riconoscimento dei seguenti Enti e Laboratori nazionali: CESI, INEGF e IMQ (solo per i marchi), quali Enti di certificazione tecnica di conformità alle Norme, nel caso che il prodotto non risponda alle Norme armonizzate GENELEC, ma alle CEEel e IEC.

2.3.4 D.L. 626/96

Il decreto legislativo 626 del 25 novembre 1996 costituisce il naturale ampliamento della direttiva bassa tensione.

Il decreto, che è anch’esso il recepimento di una Direttiva Comunitaria⁽¹⁾, introduce la marcatura CE del materiale elettrico e di fatto impegna il costruttore, che appone sotto la propria responsabilità la marcatura CE, a far sì che il prodotto sia rispondente ai requisiti di sicurezza e affidabilità previsti dalla direttiva e, di conseguenza, dalle Norme.

Ad integrazione del DL 626/96 si ricorda che in data 31/07/97 è stato pubblicato un ulteriore decreto legislativo, recante il n° 277/97, nel quale, all’art. 2, vengono meglio precisate le sanzioni in cui incorre chi non ottemperi alle disposizioni in materia di marcatura CE.

2.3.5 Legge 46/90 e D.P.R. 447/91

La legge n°46 del 5 marzo 1990 “Norme per la sicurezza degli impianti” è la prima legge nazionale che, ribadendo all’art. 7 della stessa l’obbligo della regola dell’arte, stabilisce i seguenti importanti principi:

- 1) i requisiti per l’accesso alla professione di installatore;
- 2) l’obbligo per i committenti di rivolgersi ad imprese qualificate;
- 3) l’obbligo della dichiarazione di conformità dell’impianto alle Norme da parte dell’installatore;

(1) Il titolo esatto del DL 626/96 è: “Attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico, destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione”.

Le leggi e le norme preposte per la sicurezza

- 4) la necessità della dichiarazione di conformità per ottenere da parte dei Comuni il certificato di abitabilità-agibilità dei locali;
- 5) l'obbligo per gli Enti Locali di adeguare, di conseguenza, i regolamenti edilizi;
- 6) l'obbligo, decretato dall'art. 7 della legge, di eseguire gli impianti a regola d'arte e di dotarlo di impianto di messa a terra e di interruttori differenziali.

Per quanto concerne gli impianti domestici e similari (ambienti senza lavoratori dipendenti) preesistenti alla legge, sprovvisti di impianto di messa a terra, ma che dispongono già di idonea protezione contro le sovracorrenti ed i cui conduttori risultano di sezione conforme ai carichi e con un idoneo isolamento è consentito⁽²⁾, onde rendere meno grave e costoso l'adeguamento dell'impianto alla legge, l'aggiunta di soli interruttori differenziali, con $I_{\Delta n} \geq 30$ mA, come misura di protezione "adeguata" (art. 5, punto 8 del regolamento di attuazione), anche se con essa non può realizzarsi l'azione preventiva contro i contatti indiretti. Questa deroga conferisce un economico ed immediato elevato grado di sicurezza all'impianto, ma richiede che, alla prima ristrutturazione o manutenzione straordinaria, l'impianto venga dotato dell'impianto di terra.

Un esame approfondito della legge 46/90 e del D.P.R. 447/91 (regolamento di attuazione) esula dagli scopi del presente testo. Tuttavia allo scopo di sintetizzare i punti fondamentali della legge, vengono proposti gli schemi a blocchi che seguono nei quali si illustra:

- dove si applica la legge 46/90;
- quando si deve rilasciare la dichiarazione di conformità;
- quando occorre il progetto dell'impianto.

(*) Impianto all'aperto, contatore al chiuso

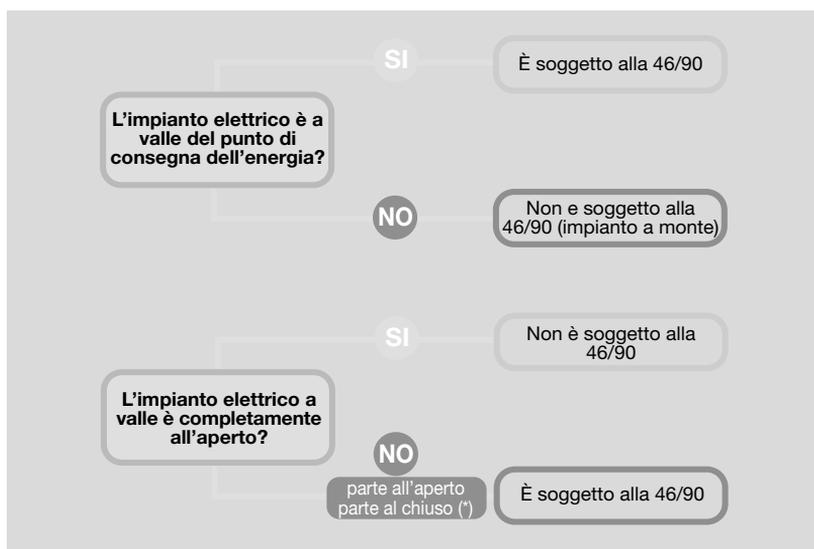


Fig. 2/3 – Dove si applica la legge 46/90

(2) Il termine massimo entro cui è consentito l'adeguamento scade, alla data di stesura del presente testo, il 31/12/98 e, verosimilmente, non sono previste ulteriori deroghe.

Le leggi e le norme preposte per la sicurezza

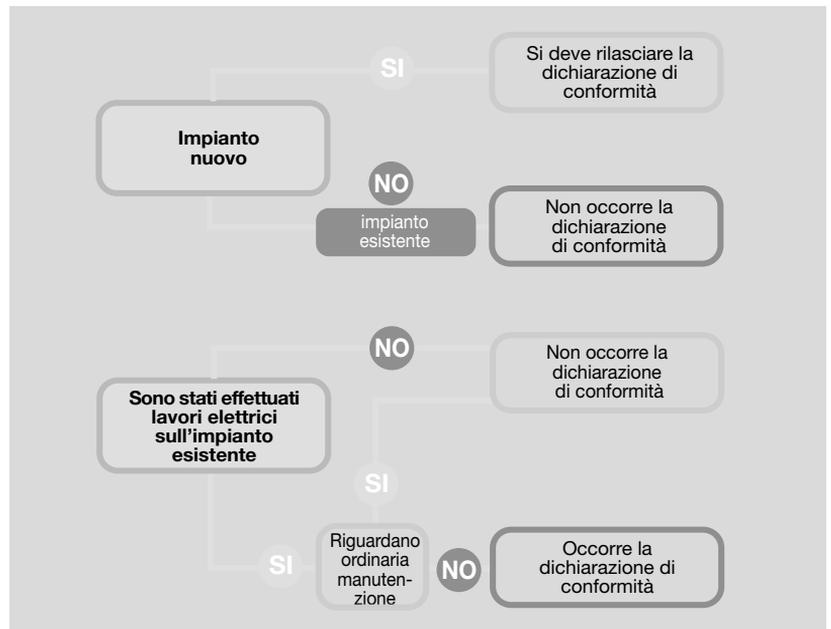


Fig. 2/4 – Quando si deve rilasciare la dichiarazione di conformità

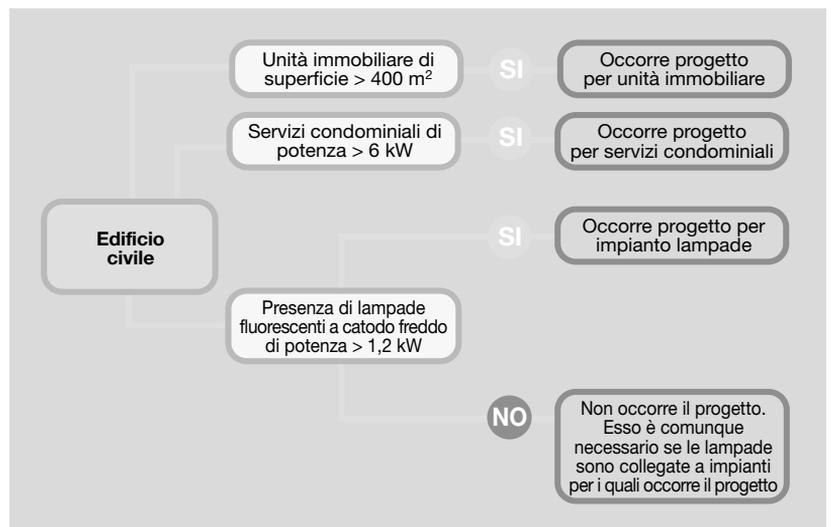


Fig. 2/5 – Quando occorre il progetto dell'impianto

Le leggi e le norme preposte per la sicurezza

2.3.6 D.P.R. 392/94 (decreto Cassese)

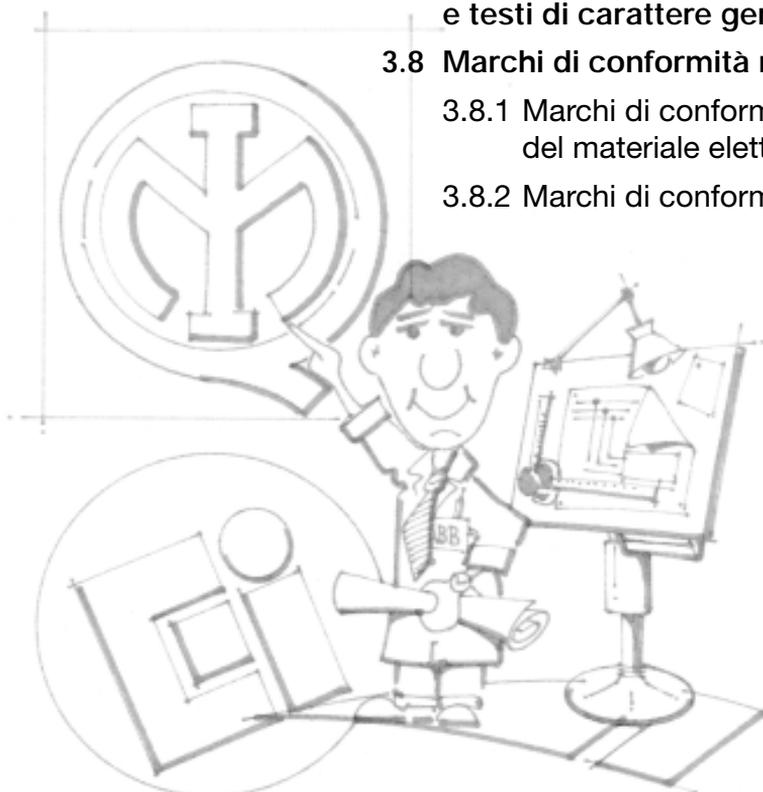
Il D.P.R. 392 del 18 aprile 1994 firmato dall'allora Ministro per la Funzione Pubblica on. Cassese, amplia ed affina i contenuti della legge 46/90. Il decreto "Cassese" si compone di otto articoli; nei primi tre si tratta dell'autocertificazione delle imprese installatrici, le quali, dall'emanazione del decreto, per intraprendere l'attività non devono più attendere il riconoscimento ufficiale dalla relativa Camera di Commercio, ma possono immediatamente offrirsi al libero mercato, presentando una semplice denuncia di inizio attività nella quale si dichiara il possesso dei requisiti tecnici-professionali previsti. La Camera di Commercio, che ancora svolge attività di verifica delle competenze, delle quali si potrà richiedere solo una dimostrazione cartacea a mezzo titoli e/o anzianità professionale, dovrà dunque rilasciare il Certificato di Riconoscimento dei Requisiti (noto ormai come "patentino"). A fine lavori si dovrà rilasciare una copia della Dichiarazione di Conformità al committente-cliente, riportante in calce, oltre alla firma del titolare dell'impresa installatrice, anche la firma del relativo Responsabile Tecnico (che spesso sono la stessa persona); un'altra copia di quella Dichiarazione, costituita da un fac-simile, dovrà poi essere consegnata da parte della stessa impresa alla Camera di Commercio dove risulta essere iscritta.

L'art. 4 del decreto affronta il problema delle verifiche e a questo proposito incarica chiaramente l'autorità comunale (nei Comuni con più di 10.000 abitanti) di effettuare le verifiche, almeno nel 10% degli impianti nuovi.

Nell'art. 5 si ha un'ulteriore conferma della facoltà di realizzare e gestire i propri impianti da parte di responsabili interni di imprese non installatrici, nel qual caso gli stessi responsabili possono rilasciare la Dichiarazione di conformità, creando una strana difformità rispetto alle imprese esterne che invece tale Dichiarazione devono sempre fornirla al committente.

Infine, l'art. 6 offre la possibilità ai proprietari e agli amministratori di immobili di autodichiarare la conformità dei propri impianti secondo i requisiti della legge 46/90, conformità ottenuta grazie ad interventi tecnici precedenti il 1990.

3.1 Enti normatori nazionali	3/2
3.2 Norme CEI per impianti elettrici utilizzatori	3/2
3.3 Norme CEI per impianti elettrici di distribuzione	3/3
3.4 Norme CEI per i materiali elettrici, le apparecchiature e le macchine	3/3
3.5 Protezione contro i fulmini	3/4
3.6 Tabelle CEI UNEL	3/4
3.7 Applicazione delle Norme e testi di carattere generale	3/4
3.8 Marchi di conformità nazionali	3/4
3.8.1 Marchi di conformità del materiale elettrico	3/4
3.8.2 Marchi di conformità degli impianti	3/12



La normativa tecnica e i marchi di conformità nazionali

3.1 Enti normatori nazionali

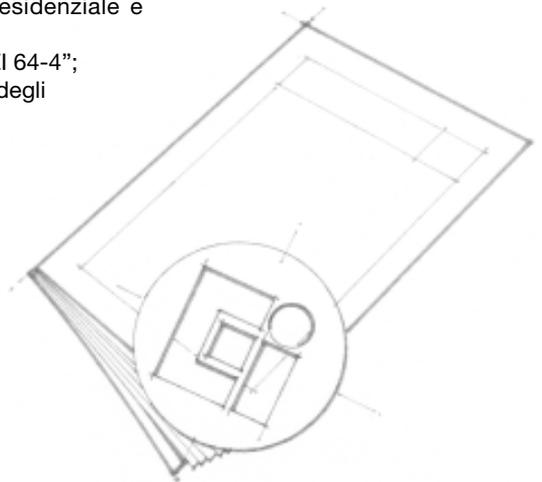
L'Ente normatore nazionale per il settore elettrico ed elettronico è il CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano). Esso ha lo scopo di stabilire:

- i requisiti che devono avere i materiali, le macchine, le apparecchiature e gli impianti elettrici affinché corrispondano alla regola di buona elettrotecnica;
- il livello minimo di sicurezza per impianti e apparecchi per la loro conformità giuridica alla regola d'arte;
- i criteri con i quali detti requisiti debbono essere provati e controllati.

3.2 Norme CEI per impianti elettrici utilizzatori

Le principali Norme CEI per gli impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione sono:

- CEI 64-8 IV edizione: la Norma CEI generale per impianti elettrici utilizzatori "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua" (**Nota: la Norma CEI 64-8 è una norma armonizzata, cioè condivisa dagli altri paesi della Comunità Europea**);
- CEI 64-2 IV edizione "Impianti in luoghi con pericolo di esplosione";
- CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) "Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas - Classificazione dei luoghi pericolosi";
- CEI 64-4 "Impianti elettrici in locali adibiti ad uso medico";
- CEI 64-11 "Mobili/fiere/bar";
- CEI 64-12 "Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario";
- CEI 64-13 "Guida alla norma CEI 64-4";
- CEI 64 14 "Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori";
- CEI 64-15 "Edifici storici";
- CEI 64-17 "Cantieri";
- CEI 64-50 "Edilizia residenziale";
- CEI 64-51 "Centri commerciali";
- CEI 64-52 "Edifici scolastici".



La normativa tecnica e i marchi di conformità nazionali

3.3 Norme CEI per impianti elettrici di distribuzione

Le principali Norme CEI per gli impianti elettrici di distribuzione di bassa tensione sono:

- CEI 11-1 “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - Norme generali”;
- CEI 11-4 “Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne”;
- CEI 11-8 “Impianti di terra”;
- CEI 11-15 “Impianti sotto tensione”;
- CEI 11-16 “Attrezzi”;
- CEI 11-22 “Aste isolanti e attrezzi”;
- CEI 11-23 “Abiti”;
- CEI 11-24 “Terminologie per attrezzi”;
- CEI 11-25, 11-26, 11-28 “Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifase a corrente alternata”;
- CEI 11-27 “Esecuzione dei lavori su impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000 V”;
- CEI 11-35 “Guida all’esecuzione delle cabine elettriche d’utente”;
- CEI 11-37 “Guida per l’esecuzione di impianti di terra”;
- CEI 11-39 “Lavori sotto tensione. Distanze in asta”.

3.4 Norme CEI per i materiali elettrici, le apparecchiature e le macchine

Le principali Norme CEI per componenti di bassa tensione da integrare tra loro nell’impianto sono:

- CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) “Apparecchiature a bassa tensione (interruttori industriali)”;
- CEI EN 60947-3 (CEI 17-11) “Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori”;
- CEI EN 60947-4 (CEI 17-3) “Contattori fino a 1000 V”;
- CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1) “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (Quadri BT, AS di serie e ANS non di serie)”;
- CEI EN 60439-2 (CEI 17-13/2) “Quadri elettrici BT (condotti sbarre prefabbricati)”;
- CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3) “Quadri elettrici BT (quadri per distribuzione ASD)”;
- CEI EN 60439-4 (CEI 17-13/4) “Quadri elettrici BT (quadri per cantiere ASC)”;
- CEI 23-9 “Apparecchi di comando non automatici”;
- CEI 23-16 “Prese a spina per uso domestico”;
- CEI 20-19 “Cavi in gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V”;
- CEI 20-20 “Cavi in PVC con tensione nominale non superiore a 450/750 V”;
- CEI 20-22 “Prove d’incendio su cavi elettrici”;
- CEI 20-35 “Prove sui cavi elettrici sottoposti al fuoco”;
- CEI 20-36 “Cavi resistenti al fuoco”;
- CEI 20-37 “Gas emessi dalla combustione dei cavi”;
- CEI 28-38 “Cavi non propaganti l’incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi”;
- CEI 20-39 “Cavi ad isolamento minerale con tensione nominale non superiore a 750 V”;
- CEI EN 60898 (23-3 IV ed.) “Interruttori per impianti domestici e similari”;

La normativa tecnica e i marchi di conformità nazionali

- CEI EN 61008-1-2; 61009-1-2 (CEI 23-42 fino 23-45) “Interruttori differenziali per uso domestico”;
- CEI 23-48, 23-49, 23-51 “Quadri e quadretti per installazioni fisse per usi domestici e similari”;
- CEI EN 60204 (44-5) “Equipaggiamenti elettrici di macchine industriali”;
- CEI 116-1 “Rivelatori di gas naturale e rivelatori di GPL per uso domestico e similare”.

3.5 Protezione contro i fulmini

Le Norme CEI per gli impianti elettrici contro le scariche atmosferiche sono:

- CEI 81-1 “Protezione delle strutture contro i fulmini”;
- CEI 81-2 “Guida alla verifica degli impianti di protezione contro i fulmini”;
- CEI 81-4 “Valutazione del rischio dovuto al fulmine”.

3.6 Tabelle CEI UNEL

Oltre alle norme, il CEI ha recentemente pubblicato le nuove tabelle sulle portate dei conduttori che sono:

- 35024/1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali ≤ 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c. - regime permanente posa in aria;
- 35024/2 Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali ≤ 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c. regime permanente posa in aria.

3.7 Applicazione delle Norme e testi di carattere generale

Infine il CEI propone da alcuni anni utili guide per gli impianti elettrici di bassa tensione tra le quali:

- CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”;
- CEI 0-3 “Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati”;
- CEI 0-5 “Dichiarazione CE di conformità - Guida all’applicazione delle Direttive Nuovo Approccio”.

3.8 Marchi di conformità nazionali

3.8.1 Marchi di conformità del materiale elettrico

Ci sono tre diversi modi per attestare la conformità di un prodotto (Fig. 3/1):

- mediante l’apposizione del contrassegno CEI (Fig. 3/1a);
- mediante la concessione del Marchio IMQ (Istituto Italiano del Marchio di Qualità) da parte dello stesso Istituto (Fig. 3/1b, c, d, e);
- mediante l’apposizione della marcatura CE (Fig. 3/1f) da parte del costruttore.

Nel primo caso il contrassegno CEI viene applicato dal costruttore ai prodotti e corrisponde ad una autocertificazione, la cui responsabilità di rispondenza alle Norme CEI ricade sul costruttore stesso.

È una procedura ormai in disuso; si applica a grosse apparecchiature, macchine elettriche ecc., di uso industriale.

La normativa tecnica e i marchi di conformità nazionali

Legenda:

- a) contrassegno CEI
- b) marchio IMQ per uso generale
- c) marchio IMQ per gli apparecchi elettrici
- d) marchio IMQ per le masse dei cavi
- e) marcatura CE europea
- f) filo distintivo IMQ per cavi

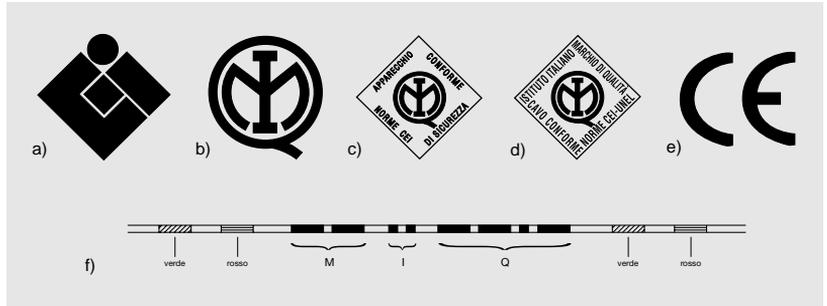


Fig. 3/1 – Marchi di conformità alle Norme nazionali

Nel secondo caso il costruttore può chiedere, su alcuni prodotti di grande serie, la concessione del marchio IMQ. Esso è previsto per materiale elettrico destinato ad utenti non addestrati e, per fornire ad essi la massima garanzia, viene concesso a determinate condizioni, cioè (vedi Fig. 3/2):

- riconoscimento dei sistemi di controllo e di qualità del costruttore;
- approvazione del prototipo con prove di tipo;
- controllo della rispondenza della produzione al prototipo, su campioni prelevati dal mercato.

Un prodotto già contrassegnato con il Marchio IMQ non può esserlo con quello CEI. L'aver sostenuto una serie di prove secondo la normativa europea presso un laboratorio riconosciuto per ottenere il marchio di qualità, abilita alla concessione del marchio presso un altro paese CEE senza la necessità di prove supplementari. Il marchio di qualità coesiste con la marcatura CE e nel caso quest'ultima preveda l'avallo di enti terzi (modulo A) l'istituto del Marchio può rivestire tale funzione. Il marchio attesta la conformità alle norme tecniche e si rivolge al mercato, mentre la marcatura CE attesta la conformità ai requisiti essenziali delle direttive europee e si rivolge esclusivamente all'autorità giudiziaria.

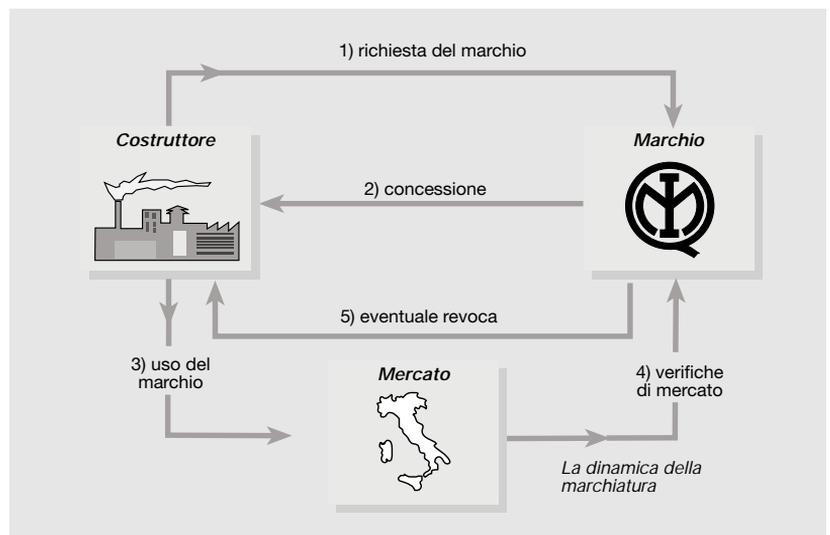


Fig. 3/2 – Concessione del marchio di qualità

La normativa tecnica e i marchi di conformità nazionali

Nel terzo caso la marcatura CE è applicata dallo stesso costruttore (importatore o mandatario) che ha costruito e/o messo in commercio il materiale in Europa. L'apposizione della marcatura CE si effettua in alternativa, sul prodotto, sull'imballo, sulle avvertenze d'uso, sulla garanzia ecc e deve essere visibile, leggibile e indelebile (vedi Fig. 3/3).

La marcatura CE è obbligatoria e indica espressamente la rispondenza di quel prodotto ai requisiti essenziali di tutte le direttive europee che lo riguardano e che costituiscono l'unico vincolo tecnico obbligatorio. È lo stesso costruttore che stabilisce per il suo materiale l'applicabilità dell'una e/o dell'altra direttiva. La marcatura CE si può concepire come autodichiarazione di conformità ad una sorta di regola d'arte europea, definita appunto dai requisiti essenziali, che sono volutamente generici e non precisati per non appesantirne o limitarne il valore. I modi per soddisfare i requisiti essenziali sono liberi e volontari, ma la scelta che garantisce la conformità del prodotto alla Direttiva comunitaria è la rispondenza alle Norme Tecniche armonizzate, come sono quasi tutte le norme CEI (vedi Fig. 3/4).

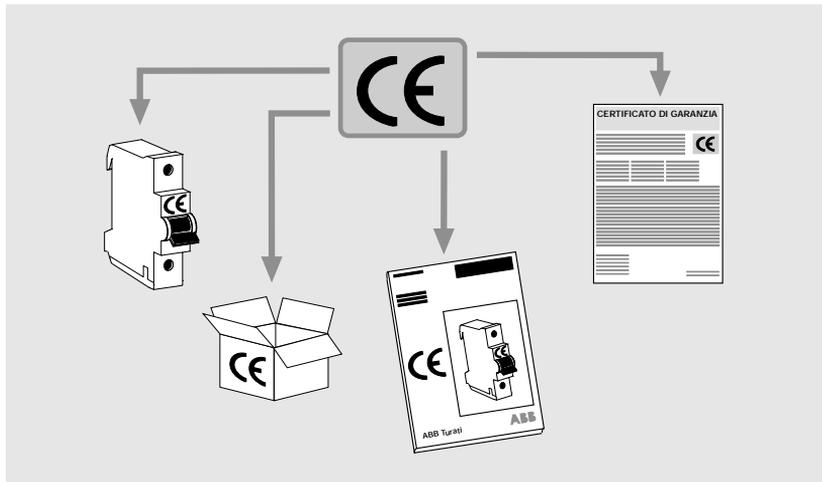


Fig. 3/3 – Libera collocazione della marcatura CE sul prodotto

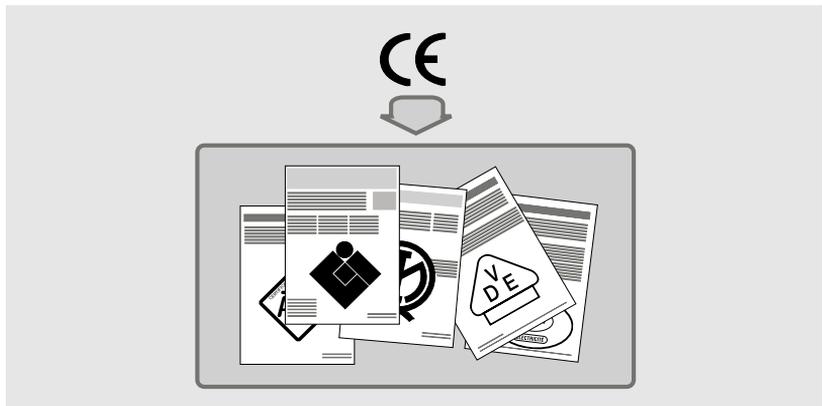


Fig. 3/4 – Sufficienza e non necessità delle Norme tecniche per la marcatura CE

La normativa tecnica e i marchi di conformità nazionali

Un prodotto risponde ad una direttiva se:

- rientra nel relativo campo d'applicazione;
- ha un rischio entro i requisiti essenziali della direttiva stessa.

Nel caso sul prodotto si applichino più direttive (vedi Fig. 3/5) esso deve soddisfare tutti i requisiti essenziali; per questo è in corso al GENELEC una revisione delle norme per evitare incoerenze o contraddizioni (armonizzazione delle norme).

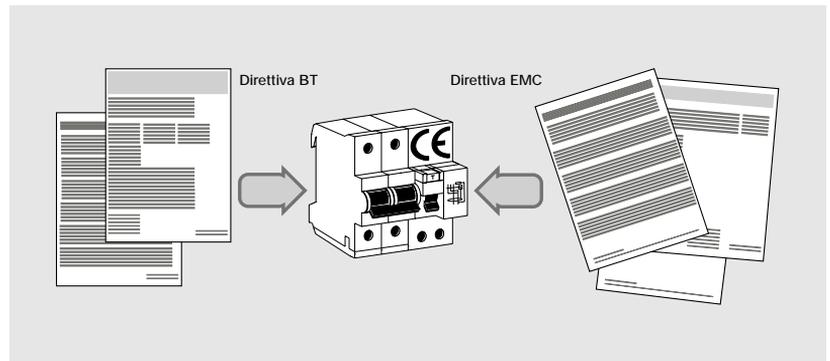


Fig. 3/5 – Più direttive un solo CE

La necessità della marcatura di un prodotto si verifica quando:

- Si immette il prodotto sul mercato (Fig. 3/6). Immissione è quando il primo modello esce dal produttore e va sul mercato europeo cioè viene ceduto al distributore o al cliente finale.

Le direttive si applicano alle immissioni nella sola comunità europea di prodotti nuovi o ricondizionati. Le direttive non si applicano ai prodotti che sono già in uso perché non si tratterebbe di immissione e in ogni caso le direttive si occupano di libero scambio e non degli impianti esistenti).

Non sono considerati immissione sul mercato libero europeo i seguenti eventi:

- semplice trasferimento di prodotti da paesi extracomunitari al rappresentante europeo;
 - produrre o comprare per esportare fuori Europa;
 - esporre prodotti a fiere o mostre;
 - vendere o rivendere prodotti usati e non modificati già in commercio (ante 1995).
- Avviene la messa in servizio di un prodotto che significa installazione e utilizzo del prodotto.
- Non si possono immettere né mettere in servizio prodotti non conformi alle direttive.
- Immissione e messa in servizio coincidono se il prodotto non deve essere installato o assemblato (giocattolo, frigorifero, TV, ecc.).

La normativa tecnica e i marchi di conformità nazionali

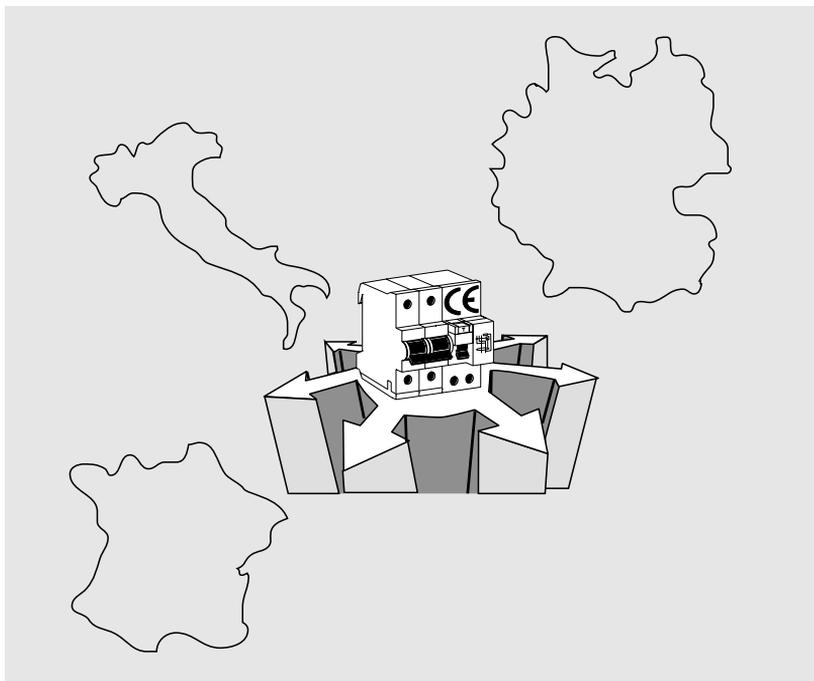


Fig. 3/6 – Immissione sul mercato

La normativa tecnica e i marchi di conformità nazionali

In Europa buona parte dei prodotti in commercio, elettrici e non, sono oggi regolamentati da direttive comunitarie, in particolare:

- Per le macchine operatrici valgono le "Direttive macchine" 89/392/CEE, 91/368, 93/44, 93/68, recepite in Italia dal DPR 459/96.

Si ricorda che con il termine macchina si comprende oltre a ciò che normalmente si intende anche "un insieme di macchine e di apparecchi che, per raggiungere un risultato determinato, sono disposti e comandati in modo da avere un funzionamento solidale". Dunque sono macchine: una linea di montaggio automatico, un processo chimico-meccanico, un paraboloide per telecomunicazioni, ecc.

La marcatura CE su una macchina si deve apporre o per la sua vendita (immissione in commercio) o per la sua installazione (messa in servizio).

- Per gli apparecchi e materiali elettrici vale la Direttiva "Bassa Tensione" 73/23/CEE, recepita in Italia dal DPR 426/96.

Riguarda i componenti e il materiale elettrico in commercio con tensione di lavoro tra 50 e 1000 V e destinati alla realizzazione dell'impianto. Dovranno perciò essere marcati CE secondo la direttiva BT tutti i normali prodotti elettrici messi in commercio come interruttori, cavi, tubi, canali, ed anche apparecchiature quali, ad esempio, un relè, se anch'esso può offrire un cosiddetto funzionamento autonomo (vedi Fig. 3/8).

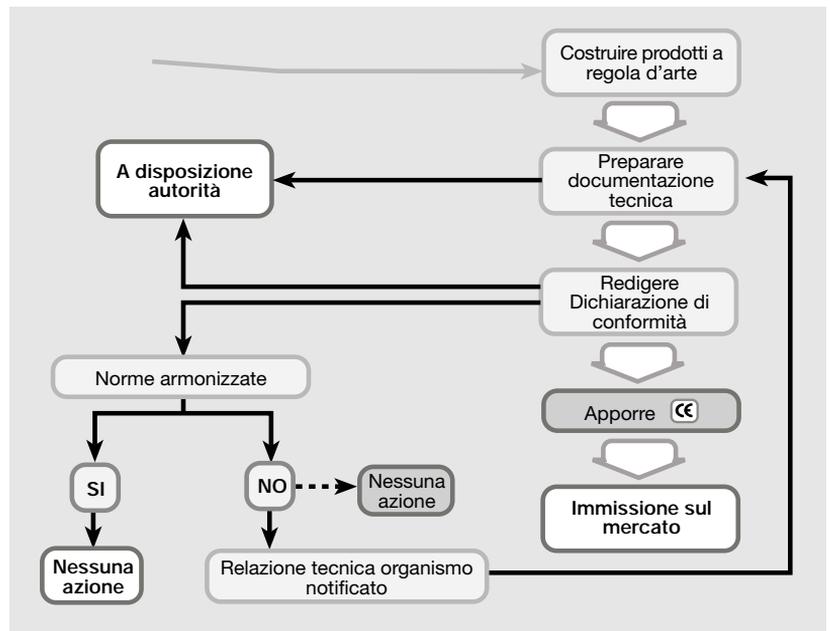


Fig. 3/8 – Procedura per la messa in commercio

La normativa tecnica e i marchi di conformità nazionali

Sono ovviamente privi di marcatura CE le parti sciolte come viti, bulloni, morsetti, levette, lucchetti ecc. Tra gli esclusi si annoverano anche le prese e le spine per usi domestici (vedi Fig. 3/9), nonostante esse possano divenire fonte di pericolo.

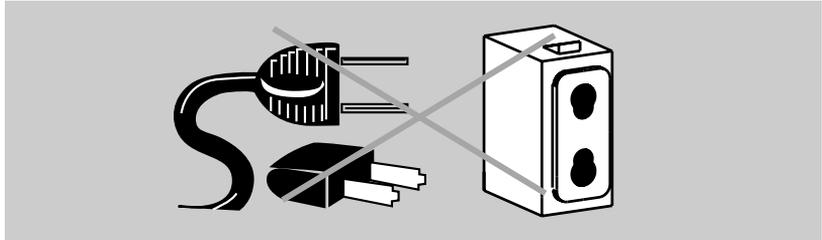


Fig. 3/9 – Ancora senza CE le prese e le spine domestiche

– per materiali e impianti elettrici vale la **Direttiva “Compatibilità Elettromagnetica” 89/336/CEE**, recepita in Italia dal DLgs 476/92.

Sotto questa direttiva rientra tutto ciò che di elettrico o elettronico viene impiegato (venduto o installato) capace di indurre o di condurre disturbi elettromagnetici. Mentre le precedenti direttive non toccavano gli impianti, quest’ultima copre anche sistemi (insiemi di apparecchi) e installazioni (combinazioni di apparecchiature in un fissato posto per uno specifico fine) condizionabili da disturbi.

Essendo sufficiente la rispondenza alle norme tecniche armonizzate (es. norme marcatura CEI) per il soddisfacimento dei requisiti essenziali delle direttive europee, si deduce che sia il bollino CEI che ancor più il marchio di qualità IMQ sono esaustivi a sostenere la validità della marcatura CE, la cui apposizione rimane sempre obbligatoria e dunque prioritaria da parte del relativo costruttore. In ogni caso la marcatura CE rimanda ad una “Dichiarazione CE di Conformità” (Fig. 3/10) che:

- a) nel caso di applicazione delle direttive “Bassa Tensione BT” e “Compatibilità Elettromagnetica EMC” è unica, giacché le due direttive prevedono le stesse informazioni, ed è archiviata dallo stesso costruttore col **fascicolo tecnico** e non segue il prodotto;
- b) nel caso di direttiva macchine è prevista una apposita modulistica più ricca della precedente tra cui è presente la “Dichiarazione di Conformità” che in questo caso segue sempre in copia la singola macchina.

La normativa tecnica e i marchi di conformità nazionali

DICHIARAZIONE CE DI CONFORMITÀ DEL PRODOTTO O MATERIALE	
<p>Il costruttore (nome commerciale) ... indirizzo ...</p>	
DICHIARA	
qui di seguito che <i>(descrizione del prodotto: realizzazione, tipo, numero di serie, etc)...</i>	
- risulta in conformità con quanto previsto dalla(e) seguito(i) direttiva(e) comunitaria(e), comprese le ultime modifiche, e con la relativa legislazio- ne nazionale di recepimento	
<i>(indicare il nome della(e) direttiva(e) europea(e) e numero(i) di riferimento...</i>	
- sono state applicate le seguenti (parti/articoli di) norme armonizzate (da menzionare solo se <i>applicabili</i>)...	
- e sono state applicate le seguenti (parti/articoli di) norme tecniche nazionali e/o internazionali <i>(da menzionare solo se applicabili)...</i>	
<i>(luogo) ... (data e anno)...</i>	
<i>(firma, nome completo e identificazione della perso- na incaricata di firmare per conto del costruttore) ...</i>	
	<hr/> FASCICOLO TECNICO <hr/>

Fig. 3/10 – Documentazione per la marcatura. Oltre alla dichiarazione di conformità (semplice modulo in formato A4) ciascun prodotto marcato CE deve avere anche un fascicolo tecnico. Esso ha lo scopo di consentire di valutare la conformità del prodotto alle direttive; permette la sorveglianza sul mercato da parte degli enti competenti, non si dà al cliente ma esclusivamente all'autorità preposta, contiene il rinvio.

La normativa tecnica e i marchi di conformità nazionali

3.8.2 Marchi di conformità degli impianti

Per quanto concerne l'impianto elettrico di potenza non esiste in Italia un ente pubblico che ne riconosca la conformità alle Norme relative, come accade per il materiale elettrico, in quanto le disposizioni legislative italiane non richiedono espressamente il collaudo generalizzato dell'impianto elettrico (salvo il DPR 392 del 18/4/94 Art. 4, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 18/6/94 n° 141, noto come "Decreto Cassese"). Di questo, solo l'impianto di terra ed i dispositivi contro le scariche atmosferiche sono oggetto di specifica denuncia e di prove periodiche (Art. 328 del DPR 547 del 1955).

Per i luoghi, poi, con pericolo d'incendio l'impianto deve essere accertato dagli organi ispettivi (VVF con apposito CPI Certificato Prevenzione Incendi) e verificato ogni due anni (Art. 336 del DPR 547).

Gli impianti elettrici in teatri, cinematografi e altri locali di pubblico spettacolo sono oggetto di controllo da parte di una specifica Commissione Provinciale di Vigilanza ai fini del rilascio e della revisione della licenza da parte dell'Autorità competente.



Enti normatori e marchi di conformità internazionali

4.1 Enti normatori

4/2

4.2 Marchi di conformità

4/2



L'impianto elettrico

4.1 Enti normatori

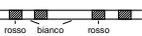
Gli enti normatori internazionali sono:

- IEC (International Electrotechnical Commission) che comprende quasi tutti i paesi industrializzati del mondo;
- CEEel (International Commission on Rule for the Approval of Electric Equipment), che agisce in sede europea trattando principalmente delle prove di laboratorio e del loro mutuo riconoscimento tra paesi diversi;
- CENELEC (European Committee for Electrical Standardization) che ha il compito di emettere documenti di armonizzazione (HD), ai quali tutti i paesi membri debbono attenersi introducendo i contenuti tecnici nelle proprie Norme, oppure Norme europee (EN) da tradurre e adottare come Norme nazionali.

4.2 Marchi di conformità

I marchi di conformità internazionali e di altri paesi esteri sono riportati, a titolo puramente informativo, in Tab. 4/1.

Tab. 4/1 - Marchi di conformità alle relative Norme di paesi esteri

Paese	Segno grafico	Nome del marchio	Applicazione
AUSTRALIA		Marchio AS	Prodotti elettrici e non elettrici. Attesta la conformità alle Norme SAA (Standards Association of Australia)
AUSTRIA		Marchio di prova austriaco	Apparecchi e materiale di installazione
		Filo distintivo ÖVE	Cavi
BELGIO		Marchio CEBEC	Materiale di installazione e apparecchiature elettriche
		Marchio CEBEC	Tubi, conduttori e cavi flessibili
	2 fili bianchi	Filo distintivo CEBEC	Cavi
		Certificato di conformità	Materiale di installazione e apparecchiature elettriche (nel caso che non esista una Norma nazionale o criteri equivalenti)
CANADA		Marchio CSA	Prodotti elettrici e non elettrici. Attesta la conformità alle Norme CSA (Canadian Standard Association)
CECOSLOVACCHIA		Marchio ESC	Prodotti elettrici
DANIMARCA		Marchio di approvazione di sicurezza DEMKO	Materiale a bassa tensione. Attesta la conformità alle prescrizioni (sicurezza) delle "Heavy Current Regulations"
FINLANDIA		Marchio di approvazione di sicurezza dell'Ispettorato Elettrico	Approvazione obbligatoria delle apparecchiature di bassa tensione, dei corpi illuminanti, come pure di certe apparecchiature di alta tensione

Segue

L'impianto elettrico

Paese	Segno grafico	Nome del marchio	Applicazione
FRANCIA		Marchio NF	Apparecchi elettrodomestici
		Marchio NF	Conduttori e cavi - Tubi Materiale di installazione
		Filo distintivo NF	Cavi
		Marchio NF	Utensili a motore portatili
		Marchio NF	Apparecchi elettrodomestici
		Marchio NF	Strutture di supporto per illuminazione
GERMANIA		Marchio VDE	Per gli accessori di installazione come prese di corrente, spine, fusibili, fili e cavi, come pure di altri componenti quali i condensatori, le prese di terra, i supporti per lampade e apparecchiatura elettronica
		Filo distintivo VDE	Cavi
		Marchio VDE per cavo	Cavi
		Marchio VDE-GS per apparecchiatura tecnica	Marchio di sicurezza per apparecchiatura tecnica quando queste apparecchiature sono controllate e approvate dalla VDE; il marchio di conformità è il marchio VDE concesso con la possibilità di utilizzarlo sia solo sia con il "GS"
GRAN BRETAGNA		Marchio ASTA	Conformità alle Norme "British Standards"
		Marchio BASEC	Conformità alle Norme "British Standards" per conduttori e cavi
		Fili distintivo BASEC	Cavi
		BEAB Marchio di sicurezza	Conformità alle Norme "British Standards" di apparecchi elettrodomestici
		BSI Marchio di sicurezza	Conformità alle Norme "British Standards" di apparecchiature
		BSI Kitemark	Conformità a determinate Norme britanniche relative alla sicurezza e/o alla prestazione
IRLANDA		Marchio IIRS	Prodotti elettrici
NORVEGIA		Marchio di approvazione norvegese	Approvazione obbligatoria di sicurezza per il materiale e gli apparecchi di bassa tensione

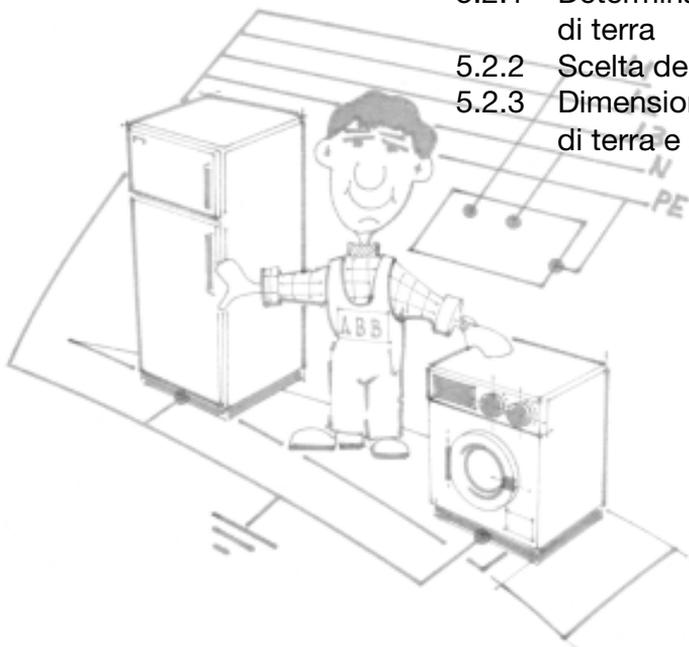
Segue

L'impianto elettrico

Paese	Segno grafico	Nome del marchio	Applicazione
OLANDA		KEMA-KEUR	Per tutta l'apparecchiatura in generale
	arancione- bianco azzurro	KEMA-KEUR	Fili distintivo - Cavi
POLONIA		Marchio KWE	Prodotti elettrici
SINGAPORE		Marchio SISIR	Prodotti elettrici e non elettrici
SPAGNA		Marchio AEE	Prodotti elettrici. Il marchio è posto sotto il controllo della Associazione Elettrotecnica Spagnola.
SVEZIA		Marchio di approvazione SEMCO	Approvazione obbligatoria di sicurezza per il materiale e gli apparecchi di bassa tensione
SVIZZERA	 * PZ 1	Marchio di sicurezza	Materiale di bassa tensione svizzero soggetto all'approvazione obbligatoria. Sicurezza
	+ ∞ + ∞ + ∞ - - - - -		Cavi soggetti all'approvazione obbligatoria
		Marchio di Qualità SEV	Materiale di bassa tensione soggetto all'approvazione obbligatoria. Sicurezza e qualità
USA		Marchio UNDERWRITERS LABORATORIES	Prodotti elettrici e non elettrici
CEN		Marchio CEN	Marchio del Comitato Europeo di Normalizzazione (CEN): attesta la conformità a Norme europee
CENELEC	<HAR>	Marchio cavi	
		Marchio armonizzato cavi	Attesta la conformità del cavo armonizzato alle Norme armonizzare CENELEC. Filo distintivo
COMUNITA'		Marchio Europeo Ex EUROPEA	Attesta la conformità alle Norme europee dei prodotti destinati ad essere utilizzati nei luoghi con pericolo di atmosfera esplosiva
CEEel		Marchio CEEel	Marchio applicabile solo per alcuni elettrodomestici (rasoi, orologi elettrici, apparecchi di massaggio, ecc.) e un tipo di cordone di alimentazione

5.1	Elementi costitutivi l'impianto di terra	5/3
5.1.1	Dispensore	5/3
5.1.2	Terra	5/4
5.1.3	Conduttore di terra	5/4
5.1.4	Collettore (o nodo) principale di terra	5/4
5.1.5	Conduttori equipotenziali	5/5
5.1.6	Conduttore di protezione	5/5
5.1.7	Conduttore neutro	5/5
5.1.8	Massa	5/5
5.1.9	Massa estranea	5/6
5.1.10	Parte attiva	5/6
5.1.11	Conduttore PEN	5/6

5.2	Considerazioni generali sulla progettazione dell'impianto di terra	5/6
5.2.1	Determinazione della resistenza di terra	5/6
5.2.2	Scelta del dispersore	5/9
5.2.3	Dimensionamento dei conduttori di terra e di protezione	5/9



L'impianto di terra

L'impianto di terra è finalizzato al collegamento alla stessa terra di tutte le parti metalliche conduttrici e accessibili dell'impianto elettrico (collegamento o messa a terra di protezione).

La messa a terra di protezione, coordinata con un adeguato dispositivo di protezione, quale ad esempio il relè differenziale, realizza il metodo di "protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione" che è il metodo correntemente utilizzato contro i contatti indiretti.

Scopo dell'impianto di terra, negli impianti utilizzatori alimentati da sistemi di I categoria⁽¹⁾, è di convogliare verso terra la corrente di guasto, provocando l'intervento del dispositivo di protezione che provvede all'automatica interruzione della corrente di guasto, evitando il permanere di tensioni pericolose sulle masse entro un certo tempo.

Nei sistemi di II categoria, nei quali la cabina di trasformazione è di proprietà dell'utente, il conduttore di protezione viene solitamente collegato al centro stella del secondario del trasformatore. In tal caso, in presenza di un guasto su una massa del circuito di bassa tensione, la corrente si chiude attraverso il conduttore di protezione, senza interessare il dispersore che viene dimensionato in funzione di guasti che si verificano sul circuito di alimentazione di media tensione.



(1) Per la suddivisione dei sistemi elettrici in categorie, si rimanda il lettore al capitolo 7.

L'impianto di terra

5.1 Elementi costitutivi l'impianto di terra

La Fig. 5/1 mostra, in modo schematico, un esempio di collegamento di un impianto di terra per un utilizzatore in B.T. (Guida CEI 64-12).

Legenda:

DA	=	Dispersore intenzionale
DN	=	Dispersore di fatto
CT	=	Conduttore di terra
EQP	=	Conduttore equipotenziale principale
EQS	=	Conduttore equipotenziale supplementare
PE	=	Conduttore di protezione
MT	=	Collettore (nodo) principale di terra
M	=	Massa
ME	=	Massa estranea

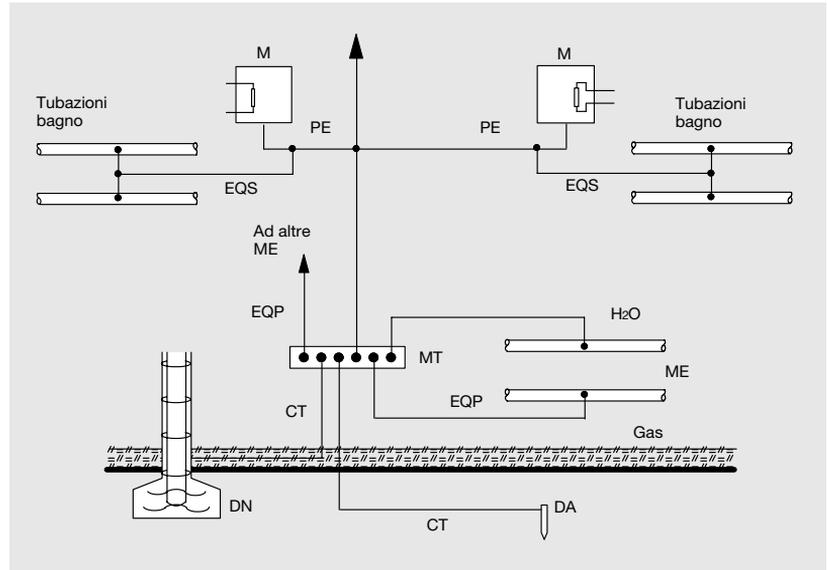


Fig. 5/1 – Esempio di collegamento di un impianto di terra

L'impianto è costituito da:

5.1.1 Dispersore

Corpo conduttore o gruppi di corpi conduttori in contatto elettrico con il terreno e che realizza un collegamento elettrico con la terra.

Il dispersore può essere:

- intenzionale, quando è installato unicamente per scopi inerenti alla messa a terra di impianti elettrici;
- di fatto, quando è installato per scopi non inerenti alla messa a terra di impianti (armature di fondazioni, ecc.).

I dispersori possono essere costituiti dai seguenti componenti metallici:

- tondi, profilati, tubi;
- nastri, corde metalliche;
- conduttori facenti parte dello scavo di fondazione;
- ferri di armatura nel calcestruzzo incorporato nel terreno;
- tubazioni metalliche dell'acqua, solo con il consenso dell'esercente dell'acquedotto;
- altre strutture metalliche per liquidi o gas infiammabili.

L'impianto di terra

Le dimensioni minime ed i materiali dei dispersori intenzionali, sono riportate nella Tab. 5/1.

Tab. 5/1 – Dispersori intenzionali: tipologia, materiali e dimensioni minime raccomandate

(1) Anche acciaio senza rivestimento protettivo, purché con spessore aumentato del 50% (sezione minima 100 mm²).

(2) In questo caso è consentito anche l'impiego di acciaio rivestito di rame, purché il rivestimento abbia i seguenti spessori minimi:

- per deposito elettrolitico: 100 µm;
- per trafilatura: 500 µm.

	Tipo di elettrodo	Dimensioni	Acciaio zincato a caldo (Norma CEI 7-6) ⁽¹⁾	Rame
Per posa nel terreno	Piastra	Spessore (mm)	3	3
	Nastro	Spessore (mm)	3	3
		Sezione (mm ²)	100	50
	Tondino o conduttore massiccio	Sezione (mm ²)	50	35
Condotto cordato	Ø ciascun filo (mm)	1,8	1,8	
	Sezione corda (mm ²)	50	35	
Per infissione nel terreno	Picchetto a tubo	Ø esterno (mm)	40	30
		Spessore (mm)	2	3
	Picchetto massiccio ⁽²⁾	Ø (mm)	20	15
	Picchetto in profilato	Spessore (mm)	5	5
Dimensione trasversale (mm)		50	50	

5.1.2 Terra

Il terreno come conduttore il cui potenziale elettrico è convenzionalmente uguale a zero.

5.1.3 Conduttore di terra

Conduttore di protezione che collega il collettore principale di terra al dispersore o i dispersori tra loro. Su di esso deve essere previsto, in posizione accessibile, un dispositivo di interruzione, meccanicamente robusto, apribile solo a mezzo di un attrezzo ed elettricamente sicuro nel tempo, in modo da permettere la misura della resistenza di terra.

5.1.4 Collettore (o nodo) principale di terra

Elemento previsto per il collegamento al dispersore dei conduttori di protezione, inclusi i conduttori equipotenziali e di terra, nonché i conduttori per la terra funzionale se esistente.

L'impianto di terra

5.1.5 Conduttori equipotenziali

Realizzano il collegamento equipotenziale, ossia il collegamento elettrico che mette diverse masse e masse estranee allo stesso potenziale. Tale collegamento evita la presenza di tensioni pericolose tra masse che sono accessibili simultaneamente. Il collegamento equipotenziale che costituisce un principio fondamentale di sicurezza contro i contatti indiretti, viene attuato mediante:

- **conduttore equipotenziale principale:** collega direttamente tutte le masse al collettore principale di terra;
- **conduttore equipotenziale supplementare:** ripete localmente il collegamento equipotenziale principale e deve comprendere tutte le masse dei componenti elettrici simultaneamente accessibili e le masse estranee, collegandole al conduttore di protezione.

5.1.6 Conduttore di protezione

Conduttore prescritto come misura di protezione contro i contatti indiretti per il collegamento di alcune delle seguenti parti:

- masse;
- masse estranee;
- punto di terra della sorgente di alimentazione o neutro artificiale al collettore principale di terra.

5.1.7 Conduttore di neutro

Conduttore collegato al punto di neutro del sistema ed in grado di contribuire alla trasmissione dell'energia elettrica.

5.1.8 Massa

Parte conduttrice di un componente elettrico che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto (cedimento dell'isolamento principale interposto tra le parti attive e le masse).

Nota

Sono da considerarsi masse per esempio:

- carcasse di motori elettrici;
- blindo sbarre (involucro);
- strutture metalliche di apparecchiature elettriche (interruttori, quadri, ecc.);
- controsoffittature metalliche sulle quali siano adagiati direttamente i cavi di illuminazione degli apparecchi;
- canaline metalliche passacavi.

Non sono da considerarsi masse:

- parti conduttrici separate dalle parti attive da un isolamento doppio o rinforzato;
- parti conduttrici in contatto con una massa;
- parti conduttrici, situate all'interno di un apparecchio, non in tensione in servizio ordinario, ma che possono andare in tensione e accessibili solo dopo aver rimosso, in genere con l'uso di un attrezzo, un involucro saldamente fissato.

L'impianto di terra

5.1.9 Massa estranea

Parte conduttrice non facente parte dell'impianto elettrico in grado di introdurre dei potenziali pericolosi, generalmente il potenziale di terra.

Nota

Sono da considerarsi masse estranee ad esempio gli elementi metallici in buon collegamento con il terreno con bassa resistenza verso terra, cioè: tubazioni (idriche, del gas, del riscaldamento, oleodotti), binari, serbatoi in contatto con il terreno, cancellate, ringhiere, ecc.

5.1.10 Parte attiva

Conduttore o parte conduttrice in tensione in servizio ordinario, compreso il conduttore di neutro, ma escluso il conduttore PEN.

5.1.11 Conduttore PEN

Conduttore che svolge contemporaneamente le funzioni di conduttore di protezione (**PE**) e di neutro (**N**).

Nota

Nei sistemi TN un solo conduttore di protezione a posa fissa che abbia una sezione $\geq 10 \text{ mm}^2$ se in rame o $\geq 16 \text{ mm}^2$ se in alluminio, può assolvere alle due funzioni, a condizione che la parte dell'impianto interessata non sia posta a valle di un dispositivo differenziale.

5.2 Considerazioni generali sulla progettazione dell'impianto di terra

Vengono forniti alcuni spunti, di valenza assolutamente generale, dei quali è opportuno tener conto nella progettazione dell'impianto di terra.

5.2.1 Determinazione della resistenza di terra

Il valore della resistenza di terra può essere ricavato seguendo le indicazioni riportate al capitolo 2 della Guida CEI 64-12 ("Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario") che, in funzione del sistema di distribuzione **TT** o **TN**, sintetizza il processo di determinazione del valore della resistenza di terra nei due schemi a blocchi riportati nelle Figg. 5/2 e 5/3.

L'impianto di terra

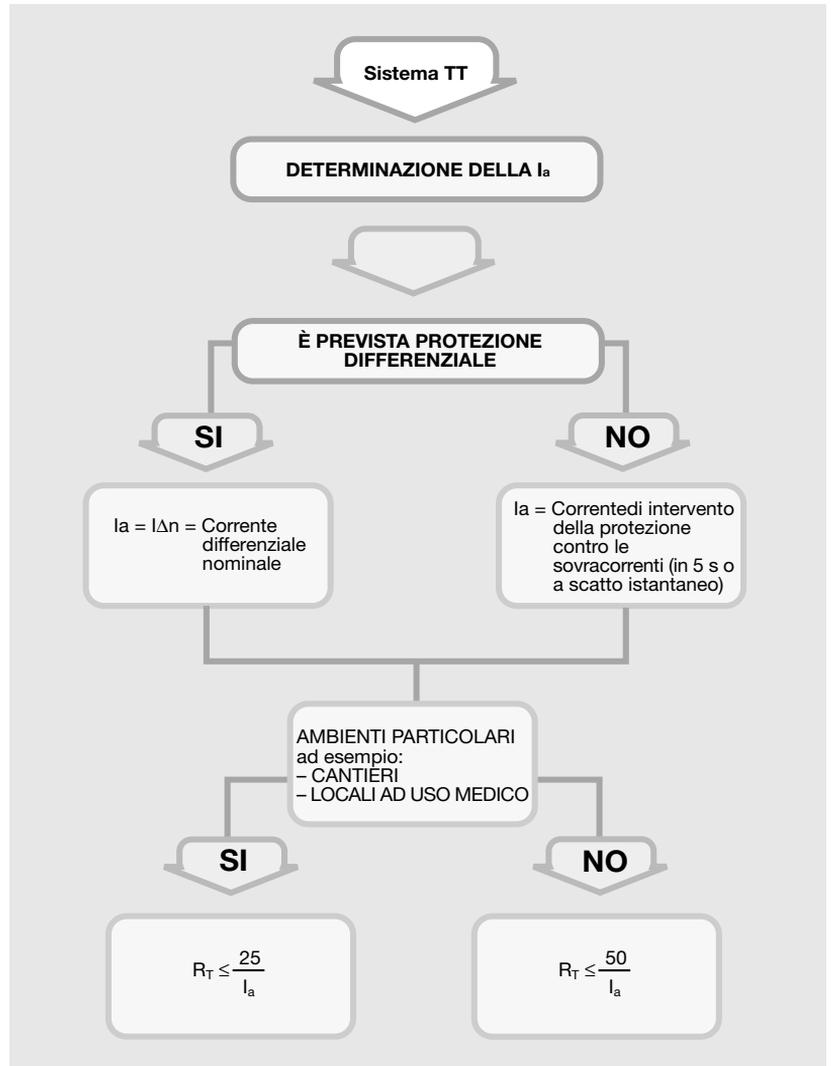


Fig. 5/2 – Esempio di collegamento di un impianto di terra

Nota:

Nel caso che il valore R_T richiesto non possa essere ottenuto determinando quindi un valore di tensione totale di terra U_T superiore al limite ammesso, è necessario riconsiderare la configurazione del dispersore (vedere anche 2.4.3). Si precisa che si può eventualmente progettare l'impianto di terra limitando le tensioni di passo e di contatto.

L'impianto di terra

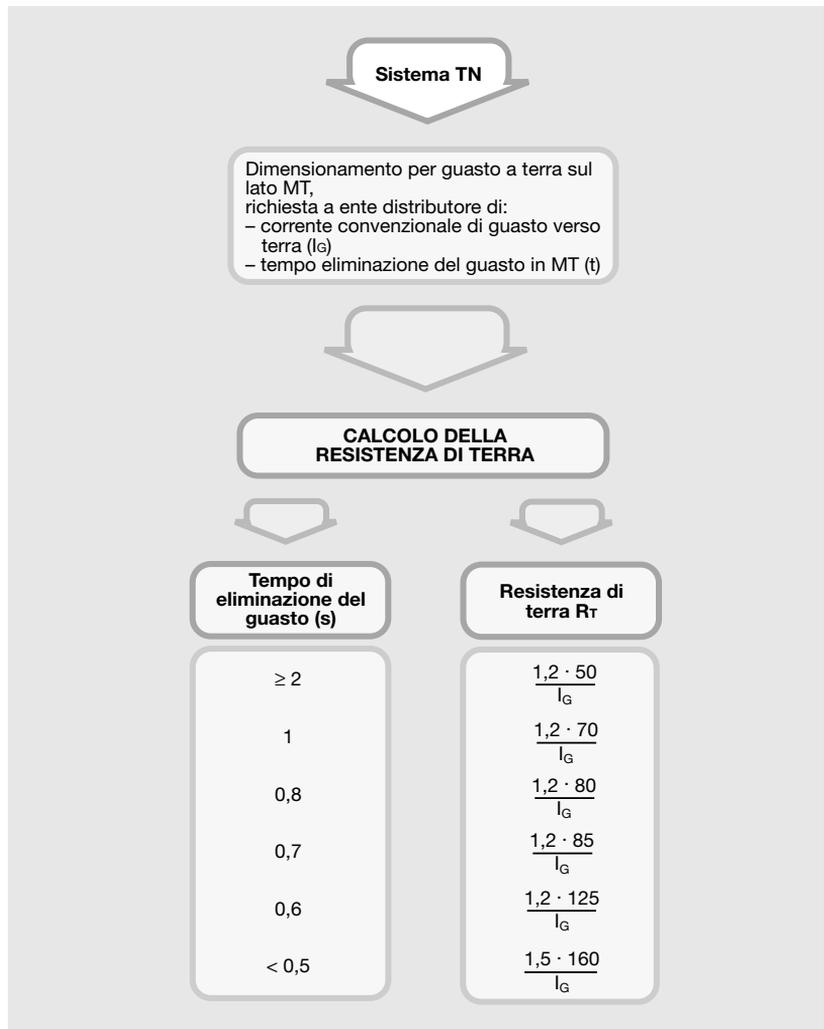


Fig. 5/3 – Esempio di collegamento di un impianto di terra

Nota:

Nel caso che il valore R_T richiesto non possa essere ottenuto determinando quindi un valore di tensione totale di terra U_T superiore al limite ammesso, è necessario riconsiderare la configurazione del dispersore (vedere anche 2.4.3). Si precisa che si può eventualmente progettare l'impianto di terra limitando le tensioni di passo e di contatto.

L'impianto di terra

5.2.2 Scelta del dispersore

La scelta di un particolare tipo di dispersore, tra quelli indicati nella Tab. 5/1, viene effettuata sulla base di considerazioni tecniche, economiche ed ambientali. Valutazioni tecniche inducono a realizzare un sistema che possa raggiungere il valore di resistenza calcolato ed una buona equipotenzialità. L'utilizzo di dispersori di fatto facilita il raggiungimento di tali obiettivi.

L'aspetto economico induce ad evitare inutili sprechi di materiale. In particolare nei sistemi **TT** l'utilizzo degli elementi di fatto può spesso da solo garantire il raggiungimento di accettabili valori della resistenza di terra. In questi sistemi, in ogni caso, anche con l'uso di elementi verticali (dispersori a picchetto) si può ottenere un valore di resistenza soddisfacente.

Esistono infine situazioni in cui le caratteristiche morfologiche del terreno (ad esempio la presenza di rocce) o ambientali (terreni con elevata resistività) rendono necessario l'uso di maglie, di elementi orizzontali o trivellazioni per elementi verticali profondi.

5.2.3 Dimensionamento dei conduttori di terra e di protezione

Il conduttore di terra deve essere in grado, anche in funzione delle condizioni di posa, di:

- portare al dispersore la corrente di guasto;
- resistere alla corrosione;
- resistere ad eventuali sforzi meccanici.

Le condizioni di cui sopra si ritengono convenzionalmente soddisfatte quando i conduttori di terra e di protezione hanno sezioni non inferiori a quelle indicate nelle Tab. 5/2 e 5/3.

Tab. 5/2 – Sezioni minime dei conduttori di terra

	Rame [mm ²]	Acciaio zincato [mm ²]
Non protetto contro la corrosione	25	50
Protetto contro la corrosione, ma senza protezioni meccaniche	16	16
Protetto sia contro la corrosione sia meccanicamente	Si applica la Tab. 5/3	

Tab. 5/3 – Sezioni minime convenzionali dei conduttori di protezione

Sezione dei conduttori di fase S [mm ²]	Sezione minima del conduttore di protezione S _p [mm ²]
S ≥ 16	S _p = S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S _p = S/2

Nota

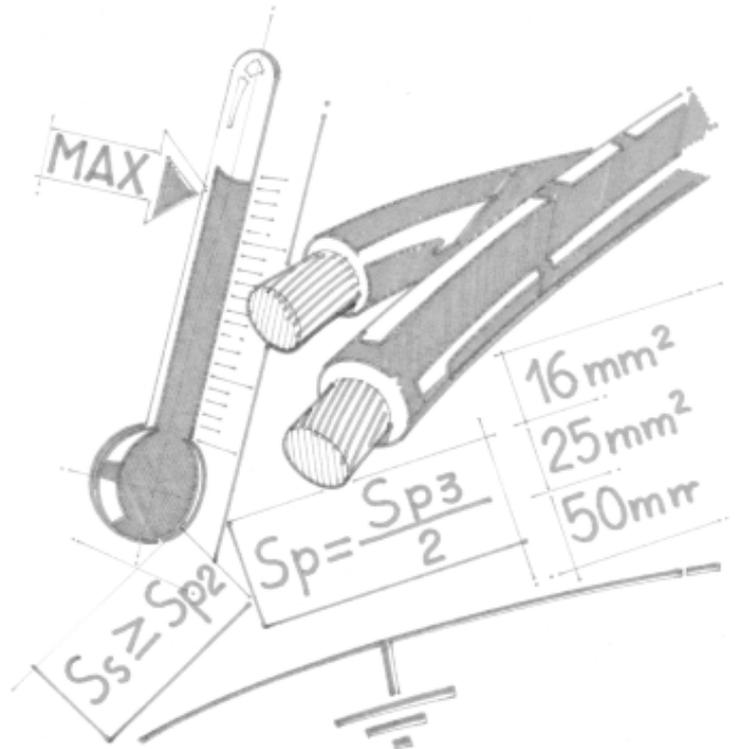
Quando il conduttore di protezione non fa parte della stessa condotta dei conduttori di fase, la sua sezione non deve essere minore di:

- 2,5 mm² se è protetto meccanicamente;
- 4 mm² se non è prevista una protezione meccanica.



Sezioni minime convenzionali del conduttore di terra, di protezione, equipotenziale di neutro

6.1 Conduttori di terra e di protezione	6/2
6.1.1 Tipologia dei conduttori di protezione	6/4
6.1.2 Affidabilità dei conduttori di protezione	6/4
6.2 Conduttori equipotenziali	6/5
6.3 Conduttori di neutro	6/5



Sezioni minime convenzionali del conduttore di terra, di protezione, equipotenziale di neutro

6.1 Conduttori di terra e di protezione

Secondo la Norma CEI 64-8 le sezioni minime dei conduttori di terra e di protezione devono essere tali da resistere alle sollecitazioni meccaniche e, in caso di guasto a terra, non devono raggiungere temperature pericolose sia per l'ambiente circostante, sia per la buona conservazione dei conduttori stessi e delle relative giunzioni.

Sulla base di quanto sopra, la Norma CEI fornisce agli articoli 542.3.1 e 543.3.2 una serie di indicazioni per la determinazione delle sezioni minime dei conduttori di terra e di protezione.

Tali indicazioni sono state riassunte, al capitolo precedente, nelle Tabelle 5/2 e 5/3.

La stessa Norma per altro riconosce che l'applicazione della Tabella 5/2 può risultare inutilmente severa e onerosa, ad esempio, per i conduttori di grossa sezione; per contro può fornire sezioni inadeguate in casi particolari, come ad esempio in presenza di una linea molto corta protetta con soli fusibili e soggetta a correnti di corto circuito particolarmente elevate.

Quale alternativa può essere pertanto utilizzata la seguente formula:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

nella quale il coefficiente **K**, ricavato dalla trattazione teorica del corto circuito in una rete ohmico-induttiva, assume la seguente espressione:

$$K^2 = \frac{c}{\alpha \rho_0} \frac{1 + \alpha \theta_f}{1 + \alpha \theta_0}$$

dove:

c = calore specifico del conduttore riferito all'unità di volume;

α = coefficiente di temperatura della resistività $\rho = \rho_0 (1 + \alpha \theta)$;

θ₀ = temperatura del conduttore all'inizio del guasto a terra;

θ_f = temperatura finale che il conduttore non deve superare al termine del guasto a terra.

Naturalmente la Norma CEI 64-8 non richiede il calcolo del coefficiente **K**, ma fornisce, in funzione delle diverse applicazioni, i possibili valori di **K**.

Sezioni minime convenzionali del conduttore di terra, di protezione, equipotenziale di neutro

Tab. 6/1 – Valori di K per conduttori di protezione costituiti da:

1) Cavi unipolari, o per conduttori di protezione nudi in contatto con il rivestimento esterno dei cavi

Materiale conduttore	Natura dell'isolante o dei rivestimenti		
	PVC $\theta_0=30 \theta_f=160$	ERP - XLPE $\theta_0=30 \theta_f=250$	G2 $\theta_0=30 \theta_f=220$
Rame	143	176	166
Alluminio	95	116	110
Ferro	52	64	60

2) Anima di cavo multipolare

Materiale conduttore	Natura dell'isolante o dei rivestimenti		
	PVC $\theta_0=70 \theta_f=160$	ERP - XLPE $\theta_0=90 \theta_f=250$	G2 $\theta_0=85 \theta_f=220$
Rame	115	143	135
Alluminio	76	94	89

3) Rivestimento metallico o armatura di un cavo

Materiale conduttore	Natura dell'isolante o dei rivestimenti		
	PVC $\theta_0=30 \theta_f=160$	ERP - XLPE $\theta_0=30 \theta_f=250$ (guaina $P_b: 160$)	G2 $\theta_0=30 \theta_f=220$ (guaina $P_b: 160$)
Rame	122	149	140
Alluminio	79	96	90
Ferro	42	51	48
Piombo	22	19	19

4) Quando non esistono pericoli di danneggiamento di materiali vicini per effetto della temperatura: $\theta_0 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

Materiale conduttore	Natura dell'isolante o dei rivestimenti		
	A	B	C
Rame	228	159	138
Alluminio	125	105	91
Ferro	82	58	50

Sezioni minime convenzionali del conduttore di terra, di protezione, equipotenziale di neutro

6.1.1 Tipologia dei conduttori di protezione

Possono essere utilizzati come conduttori di protezione conduttori nudi o cavi unipolari facenti parte o non di una stessa conduttura; è altresì lecito utilizzare anelli di cavi multipolari, guaine, schermi e tubi protettivi o canali metallici per condutture. In questi casi particolari, per altro, è fondamentale che sia garantita la continuità e pertanto sono allo studio ulteriori prescrizioni normative.

Le masse estranee infine possono anch'esse essere utilizzate come conduttori di protezione, purché soddisfino a tutte e quattro le seguenti condizioni:

- a) la loro continuità elettrica sia realizzata, per costruzione o mediante adatte connessioni, in modo che sia assicurata la protezione contro i danneggiamenti meccanici, chimici ed elettrochimici;
- b) la loro conduttanza sia almeno uguale a quella risultante dall'applicazione della formula

$$S = \sqrt{I^2 t / K}$$

- c) non possano venire rimosse se non sono previsti, in caso di rimozione, provvedimenti sostitutivi;
- d) siano state appositamente previste per uso come conduttori di protezione o, se necessario, siano state rese idonee a tale uso.

6.1.2 Affidabilità dei conduttori di protezione

I conduttori di protezione devono essere adeguatamente protetti contro il danneggiamento meccanico e chimico e contro le sollecitazioni elettrodinamiche. Le loro connessioni devono essere accessibili, salvo le giunzioni di tipo incapsulato.

Sui conduttori di protezione o sulle strutture che fungono da conduttori di protezione non devono essere inseriti cinematismi, apparecchi di interruzione o altro, salvo nei casi in cui tali dispositivi non siano stati previsti e provati per quello specifico impiego.

Il conduttore di protezione termina al morsetto di terra della massa dell'apparecchio utilizzatore; se tale massa è costituita da tante parti elettricamente separate, ogni parte deve essere collegata al morsetto di terra o, in alternativa, dev'essere garantita la continuità elettrica della massa.

Sezioni minime convenzionali del conduttore di terra, di protezione, equipotenziale di neutro

6.2 Conduttori equipotenziali

Per i conduttori equipotenziali, principali e supplementari, valgono considerazioni analoghe a quelle indicate per i conduttori di protezione; le sezioni minime, stabilite dalla Norma CEI 64-8, sono riassunte nella seguente tabella.

Tab. 6/2 – Sezioni minime convenzionali dei conduttori equipotenziali

Conduttore equipotenziale principale	Conduttore equipotenziale supplementare
$S \geq \frac{Sp_1^{(1)}}{2}$	$S_s \geq Sp_2^{(2)}$ <p>se collega due masse</p>
<ul style="list-style-type: none"> – con un minimo di 6 mm² – con un minimo di 25 mm² se il conduttore è di rame o di altro materiale di pari conduttanza (o impedenza) 	$Sp = \frac{Sp_3^{(3)}}{2}$ <p>se collega una massa ad una massa estranea</p>

1) **Sp₁** = Sezione del conduttore di protezione, la più elevata

2) **Sp₂** = Sezione del conduttore di protezione più piccolo collegato alle masse, la più piccola

3) **Sp₃** = Sezione del corrispondente conduttore di protezione da cui deriva

6.3 Conduttori di neutro

I conduttori di neutro partecipano alla distribuzione dell'energia elettrica mettendo a disposizione una tensione diversa da quella esistente fra le fasi. In certi casi ed in condizioni specificate le funzioni di conduttore di neutro e di conduttore di protezione possono essere combinate in un solo conduttore, che viene denominato PEN. Le sezioni del conduttore di neutro in funzione delle diverse tipologie impiantistiche, sono riportate nella tabella seguente.

Tab. 6/3 – Sezioni del conduttore di neutro

Con circuiti polifasi e monofasi a 2 e 3 fili	Con circuiti polifasi
<p>con</p> $S_F^{(1)} \leq 16 \text{ mm}^2 \text{ in Cu}$ $S_F \leq 25 \text{ mm}^2 \text{ in Al}$ <p>deve essere</p> $S_N^{(2)} = S_F$	<p>se</p> $S_N < S_F$ <p>devono essere soddisfatte le seguenti condizioni</p> <p>1) la corrente massima che percorre il conduttore di neutro non deve essere superiore alla portata (I_{ZN})⁽³⁾ del conduttore stesso</p> <p>2) la sezione minima del neutro deve essere</p> <ul style="list-style-type: none"> – $S_N \geq 16 \text{ mm}^2 \text{ in Cu}$ – $S_N \geq 25 \text{ mm}^2 \text{ in Al}$

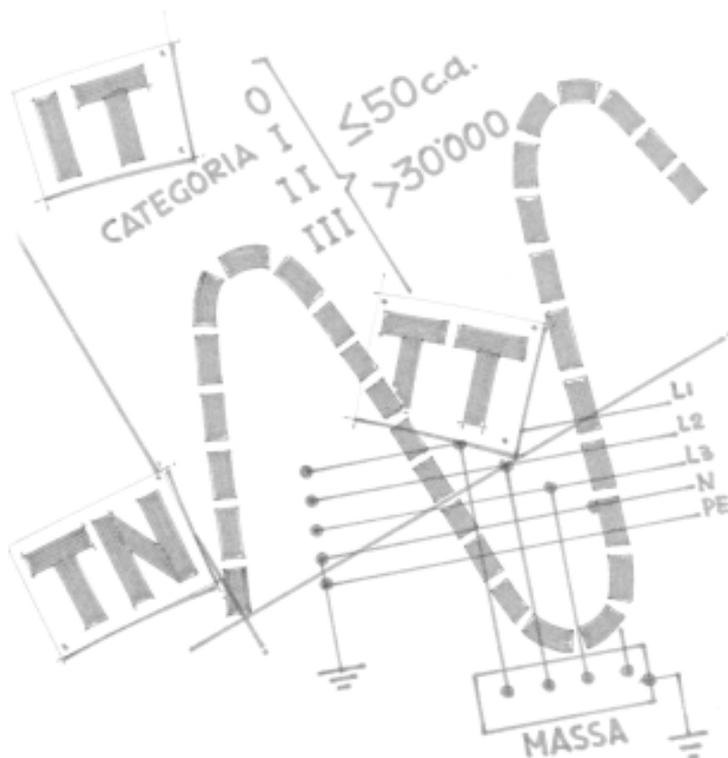
1) **S_F** = Sezione di fase

2) **S_N** = Sezione del neutro

3) **I_{ZN}** = Portata del conduttore di neutro a regime permanente



Classificazione dei sistemi elettrici



Classificazione dei sistemi elettrici

Le Norme CEI definiscono sistema elettrico la “parte di un impianto elettrico costituito dal complesso dei componenti elettrici aventi una determinata tensione nominale”; inoltre, secondo la Norma CEI 11-1 la suddivisione dei sistemi elettrici avviene in quattro categorie⁽¹⁾, come riportato nella Tabella 7/1.

Tab. 7/1 – Classificazione dei sistemi elettrici in relazione alla tensione nominale U_n ⁽²⁾

Sistemi di categoria	Tensione nominale U_n ⁽²⁾ [V]
0 (zero)	≤50 c.a. ≤120 c.c.
I	50 < U_n ≤ 1.000 c.a. 120 < U_n ≤ 1.500 c.c.
II	1000 < U_n ≤ 30.000 c.a. 1500 < U_n ≤ 30.000 c.c.
III	U_n > 30.000

La distribuzione dell'energia elettrica alle utenze alimentate in bassa tensione, avviene invece secondo tipologie di sistemi che sono definiti in funzione (Art. 312 - Norma CEI 64-8):

- del loro sistema di conduttori attivi (Tab. 7/2);
- del loro modo di collegamento a terra (Tab. 7/3).

Tab. 7/2 – In relazione al sistema di distribuzione in funzione del sistema di conduttori attivi

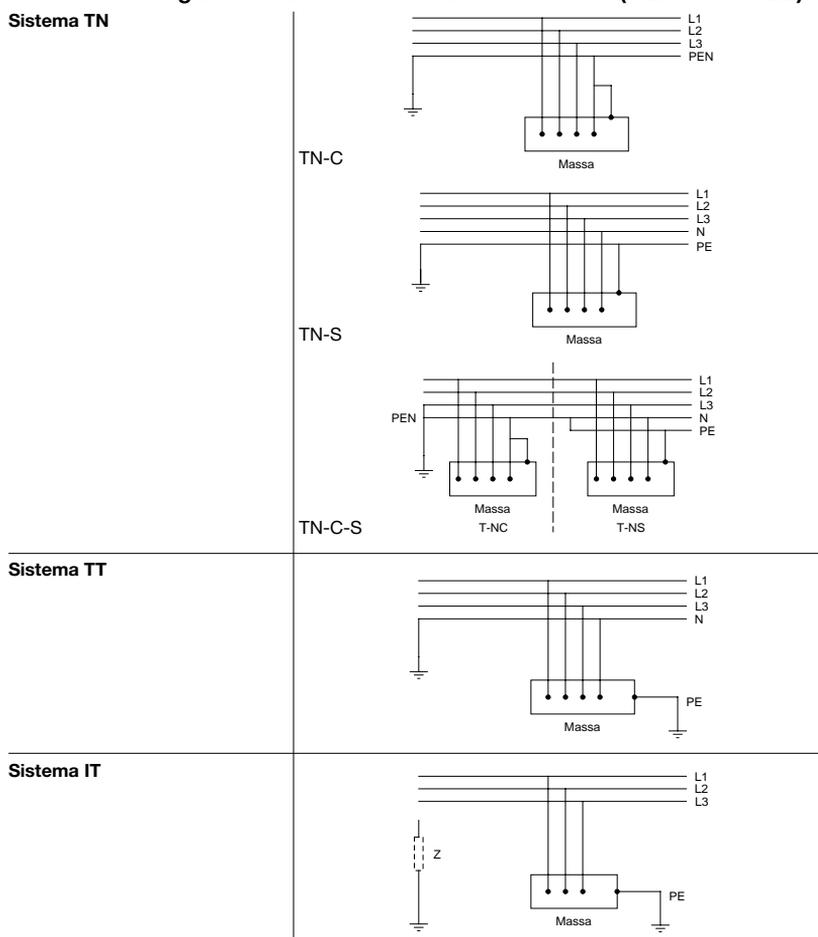
Sistema	N° conduttori attivi
Monofase	2 (fase-fase) 2 (fase-neutro)
Trifase	3 (L1-L2-L3) 4 (L1-L2-L3-N)

(1) Secondo il D.P.R. 547/55 vi è soltanto la suddivisione tra bassa ed alta tensione ed il limite è di 400 V per la corrente alternata e di 600 V per la corrente continua. La tensione di 500 V a corrente alternata è tuttavia ritenuta bassa tensione per quegli impianti preesistenti all'entrata in vigore della legge n. 518 del 19/6/55.

(2) Tensione nominale U_n : tensione per cui un impianto o una sua parte è stato progettato.

Classificazione dei sistemi elettrici

Tab. 7/3 – In relazione al sistema di distribuzione in funzione del modo di collegamento a terra del neutro delle masse (CEI -64-8/312.2)



Note

1) Delle due lettere **TN-TT-IT**, la prima indica lo stato del neutro del secondario del trasformatore di distribuzione, la seconda il modo con cui le masse sono collegate a terra presso l'utente.

2) La lettera **S** significa conduttore di N e PE separati; la lettera **C** conduttore di N e PE riuniti in un solo conduttore (PEN).

3) Sistema **TN**

Un punto del sistema è collegato direttamente a terra e le masse dell'impianto sono collegate a quel punto per mezzo del conduttore di protezione (PE o PEN).

Il sistema **TN** si suddivide in:

- **TN-S** dove il conduttore di neutro e di protezione sono separati;
- **TN-C** dove la funzione di neutro e di protezione sono combinate in un unico conduttore;
- **TN-C-S** dove le funzioni di neutro e di protezione sono combinate in un unico conduttore solo in una parte del sistema.

Classificazione dei sistemi elettrici

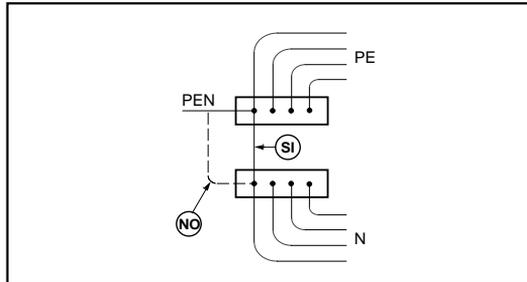
Il sistema **TN** è da impiegare solo in impianti con cabina propria di trasformazione.

4) Sistema **TT**

Neutro collegato direttamente a terra, masse dell'impianto collegate ad un impianto locale di terra elettricamente indipendente da quello del sistema.

5) Sistema **IT**

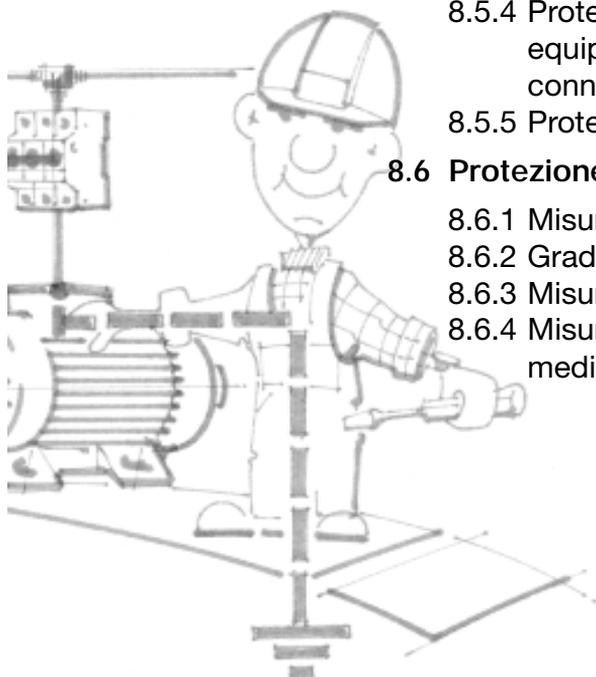
Nessuna parte attiva collegata a terra (se non tramite un'impedenza Z), mentre le masse sono collegate a terra.



Importante!

Nel sistema **TN-C-S**, nel separare il conduttore PEN in due conduttori PE e N, il conduttore PEN deve essere collegato al giunto o morsetto di separazione, in quanto la continuità del PE è più importante di quella del neutro.

8.1 Contatti diretti e indiretti	8/2
8.2 Messa a terra	8/4
8.3 La protezione differenziale	8/8
8.4 Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi IT	8/10
8.4.1 Caso del 1° guasto a terra	8/11
8.4.2 Caso del 2° guasto a terra	8/11
8.5 Protezione passiva	8/14
8.5.1 Bassissima tensione	8/14
8.5.2 Doppio isolamento	8/15
8.5.3 Protezione per mezzo di luoghi non conduttori	8/17
8.5.4 Protezione per mezzo di collegamento equipotenziale locale non connesso a terra	8/18
8.5.5 Protezione per separazione elettrica	8/18
8.6 Protezione contro i contatti diretti	8/19
8.6.1 Misure di protezione totali	8/19
8.6.2 Gradi di protezione degli involucri	8/20
8.6.3 Misure di protezione parziali	8/22
8.6.4 Misura di protezione aggiuntiva mediante interruttori differenziali	8/23



Protezione contro i contatti accidentali

Quando una persona viene a contatto con una parte elettrica in tensione, si verifica la circolazione della corrente elettrica nel corpo umano. Tale circostanza costituisce il pericolo più comune ed a tutti noto connesso all'uso dell'energia elettrica.

Oltre agli infortuni elettrici, esistono una serie di guasti che possono compromettere la funzionalità delle apparecchiature, innescare incendi ed essere fonte di pericolo per l'integrità dei beni.

Oggetto di questo capitolo è l'analisi dei contatti accidentali e l'esame delle misure necessarie per porre in essere efficaci e razionali protezioni delle persone e dei beni.

8.1 Contatti diretti e indiretti

I contatti che una persona può avere con le parti in tensione sono concettualmente divisi in due categorie:

- contatti diretti;
- contatti indiretti.

Si ha un contatto diretto quando una parte del corpo umano viene a contatto con una parte dell'impianto elettrico normalmente in tensione (conduttori, morsetti, ecc.) (Fig. 8/1).

Un contatto si dice invece indiretto quando una parte del corpo umano viene a contatto con una massa o con altra parte conduttrice, normalmente non in tensione, ma che accidentalmente si trova in tensione in seguito ad un guasto o all'usura dell'isolamento (Fig. 8/2).

I metodi di protezione contro i contatti diretti e indiretti, esaminati analiticamente nei paragrafi successivi, possono essere riassunti nello schema di Fig. 8/3.

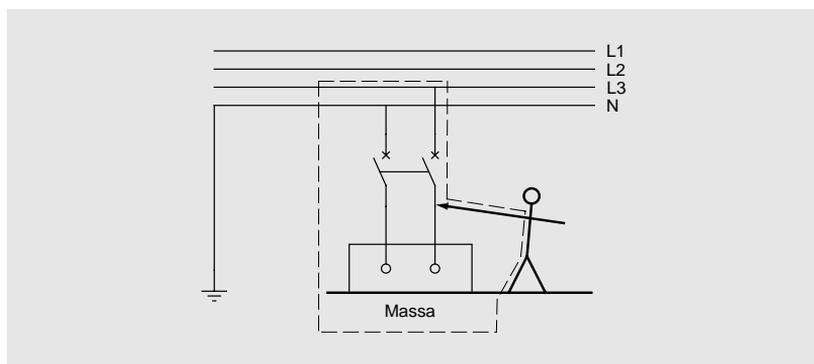


Fig. 8/1 – Contatto diretto

Protezione contro i contatti accidentali

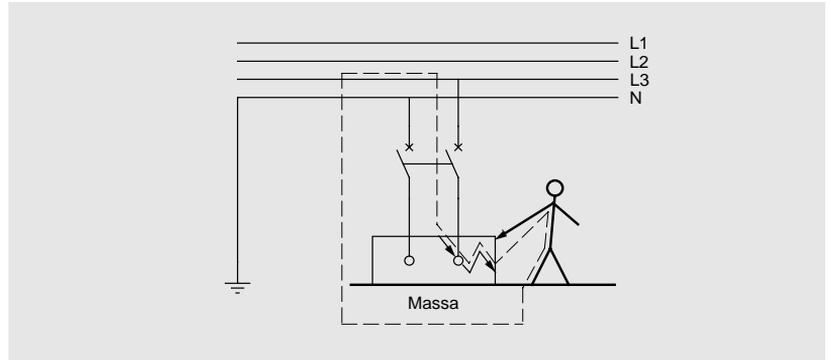


Fig. 8/2 – Contatto indiretto

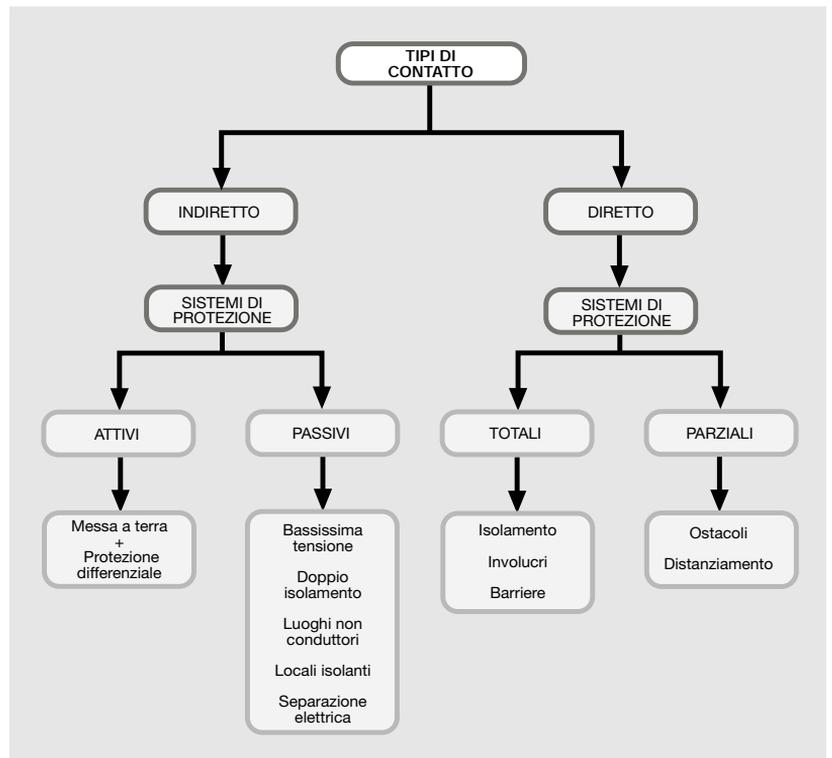


Fig. 8/3 – Classificazione dei contatti accidentali e dei sistemi di protezione

8.2 Messa a terra

La messa a terra degli impianti elettrici è il metodo più diffuso per la protezione contro i contatti indiretti. Tale metodo però, per essere realmente efficace deve essere coordinato con un relè differenziale affinché si possa realizzare, in caso di pericolo, l'interruzione automatica dell'alimentazione.

L'impianto di messa a terra (la cui realizzazione deve avvenire secondo quanto illustrato nel capitolo 5) serve pertanto a stabilire un contatto elettrico efficiente con il terreno, allo scopo di condurre a terra le correnti elettriche.

Per meglio esaminare i guasti verso terra ed i dispositivi di protezione contro questa tipologia di guasti, si consideri un tipico schema di distribuzione, rappresentato in Fig. 8/4.

L'impianto è costituito da un quadro principale, dalle linee di distribuzione, dai sottoquadri, dai centri di controllo motori e da gruppi ausiliari di generazione. Il sistema di messa a terra può essere sia TT che TN.

I guasti verso terra possono avere le seguenti origini:

- Corto circuito diretto tra fase e massa, provocato ad esempio da corpi conduttori estranei o da errate manovre. In questo caso la corrente di terra assume, fin dai primi istanti, il massimo valore possibile, in relazione al sistema di messa a terra (TT o TN).

La Norma CEI 64-8 fornisce direttive e prescrizioni generali sia per il dimensionamento che per la protezione dei conduttori di fase e di neutro.

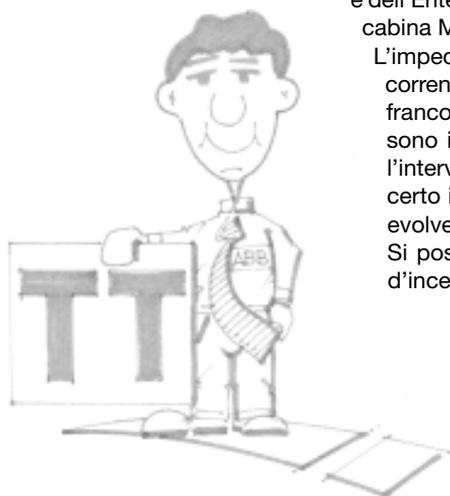
- Scarica su superfici isolanti o arco diretto tra un conduttore di fase ed una massa esposta **M**, come ad esempio le custodie, le carcasse ed i supporti delle apparecchiature, le armature dei cavi, ecc. (Fig. 8/5).

In questo caso la corrente di guasto, inizialmente modesta, aumenta gradualmente per la presenza di gas ionizzati a causa dell'instabilità dell'arco e dell'ulteriore cedimento dell'isolamento. Il guasto si evolve per stadi successivi ed infine porta ad un corto circuito franco tra le fasi ed il conduttore di terra. Durante questa evoluzione l'arco può propagarsi anche alle altre fasi, innescando un corto circuito trifase.

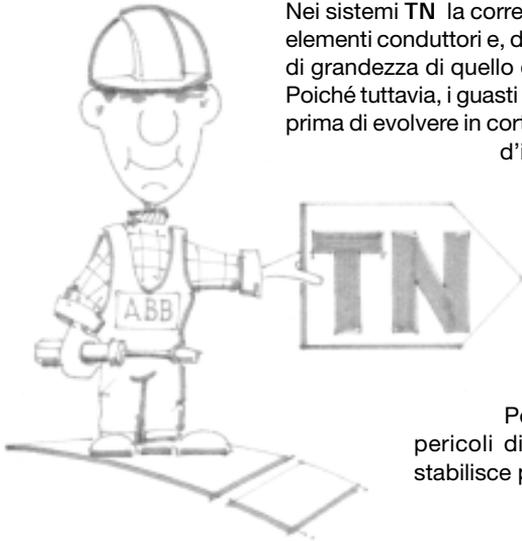
Nei sistemi TT la corrente, dovuta ad un guasto monofase a terra, interessa il terreno nella zona compresa tra i due impianti di messa a terra dell'utilizzatore e dell'Ente distributore (centro stella del secondario del trasformatore nella cabina MT/BT).

L'impedenza del circuito di guasto è normalmente elevata, mentre la corrente di guasto è piuttosto bassa, anche nel caso di un corto circuito franco tra fase e massa. Le normali protezioni di sovracorrente non sono idonee ad eliminare rapidamente questo tipo di guasto. Infatti l'intervento può essere provocato o dallo sganciatore termico dopo un certo intervallo di tempo, o dallo sganciatore magnetico, se il guasto evolve in un corto circuito tra le fasi.

Si possono pertanto verificare danneggiamenti importanti e principi d'incendio prima dell'eliminazione del guasto.



Protezione contro i contatti accidentali



Nei sistemi **TN** la corrente di guasto a terra fluisce quasi interamente attraverso elementi conduttori e, di conseguenza, può raggiungere valori dello stesso ordine di grandezza di quello della corrente di corto circuito fase-neutro.

Poiché tuttavia, i guasti a terra hanno origine con moderate correnti di dispersione prima di evolvere in corto circuiti, si possono verificare danneggiamenti e principi d'incendio prima dell'eliminazione del guasto.

La protezione fornita dall'impianto di terra deve essere migliorata, sia nei sistemi **TT** che in quelli **TN**, mediante l'impiego di adeguati dispositivi di protezione contro i guasti verso terra.

Il principale di questi dispositivi è l'interruttore differenziale il cui principio di funzionamento verrà illustrato nel successivo paragrafo e che, soprattutto nei sistemi **TT**, è sempre bene che venga installato.

Per realizzare un corretto sistema di protezione contro i pericoli di folgorazione, l'Art. 413.1.4.1 della Norma CEI 64-8 stabilisce per i sistemi **TT**, che sia verificata la seguente relazione:

$$R_A I_A \leq 50 \text{ V}^{(1)}$$

dove:

R_A = somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse, in ohm;

I_A = corrente che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione, in ampere⁽²⁾.

La relazione mostra chiaramente che la resistenza di terra deve avere un valore tale da ottenere sicuramente l'intervento dell'interruttore differenziale quando, a causa del guasto, la tensione totale di terra raggiunge i 50 V.

In tali condizioni le tensioni di contatto, provocate da una eventuale corrente di dispersione, superiori a 50 V (massima tensione ammessa per ambienti normali) fanno sicuramente intervenire l'interruttore.

Dalla relazione appare chiaro che se si realizza un corretto coordinamento tra dispositivi di protezione differenziali e impianto di terra, quest'ultimo può presentare resistenze di terra anche elevate, senza per questo venire meno alle prescrizioni di sicurezza imposte dalle norme tecniche, salvo i casi in cui la legge impone dei limiti ben definiti per il valore delle resistenze di terra.

(1) 25 V per bagni, cucine e locali umidi - vedi pag. 8/11.

(2) Quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, I_A è la corrente nominale differenziale $I_{\Delta n}$.

Protezione contro i contatti accidentali

Per i sistemi TN deve invece essere soddisfatta la seguente relazione (Art. 413.1.3.3 della Norma CEI 64-8):

$$Z_s I_A \leq U_0$$

dove:

Z_s = l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;

I_A = è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro un tempo definito dalla Norma in funzione delle diverse situazioni impiantistiche⁽³⁾;

U_0 = è la tensione nominale in c.a., valore efficace tra fase e terra.

(3) Nei circuiti terminali che alimentano direttamente, o tramite prese a spina, apparecchi mobili, trasportabili o portatili, l'interruzione del circuito deve avvenire nei tempi massimi indicati dalla Tabella 8/1.

Tab. 8/1 – Tempi massimi di interruzione per i sistemi TN

U_0 (V)	Tempo di interruzione (s)
120	0,8
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

Nel caso di alimentazioni di circuiti di distribuzione, il tempo di interruzione convenzionale massimo è fissato in 5 s.

Infine, un tempo di interruzione superiore a quello richiesto dalla Tab. 8/1, ma non superiore a 5 s è ammesso anche per un circuito terminale che alimenti solo componenti elettrici fissi, a condizione che, se altri circuiti terminali che richiedono i tempi di interruzione indicati nella Tab. 8.1 sono collegati al quadro di distribuzione o al circuito di distribuzione che alimenta quel circuito terminale, sia soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- l'impedenza del conduttore di protezione tra il quadro di distribuzione ed il punto nel quale il conduttore di protezione è connesso al collegamento equipotenziale principale non sia superiore a $50/U_0 \cdot Z_s$;
- esista un collegamento equipotenziale che collega al quadro di distribuzione localmente gli stessi tipi di masse estranee indicati per il collegamento equipotenziale principale e soddisfi le prescrizioni riguardanti il collegamento equipotenziale principale.

Protezione contro i contatti accidentali

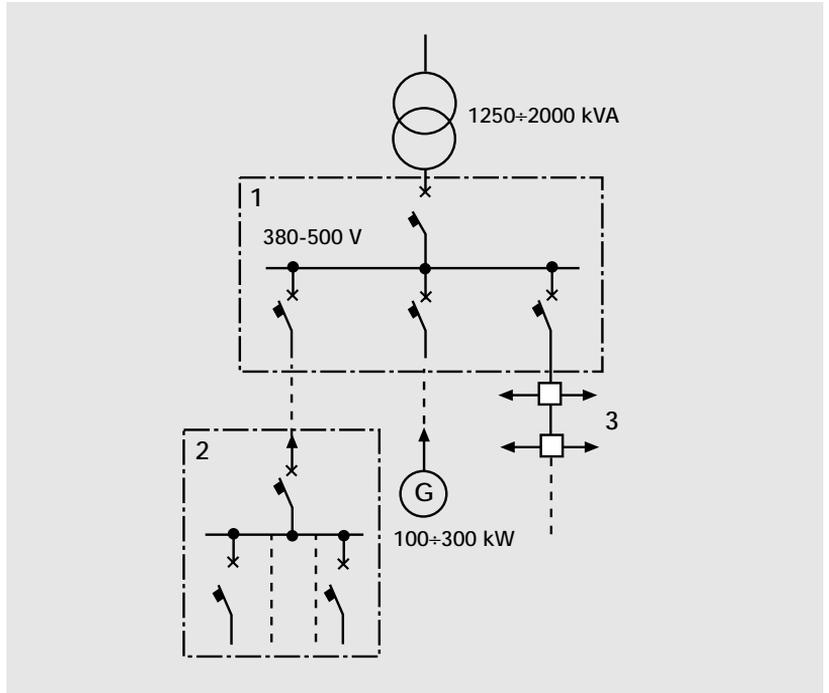


Fig. 8/4 – Schema di impianto “tipo” per distribuzione in B.T.

- 1) Quadro principale
- 2) Quadro avviamento motori
- 3) Sottoquadri

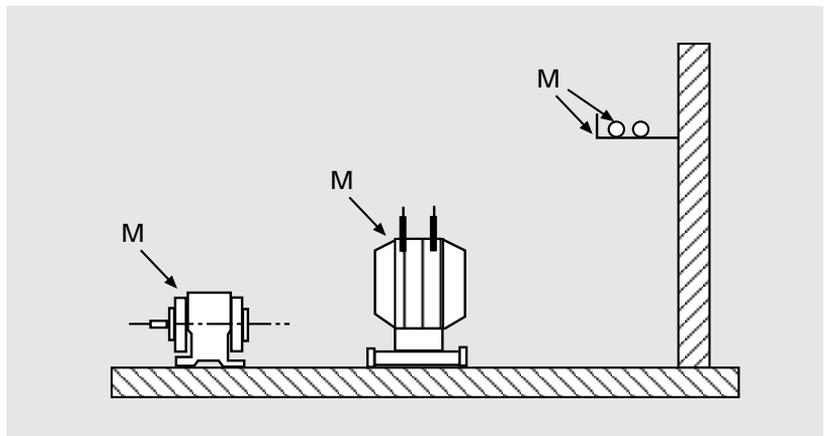


Fig. 8/5 – Masse

Protezione contro i contatti accidentali

L'esperienza dice che una corrente di $0,1 \pm 0,2$ A (se di durata sufficientemente lunga) in certi casi può essere sufficiente ad innescare un incendio. Correnti di guasto di tale entità possono avvenire in luoghi inaccessibili e nascosti alla vista delle persone, ad esempio per una carenza di isolamento verso terra. Un interruttore differenziale con corrente di intervento differenziale adeguata, è normalmente in grado di proteggere l'impianto anche contro tali pericoli.

8.3 La protezione differenziale

L'interruttore differenziale (Fig. 8/6), è un dispositivo amperometrico di protezione che interviene quando l'impianto presenta una dispersione di corrente verso terra. Questo dispositivo, sensibile alla corrente omopolare, esegue in continuazione la somma vettoriale delle correnti di linea del sistema monofase o trifase e finché questa somma è uguale a zero, consente l'alimentazione elettrica dell'utenza; la interrompe invece rapidamente quando la risultante supera un valore prefissato secondo la sensibilità dell'apparecchio.

La protezione data dagli interruttori differenziali contro le tensioni di contatto e il pericolo di elettrocuzione è fondamentale in tutte le comuni applicazioni impiantistiche civili e industriali, tanto che con la Legge 46 del marzo 1990 l'inserimento dell'interruttore differenziale negli impianti è diventato oggetto di prescrizione legislativa al pari della messa a terra.

Inoltre il differenziale risulta indispensabile in particolari situazioni per le quali i fattori di rischio possono incrementarsi; in tal senso si ricordano alcuni dei più significativi impieghi specifici:

- protezione dei locali ad uso medico (Norma CEI 64-4), riguardante non solo i grandi complessi ospedalieri, le case di cura e gli ambulatori, ma anche i gabinetti medici e dentistici, i locali per trattamento idro e fisio-terapeutico, i complessi per cure termali, ecc;
- protezione degli utenti e dei manutentori di ascensori e montacarichi;
- protezione dei cantieri edili;
- protezione dei locali di balneazione pubblici e privati (docce, bagni, piscine, saune);
- protezione degli utenti di apparecchi portatili non a doppio isolamento e di apparecchi da giardinaggio;
- protezione degli utenti di campeggi;
- protezione degli impianti di alimentazione situati sulle banchine di attracco delle imbarcazioni.

Tra i vantaggi derivanti dall'utilizzo degli interruttori differenziali non va infine dimenticata la protezione che tali apparecchi offrono contro gli incendi innescabili da modeste dispersioni a terra non rilevabili dagli interruttori automatici magnetotermici, ma sufficienti a provocare il disastro.

Protezione contro i contatti accidentali

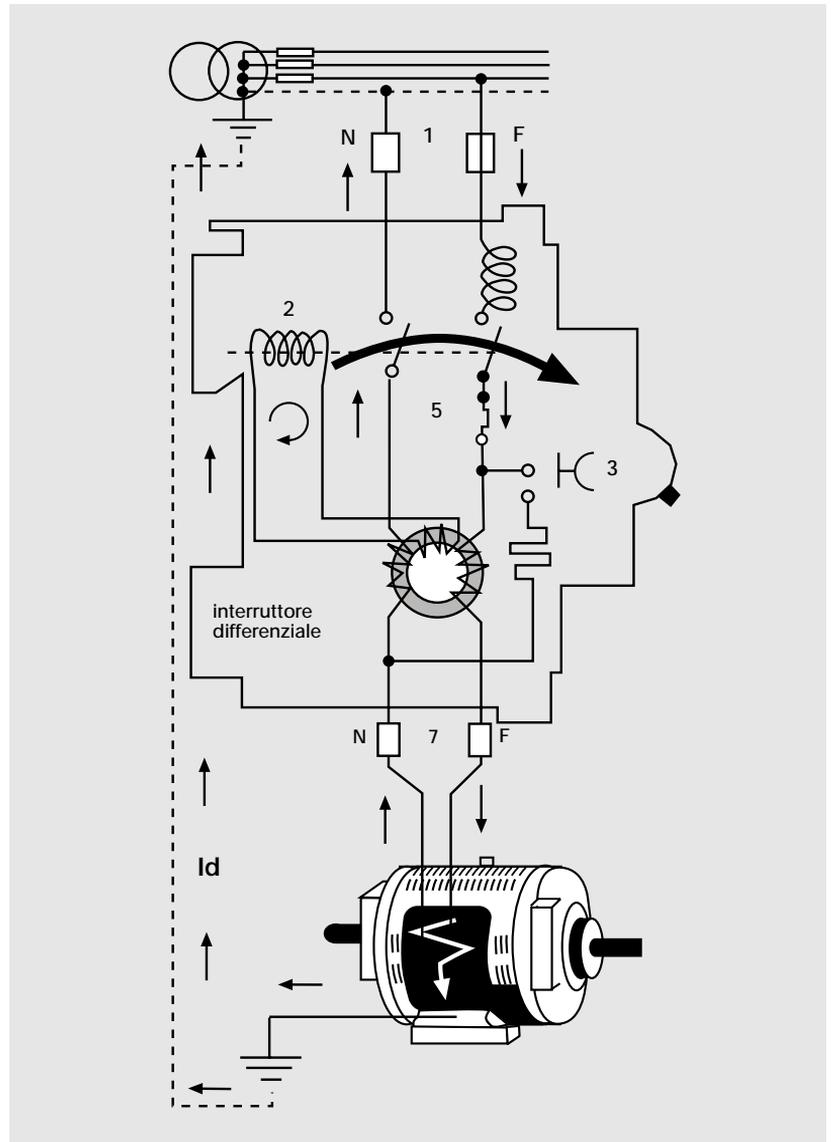


Fig. 8/6 – Schema elettrico di un interruttore differenziale bipolare

- 1) Morsetti di entrata
- 2) Sganciatore polarizzato
- 3) Pulsante di prova e controllo
- 4) Sganciatore elettromagnetico
- 5) Sganciatore termico
- 6) Trasformatore differenziale
- 7) Morsetti d'uscita

Protezione contro i contatti accidentali



8.4 Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi IT

In un sistema elettrico isolato da terra (sistema IT), un guasto a terra determina il passaggio di una corrente prevalentemente capacitiva (Fig. 8/7). La capacità è dovuta soprattutto ai cavi e, in misura minore, ai motori e agli altri componenti degli impianti.

In questi sistemi, la protezione contro i contatti indiretti avviene:

- mediante dispositivi di controllo dell'isolamento a funzionamento continuo in caso di 1° guasto a terra;
- utilizzando dispositivi di protezione contro le sovracorrenti e dispositivi a corrente differenziale⁽⁴⁾ in caso di 2° guasto a terra.

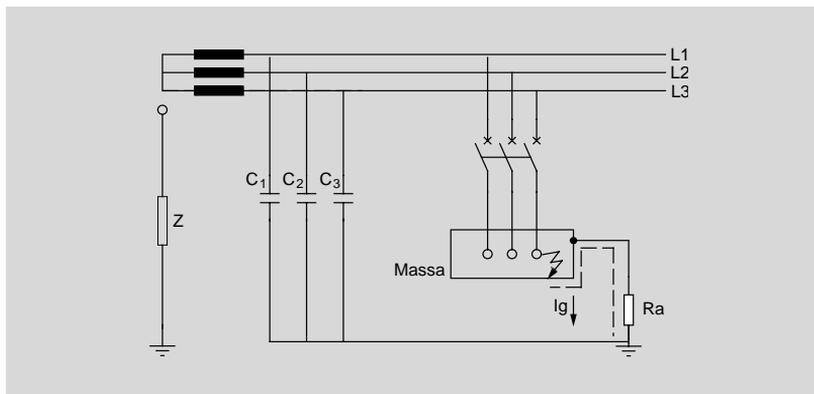


Fig. 8/7 – Sistema elettrico isolato da terra (IT). Il circuito di guasto ha un'impedenza notevolmente elevata, per consentire la continuità del servizio in caso di 1° guasto a terra. Nessuna parte attiva è collegata a terra se non tramite impedenza Z. Le masse dell'impianto sono collegate a terra.

(4) Nel caso dei dispositivi differenziali la I_{dn} di non funzionamento deve essere almeno uguale alla corrente prevista per un eventuale 1° guasto a terra, onde non venir meno alle esigenze di continuità del servizio.

Protezione contro i contatti accidentali

8.4.1 Caso del 1° guasto a terra

La corrente di guasto di tipo prevalentemente capacitivo che si verifica nel caso di un primo guasto a terra assume un valore assai modesto (dell'ordine dell'ampere e solo eccezionalmente in impianti molto estesi può superare la decina di ampere). Questa corrente non è in grado di far intervenire i dispositivi di protezione a sovracorrente. Il circuito non si interrompe e viene così assicurata la continuità del servizio. Perché la protezione sia garantita, devono essere soddisfatte le relazioni:

$$\begin{aligned} R_t \cdot I_d &\leq 50 \text{ V} && \text{per ambienti normali} \\ R_t \cdot I_d &\leq 25 \text{ V} && \text{per ambienti particolari (CEI 64-8, art. 481.3.1.1)} \end{aligned}$$

dove:

R_t = resistenza del dispersore a cui sono collegate le masse;
 I_d = corrente di guasto nel caso di 1° guasto, fra un conduttore e una massa; il suo valore tiene conto delle correnti di dispersione verso terra e dell'impedenza totale di messa a terra dell'impianto elettrico;
50 e 25 V = tensioni limite di contatto U_L

8.4.2 Caso del 2° guasto a terra

Con il 2° guasto a terra l'interruzione automatica del circuito è indispensabile.

Le sue condizioni dipendono da come sono connesse le masse a terra, cioè:

a) se interconnesse collettivamente da un conduttore di protezione (Fig.8/8 a) si applicano le prescrizioni relative al sistema TN tenendo conto che:

1) in caso di neutro non distribuito deve essere soddisfatta la relazione:

$$Z_s \leq \frac{U}{2 \cdot I_a}$$

2) in caso di neutro distribuito deve essere soddisfatta la relazione:

$$Z'_s \leq \frac{U}{2 \cdot I_a}$$

dove:

U = tensione nominale fase-fase;

U_o = tensione nominale fase-terra;

Z_s = impedenza dell'anello di guasto (conduttore di fase + conduttore di protezione);

Z'_s = impedenza del circuito di guasto (conduttore di neutro e conduttore di protezione del circuito);

I_a = corrente che provoca l'interruzione del circuito entro il tempo indicato in Tab. 8/2, colonne (a) e (c), quando applicabile (circuiti terminali) o entro 5 s, quando permesso (circuiti di distribuzione) (par. 8.2 - vedasi nota).

b) se sono messe a terra per gruppi o individualmente (Figg. 8/8 b e 8/8 c) si applicano le prescrizioni relative al sistema TT e i tempi di interruzione massimi rimangono quelli indicati nella Tabella 8/2.

Protezione contro i contatti accidentali

In impianti dove la tensione di contatto U_L viene limitata a 25 V c.a. e 60 V c.c. non ondulata (ambienti particolari come cantieri edili, strutture adibite ad uso agricolo ecc.), i tempi di interruzione massimi divengono quelli indicati nella Tab. 8/2, colonne (b) e (d).

Tab. 8/2 – Tempi di interruzione massimi ammessi. Caso di 2° guasto a terra.

(1) Se i tempi di interruzione indicati non possono essere garantiti, può essere necessario effettuare un collegamento equipotenziale supplementare.

(2) In condizioni ordinarie.

(3) In condizioni particolari.

Tensione nominale dell'impianto U_o/U (V)	Tempo di interruzione t (s) ⁽¹⁾			
	Neutro non distribuito		Neutro distribuito	
	(a)	(b)	(c)	(d)
120/240	0,8	0,4	5	1
230/400	0,4	0,2	0,8	0,4
400/690	0,2	0,06 ⁽³⁾	0,4	0,2 ⁽³⁾
580/1000	0,1 ⁽²⁾	0,02	0,2 ⁽¹⁾	0,06

Prescrizioni da rispettare affinché sia assicurata la protezione

- Le masse devono essere messe a terra singolarmente, per gruppi o collettivamente (Fig. 8/8).

Deve essere installato un dispositivo di controllo dell'isolamento a funzionamento continuo, che aziona un segnale acustico o visivo in modo che in caso di 1° guasto esso venga eliminato il più rapidamente possibile, in quanto con il suo permanere il sistema passa da IT a sistema TN o TT, il che, nel caso di un 2° guasto a terra, provoca l'intervento dei dispositivi a sovracorrente o a corrente differenziale (caso TT), interrompendo la richiesta continuità di servizio.

- Si raccomanda, inoltre, di non distribuire il neutro (CEI 64-8, Art. 473.3.2.2 e 473.3.3).

Protezione contro i contatti accidentali

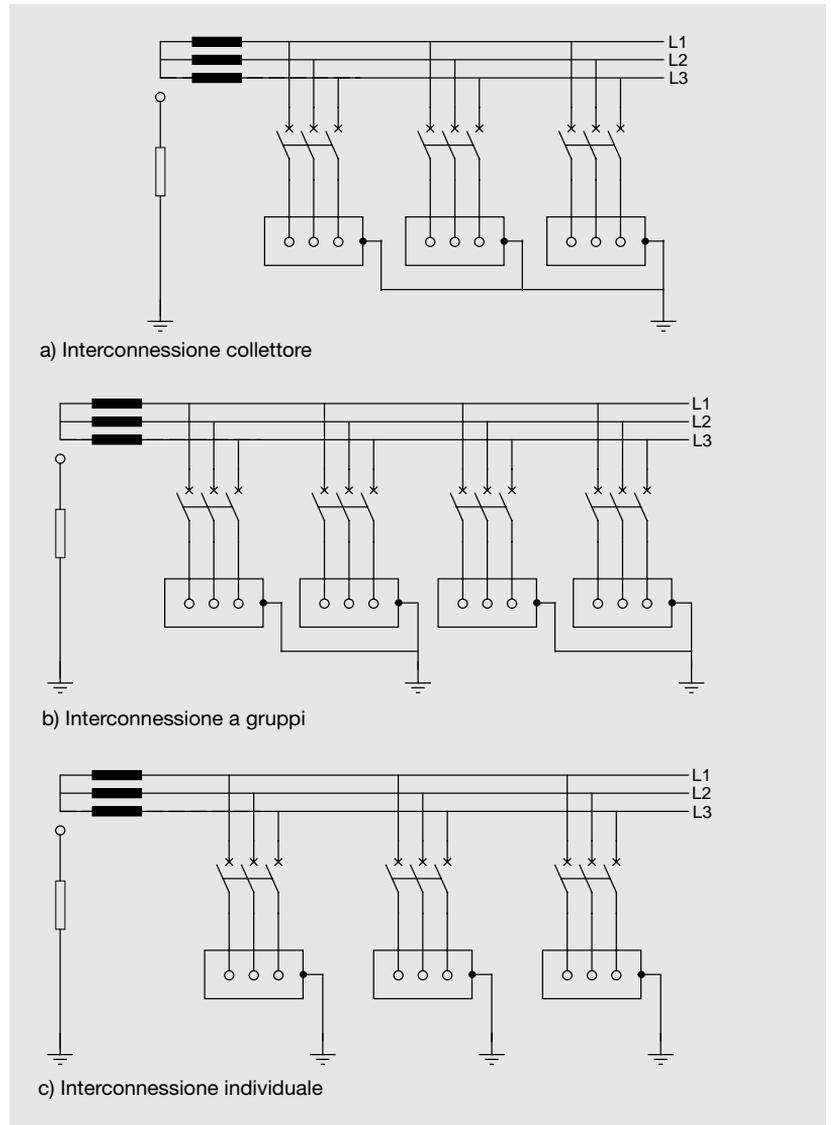


Fig. 8/8 – Interconnessione delle masse

8.5 Protezione passiva

Quando la protezione contro i contatti indiretti viene attuata con sistemi che non prevedono l'interruzione automatica del circuito, si ha la protezione passiva. In questo caso si tende a limitare non il tempo di permanenza di un guasto, ma il valore della tensione alla quale il soggetto umano può essere sottoposto.

Sono sistemi di protezione passiva:

- bassissima tensione di sicurezza;
- doppio isolamento;
- luoghi non conduttori;
- collegamento equipotenziale locale non connesso a terra;
- separazione elettrica.

8.5.1 Bassissima tensione⁽⁵⁾

Un sistema elettrico è a **bassissima tensione** se soddisfa le condizioni imposte dall'articolo 411.1.1 della Norma CEI 64-8; in particolare:

- la tensione nominale non supera 50 V, valore efficace in c.a., e 120 V in c.c. non ondulata;
- l'alimentazione proviene da una sorgente SELV o PELV;
- sono soddisfatte le condizioni di installazione specificatamente previste per questo tipo di circuiti elettrici.

SELV e PELV sono acronimi di:

- Safety Extra Low Voltage
- Protective Extra Low Voltage

e caratterizzano ciascuna specifici requisiti che devono possedere i sistemi a bassissima tensione.

Un circuito SELV ha le seguenti caratteristiche:

- 1) è alimentato da una sorgente autonoma o da una sorgente di sicurezza. Sono sorgenti autonome le pile, gli accumulatori, i gruppi elettrogeni. Sono considerate sorgenti di sicurezza le alimentazioni ottenute attraverso un trasformatore di sicurezza.
- 2) Non ha punti a terra. È vietato collegare a terra sia le masse sia le parti attive del circuito SELV.
- 3) Deve essere separato da altri sistemi elettrici. La separazione del sistema SELV da altri circuiti deve essere garantita per tutti i componenti; a tal fine i conduttori del circuito SELV o vengono posti in canaline separate o sono muniti di una guaina isolante supplementare.

Un circuito PELV possiede gli stessi requisiti di un sistema SELV ad eccezione del divieto di avere punti a terra; infatti nei circuiti PELV almeno un punto è sempre collegato a terra.

La Norma CEI 64-8 prevede una terza tipologia circuitale per i sistemi di categoria zero: i circuiti FELV (Functional Extra Low Voltage).

Questi circuiti, realizzabili quando per ragioni funzionali non possono essere soddisfatte le prescrizioni dei circuiti SELV o PELV, richiedono, allo scopo di assicurare la protezione contro i contatti diretti e indiretti, che vengano soddisfatte le seguenti prescrizioni:

(5) La Norma precisa che la protezione mediante bassissima tensione (circuiti SELV e PELV) assicura sia la protezione contro i contatti diretti sia contro quelli indiretti.

Protezione contro i contatti accidentali

- **Protezione contro i “contatti diretti”**

Deve essere assicurata da:

- barriere o involucri con grado di protezione conforme a quanto richiesto dalla Norma CEI 64-8, art. 412.2;

oppure:

- un isolamento corrispondente alla tensione minima di prova richiesta per il circuito primario. Se tale prova non viene superata, l'isolamento delle parti accessibili non conduttrici del componente elettrico, deve essere rinforzato durante l'installazione in modo che possa sopportare una tensione di prova di 1500 V c.a. per 60 s.

- **Protezione contro i “contatti indiretti”**

Deve essere assicurata:

- dal collegamento delle masse del circuito FELV al conduttore di protezione del circuito primario a condizione che quest'ultimo risponda a una delle misure di protezione contro i contatti diretti;

oppure:

- dal collegamento di una parte attiva del circuito FELV al conduttore di protezione del circuito primario, a condizione che sia applicata una misura di protezione mediante interruzione automatica del circuito primario stesso.

- **Prese a spina**

Le prese a spina del sistema FELV non devono potersi inserire in altre prese alimentate con altre tensioni e le spine di altri circuiti non devono inserirsi nelle prese del sistema FELV.

8.5.2 Doppio isolamento

Il doppio isolamento è ottenuto aggiungendo all'isolamento **principale** o **fondamentale** (il normale isolamento delle parti attive) un secondo isolamento chiamato **supplementare**.

È altresì ammesso dalle Norme la realizzazione di un unico isolamento purché le caratteristiche elettriche e meccaniche non siano inferiori a quelle realizzate con il doppio isolamento; in questo caso l'isolamento è chiamato **isolamento rinforzato**.

Il tipo di protezione offerto dal doppio isolamento consiste nel diminuire fortemente la probabilità di guasti perché, in caso di cedimento dell'isolamento principale, rimane la protezione dell'isolamento supplementare.

Un'apparecchiatura elettrica dotata di doppio isolamento o di isolamento rinforzato (Fig. 8/9) è classificata di classe II⁽⁶⁾.

(6) Gli apparecchi elettrici vengono suddivisi dalle Norme CEI in quattro classi, in base al tipo di protezione offerta contro i contatti indiretti. In particolare:

Classe 0: apparecchio dotato di isolamento principale e sprovvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.

Classe I: apparecchio dotato di isolamento principale e provvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.

Classe II: apparecchio dotato di doppio isolamento o di isolamento rinforzato e sprovvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.

Classe III: apparecchio destinato ad essere alimentato a bassissima tensione di sicurezza. L'isolamento può essere ridotto e non deve essere in alcun modo collegato a terra o al conduttore di protezione di altri circuiti.

Protezione contro i contatti accidentali

Isolamento principale

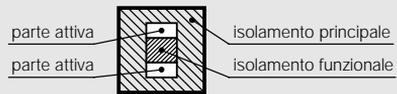


Fig. 8/9 a – Isolamento delle parti attive

Doppio isolamento

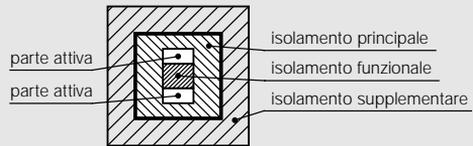


Fig. 8/9 b – Insieme dell'isolamento principale e dell'isolamento supplementare

Isolamento rinforzato

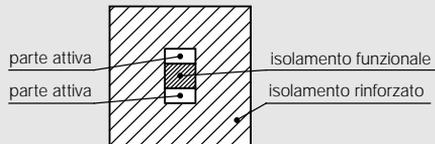


Fig. 8/9 c – Unico isolamento al posto dei due isolamenti, principale e supplementare, che abbia proprietà elettriche e meccaniche tali da formare lo stesso grado di protezione del doppio isolamento

8.5.3 Protezione per mezzo di luoghi non conduttori

Questa misura di protezione serve ad evitare contatti simultanei con parti che possono trovarsi ad un potenziale diverso a causa di un cedimento dell'isolamento principale di parti attive. Essa però, per la sua particolarità, è praticamente impossibile da applicare negli edifici civili e similari in quanto esistono pochi locali in grado di soddisfare le condizioni richieste per la sua applicazione, in particolare per le seguenti ragioni:

- presenza di un sempre maggior numero di masse estranee nei locali;
- possibili modifiche ai pavimenti che possono trasformare un locale da non conduttore a conduttore;
- presenza di prese a spina ed uso di cavi elettrici di prolunga che variano la distanza degli apparecchi utilizzatori, il che può renderli simultaneamente accessibili.

È ammesso l'uso di componenti elettrici di classe 0 o di classe I non collegati a terra, purché siano soddisfatte le seguenti condizioni (CEI 64-8/413.3.1 fino a 413.3.6):

- 1) le masse devono essere distanziate, tra loro e da masse estranee, almeno 2 m in orizzontale e 2,5 m in verticale (vedere Fig. 8/10), affinché le persone non vengano in contatto simultaneamente con esse (queste distanze possono essere ridotte a 1,25 m al di fuori della zona a portata di mano), oppure:
 - interposizione di ostacoli non collegati a terra o a massa, possibilmente isolanti, tra masse e masse estranee, che consentano di tenere le distanze nei valori sopraindicati;
 - isolamento delle masse estranee. L'isolamento deve avere una resistenza meccanica sufficiente e deve sopportare una tensione di prova di almeno 2000 V. Inoltre la corrente di dispersione verso terra non deve essere maggiore di 1A, in condizioni normali d'uso. Le condizioni di cui sopra sono riferite solo a componenti elettrici fissi ed è altresì vietato l'uso di prese a spina;

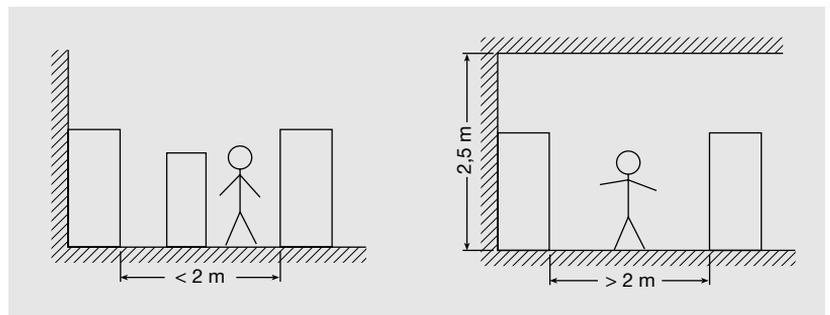


Fig. 8/10

Protezione contro i contatti accidentali

2) il luogo deve avere pavimenti e pareti isolanti. la misura della resistenza elettrica deve essere eseguita almeno tre volte nello stesso locale, delle quali una a circa 1 m da qualsiasi massa estranea accessibile posta nel locale e le altre due misure a distanza maggiore. La resistenza elettrica non deve essere inferiore a:

- 50 k Ω per tensioni di alimentazione \leq 500 V;
- 100 k Ω per tensioni di alimentazione $>$ 500 V;

Se il valore riscontrato della resistenza risulta inferiore ai valori suddetti, i pavimenti e le pareti sono da considerarsi masse estranee (CEI 64-8/612.5).

8.5.4 Protezione per mezzo di collegamento equipotenziale locale non connesso a terra

Il collegamento equipotenziale locale non connesso a terra evita il manifestarsi di una tensione di contatto pericolosa.

Questo tipo di protezione non trova mai applicazione nei locali ad uso civile o similare, a causa della poca disponibilità di tali locali a soddisfare le prescrizioni richieste per la sua applicazione; prescrizioni che sono contenute negli Articoli 413.4.1, 413.4.2 e 413.4.3 della Norma CEI 64-8 e che vengono nel seguito riassunte:

- I conduttori di collegamento equipotenziale devono collegare tra loro le masse e tutte le masse estranee simultaneamente accessibili;
- Il collegamento equipotenziale locale non deve essere collegato a terra né direttamente né tramite masse o masse estranee;
- Devono essere prese precauzioni affinché le persone che accedono in un luogo reso equipotenziale non vengano esposte ad una differenza di potenziale pericolosa, particolarmente nel caso di un pavimento conduttore isolato da terra collegato ad un collegamento equipotenziale non connesso a terra.

8.5.5 Protezione per separazione elettrica

Questo tipo di protezione evita correnti pericolose nel caso di contatto con masse che possono andare in tensione a causa di un guasto all'isolamento principale del circuito.

Le prescrizioni da rispettare affinché la protezione sia assicurata sono quelle indicate nella Norma CEI 64-8 (Articoli da 413.5.1.1 fino a 413.5.1.6) ed anche da:

- quanto indicato, sempre dalla stessa Norma al punto 413.5.2, se il circuito separato alimenta un solo componente elettrico;
- quanto indicato al punto 413.5.3, se il circuito separato alimenta più di un componente elettrico.

Si raccomanda inoltre che il prodotto della tensione nominale, in volt, del circuito separato, per la lunghezza della conduttura elettrica in metri, non superi il valore di 100.000; la lunghezza della conduttura non deve inoltre essere $>$ 500 m.

8.6 Protezione contro i contatti diretti

Si attua la protezione contro i contatti diretti ponendo in essere tutte quelle misure e accorgimenti idonei a proteggere le persone dal contatto con le parti attive di un circuito elettrico.

La protezione può essere parziale o totale.

La scelta tra la protezione parziale o totale dipende dalle condizioni d'uso e d'esercizio dell'impianto (può essere parziale solo dove l'accessibilità ai locali è riservata a persone addestrate)⁽⁷⁾.

La Norma CEI 64-8 prevede inoltre quale misura addizionale di protezione contro i contatti diretti l'impiego di dispositivi a corrente differenziale.

8.6.1 Misure di protezione totali

Sono destinate alla protezione di personale non addestrato e si ottengono mediante:

- **Isolamento delle parti attive**

Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- parti attive ricoperte completamente con isolamento che può essere rimosso solo a mezzo di distruzione;
- altri componenti elettrici devono essere provvisti di isolamento resistente alle azioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere soggetto nell'esercizio.

- **Involucri o barriere**

Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- parti attive contenute entro involucri o dietro barriere con grado di protezione almeno IP2X o IPXXB⁽⁸⁾;
- superfici orizzontali delle barriere o involucri a portata di mano, con grado di protezione almeno IP4X o IPXXD;
- involucri o barriere saldamente fissati in modo da garantire, nelle condizioni di servizio prevedibili, la protezione nel tempo;
- barriere o involucri devono poter essere rimossi o aperti solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo speciale;
- il ripristino dell'alimentazione deve essere possibile solo dopo sostituzione o richiusura delle barriere o degli involucri.

(7) Le Norme CEI danno la seguente definizione di persona addestrata: persona avente conoscenze tecniche o esperienza, o che ha ricevuto istruzioni specifiche sufficienti per permetterle di prevenire i pericoli dell'elettricità, in relazione a determinate operazioni condotte in condizioni specificate.

Nota

il termine addestrato è pertanto un attributo relativo:

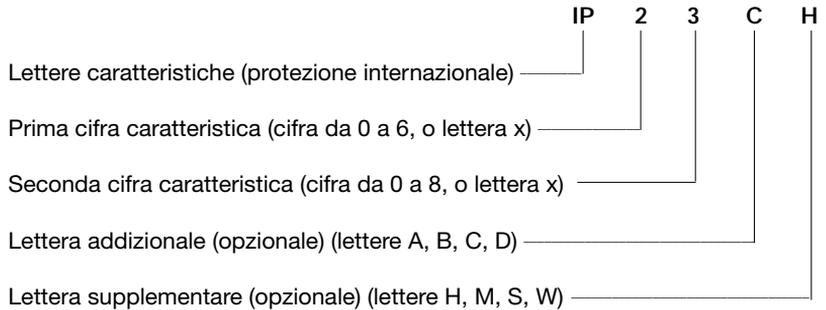
- al tipo di operazione;
- al tipo di impianto sul quale, o in vicinanza del quale, si deve operare;
- alle condizioni ambientali contingenti e di supervisione da parte di personale più preparato.

(8) Il grado di protezione degli involucri delle apparecchiature elettriche viene identificato mediante un codice la cui struttura viene indicata dalla Norma CEI EN 60519.

Protezione contro i contatti accidentali

8.6.2 Gradi di protezione degli involucri

Il grado di protezione di un involucro è indicato con il codice IP la cui struttura è la seguente (Norma CEI EN 60529 (CEI 70-1)):



Note

- 1) Quando non sia richiesta una cifra caratteristica, quest'ultima deve essere sostituita dalla lettera "X" ("XX" se sono omesse entrambe le cifre).
- 2) Le lettere aggiuntive e/o supplementari possono essere omesse senza essere sostituite.
- 3) Nel caso di più lettere supplementari, si deve applicare l'ordine alfabetico.
- 4) Se un involucro fornisce diversi gradi di protezione per differenti sistemi di montaggio, il costruttore deve indicare nelle istruzioni i gradi di protezione corrispondenti ai differenti sistemi di montaggio.

Protezione contro i contatti accidentali

IP — Esempio — 2	— 3 —	— C —	— S
1ª CIFRA CARATTERISTICA Protezione contro la penetrazione di corpi solidi estranei e contro l'accesso a parti pericolose	2ª CIFRA CARATTERISTICA Protezione contro la penetrazione di acqua	LETTERA ADDIZIONALE (*) (Opzionale)	LETTERA SUPPLEMENTARE (Opzionale)
<p style="text-align: center;">Significato per la protezione dell'apparecchiatura contro la penetrazione di corpi solidi estranei</p> <p style="text-align: center;">Significato per la protezione delle persone contro l'accesso a parti pericolose</p> <p>0 Non protetto</p> <p>1 Protetto contro corpi solidi di diametro > 50 mm</p> <p>2 Protetto contro corpi solidi di diametro > 12,5 mm</p> <p>3 Protetto contro corpi solidi di diametro > 2,5 mm</p> <p>4 Protetto contro corpi solidi di diametro > 1 mm</p> <p>5 Protetto contro la polvere in quantità nociva</p> <p>6 Totalmente protetto contro la polvere</p>	<p style="text-align: center;">Significato per la protezione dell'apparecchiatura contro la penetrazione di acqua con effetti dannosi</p> <p>0 Non protetto</p> <p>1 Protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua</p> <p>2 Protetto contro la caduta di gocce d'acqua con inclinazione massima di 15°</p> <p>3 Protetto contro la pioggia</p> <p>4 Protetto contro gli spruzzi d'acqua</p> <p>5 Protetto contro i getti d'acqua</p> <p>6 Protetto contro i getti d'acqua potenti</p> <p>7 Protetto contro gli effetti della immersione temporanea</p> <p>8 Protetto contro gli effetti della immersione continua</p>	<p style="text-align: center;">Significato per la protezione delle persone contro l'accesso a parti pericolose</p> <p>A Protetto contro l'accesso con il dorso della mano</p> <p>B Protetto contro l'accesso con un dito</p> <p>C Protetto contro l'accesso con un attrezzo</p> <p>D Protetto contro l'accesso con un filo</p> <p>Utilizzato solo se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la protezione effettiva contro l'accesso a parti pericolose è superiore a quella indicata dalla prima cifra caratteristica • è indicata solo se la protezione con l'accesso a parti pericolose. In tal caso la prima cifra caratteristica viene sostituita con una X 	<p style="text-align: center;">Informazioni supplementari per la protezione dell'apparecchiatura</p> <p>H Apparecchiatura ad alta tensione</p> <p>M Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso di acqua con la apparecchiatura in moto</p> <p>S Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso di acqua con la apparecchiatura non in moto</p> <p>W Adatto all'uso in condizioni atmosferiche specifiche</p>

Fig. 8/11 – Gradi di protezione degli involucri

Protezione contro i contatti accidentali

8.6.3 Misure di protezioni parziali

Sono destinate unicamente a personale addestrato; si attuano mediante ostacoli o distanziamento.

Impediscono il contatto non intenzionale con le parti attive. Nella pratica sono misure applicate solo nelle officine elettriche.

Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- **Ostacoli**

Devono impedire:

- l'avvicinamento non intenzionale del corpo a parti attive;
- il contatto non intenzionale con parti attive durante lavori sotto tensione nel funzionamento ordinario.

Gli ostacoli possono essere rimossi senza una chiave o un attrezzo speciale, ma devono essere fissati in modo da impedirne la rimozione accidentale.

- **Distanziamento**

Il distanziamento delle parti simultaneamente accessibili deve essere tale che esse non risultino a portata di mano (Fig. 8/12).

La zona a portata di mano inizia dall'ostacolo (per es. parapetti o rete grigliata) che abbia un grado di protezione < IPXXB.

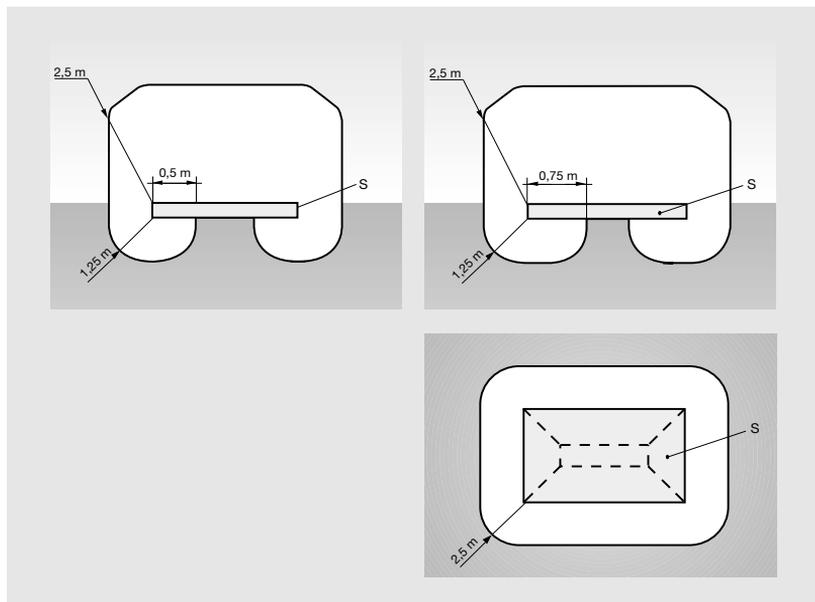


Fig. 8/12 – Parti ritenute “a portata di mano” secondo la Norma CEI 64-8

Protezione contro i contatti accidentali

8.6.4 Misura di protezione aggiuntiva mediante interruttori differenziali

La protezione con interruttori differenziali con $I_{dn} \leq 30$ mA, pur eliminando gran parte dei rischi dovuti ai contatti diretti, non è riconosciuta quale elemento unico di protezione completa e richiede comunque l'abbinamento con una delle misure di protezione di cui ai precedenti paragrafi 8.6.1 e 8.6.3.

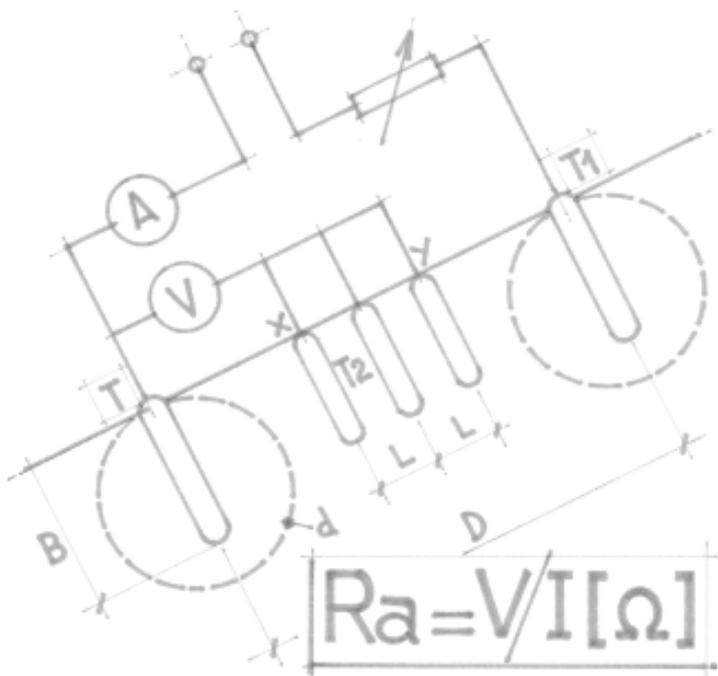
L'uso dell'interruttore differenziale da 30 mA permette inoltre la protezione contro i contatti indiretti in condizioni di messa a terra incerte ed è sicuramente una protezione efficace contro i difetti di isolamento, origine di piccole correnti di fuga verso terra (rischio d'incendio).

A questo proposito vale la pena ricordare che non sempre le correnti di forte intensità sono responsabili di innesco d'incendio; spesso invece lo sono quelle di bassa intensità.

Gli incendi che hanno origine nei vari ambiti dell'impianto elettrico (quadri di distribuzione primaria o di subdistribuzione, cassette di distribuzione, motori, cavi) sono dovuti in buona parte dei casi al cedimento dell'isolamento, per invecchiamento, per surriscaldamento o per sollecitazione meccanica delle parti isolanti, con il conseguente fluire di deboli correnti di dispersione verso massa o tra le fasi che, aumentando di intensità nel tempo, possono innescare "l'arco", sicura fonte termica per l'inizio di un incendio. Il guasto però non sempre si evolve in questo modo: a volte la "debole corrente di dispersione" al suo nascere è sufficiente ad innescare un focolaio di incendio se esso interessa un volume ridotto di materiale organico. Per esempio una corrente di 200 mA alla tensione di fase di 220 V, sviluppa una potenza termica di 44 W che paragonata a quella di circa 35 W della fiamma di un fiammifero dà un'idea della possibilità di cui sopra.

L'esperienza dimostra che pericoli di incendio possono presentarsi, in alcune condizioni, già quando la corrente oltrepassa i 70 mA a 220 V (15,5 W). Pertanto per un'efficace protezione contro l'incendio è necessario che il guasto venga eliminato al suo insorgere. Questo è possibile solo con l'impiego di dispositivi di protezione che intervengano in corrispondenza dei suddetti valori di corrente, cioè gli "interruttori differenziali".

9.1	Introduzione alle verifiche	9/2
9.2	Misura della resistenza di terra del dispersore e dell'impedenza dell'anello di guasto	9/2
9.2.1	Misura della R_A	9/3
9.2.2	Misura della Z_S	9/5
9.3	Misura della resistenza di isolamento dell'impianto	9/6
9.4	Misura della resistenza di isolamento dei pavimenti e delle pareti nei locali isolanti	9/8
9.5	Prova di continuità dei conduttori	9/9



Misure e verifiche

9.1 Introduzione alle verifiche

Fin dalla prima edizione della Norma CEI 64-8 (1984) le norme si sono occupate delle verifiche degli impianti elettrici. Recentemente l'ultima edizione della Norma CEI 64-8, in vigore da giugno 1998, riconferma tale scelta, dedicando un intero capitolo, il sesto, alle verifiche. Grazie all'armonizzazione europea di cui gode la CEI 64-8 questo riferimento è adesso il più importante. In tema di verifiche si hanno ulteriori chiarimenti in termini di contenuti e procedure tecniche da un altro documento normativo, la CEI 64-14 del dicembre 1996, che è il vero vademecum per il moderno verificatore elettrico. Con quest'ultimo fascicolo, intitolato "Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori", il CEI ha fornito un decisivo contributo allo sviluppo dei collaudi e delle verifiche periodiche che, se effettivamente e fedelmente realizzate, incrementeranno notevolmente il livello di sicurezza ed affidabilità degli impianti.

Di seguito si analizzano le principali verifiche tra quelle previste dalla CEI 64-8 IV e dettagliatamente descritte nella CEI 64-14 .

9.2 Misura della resistenza di terra del dispersore e dell'impedenza dell'anello di guasto

Nel caso di sistema **TT** vale la:

$$R_A \leq \frac{50}{I_a}$$

dove:

R_A = è la resistenza totale del dispersore più il conduttore di protezione PE

I_a = la corrente d'intervento delle protezioni entro 5 s (I_{dn} se si coordina R_A con differenziali)

50 = la tensione di contatto limite per luoghi ordinari in volt

Nel caso di impianto **TN** vale la

$$I_g \geq I_a \quad \text{con} \quad I_g = \frac{U_o}{Z_s}$$

dove:

I_g = corrente dovuta al guasto a massa

U_o = tensione verso terra

Z_s = impedenza totale dell'anello di guasto

I_a = corrente di sgancio in 5 s o 0,4 s secondo la collocazione del punto di guasto

Dalle precedenti relazioni si ricavano le resistenze (R_A) e le impedenze (Z_s) limite, per realizzare il coordinamento, che dovranno essere ottenute col dispersore.

Misure e verifiche

9.2.1 Misura della R_A

R_A è la grandezza fisica di riferimento per l'incolumità delle persone nel sistema TT. Il circuito per la misura è quello indicato nella Fig. 9/1. La resistenza di terra è data da:

$$R_A = \frac{V}{I}$$

dove:

V = tensione misurata tra **T** e **T2**, in volt

I = corrente costante, immessa nel terreno in ampere, che fluisce tra **T** e **T1**.

Per una corretta valutazione della R_A occorre fare tre misure:

- una con **T2** nella posizione centrale
- le altre due con **T2** spostata di qualche metro in **x** e **y**, rispettivamente più vicino a **T** e più lontano da **T**.

Se le tre misure risultano sostanzialmente le stesse, si prende la media di esse come valore di R_A . Se non esiste tale accordo di valori, occorre ripetere le prove aumentando la distanza tra **T** e **T1**.

Se la prova si effettua con corrente alternata a frequenza industriale l'impedenza interna del voltmetro impiegato deve essere alta (almeno 200 Ω/V).

Importante: la sorgente di alimentazione deve essere separata dalla rete di alimentazione, per esempio con un trasformatore a doppio isolamento.

Nel caso di dispersori di grandi dimensioni è bene ripetere la misura spostando più volte la sonda di tensione fino a localizzare il punto ideale dove la curva di potenziale assume il valore costante di flesso (fig. 9/2). Se anche questa operazione risulta difficile, occorre spostare oltre anche la sonda di corrente.

Legenda

B = lunghezza del dispersore

T = dispersore di prova

T1 = sonda di corrente

D = distanza tra T e T1 pari almeno a 5 B (per evitare che le zone di influenza si sovrappongano) nel caso di dispersore a picchetto

T2 = sonda di tensione

X = posizione di T2 per la I_a misura

Y = posizione di T2 per la I_b misura

d = zone di influenza (che non si sovrappongono)

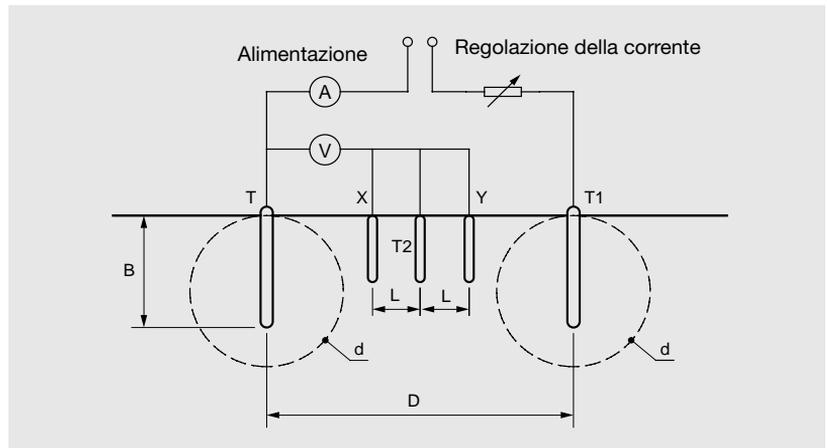


Fig. 9/1 - Circuito per la misura della resistenza di terra

Misure e verifiche

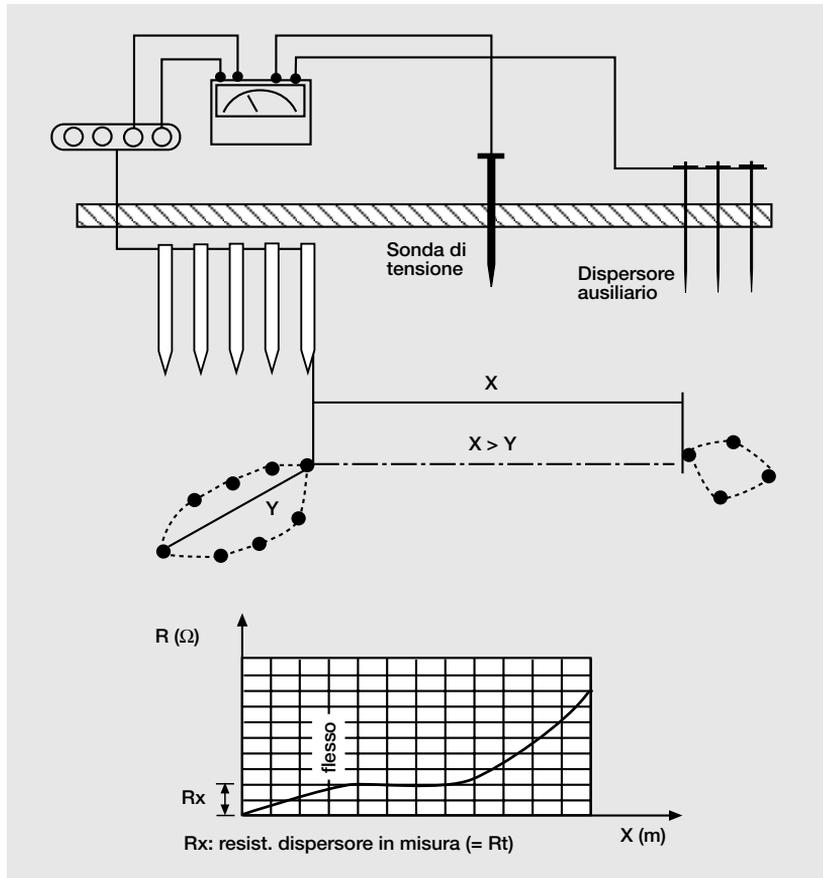


Fig. 9/2 - Con grandi dispersori si deve localizzare il punto di flesso della curva di potenziale

Misure e verifiche

9.2.2 Misura della Z_s - Descrizione del metodo voltamperometrico (CEI 64-8/6 IV ediz. 612.6.3. e Appendice C al capitolo 6)

Prima di effettuare la misura fare una prova di continuità tra il punto di neutro e le masse.

Prova da eseguire con una corrente di almeno 0,2 A, utilizzando una sorgente di tensione alternata o continua compresa fra 4 e 24 V a vuoto (prova di continuità dei conduttori di protezione, equipotenziali principali e supplementari secondo CEI 64-8/612.2).

Il circuito da realizzare è quello indicato in Fig. 9/3. L'impianto deve essere fuori tensione, con il primario del trasformatore cortocircuitato, utilizzando un generatore separato **G** a 50 Hz.

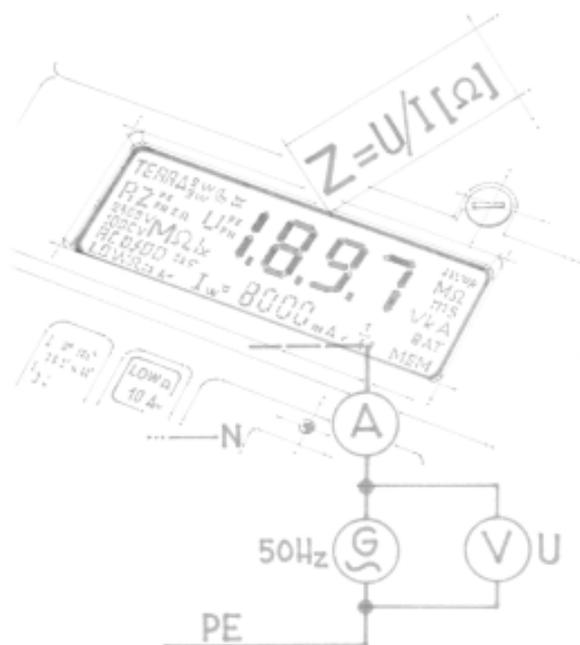
L'impedenza è data da:

$$Z = \frac{U}{I}$$

dove:

I = corrente di prova misurata

U = tensione di prova ai capi del generatore, in volt



Nota

Esistono in commercio apparecchi che permettono di effettuare, non con lo stesso rigore, ma comunque con risultato accettabile, la misura di **Z** con l'impianto in tensione.

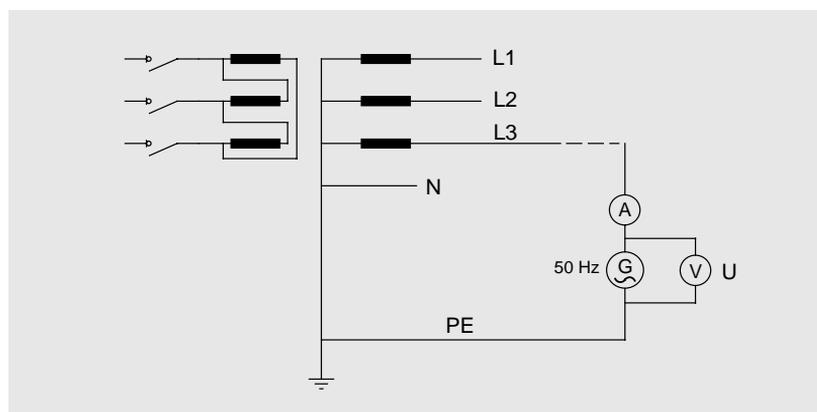
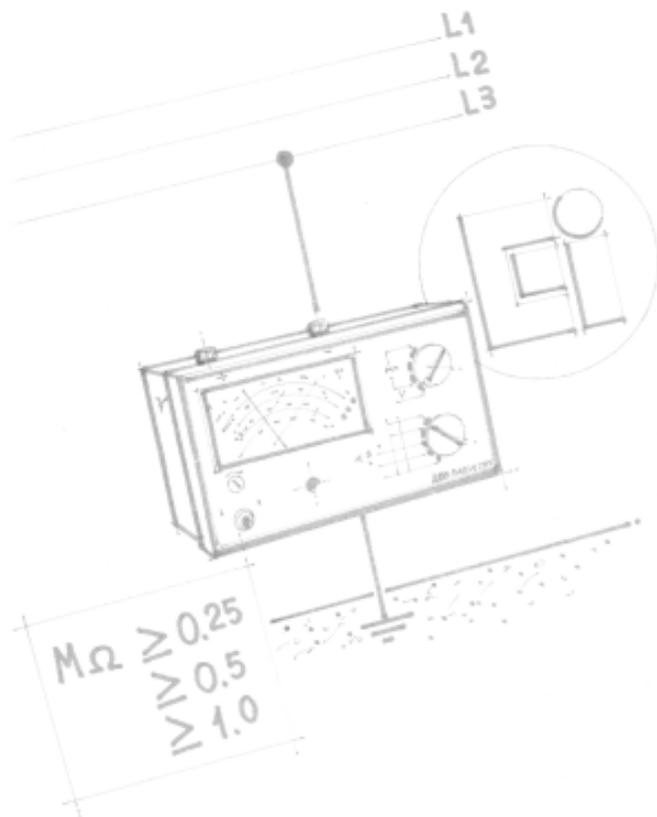


Fig. 9/3 - Schema elettrico per la rilevazione dell'impedenza dell'anello di guasto

Misure e verifiche

9.3 Misura della resistenza di isolamento dell'impianto. Descrizione del metodo (CEI 64-8/612.3)

La misura deve essere effettuata tra ogni conduttore attivo e la terra, osservando quanto segue (Fig. 9/4):



- gli apparecchi devono essere disinseriti dal circuito;
- durante la prova i conduttori di fase e di neutro possono essere collegati tra loro;
- nei circuiti TN-C il conduttore di protezione PEN è considerato come parte della terra, pertanto la misura della sua resistenza d'isolamento è superflua;
- la misura deve essere effettuata in corrente continua e l'apparecchio di prova deve poter fornire la tensione di prova indicata in Tab. 10/1, quando eroga una corrente di 1 mA;
- se il circuito comprende dispositivi elettronici i conduttori di fase e di neutro devono essere collegati al fine di evitare danneggiamenti ai dispositivi elettronici stessi;
- la resistenza di isolamento è soddisfacente se non risulta inferiore a quanto indicato in Tab. 9/1.

La prova ed i valori della resistenza d'isolamento dati in Tab. 9/1 valgono anche nei seguenti tipi di protezione:

- sistemi SELV con parti attive separate da quelle di altri circuiti e dalla terra;
- sistemi PELV con parti attive separate da quelle di altri circuiti;
- con separazione elettrica da altri circuiti e dalla terra.

Misure e verifiche

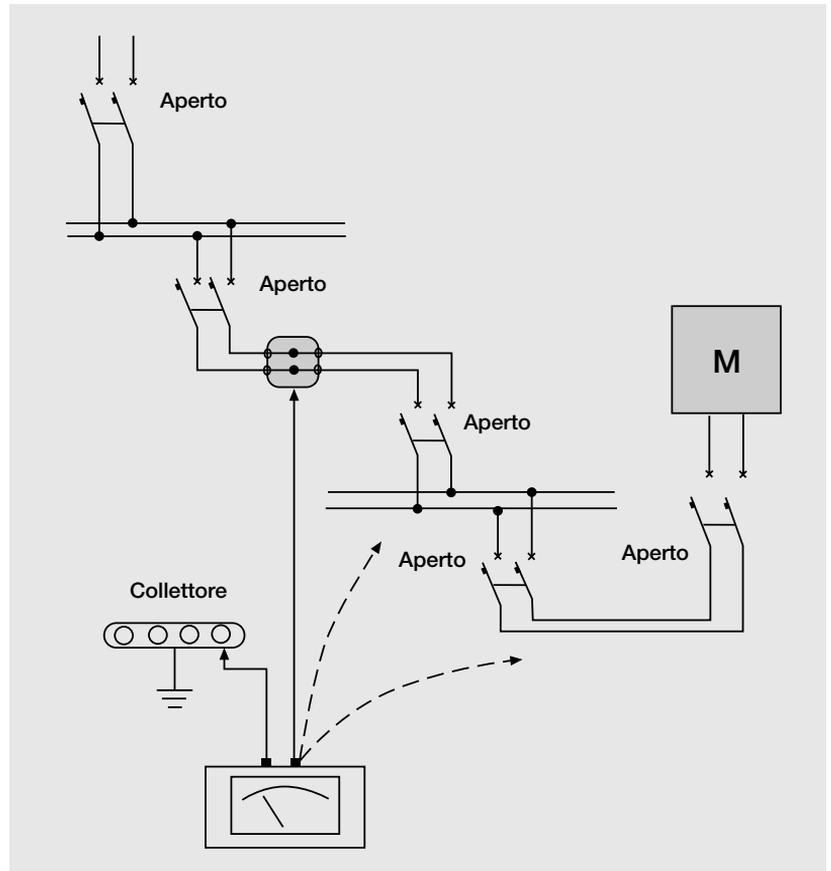


Fig. 9/4 - Inserimento dei puntali per la misura della resistenza d'isolamento

Tab. 9/1

Tensione nominale del circuito [V]	Tensione di prova in c.c. [V]	Resistenza d'isolamento [M Ω]
SELV e PELV	250	$\geq 0,25$
Fino a 500 V (escluso SELV e PELV)	500	$\geq 0,5$
Oltre 500 V	1000	$\geq 1,0$

Misure e verifiche

9.4 Misura della resistenza di isolamento dei pavimenti e delle pareti nei locali isolanti (CEI 64-8/612.5 - Appendice A al Capitolo 61)

Il circuito da realizzare è quello indicato in Fig. 9/5. La misura della resistenza va effettuata, per ogni tipo di parete e di pavimento presente nel locale, almeno tre volte, delle quali una a circa un metro da qualsiasi massa estranea accessibile posta nel locale, e le altre due a distanze maggiori.

Legenda

- F = carico da applicare pari a 750 N nel caso di pavimenti; 250 N nel caso di pareti;
- P = piastra metallica quadrata di lato 250 mm;
- CA = foglio di carta assorbente di lato 270 mm inumidita;
- PI = pavimento o parete isolante;
- Ω = ohmetro con sorgente a c.c. con una tensione a vuoto di 500 V (oppure di 1000 V se la U_n dell'impianto è > 500 V);
- PE = conduttore di protezione;

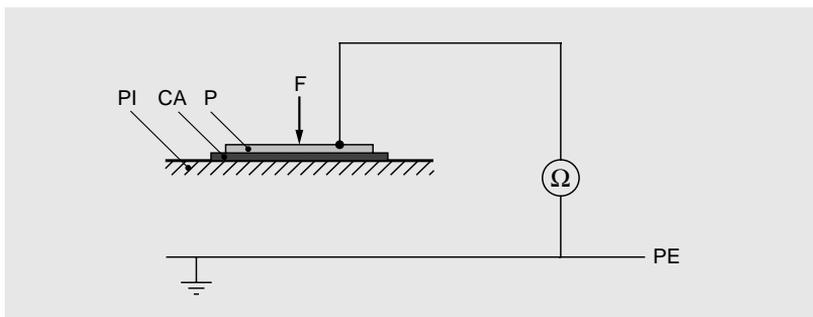


Fig. 9/5 - Come collegare i puntali per la misura della resistenza

Misure e verifiche

9.5 Prova di continuità dei conduttori

Se non esiste la garanzia della continuità metallica lungo i collegamenti di sicurezza (vedasi: per il PE Fig. 9/6; per l'EQP Fig. 9/7; per l'EQS Fig. 9/8) non si ottiene alcuna protezione, e quel che è peggio non si può sapere nulla del reale stato dei cavi a meno che non si sottopongano a verifica. Si ricorda che il collegamento a terra col cavo PE è **amperometrico** giacché deve essere in grado di portare la corrente di guasto, mentre il collegamento equipotenziale è voltmetrico e non è mai interessato dalla corrente.

Secondo la Norma CEI 64-14 paragrafo 2.3.1, la prova in questione si effettua iniettando nei circuiti di prova, con apposito strumento una corrente relativamente bassa di 0,2 A ad una tensione compresa tra 4 e 24 V in c.c. o in c.a. La prova non comporta la misura della resistenza del circuito, ma serve soltanto ad appurare l'esistenza di una sufficiente continuità, che ci sia cioè l'integrità elettrica dei cavi.

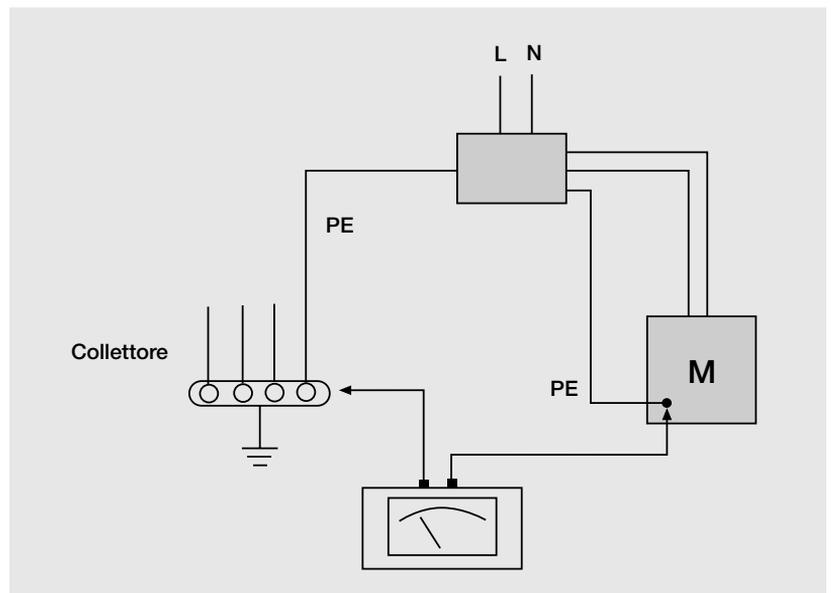


Fig. 9/6 - La continuità del PE

Misure e verifiche

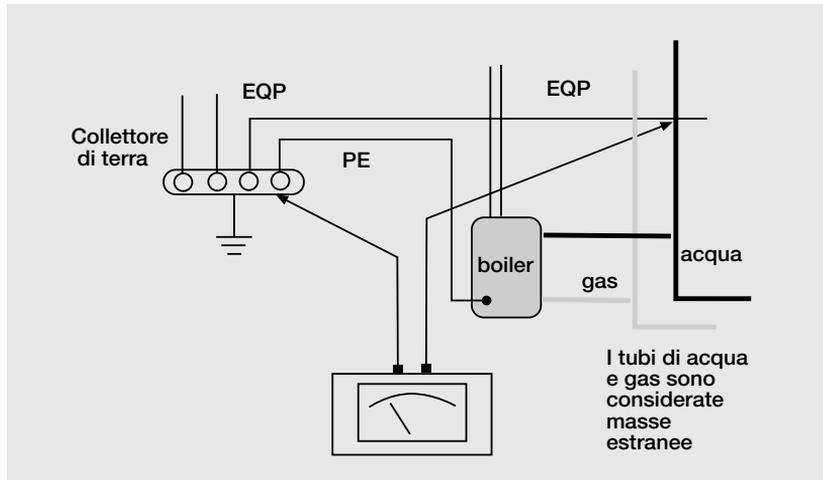


Fig. 9/7 - La continuità degli EQP

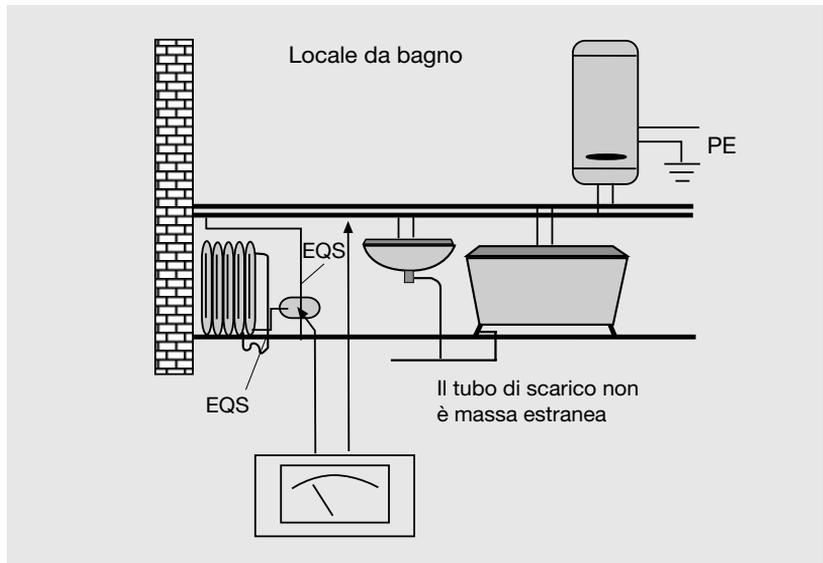
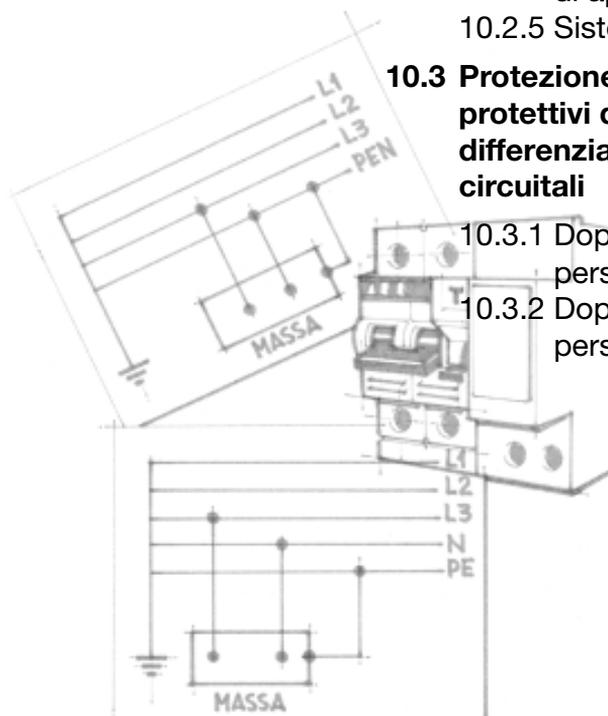


Fig. 9/8 - La continuità degli EQS



Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale

10.1	Conduttori di protezione PEN	10/2
10.2	Interruzione automatica del circuito tramite dispositivi a corrente differenziale nei sistemi TN e TT	10/3
10.2.1	Sistema TN	10/3
10.2.2	Caso TN-C (4 fili) e TN-C-S (4/5 fili)	10/4
10.2.3	Caso TN-S (5 fili)	10/5
10.2.4	Rilevatore differenziale (toroide) montato sul cavo di alimentazione e non conglobato nell'apparecchio differenziale, associato all'interruttore automatico con sganciatore di apertura	10/6
10.2.5	Sistema TT	10/7
10.3	Protezione contro i contatti diretti. Limiti protettivi dei dispositivi a corrente differenziata, in particolari condizioni circuitali	10/12
10.3.1	Doppio contatto diretto; persona isolata da terra	10/12
10.3.2	Doppio contatto diretto; persona non isolata da terra	10/12



Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale

10.1 Conduttore di protezione PEN

Il conduttore di protezione **PEN** è accettato nei sistemi **TN** purché siano soddisfatte le seguenti condizioni (CEI 64-8/546.2):

- la sezione sia $>10 \text{ mm}^2$ se in rame o $\geq 16 \text{ mm}^2$ se in alluminio ($\text{PEN} \geq 4 \text{ mm}^2$ per cavo concentrico e ben serrato);
- la posa sia fissa e non a valle di un differenziale;
- non sia installato su di esso nessun dispositivo di manovra o di protezione; pertanto il conduttore **PEN** non deve poter essere interrotto o sezionato;
- l'isolamento sia riferito alla massima tensione applicabile.

Inoltre non è ammesso ricostruire il conduttore di protezione **PEN** a valle del punto di separazione (sistema **TN-C-S** - Fig. 10/1).



Fig. 10/1

Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale

10.2 Interruzione automatica del circuito tramite dispositivi a corrente differenziale nei sistemi TN e TT

10.2.1 Sistema TN

La Norma CEI 64-8/413.1.3.8 ammette l'impiego degli interruttori differenziali nei sistemi **TN**, purché siano rispettate le seguenti condizioni:

- nei sistemi **TN-C** non si devono usare interruttori differenziali (Fig. 10/2 e relativo commento al punto seguente);
- nei sistemi **TN-C-S** non si deve utilizzare il conduttore PEN a valle dei dispositivi differenziali. Il collegamento tra conduttore di protezione e neutro deve essere effettuato a monte del dispositivo differenziale (Fig. 10/3).

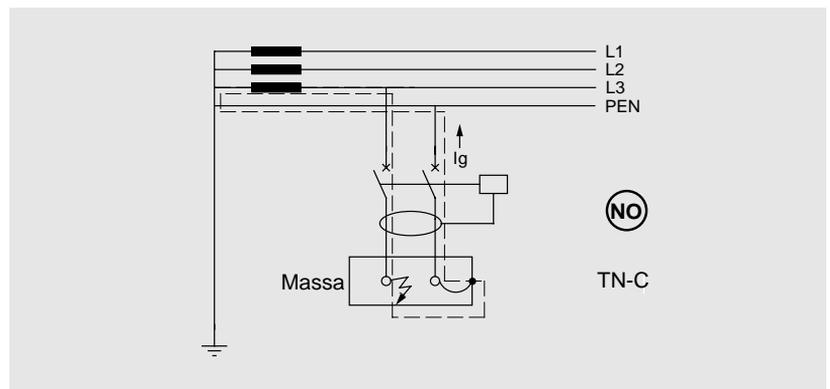


Fig. 10/2

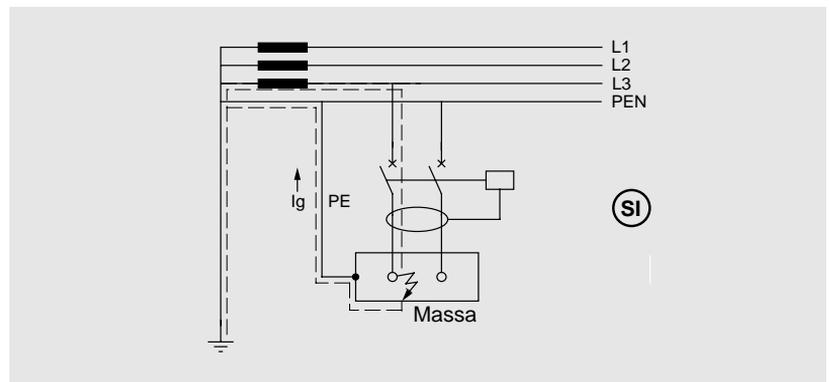


Fig. 10/3

Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale

10.2.2 Caso TN-C (4 fili) e TN-C-S (4/5 fili)

Il dispositivo a corrente differenziale non è utilizzabile (Fig. 10/2). La corrente di guasto verso terra I_g si richiude sul neutro, la I_d è sempre uguale a zero, il dispositivo di protezione non interviene, per cui le persone non risultano protette contro i contatti indiretti.

Affinché il dispositivo intervenga occorrerebbe collegare le masse al **PEN** (Figg. 10/3 e 10/4) tramite un conduttore di protezione **PE** che si colleghi a monte del circuito magnetico (toroide) del dispositivo differenziale, il che lo assimila ad un sistema **TN-S**. Affinché la protezione venga assicurata, il collegamento deve essere fatto come indicato nelle Figg. 10/3 e 10/4, avendo però la certezza che non esistano ponticelli interni all'apparecchio (utenza) fra morsetto di terra e morsetto di rientro. In questo caso esiste però il rischio, anche se minimo, che se il neutro assume tensioni pericolose per una causa qualunque, il dispositivo differenziale, anche se ad elevata sensibilità, non protegge le persone contro i contatti indiretti.

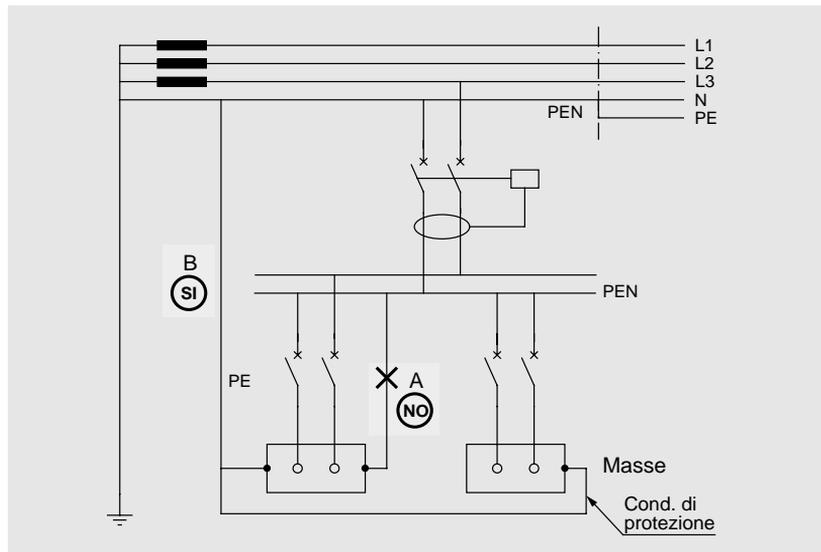


Fig. 10/4

Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale

10.2.3 Caso TN-S (5 fili)

La protezione differenziale è pienamente utilizzabile invece nei sistemi **TN-S** in cui il conduttore di protezione **PE** è separato da quello di neutro (Fig. 10/5). La corrente di guasto che fluisce verso massa provoca l'intervento automatico del dispositivo differenziale, proteggendo sia le persone che i beni, senza le incertezze dovute alla presenza del neutro sul conduttore di protezione **PEN**. Non è richiesto il sezionamento o l'interruzione del neutro, salvo nei circuiti derivati a due conduttori fase-neutro, quando tali circuiti abbiano a monte un dispositivo unipolare sul neutro, ad esempio un fusibile (Fig. 10/6). In questo caso esiste però il rischio che il neutro vada in tensione a causa dell'interruzione del fusibile sul neutro. Si sconsiglia pertanto l'uso della protezione mediante fusibili, raccomandando l'impiego di dispositivi ad interruzione automatica onnipolare.

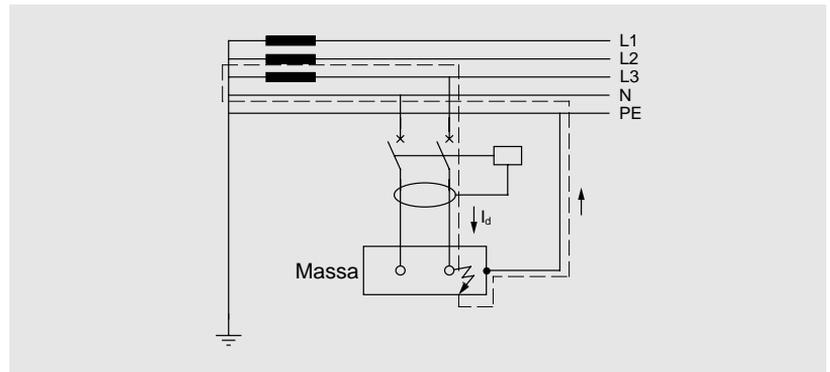


Fig. 10/5

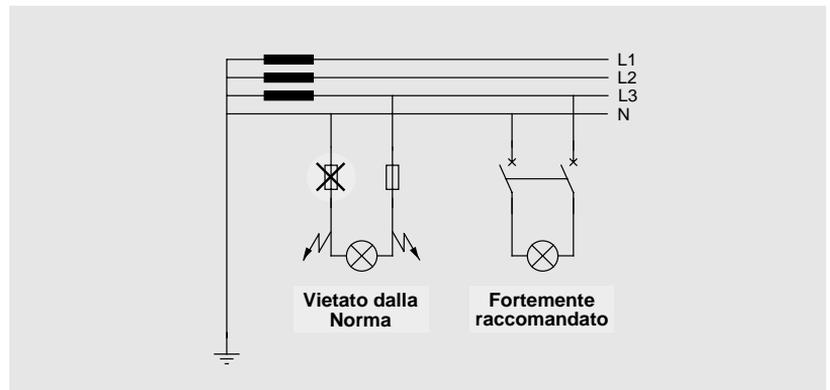


Fig. 10/6

Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale

10.2.4 Rivelatore differenziale (toroide) montato sul cavo di alimentazione e non conglobato nell'apparecchio differenziale, associato all'interruttore automatico con sganciatore di apertura

In caso di guaina metallica (cavo schermato) con funzione di conduttore di protezione, il conduttore di protezione **P** deve attraversare il toroide due volte in senso inverso (Fig. 10/7), in modo che la corrente di guasto verso terra non annulli la $I_{\Delta r}$, compromettendo il funzionamento del dispositivo di protezione.

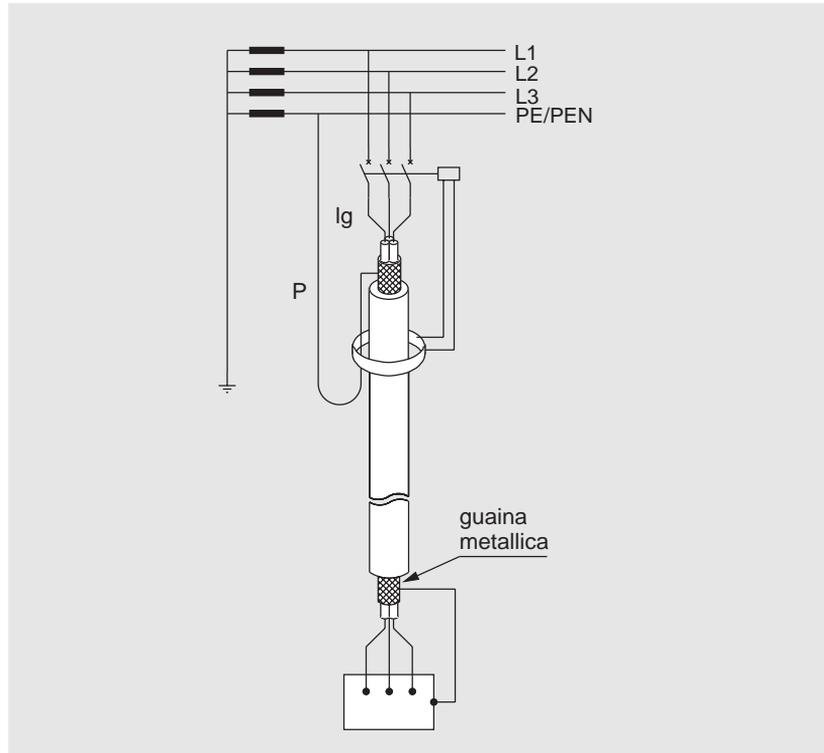


Fig. 10/7

Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale

10.2.5 Sistema TT

10.2.5.1 Messa a terra del conduttore di neutro, per un guasto o per errore, a valle dell'interruttore differenziale (Fig. 10/8)

Nel caso che il neutro vada a massa in **A**, l'interruttore differenziale può non intervenire perché generalmente il neutro è a potenziale zero e la corrente a terra sarebbe trascurabile; solo se quest'ultima risulta significativa l'interruttore differenziale potrebbe intervenire. Ma un successivo guasto di una fase a massa in **B** può produrre una corrente di guasto (I_1) che si richiude sul neutro (I_2) e solo in parte verso terra (I_d); quest'ultima potrebbe non essere sufficiente a far intervenire la protezione differenziale.

Questo caso però non sembra essere pericoloso in quanto la tensione verso terra dipende da I_d e non da I_1 e tanto più bassa è I_d tanto minore è il pericolo. Inoltre il collegamento del neutro all'impianto di terra trasforma in pratica il sistema **TT** in **TN** e pertanto, affinché sia garantita la protezione contro i contatti indiretti, dovrebbero essere soddisfatte le condizioni di sicurezza per il sistema **TN** (sgancio in 5 o 0,4 secondi) e non quelle relative al sistema **TT**.

Ne consegue pertanto l'importanza di curare bene l'isolamento del neutro, rispettarne il "codice colore blu chiaro" e non metterlo a terra, confondendolo, come a volte accade, con quello di protezione di colore giallo-verde.

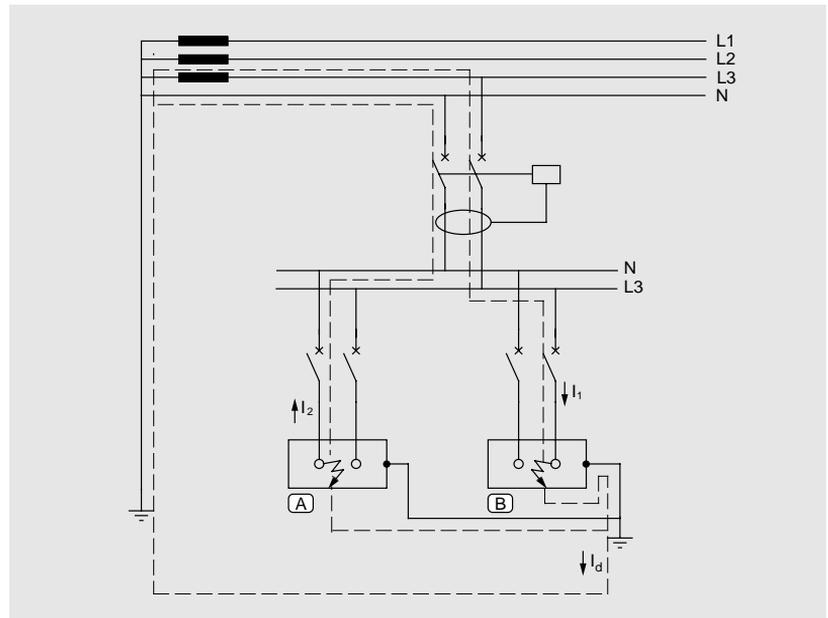


Fig. 10/8

Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale

10.2.5.2 Impianto di terra comune a più derivazioni. Alcune derivazioni protette con dispositivi a sovracorrente, altre con dispositivi a corrente differenziale (Fig. 10/9)

L'uso di un solo dispositivo a corrente differenziale **B**, posto a protezione della massa M_2 , non è conveniente. Per assicurare la protezione contro i contatti indiretti sulla massa M_1 , la R_T dovrà essere coordinata con la I_n del dispositivo a sovracorrente **A**: infatti:

– per la sicurezza in **B** è sufficiente avere:

$$R_T = \frac{50}{0,3} = 166,6 \Omega$$

– per la sicurezza in **A**, supponendo che la I_n sia = $5 \times 32 \text{ A} = 160 \text{ A}$, deve essere:

$$R_T = \frac{50}{160} = 0,3 \Omega$$

Questo annulla il vantaggio della relativamente alta resistenza offerta dal dispositivo a corrente differenziale. Pertanto in questo caso risulta vantaggioso solo l'uso di dispositivi tutti a corrente differenziale, in grado di coordinarsi vantaggiosamente con la terra.

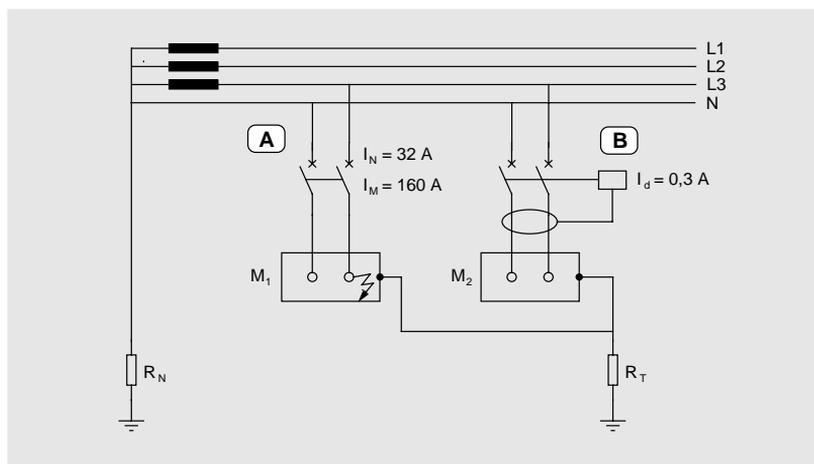


Fig. 10/9

Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale

10.2.5.3 Uso di dispositivi a corrente differenziale in un impianto elettrico molto vasto, con un elevato numero di apparecchi utilizzatori (Fig. 10/10)

La natura degli apparecchi utilizzatori e la vastità dell'impianto possono dare origine a notevoli correnti di dispersione verso terra. Con l'uso di un solo interruttore differenziale generale un guasto a terra periferico mette fuori servizio l'intero impianto. Per questi motivi, al crescere della complessità dell'impianto conviene installare diversi interruttori differenziali e con differenti sensibilità, sulle derivazioni principali, onde evitare il rischio di interventi intempestivi o di non interventi, dovuti alla risultante della somma vettoriale delle varie correnti di dispersione. La R_T deve essere calcolata in base alla corrente differenziale di valore nominale più elevato.

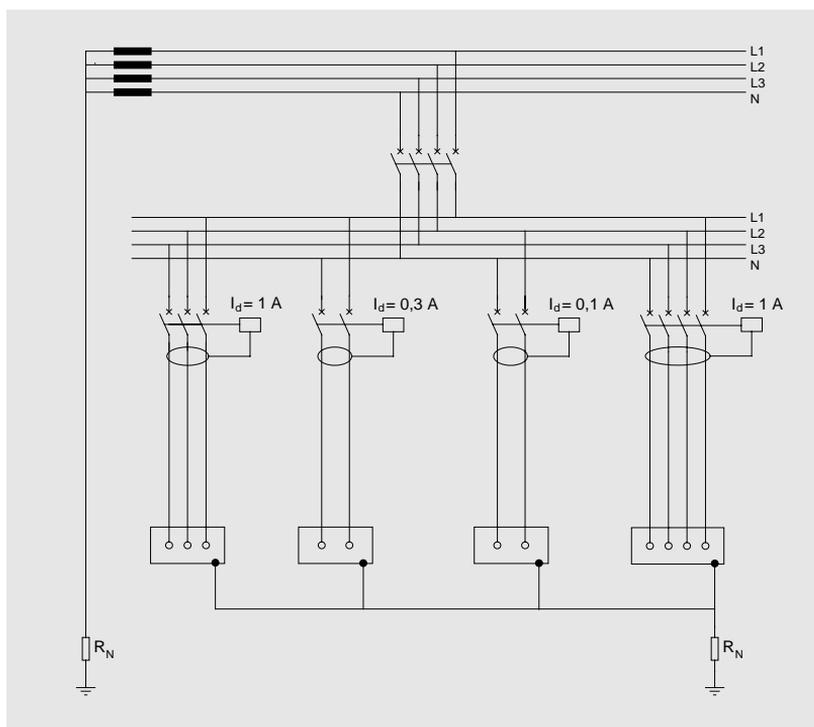


Fig. 10/10

Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale

10.2.5.4 Coesistenza di un sistema TT con un sistema TN

Estendere il sistema **TN** a tutto un impianto non sempre può essere vantaggioso, particolarmente in caso di derivazioni molto estese o di utilizzatori molto lontani, dove non è economicamente conveniente portare il conduttore di protezione. In questo caso le masse ed i relativi dispositivi di protezione vengono a trovarsi all'esterno della zona di influenza del collegamento equipotenziale principale. Questi componenti possono essere collegati ad un impianto di terra separato da quello del sistema **TN**, realizzando un sistema **TT** (Fig. 10/11), per il quale valgono le relative prescrizioni normative, nonché il limite di 250 V per la tensione totale di terra U_T imposto dalla Norma CEI 11-8/2.2.02, richiesto nel caso di separazione delle terre.

I due sistemi possono però coesistere, garantendo la sicurezza, solo se si utilizzano dispositivi a corrente differenziale nel sistema **TT** situato a valle, per evitare che in caso di guasto a terra si manifestino tensioni pericolose sull'impianto di terra del neutro.

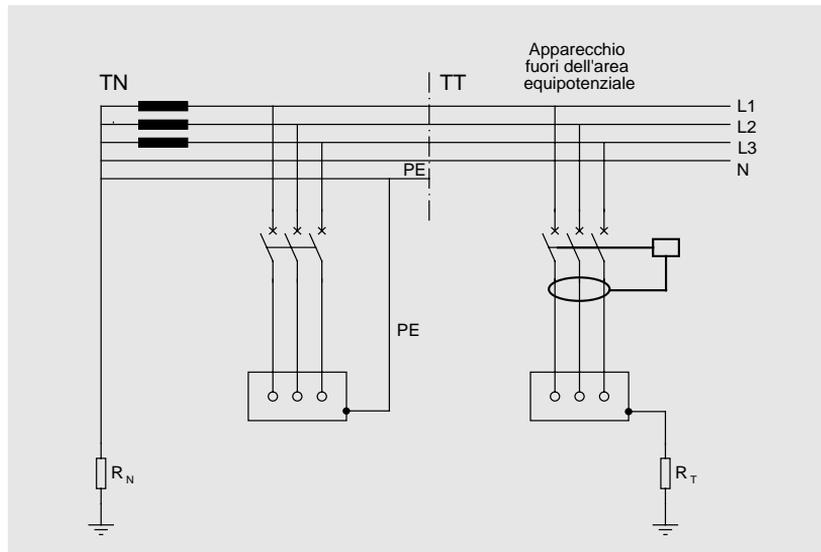


Fig. 10/11

Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale

Infatti, affinché venga assicurata la protezione, devono essere soddisfatte le seguenti condizioni:

$$1) \quad R_T \leq \frac{U_L}{I_{5s}}$$

e

$$2) \quad R_T \leq \frac{R_N \cdot (U_o - U_L)}{U_L}$$

cioè:

$$R_N \cdot (U_o - U_L) \cdot U_L \leq \frac{U_L^2}{I_{5s}}$$

da cui si ha:

$$I_{5s} \leq \frac{U_L^2}{R_N \cdot (U_o - U_L)} \text{ in A}$$

Per esempio con:

$$U_L = 50 \text{ V}$$

$$U_o = 220 \text{ V}$$

$R_N = 2 \Omega$ (valore basso, ma possibile) la corrente di intervento entro 5 s del dispositivo di protezione dovrà essere:

$$I_{5s} < \frac{50^2}{2 \cdot (220 - 50)} = 7,35 \text{ A}$$

Questo valore esclude in pratica l'uso di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti e dimostra che la protezione può essere garantita solo con dispositivi a corrente differenziale.

Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale

10.3 Protezione contro i contatti diretti. Limiti protettivi dei dispositivi a corrente differenziale, in particolari condizioni circuitali

10.3.1 Doppio contatto diretto; persona isolata da terra (Fig. 10/12)

Essendo la persona isolata da terra, la corrente di guasto si richiude attraverso la persona stessa ed attraverso il toroide sul neutro, per cui la I_a risultante è uguale a zero, il dispositivo di protezione non interviene e la persona non risulta protetta. Il rischio è subdolo giacchè la scarica potrebbe verificarsi solo al secondo contatto essendo la persona totalmente ignara del pericolo, compreso il caso di primo contatto con la fase.

10.3.2 Doppio contatto diretto; persona non isolata da terra (Fig. 10/13)

In questo caso la persona è in contatto con la fase, il neutro ed il terreno. L'interruttore differenziale sente solamente una parte della corrente di guasto, cioè quella che si richiude verso il terreno tramite la persona, la quale risulta protetta solo aleatoriamente. Soltanto se il contatto non è simultaneo, ma avviene prima con la fase, l'interruttore può intervenire, sempre che la corrente che fluisce verso terra sia maggiore di I_a ed il contatto duri per un tempo superiore a quello minimo necessario per attivare il dispositivo di protezione.

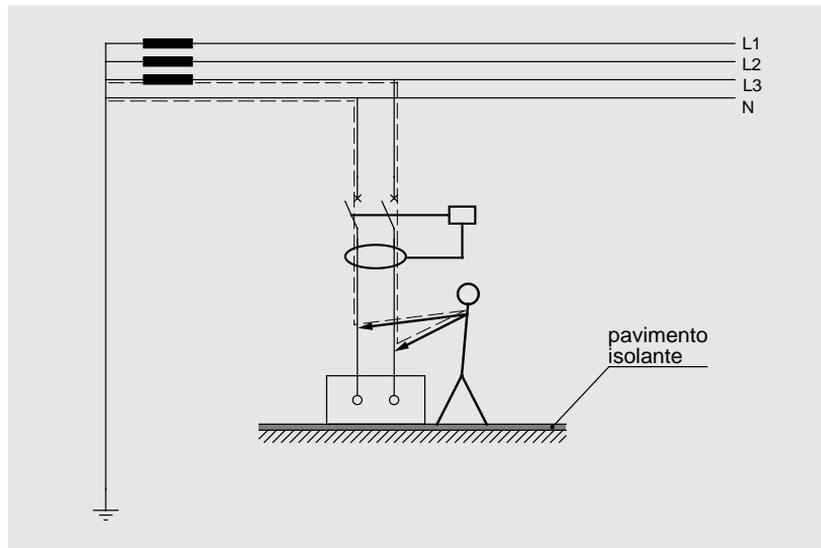


Fig. 10/12

Alcune considerazioni sul conduttore di protezione PEN e sull'interruzione automatica del circuito nei sistemi TN e TT tramite dispositivi a corrente differenziale

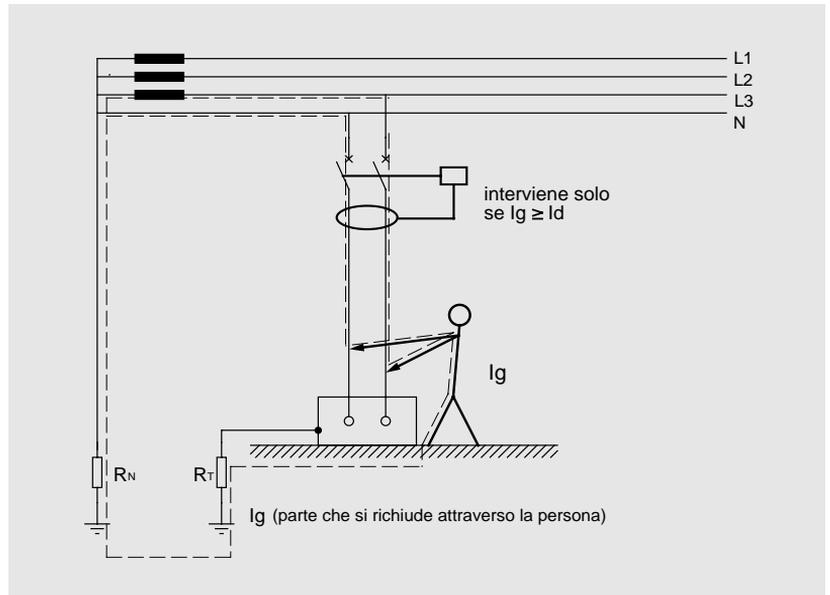
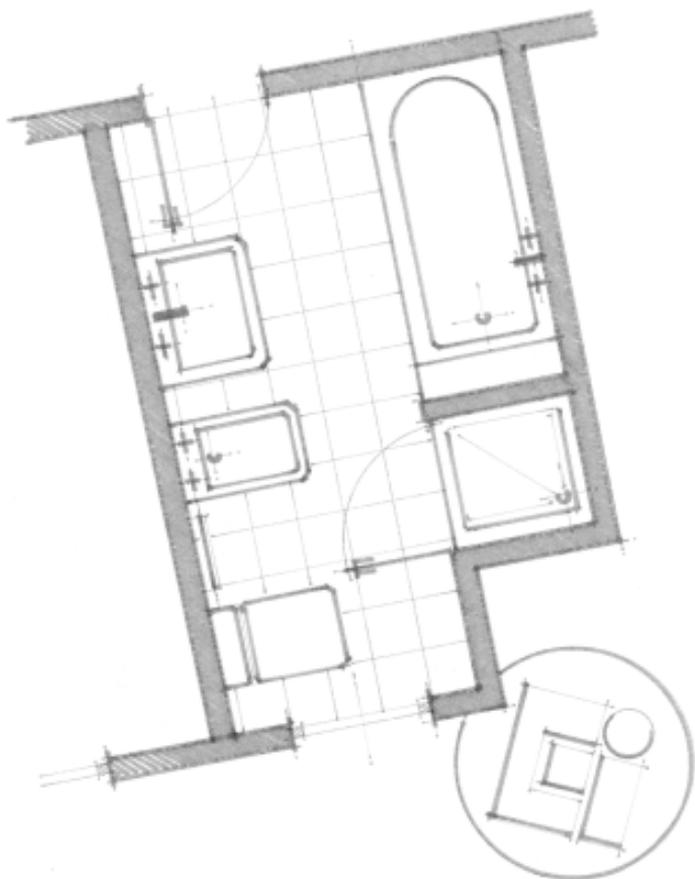


Fig. 10/13

11.1 Generalità e prescrizioni per la sicurezza (CEI 64/8-701)	11/2
11.1.1 Zona 0	11/4
11.1.2 Zona 1	11/4
11.1.3 Zona 2	11/4
11.1.4 Zona 3	11/5
11.1.5 Componenti elettrici	11/5
11.1.6 Conduiture elettriche	11/5



Locali contenenti bagni o docce

11.1 Generalità e prescrizioni per la sicurezza (CEI 64-8/701)

Nei locali contenenti bagni o docce la sicurezza riveste carattere di fondamentale importanza in quanto il rischio di contatti elettrici è fortemente aumentato a causa della presenza di acqua che riduce la resistenza del corpo (resistenza della pelle) e la resistenza di contatto del corpo con il potenziale di terra.

La Norma CEI 64-8 alla sezione 701, al fine di evitare folgorazioni dovute a contatti diretti o indiretti, stabilisce al riguardo precise prescrizioni supplementari da applicare a vasche da bagno, docce e alle zone circostanti, le quali non ammettono:

- misure di protezione ottenute mediante ostacoli e distanziamento contro i contatti diretti;
- misure di protezione ottenute mediante locali non conduttori e collegamenti equipotenziali non connessi a terra contro i contatti indiretti.

La Norma in tali locali delimita quattro zone particolari (Figg. 11/1 ÷ 11/7).

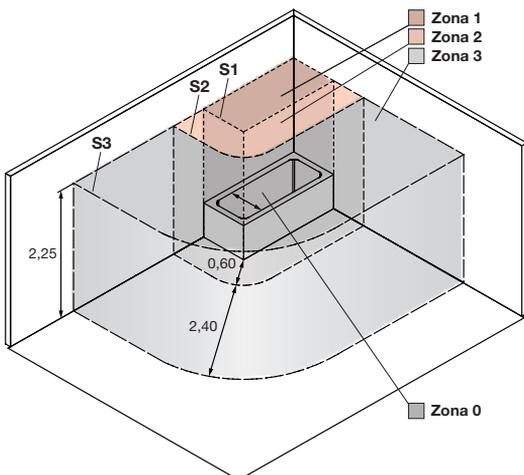


Fig. 11/1 - Vasca da bagno

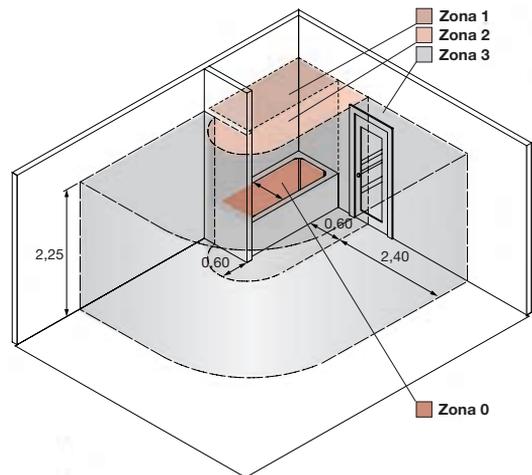


Fig. 11/2 - Vasca da bagno con parete fissa e porte che interessa le zone 2 e 3

Locali contenenti bagni o docce

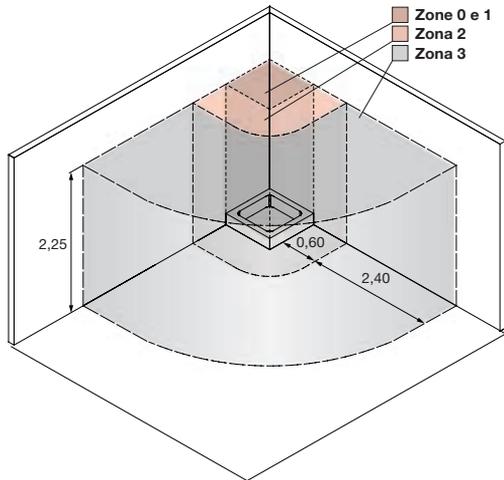


Fig. 11/3 - Doccia

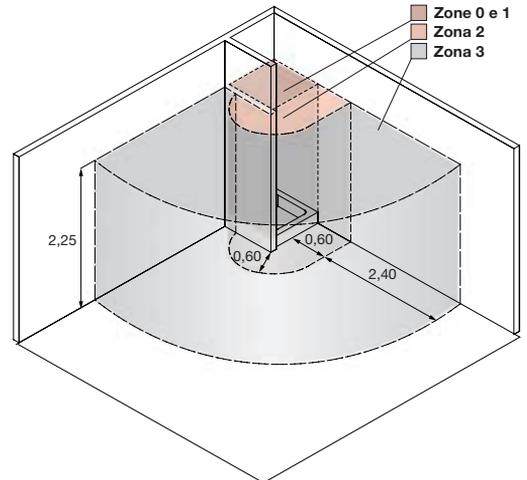


Fig. 11/4 - Doccia con parete fissa

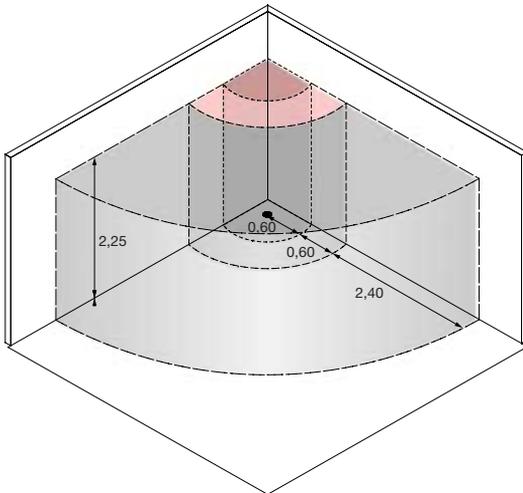


Fig. 11/5 - Doccia senza piatto doccia

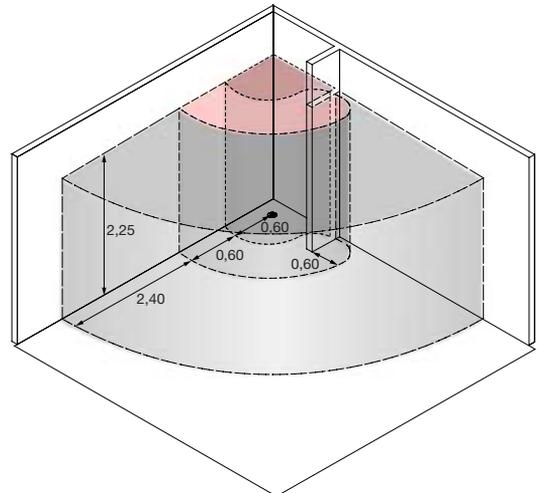


Fig. 11/6 - Doccia senza piatto doccia, con parete fissa

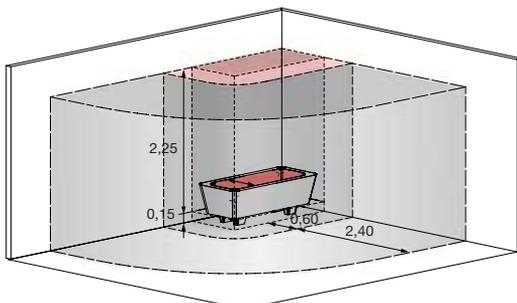


Fig. 11/7 - Variante con vano sottovasca

Locali contenenti bagni o docce

11.1.1 Zona 0

Volume delimitato dalle dimensioni interne della vasca o del piatto doccia. In questo volume è vietata l'installazione di: condutture, dispositivi di protezione e di sezionamento, di comando, di cassette di derivazione o di giunzione, nonché di apparecchi utilizzatori; in esso possono essere installati solo apparecchi previsti allo scopo, per es. per idromassaggi, conformi alla relativa Norma.

11.1.2 Zona 1

Volume sovrastante le dimensioni esterne della vasca o del piatto doccia delimitato dalla superficie S1, dal pavimento e dal piano orizzontale posto a 2,25 m dal pavimento. Se il fondo della vasca da bagno o del piatto doccia si trova a più di 0,15 m dal pavimento, il piano orizzontale viene considerato a 2,25 m al di sopra di questo fondo (Fig. 11/7).

In questo volume è vietata l'installazione di dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando, salvo si tratti di apparecchi utilizzatori fissi relativi a circuiti SELV con tensione non superiore a 12 V in c.a. o 30 V in c.c., con la sorgente di sicurezza installata al di fuori delle Zone 0, 1 e 2⁽¹⁾.

Nella Zona 1 si possono installare solo scaldacqua, salvo quelli a pompa di calore⁽²⁾. Inoltre è permesso installare nella zona al di sotto della vasca da bagno unità per idromassaggi, purché questa zona sia accessibile solo con l'aiuto di un attrezzo e inoltre venga effettuato un collegamento equipotenziale supplementare che colleghi tutte le masse estranee delle Zone 1, 2 e 3 con i conduttori di protezione di tutte le masse presenti nelle suddette Zone.

11.1.3 Zona 2

Volume delimitato dalla superficie S1, dalla superficie S2, situata a 0,6 m dalla superficie S1, dal pavimento e dal piano situato a 2,25 m dal pavimento.

In questo volume:

- non è consigliabile l'uso di cavi in vista, salvo che non appartengano a sistemi SELV o che siano tratti limitati al collegamento di apparecchi utilizzatori;
- non devono essere installati dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando, salvo si tratti di apparecchi per circuiti SELV⁽¹⁾ alimentati con tensione ≤ 12 V; sono altresì installabili prese a spina alimentate da trasformatori di isolamento di Classe II di bassa potenza incorporati nelle stesse prese a spina, previste per alimentare rasoi elettrici.

(1) Con i circuiti SELV, qualunque sia la tensione nominale, la protezione contro i contatti diretti deve essere ottenuta, in alternativa, tramite:

- barriere od involucri con almeno un grado di protezione IPXXB;
- isolamento che sopporta una tensione di prova di 500 V per un minuto.

(2) Potranno esserlo in futuro se le Norme relative agli scaldacqua prevederanno prescrizioni particolari per quelli a pompa di calore, destinati ad essere installati nelle zone 1 e 2.

Locali contenenti bagni o docce

Si possono inoltre installare:

- scaldacqua;
- apparecchi di illuminazione, di riscaldamento di Classe I e dispositivi di Classe I per vasche da bagno per idromassaggi conformi alle relative Norme, destinate a generare aria compressa per idromassaggi, purché i loro circuiti di alimentazione siano protetti da un interruttore differenziale con $I_{dn} \leq 30$ mA;
- apparecchi di illuminazione, unità di Classe II per vasche da bagno per idromassaggi conformi alle relative Norme, apparecchi di riscaldamento di Classe II e ventilatori con grado IP4X di Classe II, questi ultimi se possibile protetti da differenziale con $I_{dn} \leq 30$ mA

11.1.4 Zona 3

Volume delimitato dalla superficie **S2**, dalla superficie **S3** situata a 2,4 m dalla superficie **S2**, dal pavimento e dal piano situato a 2,25 m dal pavimento.

In questo volume **possono** essere installati: prese a spina, interruttori ed altri apparecchi di comando, purché la protezione sia ottenuta tramite:

- separazione elettrica;
- combinata SELV⁽¹⁾
- interruzione automatica dell'alimentazione, tramite interruttore differenziale con $I_{dn} \leq 30$ mA.

11.1.5 Componenti elettrici

I componenti elettrici installati nelle zone 1, 2 e 3 devono avere almeno il seguente grado di protezione:

Zone 1 e 2:

- IPX4;
- IPX5 dove per le pulizie sia previsto l'uso di getti d'acqua.

Zona 3:

- IPX1;
- IPX5 dove per le pulizie sia previsto l'uso di getti d'acqua.

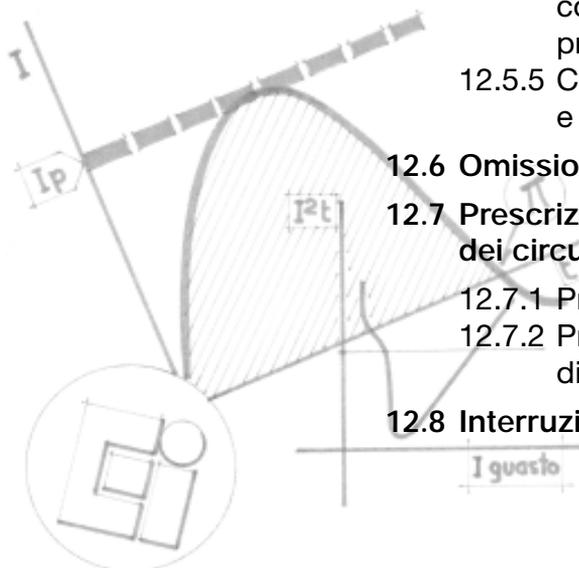
11.1.6 Conduitture elettriche

Conduitture montate in vista o incassate nelle pareti ad una profondità ≤ 5 cm devono avere un isolamento in Classe II (per es. cavi unipolari entro tubi protettivi isolanti o cavi multipolari provvisti di una guaina non metallica).

(1) Con i circuiti SELV, qualunque sia la tensione nominale, la protezione contro i contatti diretti deve essere ottenuta, in alternativa, tramite:

- barriere od involucri con almeno un grado di protezione IPXXB;
- isolamento che sopporta una tensione di prova di 500 V per un minuto.

12.1	Premessa	12/2
12.2	Definizioni	12/2
12.2.1	Definizioni di carattere generale	12/2
12.2.2	Definizioni inerenti le correnti di un impianto	12/3
12.2.3	Definizioni inerenti i dispositivi di manovra e protezione (interruttori)	12/3
12.3	Il corto circuito	12/6
12.4	Energia specifica passante	12/8
12.5	Prescrizioni generali riguardanti la protezione contro le sovracorrenti	12/11
12.5.1	Generalità	12/11
12.5.2	Condizioni di sovraccarico	12/12
12.5.3	Condizioni di corto circuito	12/15
12.5.4	Coordinamento tra la protezione contro i sovraccarichi e la protezione contro i corto circuiti	12/17
12.5.5	Calcolo della corrente minima e massima di corto circuito	12/19
12.6	Omissioni delle protezioni	12/22
12.7	Prescrizioni secondo la natura dei circuiti	12/25
12.7.1	Protezione dei conduttori di fase	12/25
12.7.2	Protezione del conduttore di neutro	12/25
12.8	Interruzione del neutro	12/26



Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

12.1 Premessa

La protezione capillare e ben coordinata contro le sovracorrenti delle reti di distribuzione elettrica in bassa tensione, è una componente importante del problema più generale della sicurezza e dell'affidabilità degli impianti elettrici.

Tale problema acquista maggior rilevanza se si considera:

- il grande aumento delle utenze e della loro notevole densità nelle installazioni;
- l'accesso alle suddette utenze ed alla relativa rete di distribuzione da parte di personale non particolarmente qualificato;
- la presenza di importanti carichi elettrici distribuiti oltre che nei reparti industriali, anche nei grandi complessi del settore terziario, quali supermercati, sale di attesa di aeroporti, teatri, stadi, chiese, luoghi di riunione, ecc., ove vi è presenza di un elevato numero di persone;
- l'utilizzo dell'energia elettrica per impianti di emergenza e di sicurezza in luoghi importanti per le comunità quali ospedali, sale operatorie, centri di calcolo;
- lo sviluppo e l'approfondimento delle Norme CEI e della legislazione specifica, con particolare considerazione alla protezione delle persone e delle cose contro il pericolo di contatti elettrici, di archi elettrici, di incendi, di esplosione.

12.2 Definizioni

12.2.1 Definizioni di carattere generale

- **Impianto elettrico**
Complesso di componenti elettrici, anche a tensioni nominali diverse, destinati ad una determinata funzione.
- **Sistema elettrico**
Parte di impianto elettrico costituito dal complesso dei componenti aventi una determinata tensione nominale e una determinata tensione di esercizio.
- **Rete di distribuzione**
Impianto destinato alla distribuzione dell'energia elettrica agli impianti utilizzatori. Si distinguono una rete di distribuzione pubblica ed una rete di distribuzione interna, rispettivamente a monte e a valle dell'origine dell'impianto utilizzatore.
- **Impianto utilizzatore**
Impianto costituito dai circuiti di alimentazione degli apparecchi utilizzatori e delle prese a spina, comprese le relative apparecchiature di manovra, di sezionamento, di interruzione e protezione.
- **Circuito elettrico**
Parte dell'impianto utilizzatore avente un'unica alimentazione che dev'essere protetta contro le sovracorrenti da un unico dispositivo di protezione.
- **Circuito terminale**
Circuito direttamente collegato agli apparecchi utilizzatori (a alle prese a spina).
- **Circuito di distribuzione**
Parte di circuito comune a più circuiti terminali.
- **Componente (dell'impianto, o della rete, o del circuito)**
Ogni elemento utilizzato per la produzione, la trasformazione, la trasmissione, la distribuzione dell'energia elettrica, quali, ad esempio: le macchine, le

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

condutture, le apparecchiature, gli apparecchi di misura e di protezione e, per la parte elettrica, gli apparecchi utilizzatori.

– **Conduttura**

Insieme costituito da uno o più conduttori elettrici e dagli elementi che assicurano il loro isolamento, il loro fissaggio e la loro eventuale protezione meccanica.

– **Apparecchiatura**

Insieme dei componenti (dispositivi) destinati ad essere inseriti in un circuito elettrico per realizzare una o più delle funzioni di manovra, sezionamento, interruzione, protezione, ecc.

– **Apparecchio utilizzatore**

Apparecchio che trasforma l'energia elettrica in un'altra forma d'energia (calore, meccanica, luminosa, ecc.).

12.2.2 Definizioni inerenti le correnti di un impianto

– **Corrente di impiego I_B**

Corrente che può fluire in un circuito nel servizio ordinario.

– **Portata di una conduttura in regime permanente**

Massimo valore della corrente che può fluire in una conduttura in regime permanente ed in determinate condizioni, senza che la sua temperatura superi un valore determinato.

– **Sovracorrente**

Ogni corrente che supera il valore nominale (per le condutture il valore nominale è la portata).

– **Corrente di sovraccarico**

Sovracorrente che si verifica in un circuito sano (per esempio: corrente di avviamento di un motore, richiesta eccessiva momentanea di energia da parte dell'utilizzatore, ecc.).

– **Corrente di corto circuito (franco)**

Sovracorrente che si verifica in seguito ad un guasto di impedenza trascurabile tra due conduttori attivi o fra un conduttore attivo e la terra, fra i quali esiste una tensione in condizioni ordinarie di esercizio.

– **Corrente convenzionale di funzionamento**

Valore specificato di corrente che provoca l'intervento del dispositivo di protezione entro un tempo specificato, detto tempo convenzionale.

– **Corrente di guasto**

Corrente che si stabilisce a seguito di un cedimento dell'isolamento o quando l'isolamento è cortocircuitato.

– **Corrente di guasto a terra**

Corrente di guasto che si chiude attraverso l'impianto di terra.

12.2.3 Definizioni inerenti i dispositivi di manovra e protezione (interruttori)

– **Corrente ininterrotta nominale I_u**

È il valore di corrente, dichiarato dal costruttore, che l'interruttore può portare nel servizio ininterrotto.

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

– **Potere di interruzione nominale estremo (I_{cu})**

È il valore assegnato all'interruttore dal costruttore per la corrispondente tensione nominale di impiego, espresso come il valore della corrente di corto circuito presunta interrotta, in kA.

– **Potere di interruzione nominale di servizio in corto circuito (I_{cs})**

È il valore assegnato dal costruttore all'interruttore per la corrispondente tensione nominale di impiego, espresso dal valore della corrente di corto circuito presunta interrotta, in kA, corrispondente ad una delle percentuali specificate in Tab. 12/1 del potere di interruzione nominale estremo di corto circuito, arrotondato al numero intero più vicino.

Tab. 12/1

Categoria di utilizzazione A (% di I_{cu})	Categoria di utilizzazione B (% di I_{cu})
25	–
50	50
75	75
100	100

– **Corrente nominale ammissibile di breve durata (I_{cw})**

È il valore assegnato dal costruttore all'interruttore, rappresentato (in corrente alternata) dal valore efficace della componente alternata della corrente di corto circuito presunta, assunta costante per tutta la durata del tempo di ritardo previsto, il quale deve essere almeno di 0,05 s con la preferenza per i seguenti valori: 0,05-0,1-0,25-0,1-1 s.

La corrente di breve durata nominale non deve essere inferiore ai valori indicati nella Tab. 12/2.

Tab. 12/2

Corrente nominale (I_n) [A]	Corrente nominale di breve durata ammissibile (I_{cw}) valori minimi [kA]
$I_n \leq 2500$	Il maggior valore tra $12 \cdot I_n$ o 5 kA
$I_n > 2500$	30 kA

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

- Potere di chiusura nominale in corto circuito (I_{cm})

È il valore assegnato dal costruttore all'interruttore alla tensione nominale di impiego, alla frequenza nominale, in corrispondenza di uno specificato fattore di potenza ($\cos\phi$) per la corrente alternata. Esso è espresso come il massimo picco della corrente presunta e non deve essere inferiore al suo potere di interruzione di corto circuito estremo, moltiplicato per il fattore "n" indicato in Tab. 12/3.

Tab. 12/3

Potere di interruzione in cortocircuito (valore efficace) [kA]	Fattore di potenza [$\cos\phi$]	Fattore "n"
$4,5 < I \leq 6$	0,7	1,5
$6 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2,0
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,2

In corrente continua, il potere di chiusura (I_{cm}) non deve essere inferiore al suo potere di interruzione nominale estremo (I_{cu}), nella assunzione che la corrente di corto circuito mantenga il valore massimo raggiunto nel transitorio di stabilimento.

- Categoria di utilizzazione di un interruttore (A o B)

Gli interruttori possono essere classificati secondo la categoria di utilizzazione A o B.

Gli interruttori classificati di categoria A non sono previsti in modo specifico per la selettività nelle condizioni di corto circuito, rispetto ad altri dispositivi in serie, lato carico, cioè non hanno ritardo intenzionale.

Quelli classificati di categoria B invece, sono previsti in modo specifico per la selettività nelle condizioni di corto circuito, rispetto ad altri dispositivi in serie, lato carico, cioè hanno ritardo intenzionale.

- Corrente di scambio (I_p)

È un valore limite di corrente al di sopra del quale, con due dispositivi di protezione in serie, il dispositivo (generalmente, ma non necessariamente) posto sul lato alimentazione assicura la protezione di sostegno (back-up) per l'altro dispositivo.

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

12.3 Il corto circuito

Si consideri il circuito di Fig. 12/1 dov'è rappresentato un carico alimentato attraverso una linea da un generatore. La situazione teorica di corto circuito si avrebbe allorché l'ipotetico interruttore **S**, posizionato in un punto qualsiasi della linea, venisse chiuso (la chiusura di **S** simula, ad esempio, il contatto accidentale tra i due conduttori di linea).

Ciò comporterebbe, vista l'idealità del circuito considerato, il passaggio di una corrente infinita.

Nella realtà ciò non si verifica perché, com'è noto, la linea è dotata di una propria impedenza e pertanto, qualora i due conduttori venissero tra loro in contatto, si avrebbe comunque un circuito con impedenza maggiore di zero (tanto maggiore quanto più lontano dal generatore avviene il corto circuito) e quindi un valore finito di corrente.

Solo conoscendo l'andamento ed il valore della corrente nei primissimi istanti sarà possibile intervenire bloccando il fenomeno; in caso contrario si verificherebbe la distruzione certa dei componenti l'impianto.

Indicati rispettivamente con R_l ed X_l la resistenza e la reattanza del tratto di linea compreso tra il generatore e l'interruttore **S** (e quindi con L l'induttanza: $L = X_l/2\pi f$), l'equazione che governa il fenomeno è l'equazione alla maglia ossia:

$$L \frac{di}{dt} + R_l i = u$$

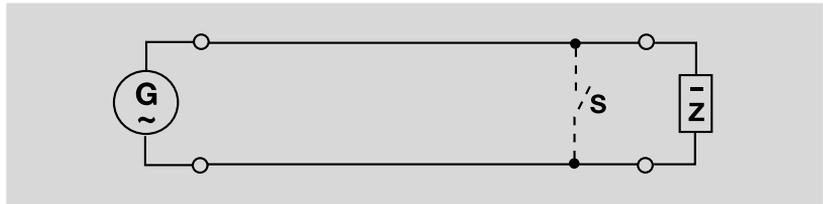


Fig. 12/1

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

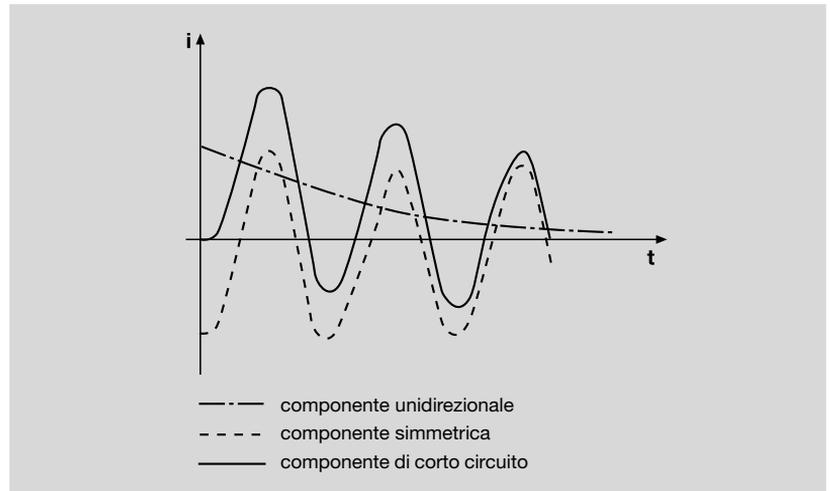


Fig. 12/2 - Andamento nel tempo della corrente di corto circuito

dove u ed i sono rispettivamente i valori istantanei della tensione del generatore e della corrente.

La soluzione dell'equazione differenziale sopra scritta è rappresentata graficamente in Fig. 12/2 ed analiticamente è data dall'espressione:

$$i = I_M [\text{sen}(\omega t + \psi - \varphi) + e^{-t/\tau} \text{sen}(\varphi - \psi)]$$

dove:

I_M = valor massimo della corrente pari a $\sqrt{2}$ volte il valore efficace

ψ = angolo di sfasamento tra tensione e corrente

τ = costante di tempo del circuito.

La corrente di corto circuito è data pertanto dalla somma di due termini:

$I_M \text{sen}(\omega t + \psi - \varphi)$ che rappresenta una sinusoide, simmetrica rispetto l'asse dei tempi; questo termine è denominato **componente simmetrica**;

$I_M e^{-t/\tau} \text{sen}(\varphi - \psi)$ che è un termine esponenziale ed è denominato **componente unidirezionale**.

Nelle applicazioni impiantistiche è necessario governare il fenomeno nei primissimi istanti e possibilmente troncare la corrente in un tempo uguale o inferiore a quello del primo semiperiodo, ossia in un tempo tale che sia garantita la protezione termica del cavo.

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

12.4 Energia specifica passante

Il passaggio della corrente elettrica in un qualsiasi circuito comporta sempre una perdita di energia sotto forma di calore per effetto Joule.

L'entità di tale dissipazione di energia per una corrente costante di valore I è pari a:

$$E_c = R I^2 t$$

dove:

R = resistenza totale del circuito pari alla somma delle resistenze ($R_1 \dots R_n$) degli n componenti posti in serie tra loro nel circuito;

t = durata in secondi di applicazione della corrente al circuito.

Quando la corrente del circuito è variabile, la formula per il calcolo dell'energia dissipata assume la forma di un integrale:

$$E_c = \int_0^t R i^2 dt$$

Nel caso di una corrente alternata sinusoidale con frequenza 50 Hz, di valore di picco I_p all'interno di un semiperiodo π (Fig. 12/3), il tempo t assume il valore di un centesimo di secondo.

Durante il transitorio conseguente ad un corto circuito il valore di picco di I_p varia ed assume il massimo valore nel corso del primo semiperiodo; anche in questi casi l'energia termica dissipata dev'essere valutata con il calcolo dell'integrale sopra indicato.

Supponendo il fenomeno adiabatico⁽¹⁾, la resistenza R del circuito resta costante e l'integrale dell'energia dissipata assume la forma:

$$E_c = \int_0^t R i^2 dt = (R_1 + \dots + R_n) \int_0^t i^2 dt = R_1 \int_0^t i^2 dt + \dots + R_n \int_0^t i^2 dt$$

dove $R_1 \dots R_n$ sono le resistenze dei singoli componenti in serie nel circuito.

Il valore dell'energia termica dissipata in ciascuno dei componenti del circuito è diverso a seconda del valore della resistenza ohmica del componente stesso.

Rimane invece costante, per tutto il circuito e per ciascun componente, il fattore $\int_0^t i^2 dt$ che assume la denominazione di "energia specifica passante" o di "integrale di Joule" e serve a definire il contributo della corrente alla dissipazione del calore in ciascuno dei componenti e nell'intero circuito.

L'energia dissipata in ognuno degli n componenti dipende dall'andamento della corrente e dalla sua permanenza nel circuito e produce un surriscaldamento del componente stesso la cui temperatura s'innalza di conseguenza rispetto alla temperatura iniziale.

È possibile costruire per ogni componente una curva dell'energia specifica passante; a titolo d'esempio, in Fig. 12/4, sono rappresentate le curve caratteristiche dei cavi, degli interruttori automatici e dei fusibili.

⁽¹⁾ Le norme considerano adiabatico il fenomeno per un tempo fino a 5 s; in tale lasso di tempo è perfettamente lecito trascurare lo scambio termico tra il cavo e l'ambiente e considerare che tutto il calore sviluppato dalla corrente resti confinato nel conduttore e ne incrementi la temperatura.

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

Compito dei dispositivi di protezione è di interrompere la corrente in caso di sovraccarico e/o corto circuito, limitando il valore della corrente stessa nonché la permanenza nel circuito; di conseguenza determinano, per ogni valore della corrente interrotta, il valore dell'energia specifica passante che essi lasciano transitare nel circuito protetto e dalla quale i componenti del circuito sono sollecitati.

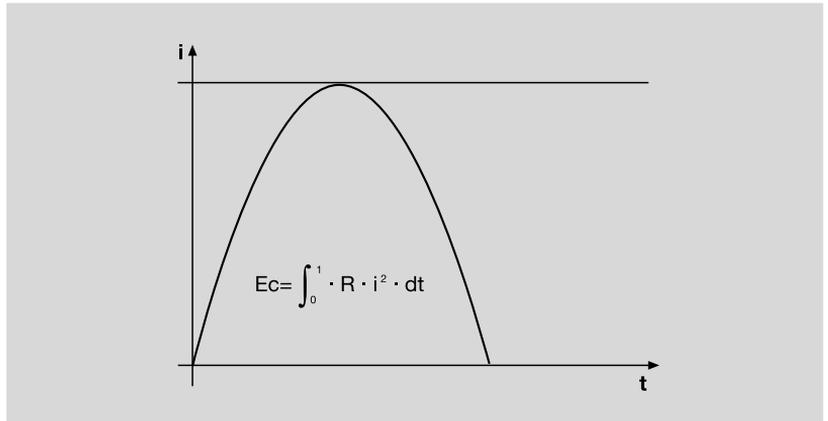


Fig. 12/3

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

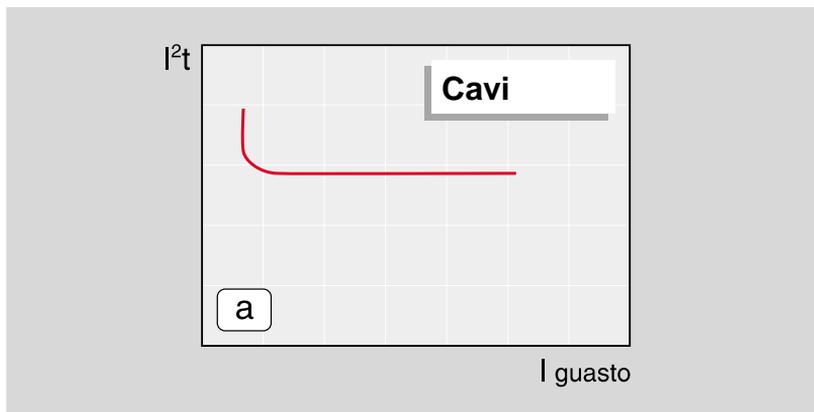


Fig. 12/4 a

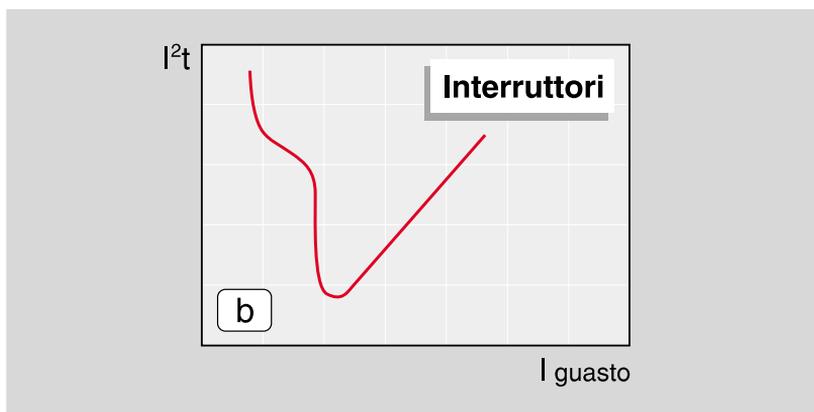


Fig. 12/4 b

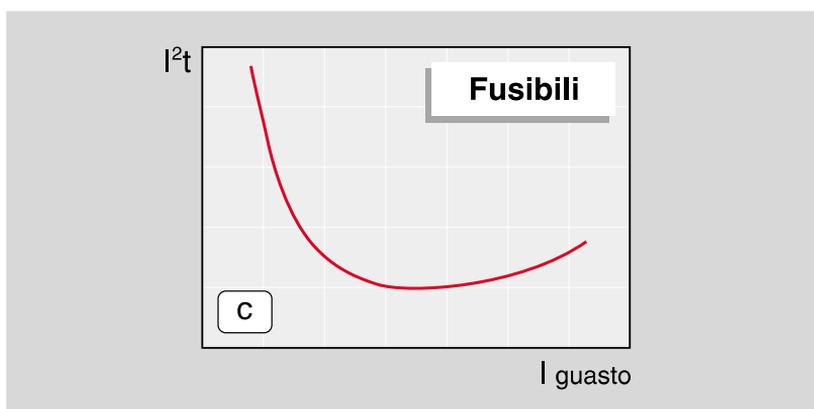


Fig. 12/4 c

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

12.5 Prescrizioni generali riguardanti la protezione contro le sovracorrenti

12.5.1 Generalità

I conduttori attivi di un circuito elettrico devono essere protetti da uno o più dispositivi che interrompono automaticamente l'alimentazione quando si produce sovracorrente (sovraccarico o corto circuito).

La protezione contro i sovraccarichi e i corto circuiti può essere assicurata sia in modo separato, con dispositivi distinti, sia in modo unico con dispositivi che assicurano entrambe le protezioni. In ogni caso essi devono essere tra loro coordinati.

Per assicurare la protezione il dispositivo deve:

- interrompere sia la corrente di sovraccarico sia quella di corto circuito, interrompendo, nel secondo caso, tutte le correnti di corto circuito che si presentano in un punto qualsiasi del circuito, prima che esse provochino nel conduttore un riscaldamento tale da danneggiare l'isolamento;
- essere installato in generale all'origine di ogni circuito e di tutte le derivazioni aventi portate differenti (diverse sezioni dei conduttori, diverse condizioni di posa e ambientali, nonché un diverso tipo di isolamento del conduttore) (Fig. 12/5).

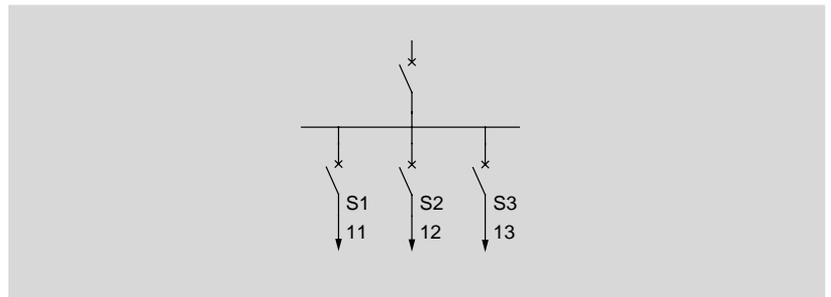


Fig. 12/5

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

12.5.2 Condizioni di sovraccarico

Per quanto concerne le condizioni di sovraccarico:

- il dispositivo può essere installato lungo il percorso della condotta invece che all'origine (tratto A-B, Fig. 12/6), purchè questa non attraversi luoghi con pericolo di incendio ed esplosione, né vi siano su di essa derivazioni né prese a spina poste a monte del dispositivo di protezione stesso;

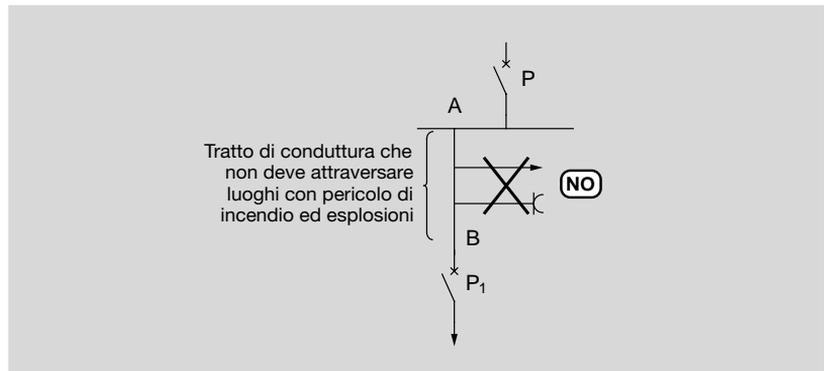


Fig. 12/6

- per assicurare la protezione, le caratteristiche del dispositivo devono essere coordinate con quelle del conduttore, cioè devono essere soddisfatte le seguenti due condizioni:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

dove:

I_B = corrente di impiego del circuito

I_z = portata del cavo a regime permanente

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione (nei dispositivi regolabili I_n è la corrente regolata scelta)

I_f = – corrente, per gli interruttori, che assicura il funzionamento del dispositivo entro il tempo convenzionale in condizioni definite

– corrente, per i fusibili gG, di fusione entro un tempo convenzionale

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

Le condizioni di coordinamento sopra citate sono raffigurate in Fig. 12/7. Ne consegue che il conduttore non risulta protetto se il sovraccarico è compreso tra I_z e I_f in quanto esso può permanere a lungo senza provocare l'intervento della protezione.

Ciò può essere evitato fissando il valore di I_b in modo che I_z non venga superato frequentemente.

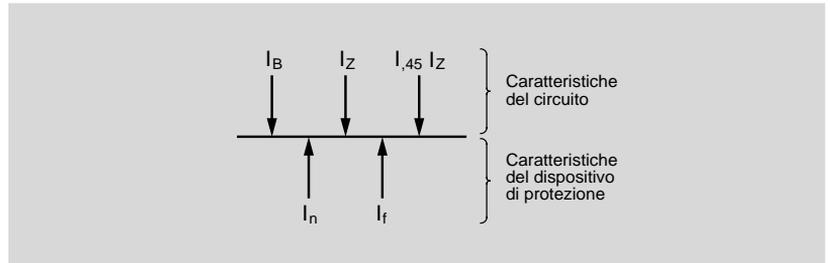


Fig. 12/7

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

Se uno stesso dispositivo di protezione alimenta diverse condutture (Fig. 12/8 a) od una conduttura principale (Fig. 12/8 b) dalla quale siano derivate condutture secondarie, il dispositivo protegge quelle condutture che risultano con esso coordinate secondo le due disequazioni sopra riportate.

Il dispositivo di protezione deve avere caratteristiche tali da consentire sovraccarichi di breve durata che si producono nell'esercizio ordinario, senza intervenire.

Se il dispositivo protegge diversi conduttori in parallelo (Fig. 12/9), si considera per I_z la somma delle portate dei singoli conduttori ($I_z = I_{z1} \dots I_{zn-1}$), a condizione però che i conduttori stessi portino sostanzialmente le stesse correnti (eguale sezione, stesso tipo di isolamento, stesso modo di posa) e che non siano interessati da derivazioni.

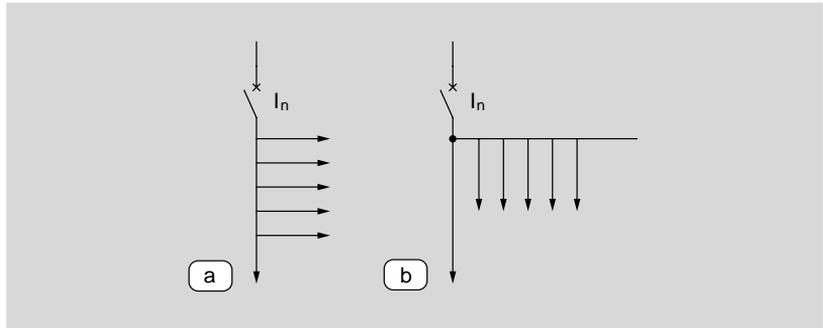


Fig. 12/8

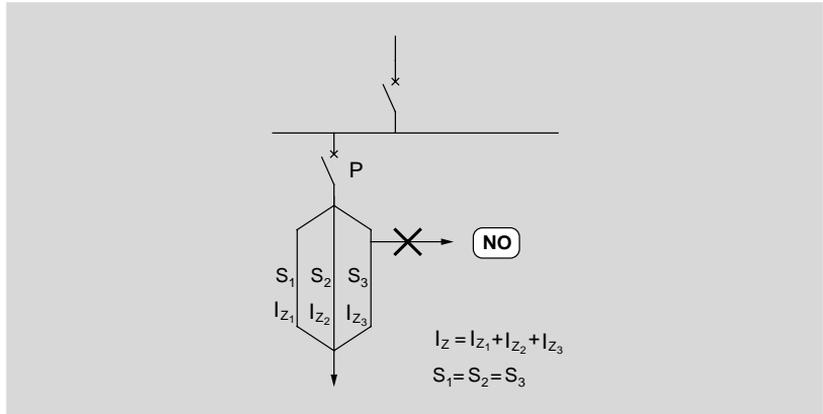


Fig. 12/9

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

12.5.3 Condizioni di corto circuito

Per quanto concerne le condizioni di corto circuito, il dispositivo di protezione:

- può essere installato lungo la condotta ad una distanza dall'origine non superiore a 3 m (Fig. 12/10), purché questo tratto sia rinforzato in modo da ridurre al minimo il rischio di corto circuito ⁽¹⁾;
- non deve essere posto vicino a materiale combustibile o in luoghi con pericolo di esplosione.

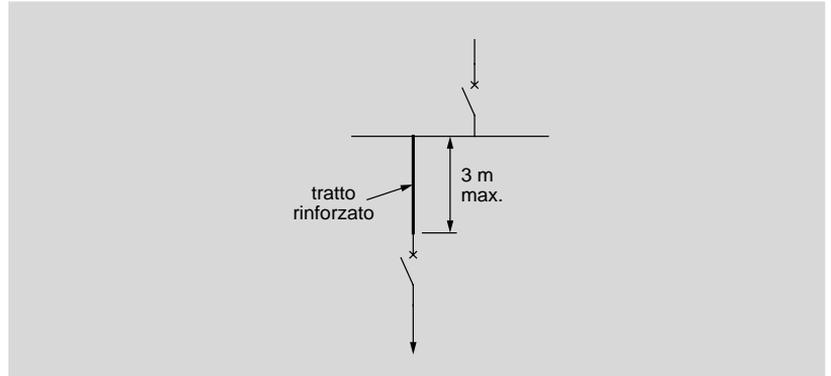


Fig. 12/10

Inoltre per assicurare la protezione deve soddisfare le due seguenti condizioni:

- avere un potere di interruzione non inferiore alla corrente di corto circuito presunta nel punto in cui è installato (Fig. 12/11 a).

È ammesso tuttavia l'impiego di un dispositivo di protezione (B) con un potere di interruzione I_{cn2} inferiore se a monte è installato un altro dispositivo (A) che abbia il necessario potere di interruzione I_{cn1} (protezione di sostegno) (Fig. 12/11 b). In questo caso l'energia specifica $(I^2t)_1$ lasciata passare dal dispositivo a monte (A) non deve superare quella $(I^2t)_2$ che può essere ammessa senza danni dal dispositivo (B) o dalle condutture situate a valle.

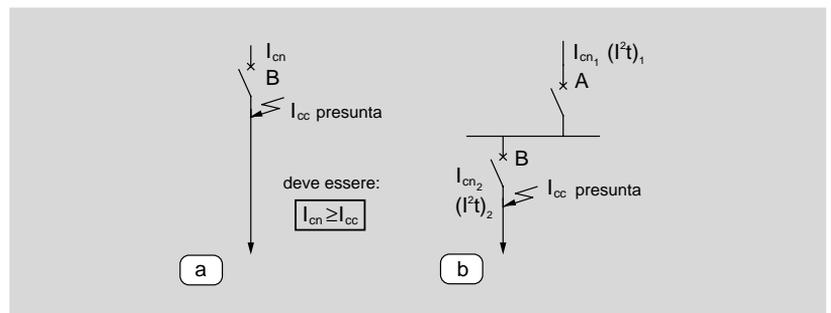


Fig. 12/11

(1) Non si applica in ambienti a maggior rischio d'incendio ed esplosione (CEI 64-8/473.1.2).

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

- deve intervenire in un tempo inferiore a quello che farebbe superare al conduttore la massima temperatura ammessa.
Deve cioè essere verificata, qualunque sia il punto della condotta interessata al corto circuito, la condizione:

$$(I^2t) \leq K^2S^2$$

Per corto circuiti di durata non superiore a 5 s, il tempo necessario affinché una data corrente di corto circuito porti in condizioni di servizio ordinario un conduttore alla temperatura limite, può essere calcolato in prima approssimazione con la formula (derivata dalla precedente):

$$\sqrt{t} = \frac{K \cdot S}{I}$$

dove:

(I^2t) = ⁽¹⁾ integrale di Joule o energia specifica lasciata passare, per la durata del corto circuito, dal dispositivo di protezione

I = corrente di corto circuito in ampere in valore efficace

K = fattore dipendente dal tipo di conduttore (Cu o Al) e isolamento che per una durata di corto circuito ≤ 5 s è:

- 115 per conduttori in Cu isolati con PVC
- 135 per conduttori in Cu isolati con gomma ordinaria o gomma butilica
- 143 per conduttori in Cu isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato
- 74 per conduttori in Al isolati con PVC
- 87 per conduttori in Al isolati con gomma ordinaria, gomma butilica, gomma etilenpropilenica o propilene reticolato
- 115 corrispondente ad una temperatura di 160 °C per le giunzioni saldate a stagno tra conduttori in Cu

S = sezione dei conduttori da proteggere in mm²

t = tempo di intervento del dispositivo di protezione assunto ≤ 5 s.

(1) L'energia specifica passante, rappresentata dall'integrale di Joule assume, come già indicato a pag. 12/8, l'espressione:

$$\int_0^t i^2 dt$$

Tuttavia se il cortocircuito ha una durata sufficientemente lunga, il contributo della componente unidirezionale (componente transitoria) può essere trascurato e, in prima approssimazione, è possibile scrivere:

$$\int_0^t i^2 dt \cong I^2t$$

dove con **I** si intende il valore efficace della componente simmetrica.

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

12.5.4 Coordinamento tra la protezione contro i sovraccarichi e la protezione contro i corti circuiti

Sono possibili due soluzioni:

Protezione assicurata da dispositivi distinti

Si applicano separatamente le prescrizioni di cui al paragrafo 12.5.2 ($I_B \leq I_n \leq I_z$ e $I_f \leq 1,45 \cdot I_z$) al dispositivo di protezione contro i sovraccarichi e quelle di cui al paragrafo 12.5.3 al dispositivo di protezione contro i corti circuiti.

Protezione assicurata da un unico dispositivo

Se il dispositivo unico C (Fig. 12/12) è coordinato secondo le prescrizioni di cui al paragrafo 12.5.2 ($I_B \leq I_n \leq I_z$ e $I_f \leq 1,45 \cdot I_z$) con il conduttore ed ha un potere di interruzione almeno uguale alle correnti di corto circuito nel punto in cui è installato, si considera che esso assicura anche la protezione contro i corti circuiti alla condotta (D), posta a valle di quel punto ⁽¹⁾.

La scelta dei dispositivi di protezione contro i sovraccarichi dev'essere effettuata in modo che:

- la corrente nominale deve essere scelta in accordo con quanto indicato al punto 12.5.2
- nel caso di carichi ciclici, i valori di I_n e di I_f devono essere scelti sulla base dei valori di I_B e di I_z corrispondenti a carichi termicamente equivalenti.

Per la scelta dei dispositivi di protezione contro i corti circuiti, l'applicazione delle prescrizioni di cui ai paragrafi 12.5.2 e 12.5.3, per la durata del guasto sino a 5 s, deve tenere conto delle correnti minime e massime di corto circuito (vedere Fig. 12/13 e 12/14).

I dispositivi di protezione devono soddisfare le condizioni nel seguito indicate, valide rispettivamente per gli interruttori automatici e per i fusibili.

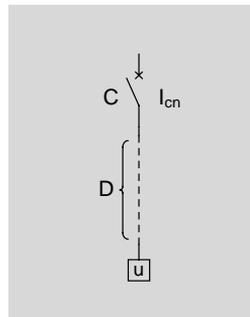


Fig. 12/12

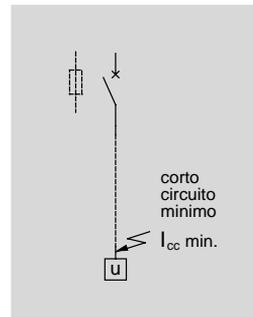


Fig. 12/13

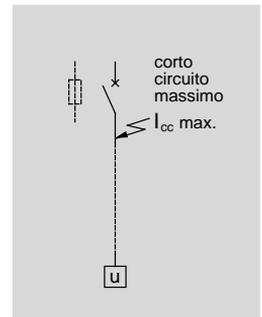


Fig. 12/14

(1) Questo può non valere per alcuni tipi di interruttori, in particolare per quelli che non limitano la corrente per l'intera gamma delle correnti di corto circuito. In questi casi la validità della protezione dovrà essere verificata mediante il calcolo dell'energia specifica passante.

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

Interruttori automatici. Determinazione della $I_{cc\ min}$ e $I_{cc\ max}$

La curva dell'energia specifica (I^2t) lasciata passare, ha un andamento del tipo indicato in Fig. 12/15.

Occorre verificare che:

- la corrente di corto circuito che si produce per un guasto a fondo linea ($I_{cc\ min}^{(2)}$), Fig. 12/13, non sia inferiore a I_a , cioè:

$$I_{cc\ min} \geq I_a$$

- la corrente di corto circuito che si produce per un guasto franco all'inizio della linea, Fig. 12/14, non sia superiore a I_b , cioè:

$$I_{cc\ max} \leq I_b$$

Fusibili. Determinazione della $I_{cc\ min}$

La caratteristica dell'energia specifica (I^2t) lasciata passare, ha un andamento del tipo indicato in Fig. 12/14.

Occorre verificare che:

- la corrente di corto circuito che si produce per un guasto a fondo linea ($I_{cc\ min}$), Fig. 12/13, non sia inferiore a I_a , cioè:

$$I_{cc\ min} \geq I_a$$

(2) Essa corrisponde ad un corto circuito fase-neutro e fase-fase (neutro non distribuito) nel punto più lontano condotta protetta (Fig. 12/13).

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

12.5.5 Calcolo della corrente minima e massima di corto circuito

Il valore della corrente minima di corto circuito presunta può essere calcolato tramite le seguenti formule semplificate (CEI 64-8/533.3 Commenti):

$$I_{cc_{min}} = \frac{0,8 \cdot U \cdot S}{1,5 \rho \cdot 2L} \quad \begin{array}{l} \text{nel caso} \\ \text{di neutro} \\ \text{non distribuito} \end{array}$$

$$I_{cc_{min}} = \frac{0,8 \cdot U_o \cdot S}{1,5 \rho (1+m) L} \quad \begin{array}{l} \text{nel caso} \\ \text{di neutro} \\ \text{distribuito} \end{array}$$

Assumendo il valore minimo della corrente di corto circuito pari a quello della soglia di intervento dello sganciatore magnetico del dispositivo di protezione (interruttore automatico) si determina la lunghezza massima protetta, tramite le seguenti formule, derivate dalle precedenti.

$$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U \cdot S}{2 \cdot \rho \cdot 1,2 \cdot I_m \cdot 1,5} \quad \begin{array}{l} \text{nel caso} \\ \text{di neutro} \\ \text{non distribuito} \end{array}$$

$$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U_o \cdot S}{2 \cdot \rho (1+m) \cdot 1,2 \cdot I_m \cdot 1,5} \quad \begin{array}{l} \text{nel caso} \\ \text{di neutro} \\ \text{distribuito} \end{array}$$

dove:

U = tensione concatenata di alimentazione

U_o = tensione di fase di alimentazione

ρ = resistività a 20 °C del materiale dei conduttori (0,018 Ω · mm²/m per il rame - 0,027 Ω · mm²/m per l'alluminio)

L = lunghezza della conduttura protetta in metri

S = sezione del conduttore in mm²

Per S > 95 mm² si può tenere conto della reattanza della conduttura applicando ai valori della corrente di corto circuito i seguenti fattori di riduzione:

0,90 per S = 120 mm²

0,85 per S = 150 mm²

0,80 per S = 185 mm²

0,75 per S = 240 mm²

I_m = corrente di corto circuito presunta (valore efficace), considerata pari alla soglia di intervento dello sganciatore magnetico (o istantaneo)

m = rapporto tra resistenza del conduttore di neutro e quella del conduttore di fase (nel caso di egual materiale il rapporto è uguale a quello delle sezioni dei conduttori)

1,2 = fattore di tolleranza previsto dalle Norme.

Il valore della massima corrente di corto circuito presunta può essere calcolato conoscendo i parametri della rete di alimentazione e della parte situata a monte del dispositivo di protezione (vedere capitolo 15).

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

Se il dispositivo di protezione, interruttore o fusibile, risponde alle condizioni di cui ai paragrafi 12.5.2 e 12.5.3, non è necessario effettuare la verifica in corrispondenza della corrente minima di corto circuito. Pertanto le curve di confronto per la verifica di cui alla Fig. 12/15 (interruttore) e Fig. 12/16 (fusibile), assumono la configurazione illustrata rispettivamente nelle Figg. 12/17a e 12/17b.

Nel caso però di sovraccarico dove siano necessari tempi di intervento non compatibili con la sollecitazione termica del cavo (I^2t tollerabile), occorre verificare la protezione in corrispondenza della corrente minima di corto circuito, determinando la lunghezza massima protetta della linea, tramite le formule sopra menzionate.

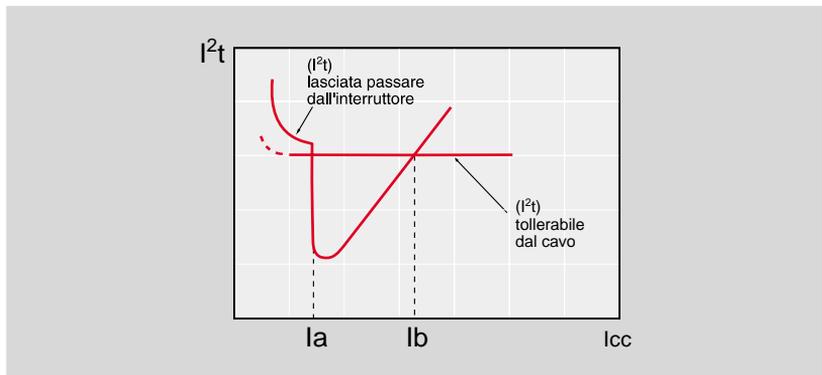


Fig. 12/15

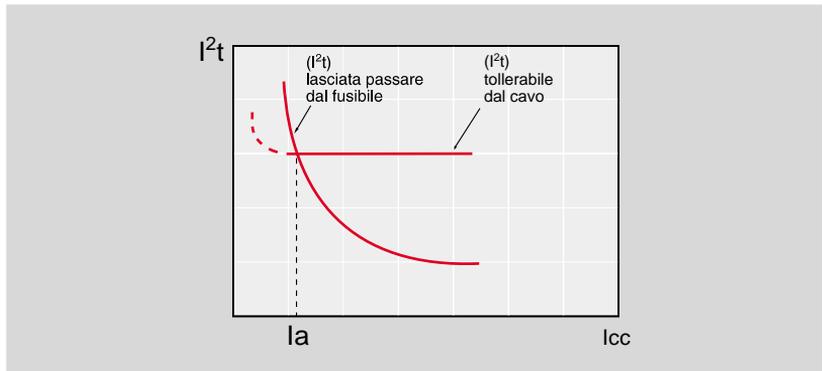


Fig. 12/16

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

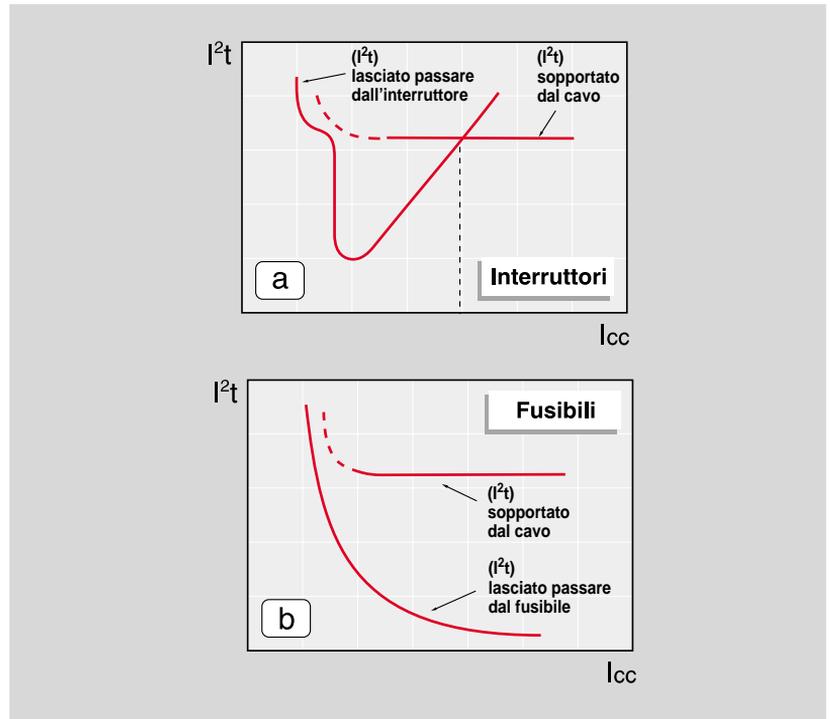


Fig. 12/17

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

12.6 Omissioni delle protezioni

Vi sono casi particolari in cui le protezioni contro i sovraccarichi e i corto circuiti possono essere omesse o ne è raccomandata l'omissione per ragioni di sicurezza. Questi casi, menzionati all'art. 473.1.2 della Norma CEI 64-8, sono i seguenti:

a) Caso del sovraccarico ^{(1) (2)}

La protezione può essere omessa:

- se il dispositivo di protezione **P** posto a monte della condotta derivata (tratto **B-C**, Fig. 12/18) è in grado di proteggere la condotta stessa, di sezione S_1 , contro i sovraccarichi e i corto circuiti;
- se la condotta alimenta (tratto **D-E**) un'utenza con incorporato un proprio dispositivo P_1 , in grado di proteggere la condotta stessa, di sezione S_2 dai sovraccarichi (Fig. 12/19), a condizione che la condotta sia protetta contro i corto circuiti dal dispositivo **P**;

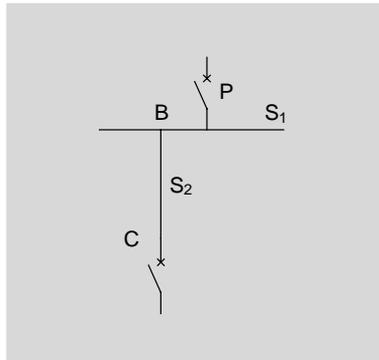


Fig. 12/18

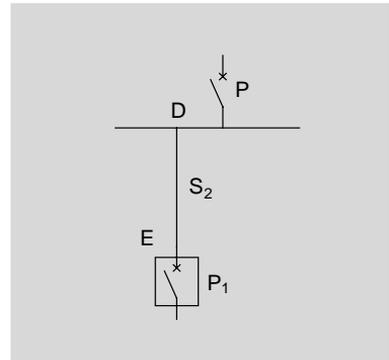


Fig. 12/19

(1) Quanto di seguito indicato non si applica agli impianti elettrici situati in luoghi che presentano maggior rischio in caso d'incendio o pericolo di esplosione, per i quali valgono le prescrizioni di cui al paragrafo 751 della Norma CEI 64-8.

(2) Quanto detto ai punti 15.2 b "posizione" e 15.3 a "omissione" dei dispositivi di protezione contro i sovraccarichi non si applica agli impianti con sistema IT, a meno che ogni circuito non protetto contro i sovraccarichi non sia protetto da un interruttore differenziale, oppure a condizione che tutti i componenti elettrici alimentati da un tale circuito, comprese le condutture, siano realizzati con componenti in Classe 2 o con isolamento equivalente (CEI 64-8/473.1.3).

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

- se la condotta alimenta due o più derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi (Fig. 12/20) a condizione però che la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle singole derivazioni F-G e H-I di sezione S_1 e S_2 sia inferiore alla corrente nominale del dispositivo P che protegge contro i sovraccarichi ed i corto circuiti la condotta stessa;
- se le condutture (tratti L-M e N-O, Fig. 12/21) alimentano apparecchi utilizzatori che non possono provocare correnti di sovraccarico⁽³⁾ e che non sono protetti contro di essi a condizione che la somma delle correnti di impiego I_n e I_{n1} degli apparecchi utilizzatori non sia superiore alla portata I_z delle condutture e che il dispositivo di protezione P protegga contro i corto circuiti le condutture stesse.

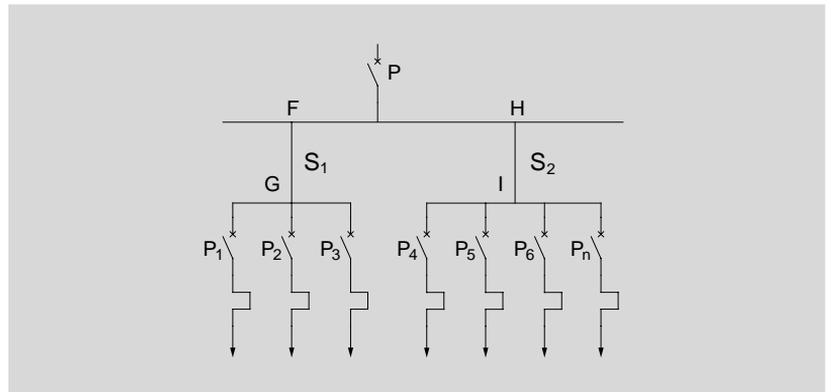


Fig. 12/20

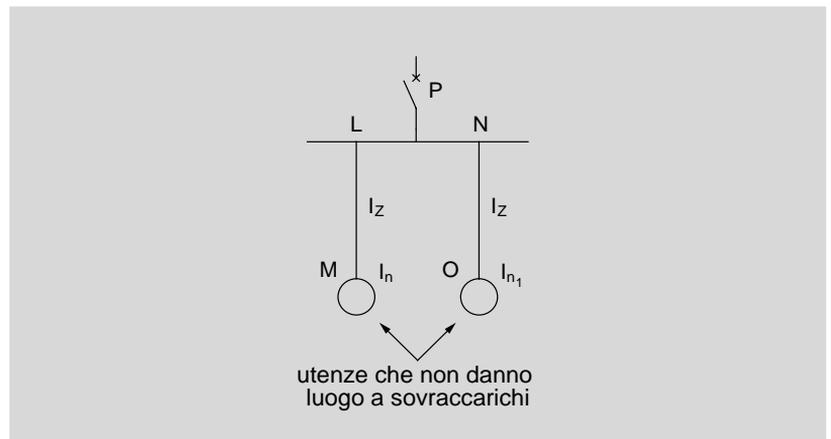


Fig. 12/21

(3) Apparecchi che non possono dar luogo a sovraccarichi sono per esempio:

- gli apparecchi termici (scaldabagno, cucine, caloriferi, ecc.);
- motori con corrente a rotore bloccato non superiore alla portata della condotta di alimentazione;
- gli apparecchi di illuminazione.

Viceversa, una presa a spina è un componente a valle nel quale può sempre prodursi un sovraccarico, per cui è necessaria la protezione termica.

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

- **Casi in cui l'omissione della protezione contro i sovraccarichi è raccomandata per ragioni di sicurezza**

Per circuiti che alimentano utenze in cui l'apertura intempestiva del circuito potrebbe essere causa di pericolo.

Essi possono essere:

- circuiti di eccitazione di macchine rotanti
- circuiti che alimentano elettromagneti di sollevamento
- circuiti secondari di trasformatori di corrente
- circuiti che alimentano dispositivi di estinzione di incendio.

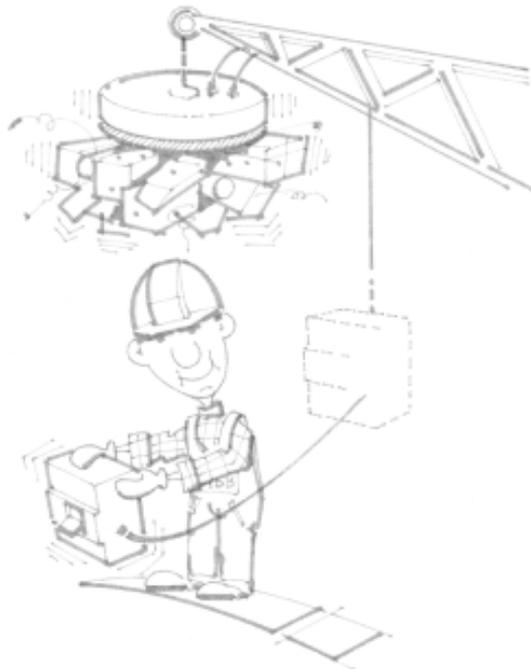
In tutti questi casi si raccomanda un dispositivo di allarme (acustico o visivo) che segnali eventuali sovraccarichi.

Nei casi sopra descritti, in cui non sia prevista la protezione contro i sovraccarichi, deve essere fatta la verifica in corrispondenza della corrente di corto circuito minima, come indicato al paragrafo 12.5.5.

b) Caso del corto circuito

La protezione può essere omessa:

- per le condutture che collegano generatori, trasformatori, raddrizzatori, batterie di accumulatori ai rispettivi quadri;
- per circuiti la cui apertura intempestiva potrebbe comportare pericoli di funzionamento e per la sicurezza degli impianti interessati come quelli indicati all'ultimo punto del paragrafo precedente;
- alcuni circuiti di misura, a condizione che:
 - la conduttura sia realizzata in modo da ridurre al minimo il rischio di corto circuito;
 - la conduttura non sia posta in vicinanza di materiali combustibili.



Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

12.7 Prescrizioni secondo la natura dei circuiti

12.7.1 Protezione dei conduttori di fase

Il dispositivo di protezione deve rilevare le sovracorrenti su ogni fase, provocando l'interruzione del conduttore dove la sovracorrente è rilevata, ma non necessariamente l'interruzione di altri conduttori attivi, eccezion fatta nei casi di cui al paragrafo 12.7.2.

Nei sistemi TN e TT per circuiti tra fase e fase, con neutro non distribuito, può non essere prevista la rilevazione delle sovracorrenti su una fase a condizione che siano soddisfatte contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- vi sia posta a monte sullo stesso circuito una protezione differenziale che interrompa tutte le fasi;
- il neutro non sia distribuito da un punto “neutro artificiale” posto a valle del dispositivo differenziale sopraccitato.

12.7.2 Protezione del conduttore di neutro

Nei sistemi TN o TT la protezione del conduttore di neutro contro le sovracorrenti è necessaria se la sua sezione è inferiore a quella dei conduttori di fase. La protezione deve essere effettuata mediante un dispositivo che provochi l'interruzione dei conduttori di fase stessi, ma non necessariamente quella del conduttore di neutro.

La protezione del conduttore di neutro non è necessaria se:

- la sua sezione è uguale o di impedenza equivalente a quella dei conduttori di fase;
- se il conduttore di neutro è protetto contro i corto circuiti dal dispositivo di protezione di conduttori di fase del circuito;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro in servizio ordinario è chiaramente inferiore al valore della sua portata (I_n)⁽¹⁾.

Nei sistemi TN-C, il conduttore PEN (PE + N) non deve mai essere interrotto.

Nei sistemi IT si raccomanda vivamente di non distribuire il neutro. Ciò in considerazione del fatto che un suo guasto a terra elimina i vantaggi di questi sistemi: eventuali apparecchi utilizzatori previsti per funzionare con tensione di fase possono essere alimentati con generatori separati o da trasformatori.

Nel caso però che esso venga distribuito occorre proteggerlo rilevando le sovracorrenti che lo attraversano (questo per ogni circuito) mediante un dispositivo che interrompa tutti conduttori attivi del circuito corrispondente, neutro compreso.

Tutto ciò non è necessario se il conduttore di neutro è già protetto contro i corto circuiti da un dispositivo posto a monte, per es. all'origine dell'impianto, oppure se il circuito è protetto da un dispositivo differenziale con $I_a \leq 0,15$ volte la portata (I_n) del conduttore di neutro corrispondente. Il dispositivo deve interrompere tutti i conduttori attivi, neutro compreso.

(1) Questa condizione è soddisfatta se la potenza trasportata è divisa nel modo più equo possibile tra le diverse fasi (per es.: la somma delle potenze assorbite dagli apparecchi alimentati tra ogni fase e neutro è decisamente inferiore alla potenza totale trasportata dal circuito stesso).

Protezione degli impianti in caso di guasto per sovraccarico o corto circuito

12.8 Interruzione del neutro

Se è richiesta l'interruzione del neutro questa deve avvenire dopo quella del conduttore di fase, mentre la sua chiusura deve verificarsi in sostanza contemporaneamente o prima di quella del conduttore di fase.

La Tab. 12/4 indica quando è necessario installare un dispositivo di protezione sui conduttori di fase e di neutro nei sistemi TN, TT e IT (CEI 64-8/473.3.2.2).

Legenda

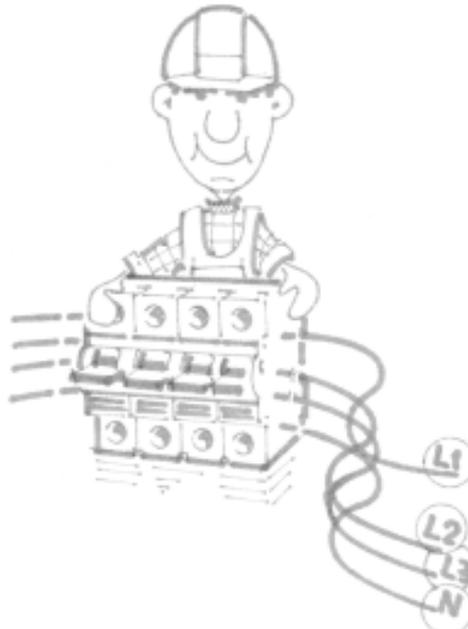
- F = conduttore di fase
- N = conduttore di neutro
- S_F = sezione del conduttore di fase
- S_N = sezione del conduttore di neutro
- P = è richiesto un dispositivo di protezione
- = non è richiesto un dispositivo di protezione; esso peraltro non è vietato
- no = è vietato inserire un dispositivo di protezione che interrompa il conduttore PEN

Tab. 12/4

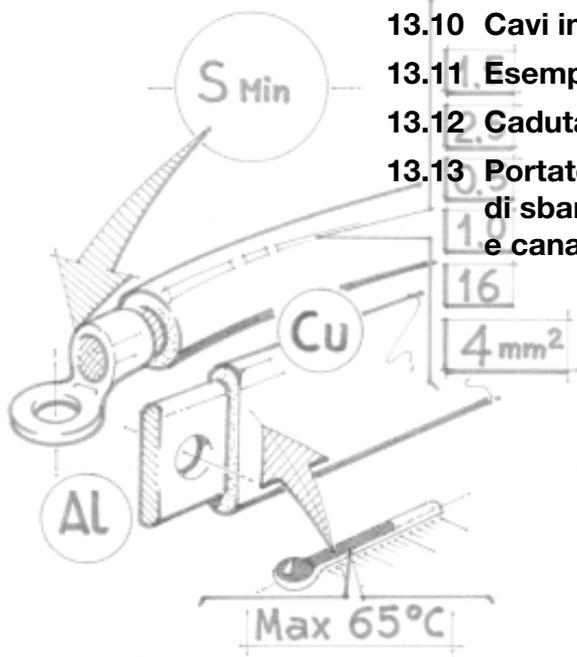
Sistemi	Circuiti														
	Trifase			2 Fasi		Fase + Neutro		Trifase con neutro							
	F	F	F	F	F	F	N	$S_N \geq S_F$			$S_N < S_F$				
	F	F	F	F	F	F	N	F	F	F	N	F	F	F	N
TN-C	P	P	P	P	P ⁽²⁾	P	no	P	P	P	no	P	P	P	no
TN-S	P	P	P ⁽²⁾	P	P ⁽²⁾	P	-	P	P	P	- ⁽³⁾	P	P	P	P ⁽³⁾⁽⁴⁾
TT	P	P	P ⁽²⁾	P	P ⁽²⁾	P	-	P	P	P	- ⁽³⁾	P	P	P	P ⁽³⁾⁽⁴⁾
IT	P	P	P	P	P ⁽²⁾	P	P ⁽³⁾⁽⁵⁾	P	P	P	P ⁽³⁾⁽⁵⁾	P	P	P	P ⁽³⁾⁽⁵⁾

Note

- (1) Se il sistema non è sostanzialmente equilibrato si deve disporre sul conduttore PEN un rivelatore di sovracorrente, che provochi l'interruzione dei conduttori di fase, ma non del conduttore PEN.
- (2) Un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti non è richiesto su un conduttore di fase se il circuito è protetto con dispositivo differenziale (vedere paragrafo 12.7).
- (3) Il conduttore di neutro non deve aprirsi prima e non deve chiudersi dopo i conduttori di fase.
- (4) Un dispositivo di protezione sul conduttore di neutro contro i sovraccarichi è richiesto solo se il sistema non è sostanzialmente equilibrato.
- (5) Eccetto nel caso in cui il conduttore di neutro sia effettivamente protetto contro i corto circuiti o ci sia una protezione differenziale situata a monte (vedere paragrafo 12.7).



13.1	Cavi in CU e Al posati in aria libera e in terra secondo CEI Unel 35024	13/2
13.2	Calcolo della portata dei conduttori	13/3
13.3	Tipi di posa per cavi	13/3
13.4	Fattori di correzione	13/3
13.5	Scelta della sezione del conduttore	13/4
13.6	Declassamento delle portate in funzione della temperatura ambiente	13/11
13.7	Fasci o strati: problemi e vantaggi	13/13
13.8	Cavi in parallelo	13/19
13.9	Sezione minima dei conduttori	13/20
13.10	Cavi interrati	13/21
13.11	Esempi di calcolo	13/23
13.12	Caduta di tensione (ΔU)	13/24
13.13	Portate di corrente in un sistema di sbarre in Cu e Al di quadri e canalizzazioni elettriche	13/26



Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

13.1 Cavi in Cu e Al posati in aria libera e in terra secondo CEI Unel 35024

Nel giugno 1997 il CEI ha aggiornato le tabelle (fino ad allora i riferimenti disponibili risalivano al 1970) sulle portate dei cavi in aria isolati con materiali elastomerici o termoplastici (fasc. 3516) e con isolamento minerale (fasc. 3517).

Le nuove portate sono pienamente armonizzate con le norme impianti, dalle quali riprendono la temperatura ambiente di riferimento (30°) e le temperature massime di funzionamento relative agli isolanti impiegati (CEI 64-8 IV/5ª parte art. 523.1.1. Tab. 52D).

Tab. 13/1 – Temperature massime di regime

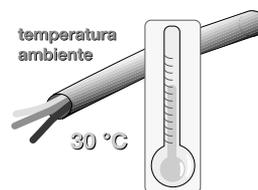
Tipo isolamento	Temperatura massima di funzionamento (°C)
conduttori in PVC	70 °
conduttori in XLPE e EPR	90 °
minerale con guaina accessibile PVC	70 ° sulla guaina
minerale (guaina non accessibile PVC)	105 ° sulla guaina

Le portate così calcolate sono applicabili nella totalità degli impianti utilizzatori con esclusione di:

- cavi per alimentazione di utenze mobili (cavi per elettrodomestici, utensili, ecc.)
- cavi interrati (mentre si attende un'apposita tabella dal CEI, valgono le tabelle precedenti)
- cavi entro apparecchi elettrici (interruttori, quadri, motori, ecc.)
- cavi per veicoli ferroviari e aeromobili.

Tab. 13/2 – Norme CEI sulle portate dei cavi posati in aria

Codifica Data pubblicazione N° fascicolo Titolo	CEI-UNEL 35024/1 giugno 1997 3516 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico e termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
Codifica Data pubblicazione N° fascicolo Titolo	CEI-UNEL 35024/2 giugno 1997 3517 Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in alternata e a 1500 V in continua



Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

13.2 Calcolo della portata dei conduttori

In entrambe le norme indicate in Tab. 13/2 si segue lo stesso procedimento per determinare la effettiva portata del conduttore in un determinato impianto. I rimandi alle tabelle riportate nel seguito sono da intendere al relativo fascicolo della norma CEI 35024 (sia quelle per cavi in elastomeri che in isolamento minerale).

Una qualsiasi portata di cavo si ottiene attraverso la seguente relazione:

$$I_z = I_0 \cdot K_1 \cdot K_2$$

dove:

I_0 = portata ordinaria in aria a 30 °C (valori indicati nelle Tab. I e II delle norme CEI 35024 e riportate nel seguito dalla Tab. 13/3 alla 13/6)

K_1 = fattore per temperature diverse da 30 °C, anch'esso tabellato (Tab. III)

K_2 = fattore di posa tabellato (Tab. IV, V, VI)

Nel calcolo della portata si presuppone che:

- solo i cavi attivi producono riscaldamento e le linee si considerano equilibrate
- con carichi squilibrati si debba studiare la fase più caricata e verificare la tenuta del neutro, soprattutto in presenza di armoniche
- la temperatura ambiente sia di 30 °C.

13.3 Tipi di posa per cavi

Le CEI Unel 35024 elencano alcune delle 81 modalità di posa della CEI 64-8 IV; in particolare:

- cavi in tubi protettivi
- cavi in tubi o canali su parete
- cavi su parete
- cavi in aria libera

13.4 Fattori di correzione

Le portate standard I_0 valide solo in aria libera devono essere adeguate alla particolare posa in opera, che si traduce nell'adeguamento all'effettiva temperatura ambiente e modalità di posa. Dopo aver descritto la posa dei cavi in fascio o in strato, la 35024 propone una definizione di gruppo per l'approccio al dimensionamento delle condutture; in particolare **“Un gruppo è considerato di cavi simili quando il calcolo della portata per tutti i cavi è basato sulla stessa temperatura massima permessa di esercizio e quando la variazione della sezione dei conduttori risulta compresa entro tre sezioni adiacenti”**.

L'applicazione di tale articolo comporta ovviamente l'installazione e il frazionamento delle dorsali in più tubazioni e canalizzazioni affiancate, specificatamente destinate all'alloggiamento dei gruppi omogenei di cavi. Si osservi che l'apparente aggravio di costo per il maggior ingombro ed impiego di contenitori, può essere bilanciato dalle economie derivanti dal migliore sfruttamento del rame; inoltre ne traggono giovamento l'estetica, la funzionalità e la flessibilità dell'impianto, soprattutto in caso di manutenzione.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

13.5 Scelta della sezione del conduttore

Le tabelle permettono di calcolare, in determinate condizioni di posa e ambientali:

- la corrente massima I_z che il cavo può sopportare ininterrottamente data la sua sezione S ;
- la sezione minima del cavo, data la corrente massima ammissibile I_z .

$$I_z = I_0 \cdot K_1 \cdot K_2$$

dove:

I_0 = portata ordinaria in aria a 30 °C (Tab. I e II)

K_1 = fattore di temperatura

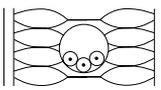
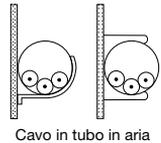
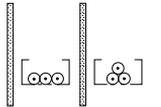
K_2 = fattore di posa (Tab. IV, V e VI)



Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab. 13/3 (1ª parte) – Portate I_0 per cavi elastomerici e termoplastici unipolari (Tab. I della CEI UNEL 35024/1) ⁽¹⁾



Metodologia tipica di installazione	Altri tipi di posa Rif. Appendice A (4)	Tipo di isolamento	N. cond. caricati	Portata (A)																			
				Sezione (mm ²)																			
				(5) 1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630
	1-51-71 73-74	PVC (2)	2 3	- -	14,5 13,5	19,5 18	26 24	34 31	46 42	61 56	80 73	99 89	119 108	151 136	182 164	210 188	240 216	273 245	320 286	-	-	-	-
 Cavo in tubo incassato in parete isolante		EPR (3)	2 3	- -	19 17	26 23	36 31	45 40	61 54	81 73	106 95	131 117	158 141	200 179	241 216	278 249	318 285	362 324	424 380	-	-	-	-
 Cavo in tubo in aria	3-4-5-22- 23-24-31- 32-33-34- 41-42-72	PVC (2)	2 3	13,5 12	17,5 15,5	24 21	32 28	41 36	57 50	76 68	101 89	125 110	151 134	192 171	232 207	269 239	309 275	353 314	415 369	-	-	-	-
		EPR (3)	2 3	17 15	23 20	31 28	42 37	54 48	75 66	100 88	133 117	164 144	198 175	253 222	306 269	354 312	402 355	472 417	555 490	-	-	-	-
 Cavi in aria libera, posizione non accessibile	18	PVC (2)	2 3	- -	19,5 15,5	26 21	35 28	46 26	63 57	85 76	112 101	138 125	168 151	213 192	258 232	299 269	344 309	392 353	461 415	-	-	-	-
		EPR (3)	2 3	- -	24 20	33 28	45 37	58 48	80 71	107 96	142 127	175 157	212 190	270 242	327 293	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) Per cavi con guaina e posa in tubo possono essere adottate le stesse portate.
 (2) Mescola termoplastica a base di polivinilcloruro (temperatura massima del conduttore = 70 °C).
 (3) Mescola elastomerica reticolata a base di gomma etilenpropilena o similari (temperatura massima del conduttore = 90 °C).
 (4) Condizioni assunte dalla 3ª edizione della Norma CEI 64-8 (Tabella 52C).
 (5) L'impiego dei cavi con sezione 1 mm² è limitato ai casi consentiti dalle relative norme CEI o CEI-UNEL.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab. 13/3 (2ª parte) – Portate I_b per cavi elastomerici e termoplastici unipolari
(Tab. I della CEI UNEL 35024/1) ⁽¹⁾



Metodologia tipica di installazione	Altri tipi di posa Rif. Appendice A (4)	Tipo di isolamento	N. cond. caricati	Portata (A)																			
				(5)	Sezione (mm²)																		
					1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500
 Cavo in aria libera a trifoglio	11-12-21-25-43-52-53	PVC (2)	3	-	19,5	26	35	46	63	85	110	137	167	216	264	308	356	409	485	561	656	749	855
		EPR (3)	3	-	24	33	45	58	80	107	135	169	207	268	328	383	444	510	607	703	823	946	1088
 Cavo in aria libera in piano a contatto	13-14-15-16-17	PVC (2)	2	-	22	30	40	52	71	96	131	162	196	251	304	352	406	463	546	629	754	868	1005
		EPR (3)	3	-	27	37	50	64	88	119	161	200	242	310	377	437	504	575	679	783	940	1083	1254
 Cavi in aria libera distanziati su un piano orizzontale	14-15-16	PVC (2)	2	-	-	-	-	-	-	-	146	181	219	281	341	396	456	521	615	709	852	982	1138
		EPR (3)	3	-	-	-	-	-	-	-	-	146	181	219	281	341	396	456	521	615	709	852	982
 Cavi in aria libera distanziati su un piano orizzontale	14-15-16	PVC (2)	2	-	-	-	-	-	-	-	130	162	197	254	311	362	419	480	569	659	795	920	1070
		EPR (3)	3	-	-	-	-	-	-	-	-	130	162	197	254	311	362	419	480	569	659	795	920
 Cavi in aria libera distanziati su un piano orizzontale	14-15-16	PVC (2)	2	-	-	-	-	-	-	-	161	201	246	318	389	454	527	605	719	833	1008	1169	1362
		EPR (3)	3	-	-	-	-	-	-	-	-	161	201	246	318	389	454	527	605	719	833	1008	1169

(1) Per cavi con guaina e posa in tubo possono essere adottate le stesse portate.

(2) Mescola termoplastica a base di polivinilcloruro (temperatura massima del conduttore = 70 °C).

(3) Mescola elastomerica reticolata a base di gomma etilenpropilenica o similari (temperatura massima del conduttore = 90 °C).

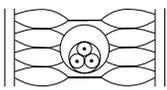
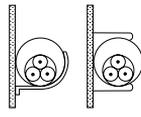
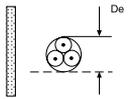
(4) Condizioni assunte dalla 3ª edizione della Norma CEI 64-8 (Tabella 52C).

(5) L'impiego dei cavi con sezione 1 mm² è limitato ai casi consentiti dalle relative norme CEI o CEI-UNEL.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

**Tab. 13/4 – Portate I_0 per cavi elastomerici e termoplastici multipolari
(Tab. II della CEI UNEL 35024/1)**



Metodologia tipica di installazione	Altri tipi di posa Rif. Appendice A (4)	Tipo di isolamento	N. cond. caricati	(1) Portata (A)																
				Sezione (mm ²)																
				1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
 Cavo in tubo incassato in parete isolante	2-51-73-74	PVC (2)	2 3	-	14	18,5	25	32	43	57	75	92	110	139	167	192	219	248	291	334
		EPR (3)	2 3	-	18,5	25	33	42	57	76	99	121	145	183	220	253	290	329	386	442
 Cavo in tubo in aria	3A-4A-21-22A-5A-21A 25A-33A-31-34A-43-32	PVC (3)	2 3	13,5 12	16,5 15	23 20	30 27	38 34	52 46	69 62	90 80	111 99	133 118	168 149	201 179	232 206	258 225	294 255	344 297	394 339
		EPR (3)	2 3	17 15	22 19,5	30 26	40 35	51 44	69 60	91 80	119 105	146 128	175 154	221 194	265 233	305 268	334 300	384 340	459 398	532 455
 Cavo in aria libera, distanziato dalla parete/soffitto o su passerella	13-14-15-16-17	PVC (2)	2 3	15 13,6	22 18,5	30 25	40 34	51 43	70 60	94 80	119 101	148 126	180 153	232 196	282 238	328 276	379 319	434 364	514 430	593 497
		EPR (3)	2 3	19 17	26 23	36 32	49 42	63 54	86 75	115 100	149 127	185 158	225 192	289 246	352 298	410 346	473 399	542 456	641 538	741 621
 Cavo in aria libera, fissato alla parete/soffitto	11-11A-52-53	PVC (2)	2 3	15 13,5	19,5 17,5	27 24	36 32	46 41	63 57	85 76	112 96	138 119	168 144	213 184	258 223	299 259	344 299	392 341	461 403	530 464
		EPR (3)	2 3	19 17	24 22	33 30	45 40	58 52	80 71	107 96	138 119	171 147	209 179	269 229	328 278	382 322	441 371	506 424	599 500	693 576

(1) L'impiego dei cavi con sezione 1 mm² è limitato ai casi consentiti dalle relative norme CEI o CEI-UNEL.
 (2) Mescola termoplastica a base di polivinilcloruro (temperatura massima del conduttore = 70 °C).
 (3) Mescola elastomerica reticolata a base di gomma etilenpropilenica o similare (temperatura massima del conduttore = 90 °C).
 (4) Condizioni assunte dalla 3^a edizione della Norma CEI 64-8 (Tabella 52C).

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab. 13/5 – Portate I_0 per cavi minerali unipolari (Tab. II della CEI UNEL 35024/2):
 – serie L: cavi per servizio leggero fino a 500 V
 – serie H: cavi per servizio pesante fino a 750 V

Metologia tipica di installazione	Tipo di isolamento minerale	Altri tipi di posa (1) Appendice (A)	Numero conduttori caricati	Portata (A)									
				Sezione (mm ²)									
				(2) 1	1,5	2,5	4	6	10	16	25		
<p style="text-align: center;">Cavo in aria libera, distanziato dalla parete o soffitto o su passerella</p>	Serie L (3)	13-14-15-16	2		25	33	44						
	Serie L (4)		3	21	28	37							
	Serie H (3)		2	31	41	54							
	Serie H (4)		3	26	35	46							
	Serie H (3)		2	26	36	47	60	82	109	142			
	Serie H (4)		3	22	30	40	51	69	92	120			
	Serie H (4)		2	33	45	60	76	104	137	179			
	Serie H (4)		3	28	38	50	64	87	115	150			
<p style="text-align: center;">Cavo in aria libera, fissato sulla parete o soffitto</p>	Serie L (3)	11-11A	2		23	31	40						
	Serie L (4)		3	19	26	35							
	Serie H (3)		2	28	38	51							
	Serie H (4)		3	24	33	44							
	Serie H (3)		2	25	34	45	57	77	102	133			
	Serie H (4)		3	21	28	37	48	65	86	112			
	Serie H (4)		2	31	42	55	70	96	127	166			
	Serie H (4)		3	26	35	47	59	81	107	140			

(1) Condizioni assunte dalla 3^a edizione della Norma CEI 64-8 (Tabella 52C).

(2) L'impiego del cavo con sezione 1 mm² è limitato ai casi consentiti dalle relative norme CEI o CEI-UNEL.

(3) Cavi ad isolamento minerale nudi esposti al tocco, oppure rivestiti in materiale termoplastico (T massima della guaina metallica 70 °C). Per i cavi nudi moltiplicare per 0,9.

(4) Cavi ad isolamento minerale nudi non esposti al tocco (T massima della guaina metallica 105 °C). Non è necessario il fattore di correzione per raggruppamenti.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab. 13/6 (1^a parte) – Portate I_b per cavi minerali unipolari (Tab. I della CEI UNEL 35024/2):

- serie L: cavi per servizio leggero fino a 500 V
- serie H: cavi per servizio pesante fino a 750 V



Metologia tipica di installazione	Tipo di isolamento minerale	Altri tipi di posa (1) Appendice (A)	Numero conduttori caricati	Portata (A)																			
				Sezione (mm ²)																			
				(2)	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240			
<p>Cavi in aria libera a trifoglio</p>	Serie L (3)	13-14-15-16	3																				
	Serie L (4)		3	21	28	37																	
	Serie H (3)		3	26	35	46																	
	Serie H (4)		3	22	30	40	51	69	92	120	147	182	223	267	308	352	399	466					
<p>Cavi in aria libera in piano a contatto</p>	Serie L (3)	13-14-15-16	2																				
	Serie L (4)		3	25	33	44																	
	Serie H (3)		2	23	31	41																	
	Serie H (3)		3	31	41	54																	
			3	29	39	51																	
	Serie H (4)		2	26	36	47	60	82	109	142	174	215	264	317	364	416	472	552					
			3	26	34	45	57	77	102	132	161	198	241	289	331	377	426	496					
			2	33	45	60	76	104	137	179	220	272	333	400	460	526	596	697					
3	32	43	56	71	96	127	164	200	247	300	359	411	469	530	617								
<p>Cavi in aria libera distanziati su un piano orizzontale</p>	Serie L (3)	14-15-16	2																				
	Serie L (4)		3	25	33	44																	
	Serie H (3)		2	29	39	51																	
			3	31	41	54																	
	SerieH (4)		3	37	49	64																	
			2	26	36	47	60	82	109	142	174	215	264	317	364	416	472	552					
	3		32	43	56	71	95	125	162	197	242	294	351	402	454	507	565						
			2	33	45	60	76	104	137	179	220	272	333	400	460	526	596	697					
3	40	54	70	89	120	157	204	248	304	370	441	505	565	629	704								

(1) Condizioni assunte dalla 3^a edizione della Norma CEI 64-8 (Tabella 52C).

(2) L'impiego del cavo con sezione 1 mm² è limitato ai casi consentiti dalle relative norme CEI o CEI-UNEL.

(3) Cavi ad isolamento minerale nudi esposti al tocco oppure rivestiti in materiale termoplastico (T massima della guaina metallica 70 °C). Per i cavi nudi moltiplicare per 0,9.

(4) Cavi ad isolamento minerale nudi non esposti al tocco (T massima della guaina metallica 105 °C). Non è necessario il fattore di correzione per raggruppamenti.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab. 13/6 (2ª parte) – Portate I_b per cavi minerali unipolari (Tab. I della CEI UNEL 35024/2):

- serie L: cavi per servizio leggero fino a 500 V
- serie H: cavi per servizio pesante fino a 750 V



Metologia tipica di installazione	Tipo di isolamento minerale	Altri tipi di posa (1) Appendice (A)	Numero conduttori caricati	Portata (A)																	
				Sezione (mm ²)																	
				(2) 1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240		
<p>Cavi in aria libera distanziati su un piano verticale</p>	Serie L (3)	14-15-16	2	25	33	44															
	Serie L (4)		3	26	34	45															
	Serie H (3)		2	31	41	54															
	Serie H (4)		3	33	43	56															
	Serie H (3)		2	26	36	47	60	82	109	142	174	215	264	317	364	416	472	552			
	Serie H (4)		3	28	37	49	62	84	110	142	173	213	259	309	353	400	446	497			
<p>Cavi in aria libera, fissati sulla parete o soffitto</p>	Serie L (3)	11-11A	2	23	31	40															
	Serie L (4)		3	21	29	38															
	Serie H (3)		2	28	38	51															
	Serie H (4)		3	27	36	47															
	Serie H (3)		2	25	34	45	57	77	102	133	163	202	247	296	340	388	440	514			
	Serie H (4)		3	23	31	41	52	70	92	120	147	181	221	264	303	346	392	457			
<p>Cavi a trifoglio in aria libera fissati sulla parete o soffitto</p>	Serie L (3)	11-11A	3	19	26	35															
	Serie L (4)		3	24	33	44															
	Serie H (3)		3	21	28	37	48	65	86	112	137	169	207	249	286	327	371	434			
	Serie H (4)		3	26	35	47	59	81	107	140	171	212	260	312	359	410	465	544			

(1) Condizioni assunte dalla 3ª edizione della Norma CEI 64-8 (Tabella 52C).

(2) L'impiego del cavo con sezione 1 mm² è limitato ai casi consentiti dalle relative norme CEI o CEI-UNEL.

(3) Cavi ad isolamento minerale nudi esposti al tocco oppure rivestiti in materiale termoplastico (T massima della guaina metallica 70 °C). Per i cavi nudi moltiplicare per 0,9.

(4) Cavi ad isolamento minerale nudi non esposti al tocco (T massima della guaina metallica 105 °C). Non è necessario il fattore di correzione per raggruppamenti.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

13.6 Declassamento delle portate in funzione della temperatura ambiente

Se l'ambiente ha temperatura diversa da 30 °C si devono moltiplicare le portate I_0 indicate nelle tabelle precedenti per il parametro K_1 relativo all'effettiva temperatura ambiente. Dai valori riportati nelle Tabelle 13/7 e 13/8, si evince la debole tenuta al calore del PVC e l'elevata resistenza termica dell'EPR. Nel caso degli isolamenti minerali si nota l'ottimale sfruttamento del rame per i cavi fuori dalla portata delle persone, che possono mantenere temperature di regime elevate e conseguenti alte densità di corrente.

Tab. 13/7 – Fattori di correzione K_1 della portata per pose in aria libera con temperatura ambiente diversa da 30 °C per isolanti plastici

Temp. ambiente (°C)	PVC	EPR
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	–	0,65
70	–	0,58
75	–	0,50
80	–	0,41

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab. 13/8 – Fattori di correzione K_1 della portata per pose in aria libera con temperatura ambiente diversa da 30 °C per isolanti minerali

Temperatura ambiente °C	Cavo nudo o ricoperto in materiale termoplastico esposto al tocco	Cavo nudo non esposto al tocco
	70 °C	105 °C
10	1,26	1,14
15	1,20	1,11
20	1,14	1,07
25	1,07	1,04
35	0,93	0,96
40	0,85	0,92
45	0,76	0,88
50	0,67	0,84
55	0,57	0,80
60	0,45	0,75
65	–	0,70
70	–	0,65
75	–	0,60
80	–	0,54
85	–	0,47
90	–	0,40
95	–	0,32

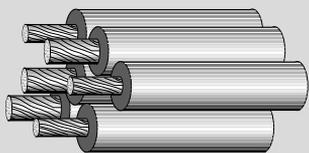
Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

13.7 Fasci o strati: problemi e vantaggi

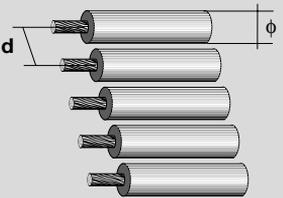
Le necessità contingenti influenzano spesso la scelta del tipo di posa: il fascio risulta la situazione più facile e immediata, ma produce un cattivo raffreddamento per i cavi al centro del fascio, lo strato è più difficile da realizzare, soprattutto nei punti di intersezione con altre canalizzazioni ma, contrariamente al fascio, garantisce l'ottimale dissipazione termica del calore prodotto dai cavi.

fattore di riduzione per cavi in fascio

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$



fascio $d = \text{qualsiasi}$



strato di cavi $d \geq \phi$

Il fattore F, che sostituisce K_2 , favorisce i cavi piccoli sovradimensionando quelli grossi. (Si consiglia di affiancare cavi simili).

Tab. 13/9 – Fattori di correzione K_2 per cavi ad isolamento plastico installati in fascio o strato (Tab. IV della CEI UNEL 35024/1)

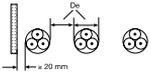
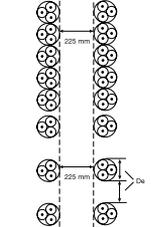
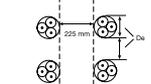
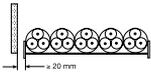
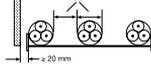
Appendice A			Numero di circuiti o di cavi multipolari											
	Art.	Disposizione (cavi a contatto)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
Condizioni di posa non previste negli articoli 2-3-4-5 seguenti e nelle tabelle V e V1	1	Raggruppati a fascio, annegati	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
11-12-25	2	Singolo strato su muro, pavimento o passerelle non perforate	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70			
11A	3	Strato a soffitto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61			
13	4	Strato su passerelle perforate orizzontali o verticali (perforate o non perforate)	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	Nessuna ulteriore riduzione per più di 9 circuiti o cavi multipolari		
14-15-16-17	5	Strato su scala posa cavi o graffiato ad un sostegno	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

- (1) Questi fattori sono applicabili a fascio o strato di cavi simili, uniformemente caricati.
- (2) Dove le spaziatore orizzontali fra cavi adiacenti, appartenenti a circuiti diversi, superano di due volte il diametro esterno del cavo di sezione maggiore, non è necessario applicare il fattore di correzione.
- (3) Sono applicabili gli stessi fattori per:
 - circuiti di cavi unipolari
 - cavi multipolari.
- (4) Se un sistema è costituito sia di cavi bipolari sia tripolari, il numero di cavi è preso pari al numero dei circuiti e il corrispondente fattore è applicato alle tabelle per due conduttori caricati per i cavi bipolari e a quella per tre conduttori caricati per cavi tripolari.
Esempio: un fascio di cavi multipolari installati su passerella, distanziati dalla parete, contiene 4 cavi bipolari da 25 mm² in PVC e 4 cavi tripolari da 35 mm² in PVC. Il numero totale di cavi (o circuiti) simili è pari a 8, a cui corrisponde un coefficiente di correzione di 0,52 (caso 1). Tale coefficiente si applica sia ai valori di portata relativi a cavi con 2 conduttori caricati da 25 mm² sia a 3 conduttori caricati da 35 mm² (116 e 126 A rispettivamente) ricavati dalla Tabella II.
- (5) Se un fascio o strato consiste di "n" cavi unipolari carichi, si possono considerare sia come n/2 circuiti bipolari per sistemi fase-fase o fase-terra, sia come n/3 circuiti tripolari per sistemi trifase.
- (6) I valori dati sono la media sulla gamma delle dimensioni dei conduttori e dei tipi di installazione. La tolleranza dei valori riportati è contenuta nel 5%.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab. 13/10 – Fattori di correzione K_2 per circuiti con cavi multipolari e isolanti plastici (Tab. V della CEI UNEL 35024/1) installati in strato su più supporti (es. passerella)



Appendice A	Metodo di installazione	Numero di passerella	Numero di cavi						
			1	2	3	4	6	9	
13	Passerelle perforate (1)		2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
		3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66	
			2	1,00	0,99	0,96	0,82	0,87	–
		3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	–	
13	Passerelle verticali perforate (2)		2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
			2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	–
14-15-16-17	Scala posa cavi o elemento di sostegno (1)		2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
		3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70	
			2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	–
		3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	–	

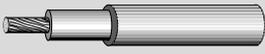
(1) I valori sono relativi a distanze verticali tra le passerelle di 300 mm. Per distanze verticali minori i fattori devono essere ridotti.

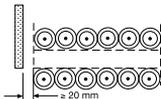
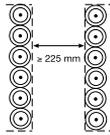
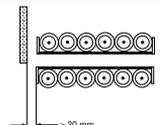
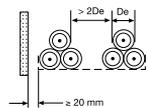
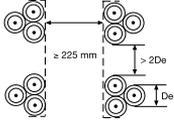
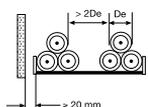
(2) I valori sono relativi a distanze orizzontali tra le passerelle di 225 mm, con passerelle montate dorso a dorso. Per distanze minori i fattori devono essere ridotti.

Nota: questi fattori sono applicabili a cavi simili uniformemente caricati.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab. 13/11 – Fattori di correzione K_2 per circuiti con cavi unipolari e isolanti plastici (Tab. VI della CEI UNEL 35024/1) installati in strato su più supporti (es. passerella)



Appendice A	Metodo di installazione		Numero di circuiti trifasi			Utilizzato per	
			Numero di passerelle	1	2		3
13	Passerelle perforate (1)		2 3	0,96 0,95	0,87 0,85	0,81 0,78	3 cavi in formazione orizzontale
13	Passerelle verticali perforate (2)		2	0,95	0,84	–	3 cavi in formazione verticale
14-15-16-17	Scala posa cavi o elemento di sostegno (1)		2 3	0,98 0,97	0,93 0,90	0,89 0,86	3 cavi in formazione orizzontale
13	Passerelle perforate (1)		2 3	0,97 0,96	0,93 0,92	0,89 0,86	
13	Passerelle perforate verticali (2)		2	1,00	0,90	0,86	3 cavi in formazione a trefolo
14-15-16-17	Scala posa cavi o elemento di sostegno (1)		2 3	0,97 0,96	0,95 0,94	0,93 0,90	

(1) I valori sono relativi a distanze verticali tra le passerelle di 300 mm. Per distanze verticali minori i fattori devono essere ridotti.

(2) I valori sono relativi a distanze orizzontali tra le passerelle di 225 mm, con passerelle montate dorso a dorso. Per distanze minori i fattori devono essere ridotti.

Nota: questi fattori sono applicabili a cavi simili uniformemente caricati.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab. 13/12 – Fattori di correzione K_2 per circuiti realizzati con cavi ad isolamento minerale installati in fascio o strato (Tab. IV della CEI UNEL 35024/2)

Appendice A			Numero di circuiti o di cavi multipolari												
	Articolo	Disposizione (cavi a contatto)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
	1	Raggruppati a fascio, annegati	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	
	11	2	Singolo strato su muro, pavimento o passerelle non perforate	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Nessuna ulteriore riduzione per più di 9 circuiti o cavi multipolari		
	11A	3	Strato a soffitto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61			
	13	4	Strato su passerelle perforate orizzontali o verticali (perforate o non perforate)	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
	14-15-16	5	Strato su scala posa cavi o graffiato ad un sostegno	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

- (1) Questi fattori sono applicabili a fascio o strato di cavi simili, uniformemente caricabili
- (2) Dove fra le spazature orizzontali fra cavi adiacenti, appartenenti a circuiti diversi, superano di due volte il diametro esterno del cavo di sezione maggiore, non è necessario applicare il fattore di correzione.
- (3) Sono applicabili gli stessi fattori per:
- circuiti di cavi unipolari;
 - cavi multipolari.
- (4) Se un sistema consiste sia di cavi unipolari sia tripolari, il numero di cavi è preso pari al numero dei circuiti e il corrispondente fattore è applicato alle tabelle per due conduttori caricati per i cavi bipolari e a quella per tre conduttori caricati per cavi tripolari.
- (5) Se un fascio o strato consiste di "n" cavi unipolari carichi, si possono considerare sia come n/2 circuiti bipolari per sistemi fase-fase o fase-terra, sia come n/3 circuiti tripolari per sistemi trifase.
- (6) I valori dati sono la media sulla gamma delle dimensioni dei conduttori e dei tipi di installazione. La tolleranza dei valori riportati è contenuta nel 5%.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab. 13/13 – Fattori di correzione K_2 per circuiti realizzati con cavi multipolari ad isolamento minerale (Tab. V della CEI UNEL 35024/2) installati in strato su più supporti (es. passerelle)

Appendice A	Metodo di installazione		Numero di passerelle	Numero di cavi					
				1	2	3	4	6	9
13	Passerelle perforate (1)		2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
			3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66
			2	1,00	0,99	0,96	0,82	0,87	–
			3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	–
13	Passerelle verticali perforate (2)		2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
			2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	–
14-15-16-17	Scala posa cavi o elemento di sostegno (1)		2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
			3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70
			2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	–
			3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	–

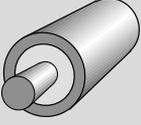
(1) I valori sono relativi a distanze verticali tra le passerelle di 300 mm. Per distanze verticali minori i fattori devono essere ridotti.

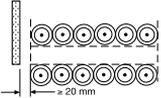
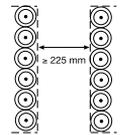
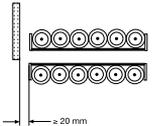
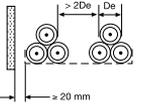
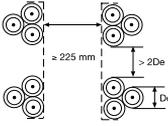
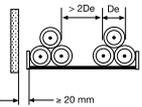
(2) I valori sono relativi a distanze orizzontali tra le passerelle di 225 mm, con passerelle montate dorso a dorso. Per distanze minori i fattori devono essere ridotti.

Nota: questi fattori sono applicabili a cavi simili uniformemente caricati.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab. 13/14 – Fattori di correzione K_2 per circuiti realizzati con cavi unipolari ad isolamento minerale (Tab. VI della CEI UNEL 35024/2) installati in strato su più supporti (es. passerelle)



Appendice A	Metodo di installazione		Numero di circuiti trifasi			Utilizzato per	
			Numero di passerelle	1	2		3
13	Passerelle perforate (1)		2 3	0,96 0,95	0,87 0,85	0,81 0,78	3 cavi in formazione orizzontale
13	Passerelle verticali perforate (2)		2	0,95	0,84	–	3 cavi in formazione verticale
14-15-16	Scala posa cavi o elemento di sostegno (1)		2 3	0,98 0,97	0,93 0,90	0,89 0,86	3 cavi in formazione orizzontale
13	Passerelle perforate (1)		2 3	0,97 0,96	0,93 0,92	0,89 0,86	
13	Passerelle verticali perforate (2)		2	1,00	0,90	0,86	3 cavi in formazione a trefolo
14-15-16	Scala posa cavi o elemento di sostegno (1)		2 3	0,97 0,96	0,95 0,94	0,93 0,90	

(1) I valori sono relativi a distanze verticali tra le passerelle di 300 mm. Per distanze verticali minori i fattori devono essere ridotti.

(2) I valori sono relativi a distanze orizzontali tra le passerelle di 225 mm, con passerelle montate dorso a dorso. Per distanze minori i fattori devono essere ridotti.

Nota: questi fattori sono applicabili a cavi simili uniformemente caricati.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

13.8 Cavi in parallelo

Quando si impiegano grosse sezioni di rame (dell'ordine delle centinaia di mm²) per trasportare elevati valori di corrente (centinaia di ampere), si distribuisce ciascuna corrente di fase in più cavi in parallelo per mantenere una buona densità di corrente e un buon rendimento della conduttura.

Tale scelta impone di stendere cavi:

- con uguali sezioni e materiali
- di uguale lunghezza e privi di derivazioni intermedie
- con la stessa cordatura (unipolari o multipolari) e avvolti ad elica lungo il percorso.

Con grosse sezioni la scelta è forzosamente sui cavi unipolari, che dovranno convenientemente equilibrare i flussi dispersi, distanziandosi geometricamente e razionalmente tra di loro lungo il percorso; le tabelle CEI UNEL forniscono alcune soluzioni al caso in un apposito prospetto.

Tab. 13/15 – Ottimale collocazione su passerelle e canali di condutture aventi due o più cavi per fase per ridurre gli effetti dei flussi dispersi e delle correnti parassite

Cavi-fase	Disposizione dei cavi	
1		
2		
3		

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

13.9 Sezione minima dei conduttori

La sezione minima dei conduttori, al di là della loro capacità termica ed elettrica di sopportare una certa corrente, non può essere inferiore, anche per motivi legati alle sollecitazioni meccaniche, ai valori forniti nella seguente tabella, che tiene conto del tipo di funzione e della tensione.

Tipo di conduttura		Uso del circuito	Conduttore	
			Materiale	Sezione (mm ²)
Condutture fisse	Cavi	Circuiti di potenza	Cu Al	1,5 16 ⁽¹⁾
		Circuiti di comando e di segnalazione	Cu	0,5 ⁽²⁾
	Conduttori nudi	Circuiti di potenza	Cu Al	10 16 ⁽⁴⁾
		Circuiti di comando e di segnalazione	Cu	4 ⁽⁴⁾
Connessioni flessibili con cavi (con e senza guaina)		Per un apparecchio utilizzatore specifico	Cu	Come specificato nella corrispon- dente Norma CEI
		Per qualsiasi altra applicazione		0,75 ⁽³⁾
		Circuiti a bassissima tensione per applicazioni speciali		0,75

(1) Si raccomanda che i mezzi di connessione usati alle estremità dei conduttori di alluminio siano provati ed approvati per questo uso specifico.

(2) Nei circuiti di segnalazione e di comando destinati ad apparecchiature elettroniche è ammessa una sezione minima di 0,1 mm².

(3) Per i cavi flessibili multipolari, che contengano sette o più anime, si applica la nota 2.

(4) Sono allo studio prescrizioni particolari per circuiti di illuminazione a bassissima tensione.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

13.10 Cavi interrati

Poiché le tabelle sulle portate dei cavi interrati non sono state, alla data di stesura del presente documento, aggiornate, continuano a valere i precedenti riferimenti che considerano una temperatura di riferimento del terreno di 20 °C nel quale i cavi sono direttamente immersi. Si ricordi che gli isolanti adatti per essere interrati devono avere adeguata tenuta all'umidità e all'acqua.

Tab. 13/16 – Portate (in ampere) dei cavi interrati distanziati (temperatura del terreno 20 °C)

sez.	Cavi attivi e tipo d'isolamento			
	3PVC	3XLPE	2PVC	2XLPE
1,5	18	22	22	26
2,5	24	29	29	34
4	31	37	38	44
6	39	46	47	56
10	52	61	63	73
16	67	79	81	95
25	86	101	104	121
35	103	122	125	146
50	122	144	148	173
70	151	178	183	213
85	179	211	216	252
120	203	240	246	287
150	230	271	278	324
185	257	304	312	363
240	297	351	360	419
300	336	396	407	474

Tab. 13/17 – Fattori di correzione della portata per pose interrate con temperatura del terreno diversa da 20 °C

Temperatura terreno (°C)	PVC	XLPE e EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab. 13/18 – Fattori di correzione per più di un circuito; cavi direttamente interrati

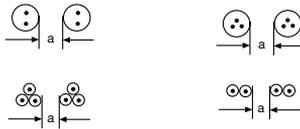
Numero circuiti	Distanza tra i cavi in metri (*)				
	Zero (cavi in contatto)	Un diametro di cavo	0,125	0,25	0,5
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

Note: I valori della Tab. 13/18 si applicano nel caso di interramento dei cavi ad una profondità di 0,7 m e con una resistenza termica del suolo di $2,5 \frac{^{\circ}\text{k}\cdot\text{m}}{\text{W}}$

Si tratta di valori medi, ottenuti considerando le dimensioni e i vari sistemi di posa dei cavi.

In alcuni casi la media e gli arrotondamenti di calcolo possono dare un errore $\geq 10\%$. Per valori più precisi consultare le Norme IEC 287.

(*) Cavi multipolari Cavi unipolari



Tab. 13/19 – Fattori di correzione per più di un circuito; cavi posati in condotti interrati. Cavi uni/multipolari interrati in un unico condotto

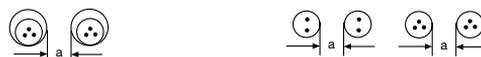
Numero di cavi	Distanza tra i condotti (**)							
	Zero (tubi in contatto) cavi		0,25 m cavi		0,5 m cavi		1 m cavi	
	unipol.	multipol.	unipol.	multipol.	unipol.	multipol.	unipol.	multipol.
2	0,80	0,85	0,90	0,90	0,90	0,95	0,95	0,95
3	0,70	0,75	0,80	0,85	0,85	0,90	0,90	0,95
4	0,65	0,70	0,75	0,80	0,80	0,85	0,90	0,90
5	0,60	0,65	0,70	0,80	0,80	0,85	0,90	0,90
6	0,60	0,60	0,70	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90

Note: I valori dati in Tab. 13/19 si applicano nel caso di interramento dei cavi ad una profondità di 0,7 m e con una resistività termica del suolo di $2,5 \frac{^{\circ}\text{k}\cdot\text{m}}{\text{W}}$

Si tratta di valori medi, ottenuti considerando le dimensioni e i vari sistemi di posa dei cavi.

In alcuni casi la media e gli arrotondamenti di calcolo possono dare un errore intorno al 10%. Per valori più precisi consultare le Norme IEC 287.

(**) Cavi multipolari Cavi unipolari



Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

13.11 Esempi di calcolo

1) Dato il valore I_B della corrente d'impiego del circuito trovare la sezione minima del cavo

- I_B = 110 A
- Cavo = multipolare in rame a tre conduttori
- Isolamento = PVC
- T_a = 40°C: $K_1 = 0,87$ (Tab. 13/7)
- Posa = ravvicinata di n° 6 cavi in singolo strato su passerella orizzontale perforata: $K_2 = 0,71$ (Tab. 13/10)

Si calcola prima la I_z teorica che tiene conto delle condizioni di cui sopra:

$$I_z \text{ teorica} = \frac{I_B}{K_1 \cdot K_2} \quad \text{cioè:} \quad I_z \text{ teorica} = \frac{110}{0,87 \cdot 0,71} = 178 \text{ A}$$

In Tab. 13/3 nella colonna individuata dal tipo di posa (passerella orizzontale), dal tipo di cavo (multipolare a tre conduttori attivi, isolato in PVC), si legge il valore più vicino per eccesso a 178, cioè 179 (A); in corrispondenza di esso nella colonna in alto si legge il valore della sezione minima del cavo pari a **S = 95 mm²**.

2) Data la sezione S trovare la I_z (portata del cavo a regime permanente)

- Cavo = multipolare a tre conduttori attivi in Cu di sezione **S = 120 mm²**
- Isolamento = XLPE
- T_a = 40 °C: $K_1 = 0,91$ (Tab. 13/7)
- Posa = ravvicinata di n° 4 cavi su singolo strato a soffitto: $K_2 = 0,68$ (Tab. 13/9)

Dalla formula del precedente esempio si ha:

$$I_B = I_z \text{ teorica} (K_1 \cdot K_2)$$

dove **I_z teorica** corrisponde al valore della corrente massima che il cavo di sezione definita può sopportare, cioè quello che si legge in Tab. 13/4 (322 A) in corrispondenza del tipo di posa, del tipo di isolamento **XLPE** e della sezione del cavo (120 mm²) a $T_a = 30$ °C e in condizioni di posa non ravvicinata. Per cui tenendo conto della $T_a = 40$ °C e delle condizioni di posa ravvicinata di cui sopra si ha:

$$I_z = 346 \cdot 0,91 \cdot 0,68 = 214 \text{ A}$$

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

13.12 Caduta di tensione (ΔU)

La caduta di tensione fra l'origine di un impianto e qualunque apparecchio utilizzatore deve possibilmente essere contenuta entro il 4% riferita al valore della U_n dell'impianto.

Cadute di tensione più elevate possono essere ammesse, per motori alla messa in servizio o per altri componenti elettrici che richiedono assorbimenti più elevati, purché le variazioni di tensione restino entro i limiti indicati nelle relative Norme CEI.

Calcolo della caduta di tensione

Essa è definita dalla relazione (valida per circuiti in corrente alternata):

$$\Delta U = k \cdot (R' \cdot \cos \varphi + X' \cdot \sin \varphi) \cdot I$$

dove:

ΔU = caduta di tensione in V/km o mV/m

k = 1,73 per linee trifasi; 2 per linee monofasi

R' = resistenza per fase in Ω /km oppure m Ω /m alla temperatura di regime

X' = reattanza di fase a 50 Hz in Ω /km oppure m Ω /m

$\cos \varphi$ = fattore di potenza dell'utilizzatore ($\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$)

I = corrente di fase in A.

Con la formula sopra indicata possono essere calcolate le cadute di tensione anche per valori del $\cos \varphi$ diversi da quelli (1 e 0,8) previsti in Tab. 13/20.

Nel caso di corrente continua, moltiplicare per 2 i valori della resistenza dei conduttori ad 80 °C.

I valori della Tab. 13/20, tratti dalla UNEL 35023-70, sono applicati, con approssimazione accettabile nella pratica, per tutti i tipi di cavi, rigidi, semirigidi o flessibili, isolati con le varie qualità di gomma o di materiale termoplastico aventi temperature caratteristiche sino a 85 °C e rispondenti alle vigenti Norme CEI per cavi con grado di isolamento sino a 4 compreso.

Per avere la caduta di tensione in volt, occorre moltiplicare coerentemente i valori della Tab. 13/20: in particolare si dovrà moltiplicare per una lunghezza in chilometri se per resistenza e reattanza si è adottato l'ohm/kilometro.

La caduta di tensione è da intendere tra conduttore e conduttore, nel caso di corrente continua od alternata monofase; fase e fase (concatenata), nel caso di corrente alternata trifase.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab 13/20 – Valori di resistenza, reattanza e cadute di tensione in c.a. per cavi in Cu con grado di isolamento non superiore a 4 (UNEL 35023-70)

Sezione nominale	Cavi unipolari						Cavi bipolari				Cavi tripolari				Sezione nominale
	Resistenza R ad 80 °C	Reattanza X	Cadute di tensione ΔU				Resistenza R ad 80 °C	Reattanza X	Cadute di tensione ΔU		Resistenza R ad 80 °C	Reattanza X	Cadute di tensione ΔU		
			Corrente alternata						Corrente alternata monofase				Corrente alternata trifase		
			monofase	trifase						monofase				trifase	
$\cos\phi$ 1	$\cos\phi$ 0,8	$\cos\phi$ 1	$\cos\phi$ 0,8			$\cos\phi$ 1	$\cos\phi$ 0,8		$\cos\phi$ 1	$\cos\phi$ 0,8					
mm ²	Ω /km	Ω /km	mV/Am	mV/Am	mV/Am	mV/Am	Ω /km	Ω /km	mV/Am	mV/Am	Ω /km	Ω /km	mV/Am	mV/Am	mm ²
1	22,1	0,176	44,2	35,6	38,3	30,8	22,5	0,125	45,0	36,1	22,5	0,125	39,0	31,3	1
1,5	14,8	0,168	29,7	23,9	25,7	20,7	15,1	0,118	30,2	24,3	15,1	0,118	26,1	21,0	1,5
2,5	8,91	0,155	17,8	14,4	15,4	12,5	9,08	0,109	18,2	14,7	9,08	0,109	15,7	12,7	2,5
4	5,57	0,143	11,1	9,08	9,65	7,87	5,68	0,101	11,4	9,21	5,68	0,101	9,85	7,98	4
6	3,71	0,135	7,41	6,10	6,42	5,28	3,78	0,0955	7,56	6,16	3,78	0,0955	6,54	5,34	6
10	2,24	0,119	4,47	3,72	3,87	3,22	2,27	0,0861	4,55	3,73	2,27	0,0861	3,94	3,24	10
16	1,41	0,112	2,82	2,39	2,44	2,07	1,43	0,0817	2,87	2,39	1,43	0,0817	2,48	2,07	16
25	0,889	0,106	1,78	1,55	1,54	1,34	0,907	0,0813	1,81	1,55	0,907	0,0813	1,57	1,34	25
35	0,641	0,101	1,28	1,15	1,11	0,993	0,654	0,0783	1,31	1,14	0,654	0,0783	1,13	0,988	35
50	0,473	0,101	0,947	0,878	0,820	0,760	0,483	0,0779	0,967	0,866	0,483	0,0798	0,838	0,750	50
70	0,328	0,0965	0,656	0,641	0,568	0,555	0,334	0,0751	0,699	0,624	0,334	0,0751	0,579	0,541	70
95	0,236	0,0975	0,473	0,494	0,410	0,428	0,241	0,0762	0,484	0,476	0,241	0,0762	0,419	0,412	95
120	0,188	0,0939	0,375	0,413	0,325	0,358	0,191	0,0740	0,383	0,394	0,191	0,0740	0,332	0,342	120
150	0,153	0,0928	0,306	0,356	0,265	0,308	0,157	0,0745	0,314	0,341	0,157	0,0745	0,272	0,295	150
185	0,123	0,0908	0,246	0,306	0,213	0,265	0,125	0,0742	0,251	0,289	0,125	0,0742	0,217	0,250	185
240	0,0943	0,0902	0,189	0,259	0,163	0,244	0,0966	0,0752	0,193	0,245	0,0966	0,0752	0,167	0,212	240
300	0,0761	0,0895	0,152	0,229	0,132	0,198	0,0780	0,0750	0,156	0,215	0,0780	0,0750	0,135	0,186	300

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

13.13 Portate di corrente in un sistema di sbarre in Cu e Al di quadri e canalizzazioni elettriche

a) Condizioni standard

Nelle Tab. 13/21 e 13/22 sono date le portate di corrente per servizio continuativo per sbarre in **Cu** e **Al** di sezione rettangolare, con le relative caratteristiche statiche, secondo le Norme DIN 43671 e 43670.

Nota

Le portate di corrente sono date in corrente continua e corrente alternata fino a 60 Hz.

Per corrente alternata con frequenza 16+2/3 Hz valgono i valori per corrente continua. Per frequenza $f_x > 60$ Hz, i nuovi valori di portata I_x si possono calcolare con la formula:

$$I_x = I_{50} \sqrt{\frac{50}{f_x}}$$

Tab. 13/21 – Rame (Cu)

Temperatura amb. = 35 °C				Temperatura finale sbarre = 65 °C								Conducibilità: 35,1 m/Ωmm² (r= 0,0285 - Ωmm²/m)												
Caratt. della sezione				Portate per 50/60 Hz								Portate per c.c. e per 16 2/3 Hz								Caratteristiche statiche				
				Sbarre verniciate				Sbarre lucide				Sbarre verniciate				Sbarre lucide				X-X F↑		X-X F↑		
hxs	Sez.	Peso		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	Jx	Wx	Jy	Wy	
mm	mm²	kg/m	Materiale	I	II	III	→50 II II	I	II	III	→50 II II	I	II	III	IIII	I	II	III	IIII	cm²	cm²	cm²	cm²	
12x5	59,5	0,160	E Al F10	160	292	398		139	1263	375		160	292	398		139	263	375		0,072	0,120	0,0125	0,050	
12X10	119,5	0,322	E Al F10	257	490	720		224	440	652		257	490	720		224	440	652		0,144	0,240	0,100	0,200	
15X3	44,5	0,1200	E Al F10	148	252	300		126	222	283		148	252	305		126	222	286		0,0844	0,113	0,00338	0,0225	
20X5	99,1	0,268	E Al F10	254	456	570		214	392	537		254	446	576		214	392	539		0,333	0,333	0,0208	0,0833	
20X10	199	0,538	E Al F10	393	730	1060		331	643	942		393	733	1020		331	646	943		0,667	0,667	0,1670	0,3330	
30X5	149	0,403	E Al F10	356	606	739		295	526	699		356	608	749		296	528	703		1,130	0,750	0,0313	0,1250	
30X10	299	0,808	E Al F10	536	956	1340		445	832	1200		538	964	1280		447	839	1180		2,250	1,500	0,2500	0,5000	
40X5	199	0,538	E Al F10	456	762	898		376	658	851		457	766	915		376	662	862		2,67	1,330	0,0417	0,1670	
40X10	399	1,080	E Al F10	677	1180	1650	2190	557	1030	1460	1900	682	1200	1570		561	1040	1460		5,33	2,670	0,3330	0,6670	
50X5	249	0,673	E Al F10	556	916	1050	1580	455	786	995	1520	558	924	1080		456	794	1020		5,21	2,08	0,0521	0,208	
50X10	499	1,350	E Al F10	815	1400	1940	2540	667	1210	1710	2210	824	1440	1850		674	1250	1730		10,40	4,17	0,4170	0,833	
60X5	299	0,808	E Al F10	655	1070	1190	1820	533	910	1130	1750	658	1080	1240		1610	536	924	1170	1530	9,00	3,00	0,0625	0,250
60X10	599	1,620	E Al F10	951	1610	2200	2870	774	1390	1940	2480	966	1680	2130		2810	787	1450	2000	2650	18,00	6,00	0,5000	1,000
80X5	399	1,080	E Al F10	851	1360	1460	2250	688	1150	1400	2180	858	1390	1550		2010	694	1180	1470	1920	21,30	5,33	0,833	0,333
80X10	799	2,160	E Al F10	1220	2000	2660	3460	983	1720	2380	2990	1250	2150	2670		3520	1010	1840	2520	3340	42,70	10,70	0,6870	1,330
100X5	499	1,350	E Al F6,5	1050	1650	1730	2660	846	1390	1660	2580	1060	1710	1870		2420	858	1450	1780	2320	41,70	8,33	0,104	0,417
100X10	999	2,700	E Al F6,5	1480	2390	3110	4020	1190	2050	2790	3470	1540	2630	3230		4250	1240	2250	3060	4050	83,30	16,70	0,633	1,670
100X15	1500	4,040	E Al F6,5	1800	2910	3730	4490	1450	2500	3220	3880	1930	3380	4330		5710	1560	2900	4070	5400	125,00	25,00	0,810	3,750
120X10	1200	3,240	E Al F6,5	1730	2750	3540	4560	1390	2360	3200	3930	1830	3090	3770		4940	1460	2650	3580	4730	144,00	24,00	1,00	2,00
120X15	1800	4,860	E Al F6,5	2090	3320	4240	5040	1680	2850	3650	4350	2280	3950	5020		6610	1830	3390	4740	6280	216,00	36,00	3,38	4,50
160x10	1600	4,320	E Al F6,5	2220	3470	4390	5610	1780	2960	4000	4820	2380	4010	4820		6300	1900	3420	4590	6060	341,00	42,70	1,33	2,67
160X15	2400	6,470	E Al F6,5	2670	4140	5320	6120	2130	3540	4510	5270	2960	5090	6370		8380	2370	4360	6040	8000	512,00	64,00	4,50	6,00
200X10	2000	5,400	E Al F6,5	2710	4160	5230	6660	2160	3560	4790	5710	2960	4940	5880		7680	2350	4210	5620	7400	667,00	66,70	1,67	3,33
200X15	3000	8,090	E Al F6,5	3230	4950	6240	7190	2580	4230	5370	6190	3680	6250	7740		10160	2920	5350	7370	9750	1000,00	100,0	5,63	7,50

Note: – Nel caso di più sbarre in parallelo la distanza tra le sbarre è assunta uguale allo spessore. Per c.a. la distanza netta fra le fasi è assunta 0,8 della distanza fra la mezzera delle fasi.

– Nell'effettuare la scelta della sezione delle sbarre occorre tenere conto della temperatura massima ammissibile delle apparecchiature e delle loro connessioni, come pure dei materiali isolanti in special modo quelli particolarmente sensibili alla temperatura. Questo vale in modo specifico per i quadri blindati.

(1) Calcolato con peso specifico = 8,9 kg/dm³.

(2) Distanza minima.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

- **Installazione all'interno**

Le portate si intendono riferite alle seguenti condizioni:

- aria calma
- temperatura ambiente di 35 °C e temperatura massima delle sbarre di 65 °C
- altitudine < 1000 m s.l.m.
- disposizione orizzontale della linea, con il lato maggiore della sezione disposto verticalmente
- sbarre lucide, parzialmente ossidate, con coefficiente di irraggiamento pari a circa 0,40 (Cu) e 0,35 (Al), o verniciate con coefficiente di irraggiamento pari a circa 0,90 (per Cu e Al).

- **Installazione all'esterno**

(Condizioni corrispondenti all'Europa centrale)

Le portate si intendono riferite alle seguenti condizioni:

- leggero movimento dell'aria (fino a 0,6 m/s)
- temperatura ambiente massima 35 °C e temperatura massima delle sbarre di 65 °C
- altitudine < 1000 m s.l.m.
- disposizione orizzontale della linea, con il lato maggiore della sezione disposto verticalmente
- sbarre lucide, parzialmente ossidate, con un coefficiente di irraggiamento di 0,60 (Cu) e 0,50 (Al) ed un'eventuale radiazione solare di 0,45 kW/m² (Cu) e 0,35 kW/m² (Al), o sbarre verniciate con un coefficiente di irraggiamento di circa 0,90 ed una radiazione solare di 0,7 kW/m².

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

Tab. 13/22 – Alluminio (Al)

Temperatura amb. = 35 °C				Temperatura finale sbarre = 65 °C								Conduttività: 35,1 m/Ωmm ² (r= 0,0285 - Ωmm ² /m)											
Caratt. della sezione				Portate per 50/60 Hz								Portate per c.c. e per 16 2/3 Hz								Caratteristiche statiche			
				Sbarre verniciate				Sbarre lucide				Sbarre verniciate				Sbarre lucide				X-  -X		X-  -X	
hxs	Sez.	Peso		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	Jx	Wx	Jy	Wy
mm	mm ²	kg/m	Materiale	I	II	III	→50 II II	I	II	III	→50 II II	I	II	III	IIII	I	II	III	IIII	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³
12x5	59,5	0,160	E Al F10	160	292	398		139	1263	375		160	292	398		139	263	375		0,072	0,120	0,0125	0,050
12X10	119,5	0,322	E Al F10	257	490	720		224	440	652		257	490	720		224	440	652		0,144	0,240	0,100	0,200
20X5	99,1	0,268	E Al F10	254	446	570		214	392	537		254	446	576		214	392	539		0,333	0,333	0,0208	0,0833
20X10	199	0,538	E Al F10	393	730	1060		331	643	942		393	733	1020		331	646	943		0,667	0,667	0,1670	0,3330
30X5	149	0,403	E Al F10	356	606	739		295	526	699		356	608	749		296	528	703		1,130	0,750	0,0313	0,1250
30X10	299	0,808	E Al F10	536	956	1340		445	832	1200		538	964	1280		447	839	1180		2,250	1,500	0,2500	0,5000
40X5	199	0,538	E Al F10	456	762	898		376	658	851		457	766	915		376	662	862		2,67	1,330	0,0417	0,1670
40X10	399	1,080	E Al F10	677	1180	1650	2190	557	1030	1460	1900	682	1200	1570		561	1040	1460		5,33	2,670	0,3330	0,6670
50X5	249	0,673	E Al F10	556	916	1050	1580	455	786	995	1520	558	924	1080		456	794	1020		5,21	2,08	0,0521	0,208
50X10	499	1,350	E Al F10	815	1400	1940	2540	667	1210	1710	2210	824	1440	1850		674	1250	1730		10,40	4,17	0,4170	0,833
60X5	299	0,808	E Al F10	655	1070	1190	1820	533	910	1130	1750	658	1080	1240	1610	536	924	1170	1530	9,00	3,00	0,0625	0,250
60X10	599	1,620	E Al F10	951	1610	2200	2870	774	1390	1940	2480	966	1680	2130	2810	787	1450	2000	2650	18,00	6,00	0,5000	1,000
80X5	399	1,080	E Al F10	851	1360	1460	2250	688	1150	1400	2180	858	1390	1550	2010	694	1180	1470	1920	21,30	5,33	0,833	0,333
80X10	799	2,160	E Al F10	1220	2000	2660	3460	983	1720	2380	2990	1250	2150	2670	3520	1010	1840	2520	3340	42,70	10,70	0,6870	1,330
100X5	499	1,350	E Al F6,5	1050	1650	1730	2660	846	1390	1660	2580	1060	1710	1870	2420	858	1450	1780	2320	41,70	8,33	0,104	0,417
100X10	999	2,700	E Al F6,5	1480	2390	3110	4020	1190	2050	2790	3470	1540	2630	3230	4250	1240	2250	3060	4050	83,30	16,70	0,633	1,670
100X15	1500	4,040	E Al F6,5	1800	2910	3730	4490	1450	2500	3220	3880	1930	3380	4330	5710	1560	2900	4070	5400	125,00	25,00	0,810	3,750
120X10	1200	3,240	E Al F6,5	1730	2750	3540	4560	1390	2360	3200	3930	1830	3090	3770	4940	1460	2650	3580	4730	144,00	24,00	1,00	2,00
120X15	1800	4,860	E Al F6,5	2090	3320	4240	5040	1680	2850	3650	4350	2280	3950	5020	6610	1830	3390	4740	6280	216,00	36,00	3,38	4,50
160x10	1600	4,320	E Al F6,5	2220	3470	4390	5610	1780	2960	4000	4820	2380	4010	4820	6300	1900	3420	4590	6060	341,00	42,70	1,33	2,67
160X15	2400	6,470	E Al F6,5	2670	4140	5320	6120	2130	3540	4510	5270	2960	5090	6370	8380	2370	4360	6040	8000	512,00	64,00	4,50	6,00
200X10	2000	5,400	E Al F6,5	2710	4160	5230	6660	2160	3560	4790	5710	2960	4940	5880	7680	2350	4210	5620	7400	667,00	66,70	1,67	3,33
200X15	3000	8,090	E Al F6,5	3230	4950	6240	7190	2580	4230	5370	6190	3680	6250	7740	10160	2920	5350	7370	9750	1000,00	100,0	5,63	7,50

Note: – Nel caso di più sbarre in parallelo la distanza tra le sbarre è assunta uguale allo spessore. Per c.a. la distanza netta fra le fasi è assunta 0,8 volte la distanza fra la mezzeria delle fasi.
 – Nell'effettuare la scelta della sezione delle sbarre occorre tenere conto della temperatura massima ammissibile delle apparecchiature e delle loro connessioni, come pure dei materiali isolanti in special modo quelli particolarmente sensibili alla temperatura. Questo vale in modo specifico per i quadri blindati.

- (1) Calcolato con peso specifico = 2,7 kg/dm³.
- (2) Distanza minima.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

b) Fattori di correzione per condizioni diverse da quelle standard

Per condizioni diverse da quelle standard i valori delle portate di corrente dati nelle Tab. 13/21 e 13/22 vanno corretti secondo la seguente relazione:

$$I = I_{\text{tab}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

dove:

K_1 = fattore per valori diversi di conduttività del materiale delle sbarre (Fig. 13/1)

K_2 = fattore per valori diversi dalla temperatura ambiente (Fig. 13/2)

K_3 = fattore per disposizione verticale della linea (lunghezza 2 m) o per disposizione della linea orizzontale con il lato maggiore della sezione disposto verticalmente (vedere Fig. 13/3)

K_4 = fattore (valido per c.a.) per variazione della portata in funzione delle dimensioni e della distanza reciproca delle sbarre. Esso tiene conto dell'effetto pelle e di quello di prossimità e va applicato solo se non vi sono derivazioni comprese al massimo entro i 2 m di distanza (Fig 13/4 (b), (c) per rame - (d), (e), (f) per alluminio)

K_5 = fattore per la riduzione della portata di corrente per installazioni situate al di sopra dei 1000 m (Tab.13/23)

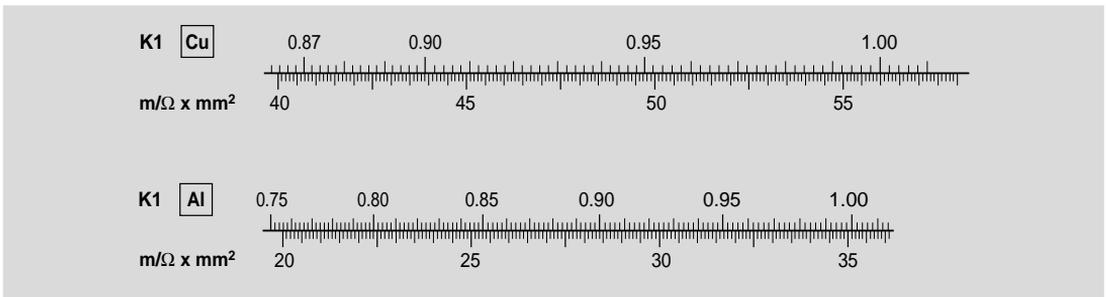


Fig. 13/1 – Fattore di correzione K_1 per diversi valori di conduttività dei materiali

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

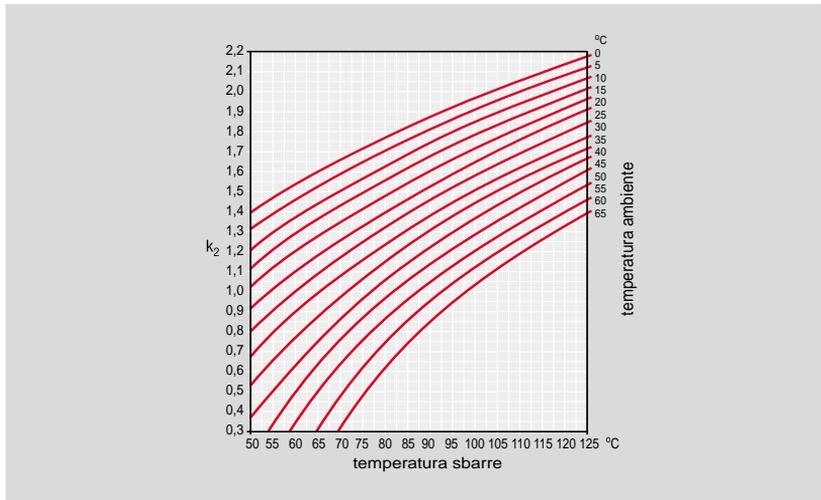


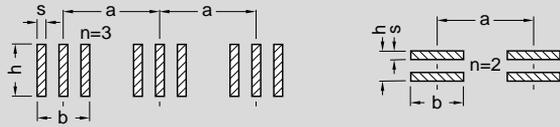
Fig. 13/2 – Fattore di correzione K_2 per diversi valori di temperatura ambiente e di sovratemperatura ammissibile sulle sbarre

N° sbarre	Larghezza sbarra mm	Spessore sbarra mm	Fattore k_3 per sbarre	
			lucide	verniciate
1 	50 ÷ 200	5 ÷ 20	0,85	0,90
2 			0,80	0,85
3 	50 ÷ 80		0,80	0,85
	100 ÷ 125		0,75	0,80
4 	160		0,70	0,75
	200		0,65	0,70

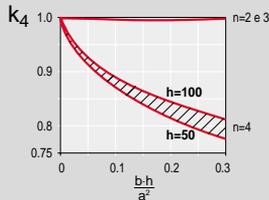
Fig. 13/3 – Fattore di correzione K_3 che tiene conto delle peggiori condizioni di dissipazione del calore con sbarre disposte orizzontalmente

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

(a) esempio di disposizione sbarre
n = numero di conduttori per fase

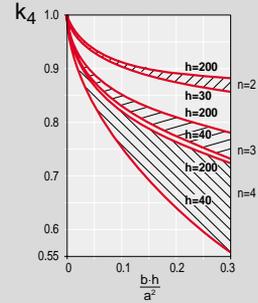


(b) Per S = 5 mm

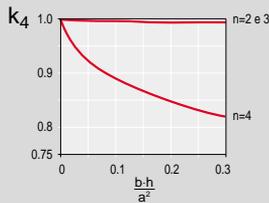


Cu

(c) Per S = 10 mm

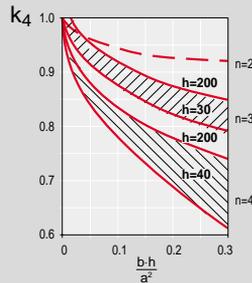


(d) Per S = 5 mm



Al

(e) Per S = 10 mm



(f) Per S = 15 mm

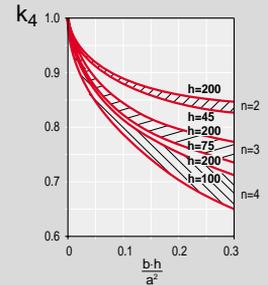


Fig. 13/4 – Fattore di correzione K_4 (valido per c.a. fino a 60 Hz) per riduzione di portata di corrente dovuta all'effetto pelle e all'effetto di prossimità

Tab. 13/23 – Fattore K_5 per la riduzione della portata di corrente per installazioni situate al di sopra dei 1000 m

m s.l.m.	Fattore K_5 per	
	interno	esterno
1000	1	0,98
2000	0,99	0,94
3000	0,96	0,89
4000	0,9	0,83

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

c) Scelta del profilo e della disposizione delle sbarre in corrente alternata

La forma della sezione dei conduttori in sbarra ha una notevole importanza, non solo per la sollecitazione di flessione durante il corto circuito, ma anche per la loro portata nominale.

Nel caso della corrente continua non si ha l'effetto pelle. Ne deriva che la forma della sezione del conduttore è importante solo per la dimensione della superficie attraverso la quale viene smaltito il calore, quindi, in questo caso, è preferibile usare sbarre piatte di grandi dimensioni.

Nel caso della corrente alternata invece l'effetto pelle ed altri fattori possono causare un aumento della resistenza del conduttore. Tutto ciò può e deve essere limitato con una appropriata scelta della forma della sezione del conduttore stesso.

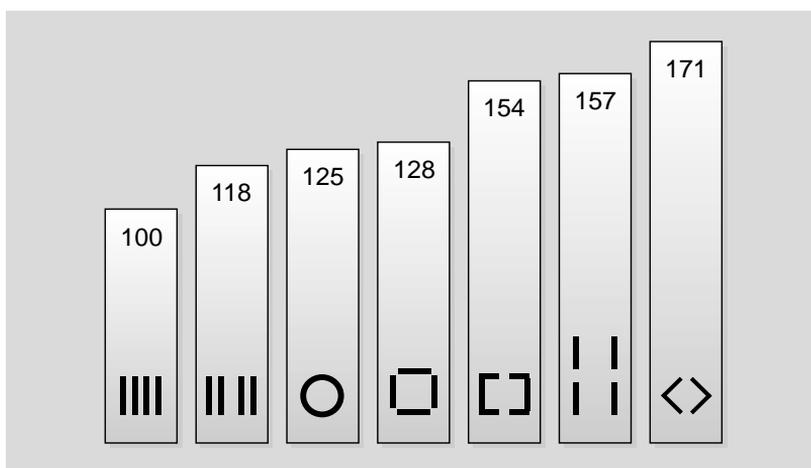


Fig. 13/5 – Portata di corrente in % di alcune disposizioni di sbarre aventi la stessa area totale

A parità di sezione, l'influenza che può avere la scelta del tipo di sezione, nonché la disposizione degli elementi costituenti i conduttori, di pari sezione totale, sulla portata di corrente, è illustrata in Fig. 13/5.

Purché il valore della corrente lo permetta, l'impiego di 1 o 2 sbarre piatte per conduttore è la condizione più favorevole dal punto di vista delle perdite e della semplicità dell'impianto ed è quindi la condizione da preferire.

L'uso di 4 sbarre piatte per conduttore risulta invece la condizione più favorevole nel caso di valori elevati di corrente.

Nel caso di 4 sbarre, per avere una migliore ripartizione della corrente nelle singole sbarre occorre distanziare maggiormente la 2^a e la 3^a sbarra (distanza **a** Fig. 13/6). Una distanza **a** compresa fra 10 e 30 mm non porta alcun vantaggio apprezzabile. Con **a** pari a 70 mm le correnti si distribuiscono nelle singole sbarre con valori che differiscono fra loro di $\pm 7\%$.

Nel caso che 4 sbarre piatte per conduttore non siano sufficienti, è conveniente l'impiego di sbarre con sezione a U.

Volendo comunque usare sbarre piatte, la soluzione più semplice è quella di dividere i conduttori di grosse dimensioni in conduttori di sezione più piccole, disponendo le 3 fasi (**L1, L2, L3**) come indicato in Fig. 13/7 a e Fig. 13/7 b. In tal modo si ottiene una significativa riduzione delle correnti parassite e delle cadute di tensione induttive.

Dimensionamento dei conduttori (cavi e sbarre)

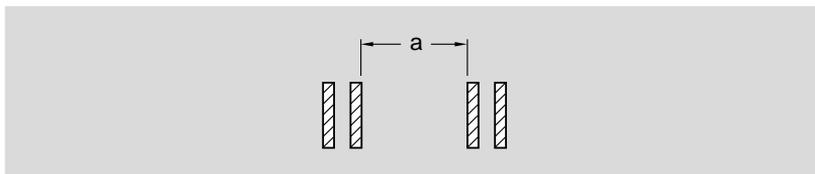


Fig. 13/6

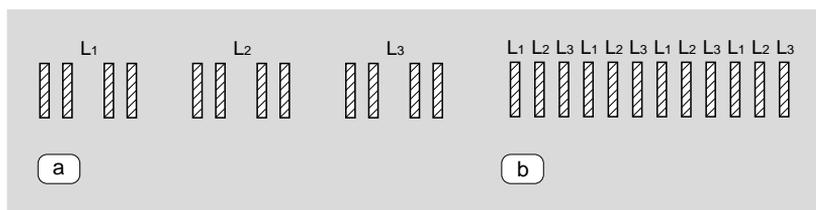


Fig. 13/7 – Disposizioni di un sistema di sbarre trifasi con 4 conduttori in parallelo per fase:

- a = disposizione normale dei conduttori con le tre fasi L1 L2 L3 una prossima all'altra
- b = conduttori suddivisi e alternati nell'ordine L1 L2 L3.

d) Esempi di scelta

Sistema di sbarre in rame nelle seguenti condizioni di installazione:

- temperatura ambiente 50 °C e temperatura finale delle sbarre 90 °C
- installazione all'interno, ad un'altitudine di 2000 m s.l.m., sbarre lucide con coefficiente di irraggiamento pari a 0,40
- sistema trifase in c.a. 50 Hz, con disposizione orizzontale della linea e lato lungo della sezione disposto in senso verticale
- due conduttori in parallelo per fase, di materiale E-Cu F 30, conduttività 57,2 m/Ω mm²; ciascun conduttore di sezione 80x10 mm
- interasse tra le fasi a = 120 mm, distanza tra conduttori della stessa fase pari allo spessore delle sbarre.

Procedimento di scelta:

- dalla Tab. 13/21 si ricava $I_n = 2110$ A
- coefficiente $K_1 = 1,01$ (Fig. 13/1)
- coefficiente $K_2 = 1,05$ (Fig. 13/2)
- coefficiente $K_3 = 1$ (i conduttori sono disposti verticalmente)
- coefficiente $K_4 = 0,89$ (Fig. 13/4 c)
- coefficiente $K_5 = 0,99$ (altitudine 2000 m s.l.m., Tab. 13/23)

Da cui:

$$I_n = 1,01 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 0,99 \cdot 2110 = 1971 \text{ A}$$



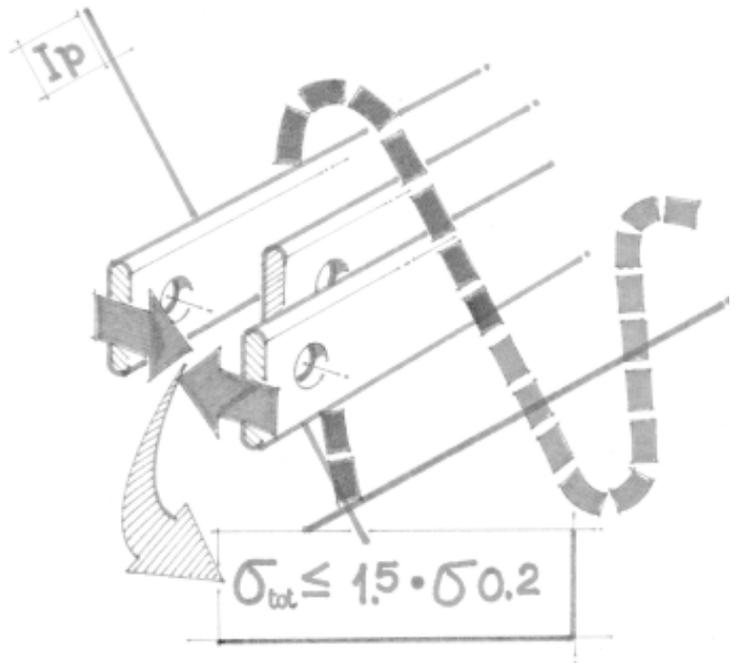
Calcolo degli sforzi elettrodinamici in sistemi di sbarre in rame e alluminio

14.1 Premessa

14/2

14.2 Formule e tabelle

14/4



Calcolo degli sforzi elettrodinamici in sistemi di sbarre in rame e alluminio

14.1 Premessa

Il calcolo degli sforzi elettrodinamici viene effettuato secondo le indicazioni della Norma CEI 11-26. I valori forniti nelle Tabelle da 14/1 a 14/8 permettono, conoscendo:

- le dimensioni delle sbarre in rame, la loro sezione, il numero delle sbarre per fase (definite con l'ausilio delle Tabelle 3/3/12 e 3/3/13)
- la corrente di corto circuito (valore di cresta)
- l'interasse a tra le fasi
- la disposizione delle sbarre ed il tipo di vincolo

di determinare:

- la forza F_d che agisce sui supporti stessi
- la distanza ℓ a cui vanno disposti i supporti per le sbarre.

Viceversa, conoscendo:

- le dimensioni delle sbarre e l'interasse tra le fasi
- la forza massima applicabile al tipo di supporto impiegato
- la disposizione delle sbarre ed il tipo di vincolo (purchè non incastrato)

è possibile determinare:

- la corrente massima di corto circuito i_p (valore di cresta) che le sbarre possono sopportare
- la distanza ℓ a cui vanno disposti i supporti reggisbarre.

La disposizione tipica delle sbarre a cui si fa riferimento per la verifica è quella indicata rispettivamente nelle Figure 14/1-14/3-14/5-14/7, riportate accanto a ciascuna tabella.

Le formule utilizzate per il calcolo delle sollecitazioni sulle sbarre (dedotte, come detto, dalla Norma CEI 11-26) sono le seguenti:

$$i_p \cdot \ell = \sqrt{\frac{K_1 \cdot a}{K_2 + a \cdot K_3}}$$

$$\frac{F_d \cdot \ell}{\alpha} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot K_1}{K_2 + a \cdot K_3}}$$

Le tabelle forniscono, a seconda delle varie disposizioni, i valori dei coefficienti K_1 , K_2 , K_3 , dell'interasse a tra le fasi, del fattore α per la sollecitazione sui supporti. Il significato degli ulteriori simboli che si incontrano nelle tabelle è riportato nella seguente legenda generale ricapitolativa.

Calcolo degli sforzi elettrodinamici in sistemi di sbarre in rame e alluminio

Legenda generale

n = numero dei conduttori parziali per ciascuna fase

Z_s = modulo di resistenza dei conduttori parziali

Z = $n \cdot Z_s$ modulo di resistenza dei conduttori principali

a = interasse tra le fasi

a_s = interasse effettivo tra le fasi

α = fattore per la determinazione della sollecitazione sui supporti

β = fattore per la determinazione della sollecitazione sulle sbarre

$K_d = 1,25 \cdot 10^{-3} \beta$ (coefficiente)

F_d = forza elettrodinamica sui supporti sbarre

l = distanza alla quale devono essere disposti i supporti reggisbarre

i_p = valore massimo di cresta della corrente di corto circuito che le sbarre possono sopportare.

Calcolo degli sforzi elettrodinamici in sistemi di sbarre in rame e alluminio

14.2 Formule e tabelle

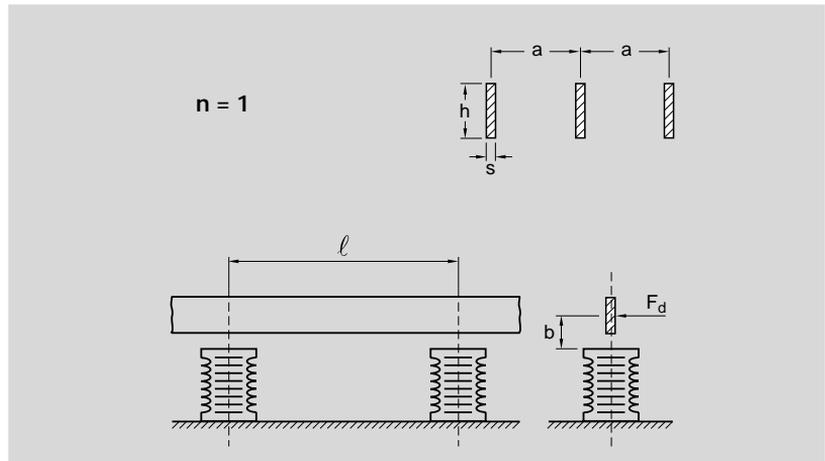


Fig. 14/1

α	β	α	β	α	β
A=0,5 B=0,5	1	A=0,375 B=1,25	0,73	A=0,4 B=1,1	0,73

Fig. 14/2 - Valori di "α" e "β" secondo la disposizione della trave e del tipo di vincolo

Formule:

$$1) \quad P = ip \times l = \sqrt{\frac{k_1 \cdot a}{k_2}}$$

da cui:

$$ip = \frac{P}{l}; \quad \ell = \frac{P}{Is}$$

$$2) \quad C = \frac{Fd \cdot \ell}{\alpha} = \frac{k_1}{k_4}$$

da cui:

$$Fd = \alpha \cdot \frac{C}{\ell}; \quad \ell = \alpha \cdot \frac{C}{Fd}$$

Calcolo degli sforzi elettrodinamici in sistemi di sbarre in rame e alluminio

Tab. 14/1 - Per il calcolo della "ℓ" o della "ip"

h x s mm	Z _s cm ³	K ₁	K ₂ x10 ⁻⁴	K ₄ x10 ⁻⁴	"a"(cm)																			
					4	6	8	10	12	14	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	55	60	65
																				P = ip · ℓ (kA · cm)				
20x2	0,013	5	1,825	9,125	338	413	477	534	585	631	716	755	792	827	861	893	924	998	1,067	1,132	1,193	1,252	1,307	1,361
20x3	0,030	12	1,825	9,125	506	620	716	801	877	947	1,074	1,132	1,187	1,240	1,291	1,340	1,387	1,498	1,601	1,698	1,790	1,877	1,961	2,041
20x5	0,083	32	1,825	9,125	844	1,033	1,193	1,334	1,462	1,579	1,790	1,887	1,979	2,067	2,151	2,233	2,311	2,496	2,668	2,830	2,983	3,129	3,268	3,402
20x10	0,333	130	1,825	9,125	1,688	2,067	2,387	2,668	2,923	3,157	3,580	3,774	3,958	4,134	4,303	4,465	4,622	4,992	5,337	5,661	5,967	6,258	6,536	6,803
25x3	0,038	15	1,825	9,125	566	693	801	895	908	1,059	1,201	1,266	1,328	1,387	1,443	1,498	1,550	1,674	1,790	1,899	2,001	2,099	2,102	2,282
25x5	0,104	41	1,825	9,125	943	1,155	1,334	1,492	1,634	1,765	2,001	2,110	2,213	2,311	2,405	2,496	2,584	2,791	2,983	3,164	3,336	3,498	3,654	3,803
30x3	0,045	18	1,825	9,125	620	759	877	980	1,074	1,160	1,315	1,387	1,454	1,519	1,581	1,641	1,698	1,834	1,961	2,080	2,192	2,299	2,402	2,600
30x5	0,125	49	1,825	9,125	1,033	1,266	1,462	1,634	1,790	1,933	2,192	2,311	2,424	2,532	2,635	2,734	2,830	3,057	3,268	3,466	3,654	3,832	4,003	4,166
30x10	0,500	195	1,825	9,125	2,067	2,532	2,932	3,268	3,580	3,867	4,385	4,622	4,847	5,063	5,270	5,469	5,661	6,114	6,536	6,933	7,308	7,669	8,005	8,332
40x3	0,060	23	1,825	9,125	716	877	1,013	1,132	1,240	1,340	1,519	1,601	1,679	1,754	1,825	1,894	1,961	2,118	2,264	2,462	2,532	2,655	2,773	2,886
40x5	0,167	65	1,825	9,125	1,193	1,462	1,688	1,887	2,067	2,233	2,532	2,668	2,799	2,923	3,042	3,157	3,268	3,530	3,774	4,003	4,219	4,425	4,622	4,811
40x10	0,667	260	1,825	9,125	2,387	2,923	3,375	3,774	4,134	4,465	5,063	5,337	5,597	5,846	6,085	6,315	6,536	7,060	7,547	8,005	8,438	8,850	9,244	9,621
50x5	0,208	81	1,825	9,125	1,334	1,634	1,887	2,110	2,311	2,496	2,830	2,983	3,129	3,268	3,402	3,530	3,654	3,947	4,219	4,475	4,717	4,947	5,167	5,378
50x10	0,833	325	1,825	9,125	2,668	3,268	3,774	4,219	4,622	4,992	5,661	5,967	6,258	6,536	6,803	7,060	7,308	7,893	8,438	8,950	9,434	9,895	10,335	10,757
60x5	0,250	97	1,825	9,125	1,462	1,790	2,067	2,311	2,532	2,734	3,100	3,268	3,428	3,580	3,726	3,867	4,003	4,323	4,622	4,902	5,167	5,420	5,661	5,892
60x10	1,000	390	1,825	9,125	2,923	3,580	4,134	4,622	5,063	5,469	6,201	6,536	6,855	7,160	7,453	7,734	8,005	8,647	9,244	9,804	10,335	10,839	11,321	11,783
80x5	0,333	130	1,825	9,125	1,688	2,067	2,387	2,668	2,923	3,157	3,580	3,774	3,958	4,134	4,303	4,465	4,622	4,992	5,337	5,661	5,967	6,258	6,536	6,803
80x10	1,333	520	1,825	9,125	3,375	4,134	4,773	5,337	5,846	6,315	7,160	7,547	7,916	8,268	8,605	8,930	9,244	9,984	10,674	11,321	11,934	12,516	13,073	13,606
100x5	0,417	162	1,825	9,125	1,887	2,311	2,668	2,983	3,268	3,530	4,003	4,219	4,425	4,622	4,811	4,992	5,167	5,581	5,967	6,329	6,671	6,997	7,308	7,606
100x10	1,667	650	1,825	9,125	3,774	4,622	5,337	5,967	6,536	7,060	8,005	8,438	8,850	9,244	9,621	10,335	11,163	11,934	12,658	13,342	13,993	14,616	15,212	
120x10	2,000	780	1,825	9,125	4,134	5,063	5,846	6,536	7,160	7,734	8,769	9,244	9,695	10,126	10,539	10,937	11,321	12,228	13,073	13,866	14,616	15,329	16,011	16,664
160x10	2,667	1040	1,825	9,125	4,773	5,846	6,751	7,547	8,268	8,930	10,126	10,674	11,195	11,629	12,170	12,629	13,073	14,120	15,095	16,011	16,877	17,700	18,487	19,242

Tab. 14/2 - Per il calcolo della "Fd"

h x s mm	Z _s cm ³	K ₁	K ₂ x 10 ⁻⁴	K ₄ x 10 ⁻⁴	$C = \frac{K_1}{K_4} (N^3 \cdot cm)$ x 10 ^{3 (2)}
20x2	0,013	5	1,825	9,125	5,5
20x3	0,030	12	1,825	9,125	13
20x5	0,083	32	1,825	9,125	35
20x10	0,333	130	1,825	9,125	142
25x3	0,038	15	1,825	9,125	16
25x5	0,104	41	1,825	9,125	45
30x3	0,045	18	1,825	9,125	20
30x5	0,125	49	1,825	9,125	54
30x10	0,500	195	1,825	9,125	214
40x3	0,060	23	1,825	9,125	25
40x5	0,167	65	1,825	9,125	71
40x10	0,667	260	1,825	9,125	285
50x5	0,208	81	1,825	9,125	89
50x10	0,833	325	1,825	9,125	356
60x5	0,250	97	1,825	9,125	106
60x10	1,000	390	1,825	9,125	427
80x5	0,333	130	1,825	9,125	142
80x10	1,333	520	1,825	9,125	570
100x5	0,417	162	1,825	9,125	178
100x10	1,667	650	1,825	9,125	712
120x10	2,000	780	1,825	9,125	855
160x10	2,667	1040	1,825	9,125	1140

Calcolo degli sforzi elettrodinamici in sistemi di sbarre in rame e alluminio

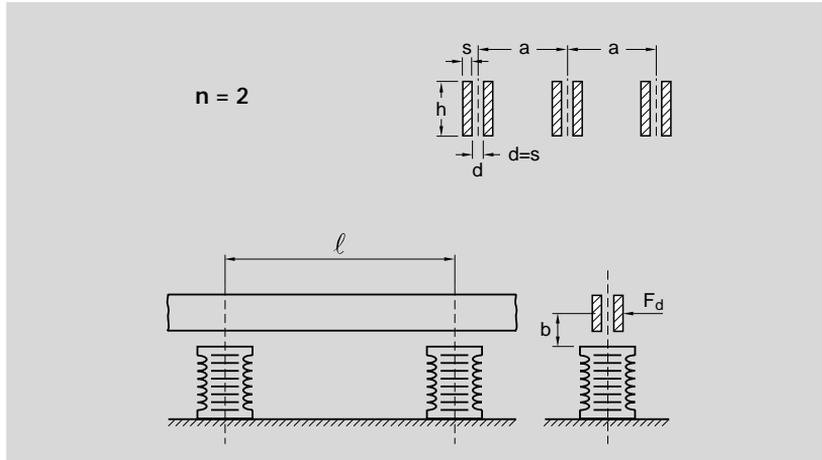


Fig. 14/3

α	β	α	β	α	β
A=0,5 B=0,5	1	A=0,375 B=1,25	0,73	A=0,4 B=1,1	0,73

Fig. 14/4 - Valori di "α" e "β" secondo la disposizione della trave e del tipo di vincolo

Formule:

$$1) \quad P = ip \times l = \sqrt{\frac{k_1 \cdot a}{k_2 + a \cdot k_3}}$$

$$\text{da cui:} \quad ip = \frac{P}{l}; \quad l = \frac{P}{ip}$$

$$2) \quad C = \frac{Fd \cdot l}{\alpha} = \frac{0,2 \cdot k_1}{k_2 + a k_3}$$

$$\text{da cui:} \quad Fd = \alpha \cdot \frac{C}{l}; \quad l = \alpha \cdot \frac{C}{Fd}$$

Calcolo degli sforzi elettrodinamici in sistemi di sbarre in rame e alluminio

Tab. 14/3 - Per il calcolo della "ℓ" o della "ip"

h x s mm	Z _s cm ³	a _s cm	K ₁	K ₂	K ₃ x 10 ⁻⁴	"a" (cm)																			
						P = ip · ℓ (kA · cm)																			
						4	6	8	10	12	14	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	55	60	65
20x2	0,027	0,95	10	1,825	0,658	305	329	343	352	358	363	370	373	375	376	378	379	380	383	384	386	387	388	388,5	389,3
20x3	0,060	1,09	23	1,825	0,573	477	516	540	566	568	577	589	593	597	600	603	605	607	612	615	617	619	621	622	624
20x5	0,167	1,35	65	1,825	0,463	841	920	970	1.003	1.028	1.046	1.073	1.083	1.091	1.098	1.104	1.109	1.114	1.123	1.130	1.136	1.141	1.144	1.148	1.150
20x10	0,667	2,22	260	1,825	0,282	1.877	2.107	2.258	2.367	2.448	2.512	2.605	2.640	2.670	2.696	2.718	2.738	2.755	2.791	2.819	2.841	2.859	2.874	2.886	2.897
25x3	0,075	1,25	29	1,825	0,500	533	603	634	655	670	681	697	703	708	712	716	719	722	728	732	735	738	741	742	744
25x5	0,208	1,56	81	1,825	0,401	974	1.073	1.173	1.180	1.212	1.237	1.272	1.285	1.296	1.305	1.313	1.320	1.327	1.339	1.349	1.357	1.363	1.368	1.373	1.376
30x3	0,090	1,43	35	1,825	0,437	627	688	726	753	772	786	807	815	821	827	832	836	839	847	853	857	861	864	866	869
30x5	0,250	1,72	97	1,825	0,363	1.090	1.208	1.284	1.336	1.375	1.405	1.448	1.464	1.478	1.489	1.499	1.508	1.516	1.532	1.544	1.553	1.561	1.568	1.573	1.578
30x10	1,000	2,44	390	1,825	0,256	2.339	2.638	2.837	2.981	3.090	3.176	3.302	3.350	3.391	3.426	3.456	3.483	3.507	3.556	3.594	3.625	3.650	3.671	3.688	3.704
40x3	0,120	1,67	47	1,825	0,374	751	830	881	917	943	963	992	1.002	1.012	1.019	1.026	1.032	1.037	1.047	1.056	1.062	1.067	1.072	1.075	1.078
40x5	0,333	2,00	130	1,825	0,313	1.300	1.452	1.550	1.620	1.672	1.713	1.772	1.784	1.843	1.829	1.843	1.855	1.866	1.888	1.905	1.919	1.930	1.939	1.947	1.953
40x10	1,333	2,70	520	1,825	0,231	2.749	3.115	3.363	3.543	3.681	3.790	3.952	4.013	4.066	4.111	4.151	4.186	4.217	4.281	4.331	4.371	4.404	4.432	4.455	4.475
50x5	0,417	2,38	162	1,825	0,263	1.503	1.693	1.819	1.910	1.979	2.033	2.112	2.143	2.168	2.190	2.209	2.226	2.241	2.272	2.296	2.315	2.330	2.343	2.354	2.364
50x10	1,667	3,13	650	1,825	0,200	3.147	3.591	3.897	4.123	4.298	4.437	4.646	4.726	4.795	4.854	4.907	4.953	4.994	5.080	5.147	5.201	5.245	5.282	5.314	5.341
60x5	0,500	2,63	195	1,825	0,238	1.676	1.897	2.046	2.154	2.236	2.301	2.398	2.434	2.466	2.493	2.516	2.537	2.556	2.594	2.623	2.647	2.667	2.683	2.697	2.708
60x10	2,000	3,45	780	1,825	0,181	3.497	4.008	4.365	4.630	4.837	5.003	5.433	5.506	5.570	5.626	5.676	5.781	5.864	5.930	5.985	5.930	5.967	6.031	6.071	6.104
80x5	0,667	3,23	260	1,825	0,193	2.000	2.286	2.483	2.630	2.743	2.834	2.970	3.022	3.067	3.107	3.141	3.171	3.198	3.254	3.298	3.334	3.363	3.388	3.409	3.427
80x10	2,667	4,00	1040	1,825	0,156	4.120	4.752	5.201	5.540	5.807	6.023	6.352	6.481	6.592	6.690	6.776	6.852	6.920	7.063	7.176	7.268	7.344	7.408	7.463	7.510
100x5	0,833	4,00	325	1,825	0,156	2.303	2.656	2.907	3.097	3.246	3.367	3.551	3.623	3.685	3.740	3.788	3.830	3.869	3.948	4.012	4.063	4.105	4.141	4.172	4.198
100x10	3,333	4,76	1300	1,825	0,131	4.703	5.463	6.013	6.435	6.772	7.047	7.473	7.641	7.788	7.917	8.031	8.133	8.224	8.417	8.570	8.696	8.800	8.888	8.964	9.030
120x10	4,000	5,26	1559	1,825	0,119	5.207	6.072	6.704	7.194	7.587	7.911	8.415	8.616	8.791	8.946	9.083	9.206	9.317	9.551	9.738	9.892	10.020	10.129	10.122	10.303
160x10	5,333	6,45	2079	1,825	0,097	6.131	7.200	7.988	8.627	9.138	9.565	10.240	10.512	10.752	10.965	11.155	11.326	11.481	11.811	12.078	12.299	12.485	12.643	12.779	12.898

Tab. 14/4 - Per il calcolo della "Fd"

h x s mm	Z _s cm ³	a _s cm	K ₁	K ₂	K ₃ x 10 ⁻⁴	"a"(cm)																			
						C = Fd x ℓ / α (N x cm) (x 10 ³)																			
						4	6	8	10	12	14	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	55	60	65
20x2	0,027	0,95	10	1,825	0,658	45	35	28	24	21	18	15	13	12,3	11,4	10,6	9,9	9,3	8,0	7,1	6,4	5,8	5,3	4,8	4,5
20x3	0,060	1,09	23	1,825	0,573	112	87	72	61	53	47	38	35	32	30	27	26	24	21	19	17	15	14	13	12
20x5	0,167	1,35	65	1,825	0,463	354	282	235	201	176	157	128	117	108	100	94	88	83	72	64	57	52	48	44	41
20x10	0,667	2,22	260	1,825	0,282	1.762	1.480	1.275	1.121	999	902	754	697	648	606	569	536	506	445	397	359	327	300	278	258
25x3	0,075	1,25	29	1,825	0,500	152	120	100	85	74	66	54	49	45	42	39	37	34	30	27	24	22	20	18	17
25x5	0,208	1,56	81	1,825	0,401	473	383	322	278	244	218	179	165	152	142	132	124	117	102	91	82	74	68	63	58
30x3	0,090	1,43	35	1,825	0,437	196	157	132	113	99	88	72	66	61	57	53	50	47	41	36	33	30	27	25	23
30x5	0,250	1,72	97	1,825	0,363	592	484	410	355	314	281	232	213	198	184	172	162	152	133	119	107	97	89	82	76
30x10	1,000	2,44	390	1,825	0,256	2.737	2.320	2.013	1.778	1.592	1.441	1.212	1.123	1.046	978	919	867	820	723	646	584	533	490	454	422
40x3	0,120	1,67	47	1,825	0,374	283	321	195	169	149	133	110	101	93	87	81	76	72	63	56	50	46	42	39	36
40x5	0,333	2,00	130	1,825	0,313	846	703	601	525	466	419	349	322	299	279	261	246	232	204	182	164	149	137	126	117
40x10	1,333	2,70	520	1,825	0,231	3.781	3.236	2.829	2.512	2.260	2.053	1.736	1.611	1.503	1.409	1.326	1.252	1.186	1.048	938	850	776	714	662	616
50x5	0,417	2,38	162	1,825	0,263	1.127	953	825	728	651	589	495	458	426	399	374	353	334	294	263	237	217	199	184	171
50x10	1,667	3,13	650	1,825	0,200	4.955	4.300	4.798	3.402	3.080	2.814	2.399	2.234	2.091	1.965	1.853	1.753	1.663	1.475	1.325	1.203	1.101	1.015	942	878
60x5	0,500	2,63	195	1,825	0,238	1.405	1.200	1.047	928	834	757	639	593	553	518	487	460	436	385	344	312	285	262	242	226
60x10	2,000	3,45	780	1,825	0,181	6.119	5.357	4.764	4.290	3.901	3.577	3.067	3.863	2.685	2.527	2.387	2.262	2.149	1.910	1.720	1.564	1.433	1.323	1.229	1.147
80x5	0,667	3,23	260	1,825	0,193	2.002	1.742	1.543	1.384	1.255	1.148	980	914	856	805	759	719	682	605	544	494	453	418	387	361
80x10	2,667	4,00	1040	1,825	0,156	8.490	7.529	6.764	6.140	5.622	5.184	4.485	4.202	3.952	3.731	3.533	3.355	3.194	2.852	2.576	2.349	2.158	1.996	1.857	1.736
100x5	0,833	4,00	325	1,825	0,156	2.653	2.353	2.114	1.919	1.757	1.620	1.402	1.313	1.235	1.166	1.104	1.048	998	891	805	734	674	624	580	543
100x10	3,333	4,76	1300	1,825	0,131	11.063	9.951	9.042	8.285	7.646	7.098	6.208	5.841	5.516	5.225	4.693	4.726	4.511	4.049	3.674	3.362	3.099	2.874	2.680	2.510
120x10	4,000	5,26	1559	1,825	0,119	13.555	12.286	11.234	10.348	9.591	8.938	7.866	7.421	7.024	6.667	6.345	6.052	5.785	5.211	4.740	4.347	4.015	3.730	3.482	3.265
160x10	5,333	6,45	2079	1,825	0,097	18.792	17.279	15.991	14.882	13.917	13.069	11.650	11.050	10.509	10.018	9.571	9.162	8.787	7.971	7.293	6.772	6.234	5.812	5.443	5.119

Calcolo degli sforzi elettrodinamici in sistemi di sbarre in rame e alluminio

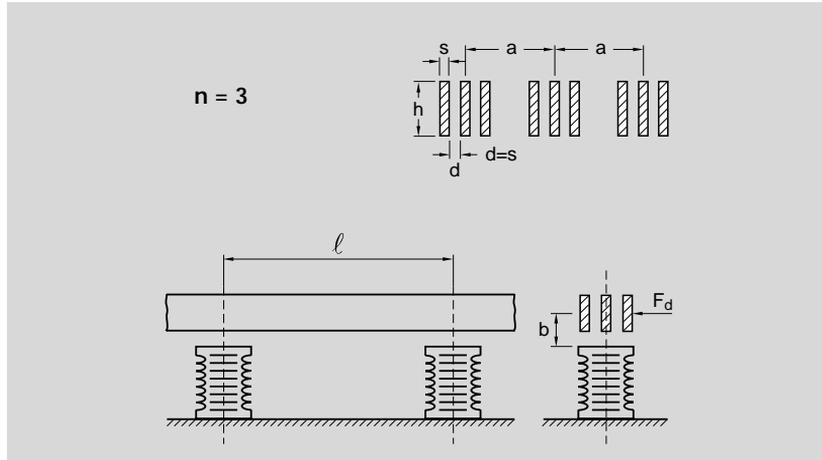


Fig. 14/5

α	β	α	β	α	β
A=0,5 B=0,5	1 *	A=0,375 B=1,25	0,73	A=0,4 B=1,1	0,73

Fig. 14/6 - Valori di "α" e "β" secondo la disposizione della trave e del tipo di vincolo

Formule:

$$1) \quad P = ip \times l = \sqrt{\frac{k_1 \cdot a}{k_2 + a \cdot k_3}}$$

$$\text{da cui:} \quad ip = \frac{P}{l}; \quad l = \frac{P}{ip}$$

$$2) \quad C = \frac{Fd \cdot l}{\alpha} = \frac{0,2 \cdot k_1}{k_2 + a k_3}$$

$$\text{da cui:} \quad Fd = \alpha \cdot \frac{C}{l}; \quad l = \alpha \cdot \frac{C}{Fd}$$

Calcolo degli sforzi elettrodinamici in sistemi di sbarre in rame e alluminio

Tab. 14/5 - Per il calcolo della "ℓ" o della "ip"

h x s mm	Z _s cm ³	a _s cm	K ₁	K ₂ x10 ⁻⁴	K ₃ x10 ⁻⁴	"a"(cm)																			
						P = ip x ℓ (kA x cm)																			
						4	6	8	10	12	14	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	55	60	65
20x2	0,040	0,54	16	1,825	0,772	356	381	395	404	411	416	423	425	427	429	430	432	433	435	437	438	439	440	441	442
20x3	0,090	0,64	35	1,825	0,651	563	606	632	649	661	670	683	688	691	695	697	700	702	706	710	712	714	716	718	719
20x5	0,250	0,85	97	1,825	0,490	1.015	1.108	1.165	1.204	1.232	1.253	1.284	1.295	1.304	1.312	1.319	1.325	1.330	1.341	1.349	1.355	1.360	1.365	1.368	1.371
20x10	1,000	1,45	390	1,825	0,287	2.290	2.567	2.750	2.880	2.979	3.055	3.167	3.209	3.245	3.275	3.302	3.325	3.346	3.389	3.422	3.448	3.470	3.487	3.503	3.516
25x3	0,113	0,72	44	1,825	0,579	651	705	737	759	775	786	803	809	814	818	822	825	828	834	838	842	844	847	849	850
25x5	0,313	0,95	122	1,825	0,439	1.167	1.281	1.352	1.401	1.436	1.463	1.502	1.516	1.528	1.539	1.547	1.555	1.562	1.576	1.586	1.595	1.601	1.607	1.612	1.616
30x3	0,135	0,81	53	1,825	0,514	736	802	842	869	889	903	924	932	939	944	949	953	957	964	969	974	977	980	983	985
30x5	0,375	1,03	146	1,825	0,405	1.303	1.436	1.520	1.578	1.621	1.653	1.700	1.717	1.732	1.744	1.755	1.764	1.772	1.789	1.802	1.812	1.821	1.828	1.833	1.838
30x10	1,500	1,56	585	1,825	0,267	2.843	3.199	3.436	3.606	3.735	3.836	3.984	4.040	4.087	4.128	4.164	4.195	4.223	4.280	4.324	4.360	4.389	4.413	4.433	4.451
40x3	0,180	0,94	70	1,825	0,443	883	969	1.022	1.059	1.086	1.106	1.135	1.146	1.155	1.162	1.169	1.175	1.180	1.190	1.198	1.204	1.209	1.214	1.217	1.220
40x5	0,500	1,16	195	1,825	0,359	1.546	1.714	1.822	1.897	1.953	1.995	2.057	2.080	2.100	2.116	2.131	2.143	2.154	2.177	2.194	2.208	2.219	2.229	2.237	2.243
40x10	2,000	1,69	780	1,825	0,247	3.331	3.763	4.053	4.263	4.423	4.548	4.734	4.804	4.864	4.916	4.961	5.001	5.036	5.109	5.166	5.211	5.248	5.280	5.306	5.328
50x5	0,625	1,35	244	1,825	0,309	1.785	1.994	2.131	2.227	2.300	2.356	2.438	2.468	2.494	2.517	2.536	2.553	2.568	2.599	2.623	2.642	2.657	2.670	2.681	2.690
50x10	2,500	1,90	975	1,825	0,219	3.798	4.315	4.667	4.925	5.123	5.280	5.513	5.602	5.678	5.745	5.802	5.853	5.898	5.992	6.065	6.124	6.173	6.213	6.247	6.277
60x5	0,750	1,48	292	1,825	0,282	1.991	2.234	2.395	2.510	2.597	2.664	2.763	2.801	2.832	2.860	2.883	2.904	2.922	2.960	2.990	3.013	3.032	3.048	3.062	3.073
60x10	3,000	2,05	1170	1,825	0,203	4.211	4.801	5.207	5.506	5.737	5.921	6.196	6.302	6.392	6.471	6.540	6.601	6.655	6.767	6.855	6.926	6.984	7.033	7.075	7.110
80x5	1,000	1,79	390	1,825	0,233	2.379	2.695	2.908	3.064	3.183	3.277	3.416	3.469	3.514	3.553	3.587	3.617	3.644	3.699	3.742	3.777	3.805	3.829	3.849	3.866
80x10	4,000	2,33	1559	1,825	0,179	4.955	5.682	6.190	6.569	6.865	7.102	7.460	7.599	7.718	7.822	7.913	7.994	8.066	8.217	8.335	8.431	8.510	8.576	8.633	8.681
100x5	1,250	2,17	487	1,825	0,192	2.742	3.134	3.406	3.607	3.763	3.888	4.075	4.148	4.210	4.264	4.311	4.353	4.390	4.468	4.528	4.578	4.618	4.652	4.681	4.705
100x10	5,000	2,70	1949	1,825	0,154	5.650	6.520	7.139	7.607	7.976	8.275	8.731	8.909	9.064	9.199	9.318	9.424	9.518	9.717	9.874	10.001	10.107	10.196	10.272	10.338
120x10	6,000	2,96	2339	1,825	0,141	6.259	7.251	7.963	8.506	8.937	9.288	9.828	10.041	10.225	10.387	10.530	10.657	10.772	11.012	11.202	11.358	11.487	11.596	11.689	11.770
160x10	8,000	3,51	3119	1,825	0,119	7.365	8.588	9.483	10.176	10.732	11.190	11.904	12.188	12.436	12.655	12.849	13.023	13.180	13.511	13.776	13.994	14.175	14.329	14.462	14.576

Tab. 14/6 - Per il calcolo della "Fd"

h x s mm	Z _s cm ³	a _s cm	K ₁	K ₂ x10 ⁻⁴	K ₃ x10 ⁻⁴	"a"(cm)																			
						C = Fd x ℓ / α (N x cm) (x 10 ²)																			
						4	6	8	10	12	14	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	55	60	65
20x2	0,040	0,54	16	1,825	0,772	65	50	40	34	29	25	20	19	17	16	15	14	13	11,1	9,8	8,8	7,9	7,2	6,6	6,2
20x3	0,090	0,64	35	1,825	0,651	158	122	100	84	73	64	52	47	43	40	37	35	33	28	25	22	20	19	17	16
20x5	0,250	0,85	97	1,825	0,490	512	407	338	288	252	223	182	167	154	143	133	125	117	102	91	81	74	67	62	58
20x10	1,000	1,45	390	1,825	0,287	2.622	2.198	1.891	1.660	1.479	1.334	1.115	1.030	957	894	839	790	747	656	586	529	482	442	409	380
25x3	0,113	0,72	44	1,825	0,579	213	166	136	116	100	89	72	66	60	56	52	49	46	40	35	32	29	26	24	22
25x5	0,313	0,95	122	1,825	0,439	682	548	457	393	344	306	251	230	213	198	184	173	163	142	126	113	103	94	87	80
30x3	0,135	0,81	53	1,825	0,514	273	216	178	152	133	117	96	88	81	75	70	65	61	53	47	42	38	35	32	30
30x5	0,375	1,03	146	1,825	0,405	848	687	577	497	437	390	321	294	272	253	237	222	209	183	162	146	132	121	112	104
30x10	1,500	1,56	585	1,825	0,267	4.044	3.414	2.953	2.602	2.326	2.103	1.764	1.633	1.519	1.421	1.334	1.258	1.189	1.047	935	845	771	708	635	610
40x3	0,180	0,94	70	1,825	0,443	389	312	261	224	196	174	143	131	121	112	105	98	93	81	72	64	58	53	49	46
40x5	0,500	1,16	195	1,825	0,359	1.196	980	830	720	636	569	470	433	401	373	349	328	310	271	241	217	197	181	167	155
40x10	2,000	1,69	780	1,825	0,247	5.549	4.721	4.108	3.636	3.261	2.956	2.491	2.309	2.152	2.015	1.894	1.787	1.692	1.492	1.335	1.207	1.102	1.014	939	874
50x5	0,625	1,35	244	1,825	0,309	1.595	1.327	1.136	994	883	794	661	610	566	529	495	466	440	386	344	311	283	260	240	223
50x10	2,500	1,90	975	1,825	0,219	7.216	6.209	5.448	4.853	4.376	3.984	3.378	3.140	2.933	2.751	2.591	2.448	2.320	2.053	1.840	1.668	1.525	1.404	1.301	1.213
60x5	0,750	1,48	292	1,825	0,282	1.979	1.662	1.432	1.259	1.122	1.013	847	783	728	681	639	602	569	500	446	403	367	337	312	290
60x10	3,000	2,05	1170	1,825	0,203	8.870	7.686	6.781	6.066	5.488	5.010	4.267	3.973	3.716	3.491	3.291	3.113	2.954	2.618	2.351	2.133	1.952	1.799	1.699	1.556
80x5	1,000	1,79	390	1,825	0,233	2.830	2.421	2.115	1.878	1.689	1.534	1.297	1.204	1.123	1.052	990	935	886	782	700	634	579	533	494	460
80x10	4,000	2,33	1559	1,825	0,179	12.274	10.759	9.577	8.629	7.852	7.203	6.182	5.772	5.414	5.097	4.816	4.564	4.337	3.857	3.473	3.158	2.896	2.674	2.484	2.318
100x5	1,250	2,17	487	1,825	0,192	3.756	3.272	2.898	2.601	2.359	2.158	1.844	1.719	1.610	1.514	1.429	1.353	1.284	1.140	1.025	931	852	786	730	681
100x10	5,000	2,70	1949	1,825	0,154	15.960	14.170	12.740	11.573	10.601	9.780	8.469	7.937	7.467	7.050	6.678	6.342	6.039	5.394	4.874	4.445	4.086	3.780	3.517	3.288
120x10	6,000	2,96	2339	1,825	0,141	19.589	17.523	15.852	14.471	13.312	12.324	10.732	10.081	9.505	8.990	8.529	8.112	7.735	6.929	6.274	5.733	5.278	4.890	4.555	4.263
160x10	8,000	3,51	3119	1,825	0,119	27.124	24.586	22.482	20.710	19.197	17.890	15.746	14.855	14.060	13.346	12.701	12.115	11.581	10.432	9.490	8.704	8.038	7.467	6.972	6.538

Calcolo degli sforzi elettrodinamici in sistemi di sbarre in rame e alluminio

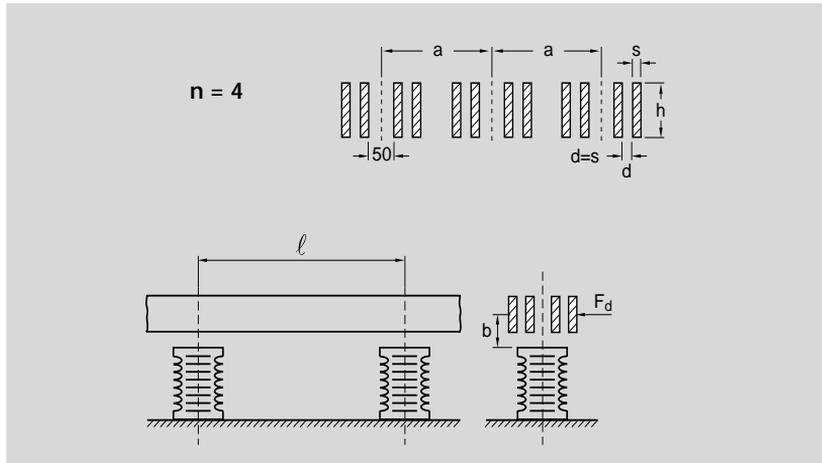


Fig. 14/7

α	β	α	β	α	β	α	β
A=0,5 B=0,5	1 *	A=0,375 B=1,25	0,5 *	A=0,4 B=1,1	0,73 *	A=0,4 B=1,1	0,73 *

Fig. 14/8 - Valori di "α" e "β" secondo la disposizione della trave e del tipo di vincolo

Formule:

$$1) \quad P = ip \times l = \sqrt{\frac{k_1 \cdot a}{k_2 + a \cdot k_3}}$$

$$\text{da cui:} \quad ip = \frac{P}{l}; \quad l = \frac{P}{ip}$$

$$2) \quad C = \frac{Fd \cdot l}{\alpha} = \frac{0,2 \cdot k_1}{k_2 + a k_3}$$

$$\text{da cui:} \quad Fd = \alpha \cdot \frac{C}{l}; \quad l = \alpha \cdot \frac{C}{Fd}$$

Calcolo degli sforzi elettrodinamici in sistemi di sbarre in rame e alluminio

Tab. 14/7 - Per il calcolo della "ℓ" o della "ip"

h x s mm	Z _s cm ³	a _s cm	K ₁	K ₂	K ₃ x10 ⁻⁴	"a"(cm)																			
						P = ip x ℓ (kA x cm)																			
						4	6	8	10	12	14	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	55	60	65
40x5	0,667	1,29	260	1,825	0,242	1,929	2,181	2,351	2,474	2,567	2,641	2,750	2,792	2,827	2,858	2,884	2,908	2,928	2,971	3,005	3,032	3,053	3,072	3,087	3,101
40x10	2,667	1,70	1040	1,825	0,184	4,030	4,616	5,024	5,327	5,563	5,752	6,037	6,148	6,242	6,325	6,397	6,461	6,519	6,638	6,731	6,807	6,869	6,921	6,966	7,004
50x5	0,833	1,46	325	1,825	0,214	2,202	2,564	2,711	2,862	2,979	3,071	3,209	3,262	3,307	3,347	3,381	3,411	3,438	3,494	3,537	3,572	3,601	3,625	3,645	3,663
50x10	3,333	1,87	1300	1,825	0,167	4,566	5,251	5,734	6,097	6,381	6,609	6,957	7,092	7,209	7,311	7,400	7,479	7,550	7,699	7,816	7,910	7,989	8,055	8,111	8,159
60x5	1,000	1,51	390	1,825	0,207	2,425	2,762	2,993	3,164	3,295	3,400	3,556	3,616	3,667	3,712	3,751	3,785	3,816	3,879	3,929	3,969	4,002	4,029	4,053	4,073
60x10	4,000	2,00	1559	1,825	0,156	5,046	5,820	6,369	6,785	7,112	7,376	7,780	7,938	8,074	8,193	8,299	8,392	8,476	8,650	8,789	8,901	8,995	9,073	9,140	9,198
80x5	1,333	1,80	520	1,825	0,174	2,873	3,298	3,597	3,821	3,995	4,135	4,348	4,430	4,501	4,563	4,617	4,666	4,709	4,798	4,869	4,927	4,974	5,014	5,047	5,077
80x10	5,333	2,22	2079	1,825	0,141	5,901	6,836	7,508	8,020	8,426	8,757	9,266	9,466	9,640	9,793	9,928	10,048	10,156	10,382	10,562	10,708	10,830	10,933	11,021	11,097
100x5	1,667	2,08	650	1,825	0,150	3,273	3,781	4,144	4,419	4,636	4,812	5,082	5,187	5,279	5,359	5,429	5,492	5,548	5,606	5,760	5,836	5,899	5,952	5,997	6,036
100x10	6,667	2,50	2599	1,825	0,125	6,687	7,782	8,579	9,193	9,685	10,089	10,715	10,963	11,179	11,370	11,539	11,690	11,826	12,113	12,342	12,529	12,686	12,818	12,932	13,030
120x10	8,000	2,67	3119	1,825	0,117	7,376	8,605	9,506	10,204	10,765	11,228	11,949	12,237	12,488	12,709	12,906	13,083	13,241	13,577	13,847	14,068	14,252	14,409	14,543	14,660
160x10	10,667	3,05	4158	1,825	0,102	8,627	10,113	11,216	12,080	12,782	13,365	14,283	14,652	14,976	15,263	15,520	15,750	15,958	16,400	16,757	17,052	17,299	17,509	17,691	17,848

Tab. 14/8 - Per il calcolo della "Fs"

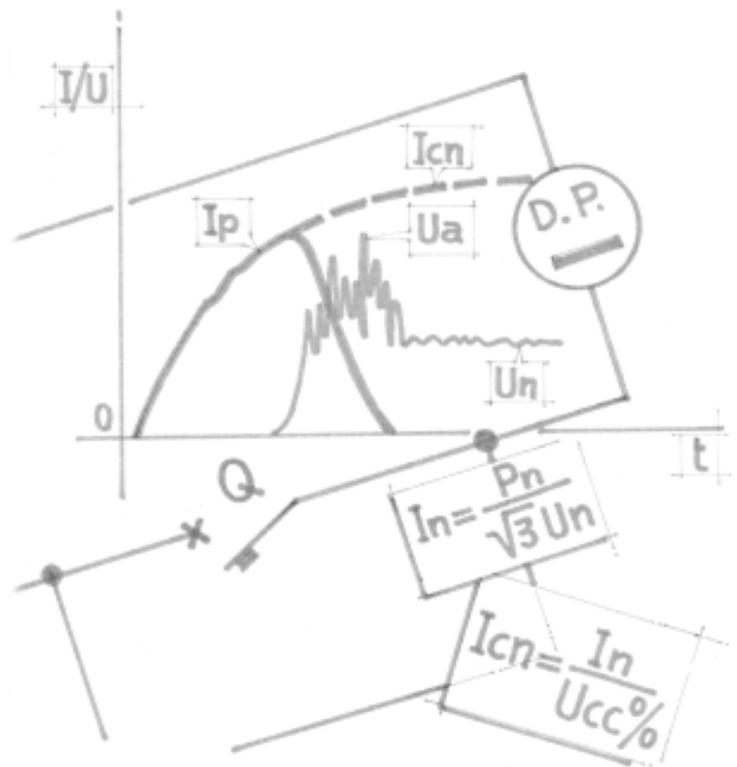
h x s mm	Z _s cm ³	a _r cm	K ₁	K ₂	K ₃ x10 ⁻⁴	"a"(cm)																			
						C = Fd x ℓ / α (N x cm) (x 10 ³)																			
						4	6	8	10	12	14	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	55	60	65
40x5	0,667	1,29	260	1,825	0,242	1,861	1,586	1,382	1,224	1,099	997	841	780	726,8	680,7	640,1	604,1	572	504,7	451,6	408,6	373,1	343,3	317,9	295,9
40x10	2,667	1,70	1040	1,825	0,184	8,124	7,104	6,311	5,678	5,160	4,729	4,052	3,781	3,544	3,335	3,149	2,983	2,834	2,519	2,266	2,060	1,888	1,743	1,618	1,510
50x5	0,833	1,46	325	1,825	0,214	2,424	2,091	1,838	1,639	1,479	1,348	1,145	1,065	995	934	880	831	788	698	626	567	519	478	443	413
50x10	3,333	1,87	1300	1,825	0,167	10,427	9,195	8,223	7,437	6,788	6,243	5,380	5,032	4,726	4,455	4,214	3,997	3,802	3,388	3,055	2,782	2,554	2,360	2,194	2,049
60x5	1,000	1,51	390	1,825	0,207	2,940	2,543	2,241	2,003	1,810	1,652	1,405	1,308	1,223	1,148	1,082	1,024	971	860	772	700	641	591	548	511
60x10	4,000	2,00	1559	1,825	0,156	12,727	11,267	10,140	9,204	8,427	7,771	6,723	6,299	5,925	5,593	5,296	5,029	4,788	4,275	3,861	3,521	3,235	2,993	2,784	2,602
80x5	1,333	1,80	520	1,825	0,174	4,128	3,628	3,236	2,920	2,661	2,444	2,101	1,963	1,843	1,736	1,641	1,555	1,479	1,316	1,186	1,079	990	914	850	793
80x10	5,333	2,22	2079	1,825	0,141	17,412	15,575	14,090	12,862	11,832	10,954	9,539	8,961	8,448	7,991	7,581	7,211	6,875	6,158	5,577	5,096	4,691	4,346	4,048	3,789
100x5	1,667	2,08	650	1,825	0,150	5,359	4,768	4,295	3,907	3,583	3,309	2,870	2,692	2,534	2,394	2,268	2,155	2,053	1,835	1,659	1,514	1,392	1,289	1,199	1,122
100x10	6,667	2,50	2599	1,825	0,125	22,357	20,186	18,400	16,904	15,633	14,540	12,756	12,018	11,362	10,773	10,242	9,762	9,234	8,384	7,616	6,977	6,437	5,975	5,574	5,224
120x10	8,000	2,67	3119	1,825	0,117	27,203	24,683	22,591	20,825	19,316	18,010	15,866	14,974	14,178	13,461	12,814	12,226	11,690	10,535	9,587	8,796	8,126	7,550	7,051	6,613
160x10	10,667	3,05	4158	1,825	0,102	37,211	34,085	31,444	29,183	27,225	25,514	22,664	21,465	20,387	19,412	18,526	17,717	16,976	15,369	14,039	12,922	11,969	11,147	10,431	9,801

15.1 Corrente alternata

15/2

15.2 Corrente continua

15/11



Calcolo delle correnti di corto circuito

15.1 Corrente alternata

I conduttori elettrici di un circuito devono essere protetti da uno o più dispositivi che interrompono automaticamente l'alimentazione quando in un punto qualunque del circuito elettrico si produce un corto circuito, a meno che le linee alimentate siano:

- di collegamento tra trasformatori, generatori o batterie con i rispettivi quadri a valle
- destinate a taluni carichi particolari come elettrosollevatori, ecc.
- relative a taluni circuiti di misura (per esempio i TA).

Per definire i dispositivi di protezione è fondamentale conoscere, oltre ai valori della I_n che devono portare, i valori delle correnti di guasto che possono verificarsi sia a valle del quadro generale del trasformatore MT/BT, sia nei vari punti del circuito elettrico.

Il procedimento nel seguito illustrato permette di calcolare con buona approssimazione il valore di tali correnti, considerando una rete MT con potenza di corto circuito infinita (in realtà non è infinita, perché difficilmente supera i 500 MVA), tenendo conto solo dell'impedenza del trasformatore e trascurando quella del circuito compresa fra i morsetti BT del trasformatore ed il punto di guasto A all'ingresso del primo quadro (Fig. 15/1); le correnti di corto circuito effettive risulteranno pertanto leggermente inferiori a quelle calcolate.

Nella Tab. 15/1 sono riportati i valori della corrente nominale I_n e della corrente di corto circuito trifase ai morsetti lato BT di un trasformatore MT/BT, definite secondo le relazioni seguenti:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} \qquad I_{cc2} = \frac{I_n}{U_{cc\%} \cdot 10}$$

dove:

- P_n = potenza nominale del trasformatore in kVA
- I_n = corrente nominale secondaria del trasformatore in kA
- $U_{cc} \%$ = tensione di corto circuito del trasformatore in %
- I_{cc2} = corrente di corto circuito trifase nominale del trasformatore in kA (valore efficace)
- U_n = tensione nominale a vuoto del trasformatore in kV

Calcolo delle correnti di corto circuito

a) Calcolo della I_n e della I_{cc2} in funzione della potenza del trasformatore espressa in kVA

Tab. 15/1

P_n [kVA]	63	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
$U_{cc}^{(1)}$ [%]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	6,25	6,25	6,25
$I_n^{(2)}$ [A]	91	144	180	231	289	361	455	577	722	910	1156	1445	1806	2312	2890	3612
$I_{cc2}^{(2)}$ [kA]	2,3	3,6	4,5	5,8	7,2	9	11,4	14,4	18	22,7	23,1	28,9	36,1	37	46,2	57,8

Tab. 15/2

U_n [V]	220	380	400	415	440	480	500	660
k	1,82	1,05	1	0,96	0,91	0,8	0,6	0,58

- I valori di I_n e di I_{cc2} calcolati e riportati in Tab. 15/1 consentono di scegliere il tipo di interruttore “Q” (Fig. 15/1) da installare immediatamente a valle (lato BT) di un singolo trasformatore, all’ingresso del primo quadro BT.
Per la scelta dell’interruttore vedere Cap.17.

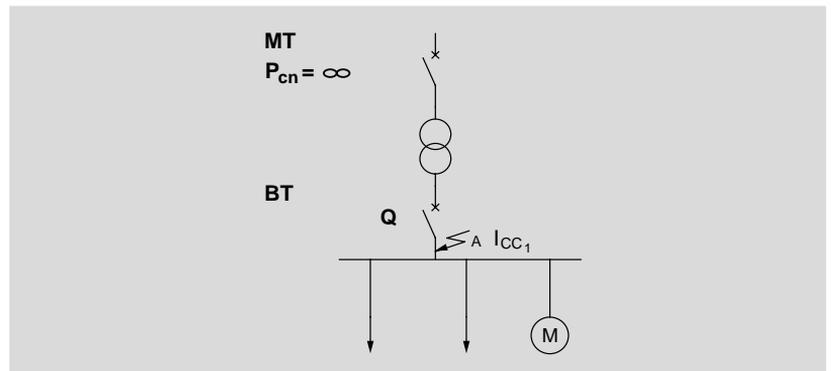


Fig. 15/1

- (1) Per U_{cc} (%) diverse da quella indicata, la corrente di corto circuito nominale I_{cc2} si moltiplica per:

$$\frac{U_{cc}}{U'_{cc}}$$
 dove: U'_{cc} è la tensione di corto circuito diversa considerata.
 (2) I valori sono relativi ad una tensione a vuoto U' pari a 400 V. Per valori diversi di U_n moltiplicare i valori di I_n e I_{cc2} per i fattori k indicati a lato (Tab. 15/2).

Calcolo delle correnti di corto circuito

b) Valori dell'impedenza dei cavi in funzione della sezione "S" e della lunghezza "l"

Tab. 15/3 – Per cavi in Cu

Sez. cavo (mm ²) Lungh. cavo (m)	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
	Impedenza cavo Z _c in mΩ (cavi tripolari) ⁽¹⁾⁻⁽²⁾																
1	19	12,7	7,6	4,7	3,2	1,9	1,2	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09
3	57	38	22,8	14,2	9,5	5,7	3,6	2,3	2,6	1,2	0,84	0,64	0,53	0,44	0,38	0,33	0,29
5	95	63,3	38	23,8	15,8	9,5	5,9	3,8	2,7	1,9	1,4	1,1	0,88	0,74	0,64	0,54	0,49
8	152	101,3	60,8	38	25,3	15,2	9,5	6,1	4,4	3	2,2	1,7	1,4	1,2	1	0,87	0,79
10	190	126,7	76	47,5	31,7	19	11,9	7,6	5,5	3,9	2,8	2,1	1,8	1,5	1,3	1	0,98
15	285	190	114	71,3	47,5	28,5	17,9	11,5	8,2	5,8	4,2	3,2	2,6	2,2	2,9	1,6	1,5
20	380	253,3	152	95	63,4	38	23,8	15,3	11	7,7	5,6	4,3	3,5	2,9	2,5	2,2	1,9
25	475	316,7	190	118,8	79,2	47,6	29,8	19,1	13,7	9,7	7	5,3	4,4	3,7	3,2	2,7	2,4
30	570	380	228	142,5	95	57	35,7	22,9	16,5	11,6	8,4	6,4	5,3	4,4	3,8	3,3	2,9
35	665	443	266	166,3	110,9	66,6	41,7	26,7	19,2	13,6	9,9	7,5	6,1	5,1	4,4	3,8	3,4
40	760	506	304	190	126,7	76	47,6	30,6	21,9	15,5	11,3	8,5	7	5,9	5	4,4	3,9
60	1140	760	456	285	190	114	71,4	45,9	32,9	23,2	16,9	12,8	10,5	8,8	7,6	6,5	5,9
100	1900	1266	760	475	316,8	190,2	119	76,4	54,9	38,7	28,2	21,4	17,5	14,7	12,7	10,9	9,8

Note

- (1) per cavi unipolari con :
 - S = 1-35 mm² moltiplicare Z_c per 0,973
 - S = 120-185 mm² moltiplicare Z_c per 1,03
 - S = 240-300 mm² moltiplicare Z_c per 1,08.

- (2) per "n" cavi di egual sezione in parallelo tripolari Fig. 15/2 a o disposti come indicato in Fig. 15/2 b, la corrente di corto circuito si può calcolare con buona approssimazione considerando l'impedenza pari a:

$$\frac{1}{n} \cdot Z_c$$

(con Z_c impedenza di un solo cavo)

Tab. 15/4 – Per cavi in Al

Sez. cavo (mm ²) Lungh. cavo (m)	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
	Impedenza cavo Z _c in mΩ (cavi tripolari) ⁽¹⁾⁻⁽²⁾										
1	1,9	1,2	0,87	0,61	0,44	0,33	0,26	0,22	0,18	0,15	0,13
3	5,7	3,6	2,6	1,8	1,3	0,98	0,79	0,65	0,54	0,44	0,38
5	9,5	6	4,4	3	2,2	1,6	1,3	1	0,9	0,74	0,63
8	15,2	9,7	7	4,9	3,5	2,6	2,1	1,7	1,4	1,2	1
10	19	12,2	8,7	6,1	4,4	3,3	2,6	2,2	1,8	1,5	1,3
15	28,5	18,3	13	9,2	6,6	4,9	3,9	3,2	2,7	2,2	1,9
20	38	24,4	17,4	12,2	8,8	6,6	5,3	4,3	3,6	2,9	2,5
25	47,5	30,4	21,8	15,3	11	8,2	6,6	5,4	4,5	3,7	3,1
30	57	36,5	26,2	18,4	13,2	9,9	7,9	6,4	5,4	4,4	3,8
35	66,6	42,6	30,5	21,4	15,4	11,5	9,2	7,6	6,3	5,1	4,4
40	76	48,7	34,9	24,5	17,6	13,1	10,5	8,6	7,2	5,8	5
60	114	73	52,3	36,8	26,4	19,7	15,8	12,9	10,8	8,8	7,6
100	190	121,9	87,2	69,3	44	32,9	26,4	21,6	18	14,7	12,6



Fig. 15/2 – Particolari disposizioni dei cavi

Calcolo delle correnti di corto circuito

La Tab. 15/5 fornisce, in funzione della potenza P_n di un solo trasformatore e delle varie impedenze dei conduttori Z_c , date dalle Tab. 15/3 (cavi in **Cu**) e 15/4 (cavi in **Al**), i corrispondenti valori delle correnti di corto circuito I_{cn} in kA che possono prodursi in un punto qualunque del circuito elettrico a 380/400 V c.a.

Tab. 15/5 – Valori della I_{cc} in funzione della potenza del trasformatore e dell'impedenza del cavo

Z_c mΩ	P_n kVA	63	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
		I _{cc} in kA a 380 V per 1 solo trasformatore															
0,5		2,26	3,58	4,46	5,7	7,1	8,84	11,1	14	17,3	21,6	24,2	27,1	30,5	35,4	37,7	46,1
1		2,25	3,55	4,42	5,63	6,99	8,66	10,8	13,5	16,7	20,6	23	25,5	28,5	32,8	34,7	41,7
3		2,2	3,44	4,25	5,35	6,57	8,03	9,84	12	14,5	17,4	19	20,7	22,7	25,2	26,4	30,3
5		2,16	3,33	4,09	5,1	6,2	7,5	9	10,9	12,8	15	16,2	17,4	18,8	20,5	21,3	23,7
8		2,1	3,19	3,87	4,77	5,71	6,8	8,04	9,46	10,9	12,4	13,3	14,1	14,9	16	16,5	17,9
10		2,06	3,1	3,74	4,57	5,43	6,39	7,49	8,71	9,9	11,2	11,8	12,5	13,2	14	14,3	15,4
15		1,97	2,89	3,45	4,14	4,83	5,58	6,40	7,26	8,08	8,9	9,32	9,71	10,1	10,6	10,8	11,4
20		1,88	2,72	3,2	3,78	4,35	4,95	5,58	6,23	6,82	7,4	7,68	7,95	8,22	8,54	8,66	9,04
25		1,81	2,56	2,98	3,48	3,96	4,45	4,95	5,46	5,9	6,33	6,54	6,73	6,92	7,15	7,24	7,5
30		1,73	2,42	2,79	2,23	3,63	4,04	4,45	4,85	5,20	5,53	5,69	5,83	5,98	6,15	6,21	6,40
35		1,67	2,29	2,62	3,01	3,35	3,7	4,04	4,37	4,65	4,91	5,04	5,15	5,26	5,39	5,44	5,59
50		1,5	1,98	2,22	2,49	2,73	2,95	3,17	3,36	3,53	3,68	3,75	3,81	3,87	3,94	3,97	4,04
100		1,12	1,36	1,48	1,59	1,68	1,76	1,84	1,9	1,96	2	2,02	2,04	2,06	2,08	2,08	2,1
200		0,74	0,84	0,88	0,92	0,95	0,98	1	1,02	1,03	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07

Contributo motori (Fig. 15/1)

Nel caso di presenza di motori occorre tenere conto del loro contributo alla corrente di corto circuito. Con potenza del motore > 0,5 kW sommare alla corrente di corto circuito proveniente dal trasformatore il valore della corrente proveniente dai motori, che in prima approssimazione può ritenersi pari a:

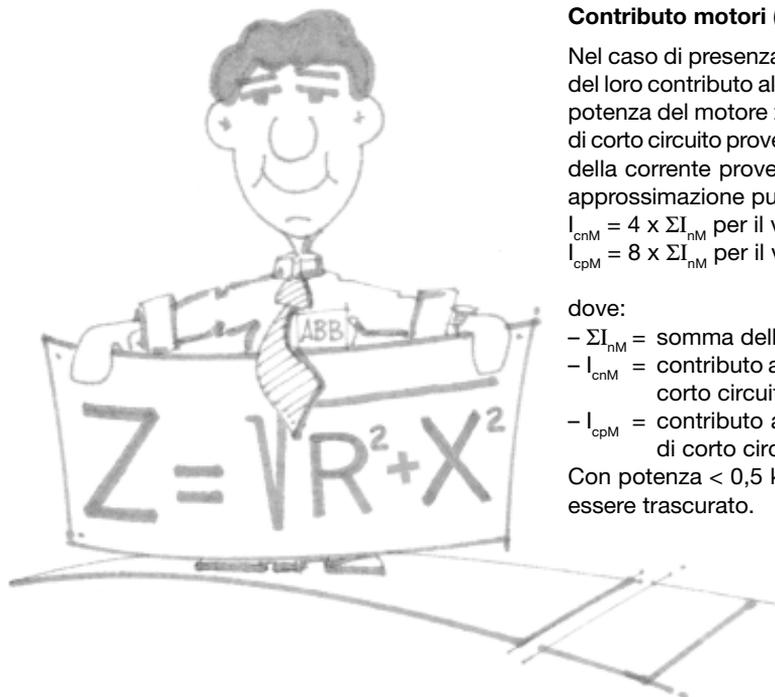
$$I_{cnM} = 4 \times \Sigma I_{nM} \text{ per il valore simmetrico}$$

$$I_{cpM} = 8 \times \Sigma I_{nM} \text{ per il valore di cresta}$$

dove:

- ΣI_{nM} = somma delle correnti nominali dei motori
- I_{cnM} = contributo alla corrente presunta efficace di corto circuito
- I_{cpM} = contributo al valore di picco della corrente di corto circuito.

Con potenza < 0,5 kW il contributo è debole e può essere trascurato.



Calcolo delle correnti di corto circuito

c) Calcolo delle correnti di corto circuito nei vari punti dell'impianto elettrico e definizione dei dispositivi di protezione

Caso di un solo trasformatore (Fig. 15/3)

- Valore della I_{cc1} e I_{cc2} nei punti A e B

- **Punti A e B**

Il valore di I_{cc1} , che è pressoché uguale a quello della I_{cc2} (vedere quanto premesso al paragrafo 15.1), è dato in Tab. 15/1 in corrispondenza della potenza P_n del trasformatore. Con il valore di I_n , dato sempre in Tab. 15/1, è possibile scegliere l'interruttore Q .

Dalla I_{cc2} e dalla I_{B1} richiesta, scegliere l'interruttore Q_1 .

- Valore delle I_{cc3} e I_{cc4} nei punti C e D

- **Punto C**

Determinare l'impedenza Z_{c1} del conduttore di collegamento tra quadro principale e sottoquadro tramite le Tab. 15/3 o 15/4 e leggere in Tab. 15/5 in corrispondenza di Z_{c1} e della P_n del trasformatore, la corrente di corto circuito I_{cc3} . In base alla I_{B2} richiesta scegliere l'interruttore Q_2 .

- **Punto D**

Determinare l'impedenza del conduttore di collegamento tra sottoquadro e quadro di distribuzione tramite le Tab. 15/3 o 15/4. Sommare $Z_{c1} + Z_{c2}$ e tramite la Tab. 15/5, in corrispondenza del valore somma trovato e della P_n del trasformatore, leggere il valore di I_{cc4} . In base alla I_{B3} richiesta scegliere l'interruttore Q_3 .

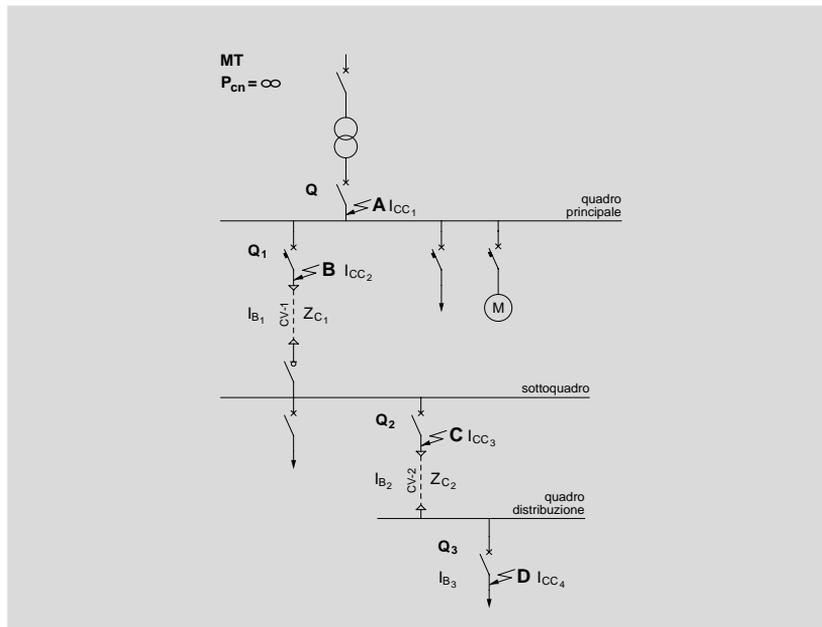


Fig. 15/3

Calcolo delle correnti di corto circuito

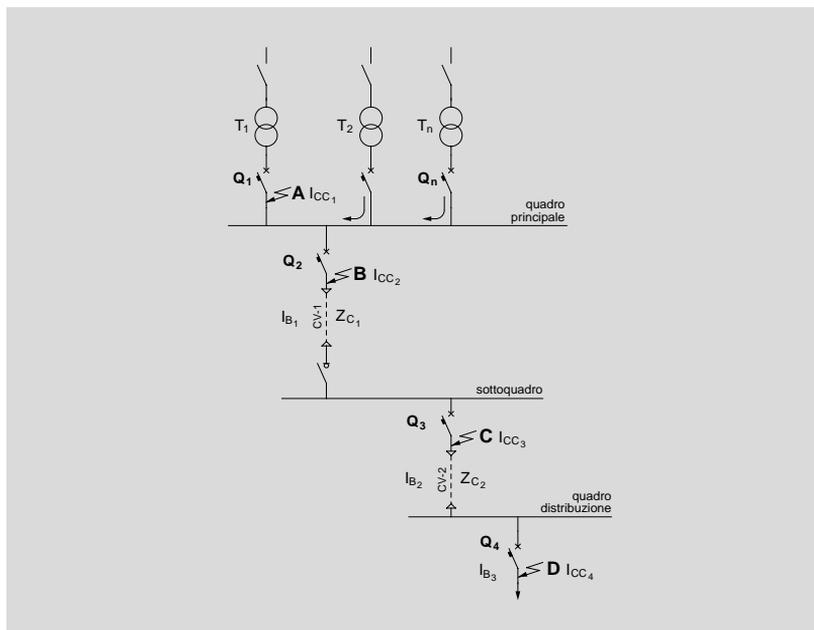


Fig. 15/4

Caso di più trasformatori uguali in parallelo sulle sbarre del quadro principale

Nel caso di “n” trasformatori uguali in parallelo le correnti di corto circuito si calcolano con buona approssimazione come segue (Fig. 15/4):

- nel punto **A** (interruttore Q_1) $I_{cc1} = I_{cc}$ singolo trasformatore $\times (n-1)$
- nel punto **B** (interruttore Q_2) $I_{cc2} = I_{cc}$ singolo trasformatore $\times n$
- per i punti **C** e **D** procedere come segue:
 - definire il valore della I_{cc2} (lcc singolo trasformatore $\times n$)
 - fissare sulle ordinate del diagramma (Fig. 15/5) riferito a $U_n = 380$ V (tensione concatenata), il valore della I_{cc2} trovato; in corrispondenza del punto di incontro con la retta **Z** leggere sulle ascisse l’impedenza equivalente della sorgente di alimentazione Z_s , in mΩ. Per U_n diverso da 380 V moltiplicare Z_s letto per i seguenti fattori **k**:

220V : k = 0,58	440V : k = 1,16
380V : k = 1	480V : k = 1,26
400V : k = 1,05	500V : k = 1,31
415V : k = 1,09	600V : k = 1,73
 - conosciuto il valore di Z_s , le correnti di corto circuito nei punti **C** e **D** saranno rispettivamente:

$$I_{cc(C)} = \frac{U_n}{\sqrt{3} (Z_s + Z_{C1})} \quad (\text{kA})$$

$$I_{cc(D)} = \frac{U_n}{\sqrt{3} (Z_s + Z_{C1} + Z_{C2})} \quad (\text{kA})$$

Calcolo delle correnti di corto circuito

dove:

- U_n è la tensione concatenata in V;
- Z_{c1} e Z_{c2} sono rispettivamente le impedenze dei cavi di collegamento fra interruttori $Q_2 - Q_3$ e $Q_3 - Q_4$ in $m\Omega$, calcolate mediante le Tab. 15/3 e 15/4;
- Le somme $(Z_s + Z_{c1})$ e $(Z_s + Z_{c1} + Z_{c2})$ sono scalari; si possono considerare in realtà molto prossime a quelle vettoriali se si considerano linee di collegamento, che, pur essendo diverse, presentino sezioni comprese entro un intervallo di 3-4 valori tra quelle in commercio.

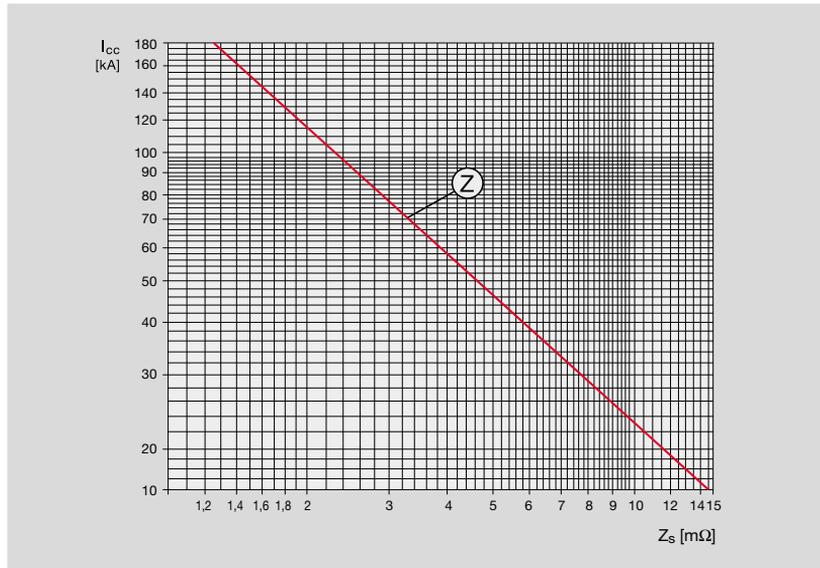


Fig. 15/5

Caso in cui il collegamento tra i morsetti del trasformatore lato BT e il relativo interruttore di protezione sia fatto con conduttori di una determinata lunghezza della cui impedenza si voglia tenere conto

- **Con singolo trasformatore** (Fig. 15/6)

La I_{cc1} per il punto **A** e quindi anche la I_{cc2} per il punto **B**, si determinano con il seguente metodo:

- utilizzando la Tab. 15/3 o 15/4 si definisce l'impedenza Z_{c0} del relativo cavo di collegamento verso monte col trasformatore,
- utilizzando poi la Tab. 15/5 in corrispondenza dell'impedenza trovata e della P_n del trasformatore, si ricava il valore della I_{cc1} e quindi I_{cc2} nei punti voluti. I valori di I_n del trasformatore e di I_{cc1} consentono di scegliere l'interruttore Q_1 . Per il punto **C** sommare $Z_{c0} + Z_{c1}$ e leggere in Tab. 15/5 in corrispondenza di P_n , la I_{cc3} . Per il punto **D** sommare $Z_{c0} + Z_{c1} + Z_{c2}$ e leggere in corrispondenza del valore trovato, sempre in Tab. 15/5, il valore di I_{cc4} .

In accordo con le correnti d'impiego richieste I_{B1} , I_{B2} e I_{B3} si possono scegliere gli interruttori Q_2 , Q_3 e Q_4 .

Calcolo delle correnti di corto circuito

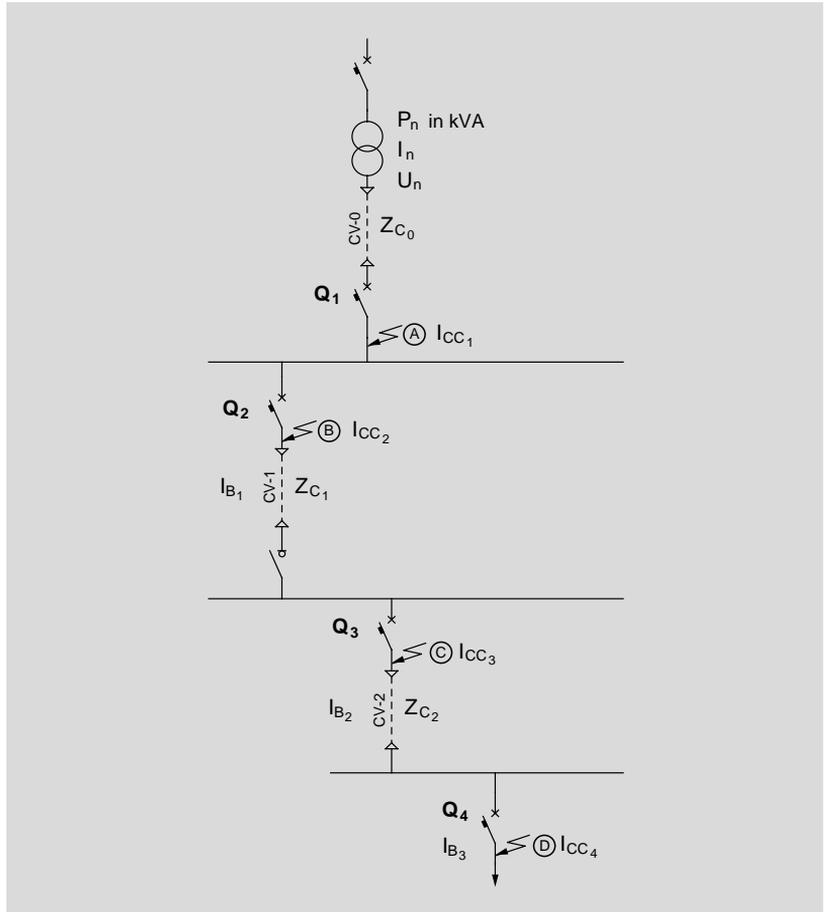


Fig. 15/6

Calcolo delle correnti di corto circuito

– Con “n” trasformatori uguali in parallelo (Fig. 15/7)

Procedere come al punto precedente per determinare la I_{cc1} per ogni punto A:

- l'interruttore Q_1 deve essere scelto conoscendo la I_n del relativo trasformatore e ricordando che la $I_{cc} = I_{cc1} \cdot (n-1)$;
- l'interruttore Q_2 deve essere scelto sapendo che la $I_{cc} = I_{cc1} \cdot n$ e conoscendo la corrente richiesta I_{B1} del carico alimentato;
- per gli eventuali punti C e D a valle procedere come nel caso trattato al punto precedente, calcolando le impedenze in funzione delle correnti di guasto.

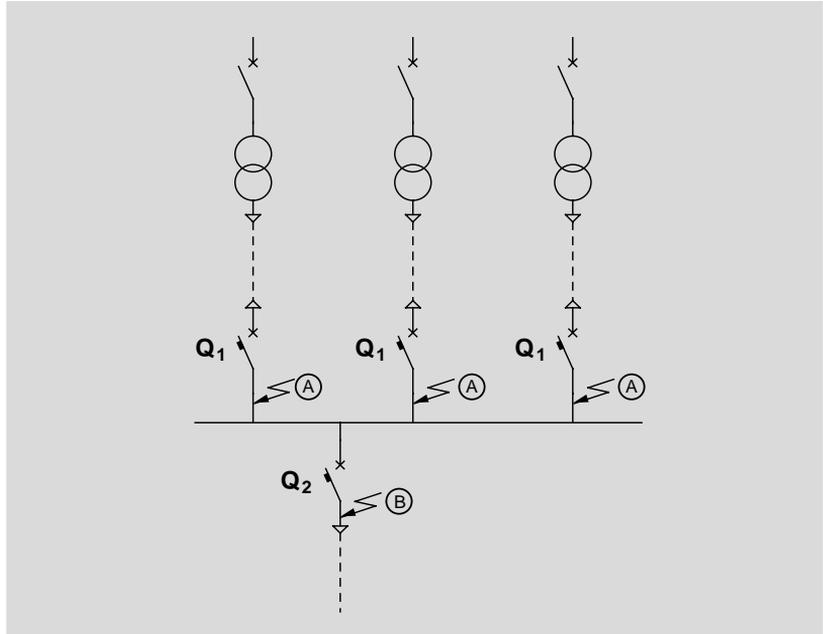


Fig. 15/7

Calcolo delle correnti di corto circuito

15.2 Corrente continua

a) Impianti tipici

L'adozione della corrente continua è dovuta alla necessità di disporre di una fonte di energia che consenta di alimentare con affidabilità servizi essenziali, come sistemi di protezione, luci di emergenza, sistemi di allarme, gruppi di continuità ecc., anche in mancanza delle normali fonti di energia.

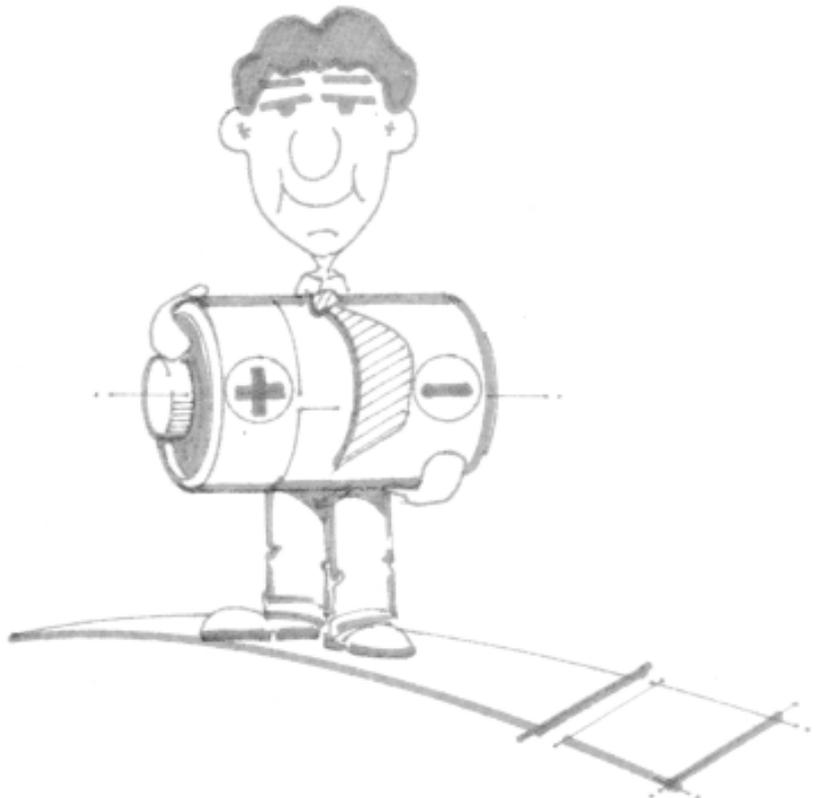
Le batterie di accumulatori, alimentate in tampone dalla rete ed installate nelle vicinanze degli utilizzatori, costituiscono la fonte di energia più sicura per l'alimentazione di detti servizi.

La tensione nominale della maggior parte di questi impianti è inferiore a 250 V e, generalmente compresa fra 24 V e 220 V; non è però escluso il caso di tensioni superiori, anche fino a 1000 V.

Le correnti di guasto sono di solito molto elevate in prossimità delle sorgenti di alimentazione, data la bassa resistenza interna delle batterie. Di tale fatto occorre tener conto nella scelta degli interruttori automatici.

Tra le applicazioni principali degli interruttori automatici impiegati nei circuiti in corrente continua, si evidenziano le seguenti:

- trazione elettrica
- impianti industriali con processi elettrolitici di vario tipo
- complessi per la diseccitazione rapida delle macchine sincrone (Fig. 15/8).



Calcolo delle correnti di corto circuito

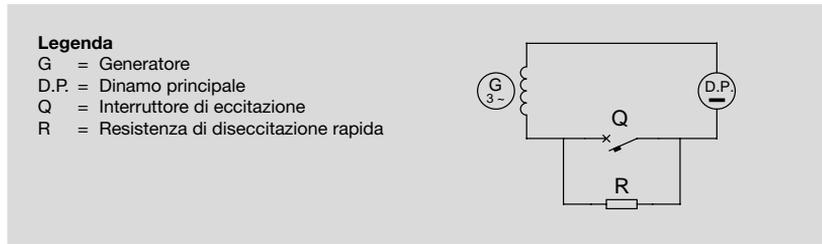


Fig. 15/8 – Circuito di eccitazione di una macchina sincrona con diseccitazione rapida

b) L'interruzione della corrente continua

La corrente continua presenta problemi maggiori che non la corrente alternata per quanto riguarda i fenomeni legati all'interruzione di correnti di valore elevato. In alternata esiste un naturale passaggio per lo zero della corrente ad ogni semiperiodo, al quale corrisponde uno spontaneo spegnimento dell'arco che si forma quando si apre il circuito.

In corrente continua bisogna invece forzare il passaggio per lo zero della corrente per garantire lo spegnimento dell'arco. Inoltre, interrompendo bruscamente il passaggio della corrente senza dissipare l'energia elettromagnetica accumulata nel circuito, si generano dei picchi di tensione di valore molto elevato, che favoriscono il riadesamento dell'arco e possono danneggiare l'impianto.

È quindi evidente che in questi casi è necessario disporre di interruttori automatici che assicurino:

- rapido intervento con adeguato potere di interruzione;
- elevata capacità di limitare la corrente di guasto;
- effetto di contenimento delle sovratensioni.

Nella Fig. 15/9 è riportato l'oscillogramma di una corretta interruzione che soddisfa le condizioni sopra descritte.

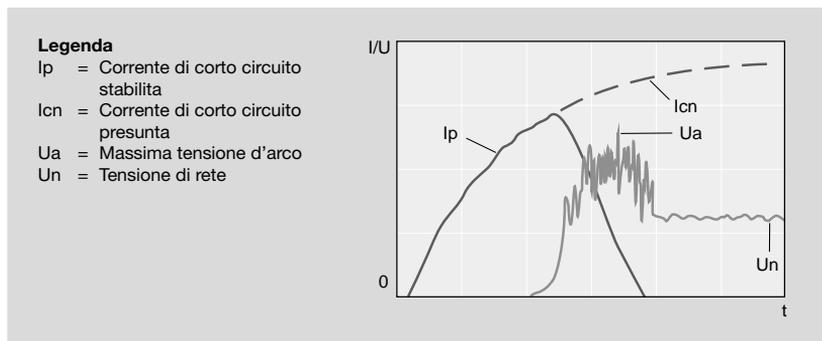


Fig. 15/9 – Oscillogramma dell'interruzione di una corrente di corto circuito in c.c.

Calcolo delle correnti di corto circuito

c) Schemi base delle reti in corrente continua

La Fig. 15/10 rappresenta tre schemi frequentemente utilizzati. In merito si riportano alcune considerazioni.

- **Nello schema 1)** i guasti **A** e **C** tra ciascuna polarità e la terra, se non contemporanei, sono senza conseguenze, essendo il sistema isolato, mentre il guasto **B** stabilisce una corrente di corto circuito tra le due polarità.

La presenza contemporanea di un guasto **A** e di un guasto **C** è altamente improbabile e corrisponde in sostanza ad un guasto di tipo **B**. L'interruttore automatico può essere inserito su una sola o su entrambe le polarità indifferentemente. Qualora però all'interruttore venga affidato anche il compito di sezionamento è indispensabile che entrambe le polarità vengano interrotte.

- **Nello schema 2)** il guasto **A** stabilisce una corrente di guasto a massa sulla polarità non messa a terra, mentre il guasto **B** stabilisce una corrente di corto circuito tra le due polarità.

Il guasto **C** verso massa della polarità messa a terra è senza conseguenze. In questo caso, per il solo fine protettivo, basta installare l'interruttore automatico su una sola polarità, quella isolata da terra. È comunque necessario prevedere un polo supplementare sulla polarità a massa se si vuole realizzare anche l'operazione di sezionamento.

- **Nello schema 3)** i guasti **A** e **C** stabiliscono una corrente di guasto su ciascuna polarità verso massa. L'interruttore automatico, anche al fine della sola protezione, deve quindi essere bipolare e inserito su entrambe le polarità.

d) Calcolo della corrente di corto circuito di una batteria di accumulatori

In caso di corto circuito una batteria di accumulatori fornisce ai suoi morsetti una corrente ricavabile applicando la legge di Ohm:

$$I_{cc} = \frac{V_0}{R_1}$$

Calcolo delle correnti di corto circuito

dove:

V_o = tensione ai morsetti della batteria

R_i = resistenza interna.

Il valore di V_o è quello relativo alla massima tensione di scarica della batteria, partendo dalla condizione di batteria completamente carica.

Il valore di resistenza interna R_i deve invece essere fornito dal costruttore in funzione della capacità in Ah e del numero di elementi, tenendo conto del loro collegamento.

Qualora il valore di R_i non fosse noto si può utilizzare una formula empirica per calcolare la corrente di corto circuito ai morsetti (espressa in kA)

$$I_{CC} = (k \cdot Ah) \cdot 10^{-3}$$

dove:

Ah = capacità della batteria in A/h

k = coefficiente variabile da 8 a 15, in funzione del tipo di batteria:

* K = 8 ... 10 per batterie costituite prevalentemente da soli elementi in serie;

* K = 12 ... 15 per batterie costituite da elementi collegati con il sistema serie-parallelo con prevalenza del parallelo sulla serie.

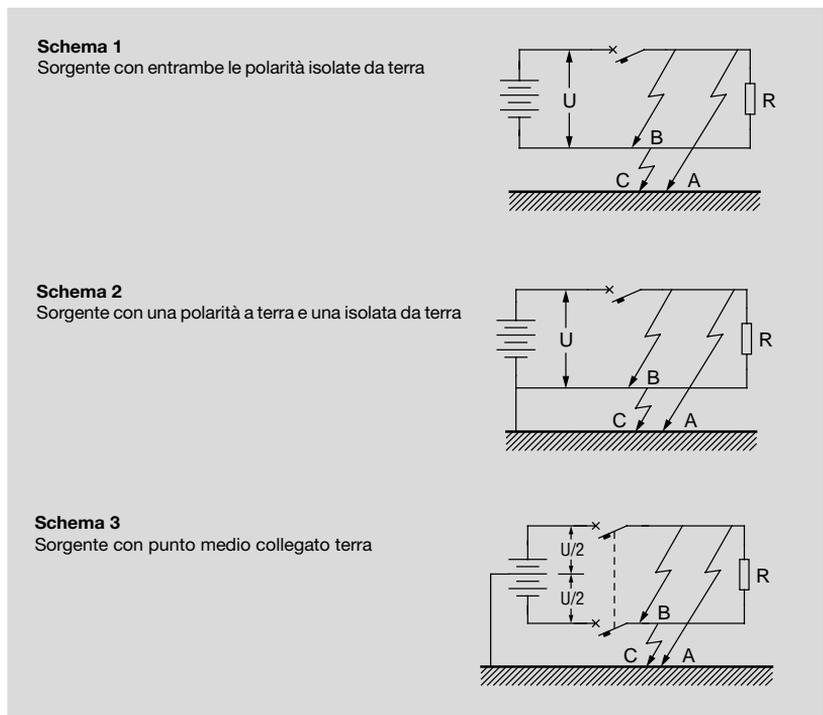


Fig. 15/10

Calcolo delle correnti di corto circuito

e) Esempio

Si abbia una batteria a cui corrispondono le seguenti caratteristiche:

- capacità 500 Ah
- tensione massima di scarica 240 V
- 110 elementi in serie da 2,2 V/elemento
- resistenza interna 0,5 mΩ elemento

– Si ricava la resistenza interna R_i : $R_i = 110 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 55 \cdot 10^{-3} \Omega$

– La corrente di corto circuito è data da:

$$I_{cc} = \frac{240}{55 \cdot 10^{-3}} = 4364 \text{ A} = 4,4 \text{ kA}$$

– Se non fosse nota la resistenza per elemento, si deve fare riferimento alla formula empirica del precedente paragrafo d), assumendo $k = 9$:

$$I_{cc} = 9 \cdot 500 \cdot 10^{-3} = 4,5 \text{ kA}$$

– Sempre supponendo un impianto analogo, ma da 100 Ah, costituito da due sistemi in parallelo permanente, la resistenza interna totale equivalente sarebbe dimezzata rispetto a quella calcolata precedentemente, per cui la corrispondente corrente di corto circuito sarebbe raddoppiata raggiungendo il valore di **8,8 kA**.

Anche in questo caso, utilizzando la formula empirica ed adottando un coefficiente $k = 9$, si otterrebbe:

$$I_{cc} = 9 \cdot 1000 \cdot 10^{-3} = 9 \text{ kA}$$

f) Le soluzioni

Interruttori ABB SACE

– Impianti fino a 1000 V

Gli interruttori automatici di bassa tensione delle serie **SACE Isomax S** con sganciatori termomagnetici e **SACE Emax**, sono idonei per essere impiegati in impianti in corrente continua alla tensione di esercizio di **1000 V**.

I poteri di interruzione, riportati nei cataloghi relativi alle singole serie di interruttori, sono riferiti ad una interruzione di corrente effettuata con due poli dell'interruttore e si riferiscono al caso a) della Fig. 15/21 in cui entrambe le polarità vengono interrotte.

Nel caso in cui una delle due polarità del circuito non debba essere interrotta, occorre che i due poli dell'interruttore siano collegati in serie sull'altra polarità, caso b) della Fig. 15/11.

Calcolo delle correnti di corto circuito

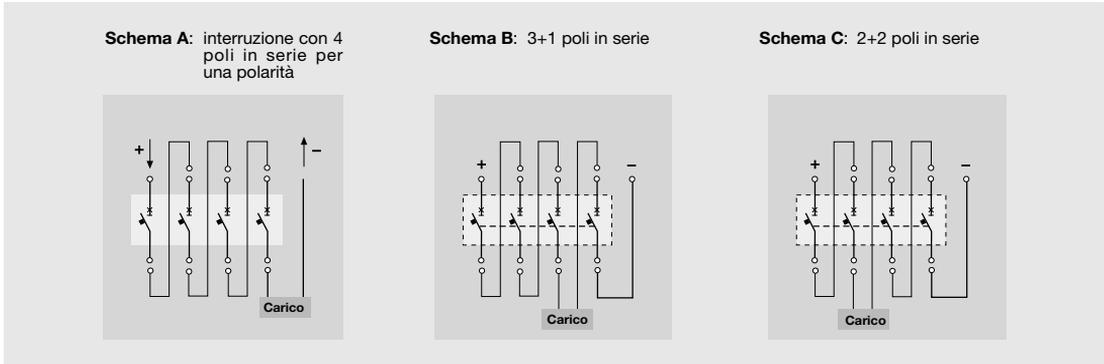


Fig. 15/11 – Interruttori per impiego fino a 1000 V c.c. Schemi tipici di impiego per interruttori scatola

Tab. 15/6 – Interruttori SACE Isomax S per impiego in corrente continua

		 SACE Isomax S1	 SACE Isomax S2	 SACE Isomax S3	 SACE Isomax S5	 SACE Isomax S6
Corrente ininterrotta nominale, I _n [A]		125	160	160 - 250	400 - 630	630 - 800
Tensione nominale d'impiego, U _e (DC) [V]		250	500	750	750	750
Potere di interruzione nominale limite in corto circuito, I _{cu}		E B N	B N S	N H L	N H L	N S H L
(DC) 250 V - 2 poli in serie [kA]		10 16 25	16 35 50	35 65 85	35 65 100	35 50 65 100
(DC) 500 V - 2 poli in serie [kA]		- - -	- - -	35 50 65	35 50 65	20 35 50 65
(DC) 500 V - 3 poli in serie [kA]		- - -	16 35 50	- - -	- - -	- - - -
(DC) 750 V - 3 poli in serie [kA]		- - -	- - -	20 35 50	20 35 50	16 20 35 50

Calcolo delle correnti di corto circuito

Gamma a 1000 V in c.c.

		S3	S5	S6	S6
Corrente ininterrotta nominale, Iu	[A]	160-250	400	630	800
Poli	Nr.	4	4	4	4
Tensione nominale d'impiego, Ue	[V -]	1000	1000	1000	1000
Tensione nominale di tenuta ad impulso, Uimp	[kV]	8	8	8	8
Tensione nominale d'isolamento, Ui	[V]	1000	1000	1000	1000
Tensione di prova a frequenza industriale per 1 min.		3000	3000	3000	3000
Potere di interruzione nominale limite in corto circuito, Icu (4 poli in serie)	[kA]	L 40	L 40	L 40	L 50
Potere di chiusura nominale in corto circuito	[kA]	40	40	40	50
Durata di apertura	[ms]	25	35	45	50
Corrente di breve durata ammissibile nominale per 1 s, Icw	[kA]	-	5	7,6	10
Categoria di utilizzazione (EN 60947-2)		A	B	B	B
Attitudine al sezionamento		■	■	■	■
IEC 60947-2, EN 60947-2		■	■	■	■
Sganciatori termomagnetici T regolabile, M fisso 10 lth		■	-	-	-
Sganciatori termomagnetici T regolabile, M regolabile		-	■	■	■
Esecuzioni		F	F	F	F
Terminali		F	F	F	F
Fissaggio su profilato DIN		DIN EN 50023	DIN EN 50023	-	-
Vita meccanica [Nr. manovre / operaz. orarie]		25000/120	20000/120	20000/120	20000/120
Dimensioni base, fisso	L [mm]	140	184	280	280
	P [mm]	103,5	103,5	103,5	103,5
	H [mm]	170	254	268	268
Pesi, fisso	[kg]	3,5	7	12	12

Calcolo delle correnti di corto circuito

– Sganciatori di protezione

Gli sganciatori di massima corrente per corrente continua forniti di serie sono di tipo:

– termomagnetico o solo magnetico per gli interruttori scatola.

Gli interruttori SACE S1, S2, S3, S5, S6 equipaggiati con sganciatori termomagnetici trovano impiego nella protezione di reti in corrente continua, con un campo di applicazione da 10 a 800 A ed una tensione minima di funzionamento di 24 V DC.

Con 2 poli in serie gli interruttori SACE Isomax S possono essere utilizzati con tensioni nominali di 250 e 500 V e poteri di interruzione fino a 100 kA (250 V DC) e 65 kA (500 V DC); mentre con gli interruttori SACE S3, S5, S6 con 3 poli in serie sono raggiungibili i 750 V e poteri di interruzione fino a 50 kA.

I vari schemi di connessione possibili e i fattori correttivi delle soglie di intervento sono riportati a pag. 15/16.

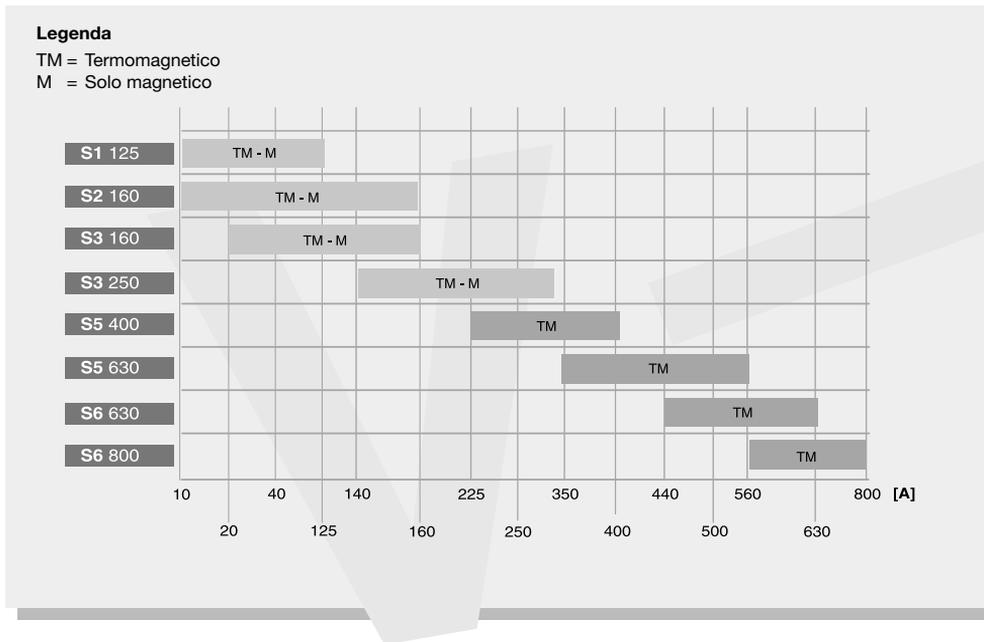


Fig. 15/12 - Campo di applicazione degli interruttori in corrente continua

Calcolo delle correnti di corto circuito

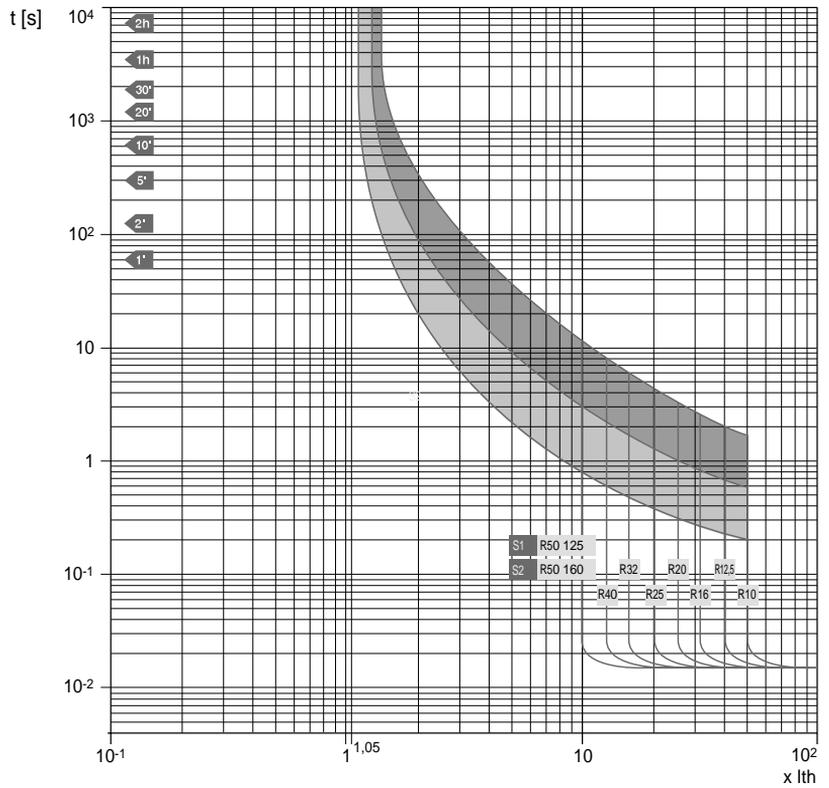


Fig. 15/13 -Esempio di regolazione degli sganciatori termomagnetici per interruttori S1-S2 ($I_m = 10 \times I_{th}$)

Calcolo delle correnti di corto circuito

Interruttori modulari ABB

Per le applicazioni in corrente continua possono essere utilizzati sia la maggior parte degli interruttori modulari magnetotermici in versione standard, rispettando gli opportuni valori limite di tensione (si vedano i dati sotto riportati), sia le apposite esecuzioni speciali.

È importante ricordare che il valore di intervento elettromagnetico in corrente continua risulta pari a circa 1,5-1,6 volte il corrispondente valore in corrente alternata.

Per quanto concerne l'attuale gamma di interruttori automatici ABB, possono essere utilizzati in corrente continua le versioni standard degli apparecchi appartenenti alle serie S 250, S 270, S 280, S 210.

I valori di tensione per gli interruttori in versione standard per applicazioni in c.c. sono i seguenti:

Serie	Tensione massima ammissibile
S 210	60 V c.c. per interruttori unipolari
S 250, S 270, S 280	110 V c.c. per interruttori bipolari (o quadripolari) (doppia interruzione del circuito)

– Esecuzioni S 280 UC per applicazioni in c.c.

Le esecuzioni speciali per corrente continua si differenziano dalle versioni standard in quanto dotate di un magnete permanente che aiuta a realizzare l'estinzione dell'arco.

Nel collegare questi interruttori è quindi fondamentale assicurarsi che vengano osservate l'esatta polarità e la direzione prescritta della corrente.

Sono disponibili le esecuzioni speciali di interruttori della serie S 280 nelle curve caratteristiche C, Z, K e B.

I valori del potere di interruzione in kA e i tempi massimi di interruzione in ms sono riportati nelle tabelle dei dati tecnici degli interruttori.

In particolare, scegliendo tra le esecuzioni speciali degli interruttori S 280 per interrompere tensioni superiori a 250 V verso terra, occorre utilizzare un interruttore S 280 UC bipolare per l'interruzione di una sola polarità e un interruttore S 280 UC quadripolare per interruzioni di entrambe le polarità.

Nel seguito sono indicati alcuni esempi di collegamento per circuiti in corrente continua.

Calcolo delle correnti di corto circuito

- Esempi di collegamento e di tensioni massime ammesse tra i morsetti in relazione al numero di poli e di interruzioni

Tensione max tra i morsetti	250 V ...	440 V ...	440 V ...	440 V ...	440 V ... inversione di tensione
Tensione max tra i morsetti e la terra	250 V ...	250 V ...	440 V ... ⁽¹⁾	250 V ...	250 V ...
Interruttore automatico modulare	Unipolare S 281 UC	Bipolare S 282 UC	Bipolare S 282 UC	Bipolare S 282 UC	Quadripolare ⁽²⁾ S 284 UC
Alimentazione dal basso					
Alimentazione dall'alto					

- Esempi di alte tensioni tra i morsetti e la terra con tensioni uguali tra i morsetti

Tensione max tra i morsetti	440 V ... interruzione di entrambi i poli	440 V ... interruzione di 1 polo	440 V ... interruzione di entrambi i poli
Tensione max tra i morsetti e la terra	250 V alimentazione con messa a terra simmetrica	440 V rete non a terra o con messa a terra asimmetrica	440 V rete non a terra o con messa a terra asimmetrica
Interruttore automatico modulare	Bipolare S 281 UC	Bipolare S 282 UC	Quadripolare ⁽²⁾ S 284 UC

(1) Nell'esempio di interruzione il polo negativo è a terra

(2) Esecuzione 4 poli protetti fornibile a richiesta

16.1	Introduzione al problema	16/2
16.2	Il fattore di potenza	16/4
16.3	Tipi di rifasamento	16/5
16.4	Scelta del condensatore	16/8
16.5	Manovra e protezione di batterie di condensatori	16/12
16.6	Esempi di rifasamento	16/18
	16.6.1 Rifasamento dei motori asincroni	16/18
	16.6.2 Rifasamento dei trasformatori	16/21
	16.6.3 Rifasamento degli impianti	16/22

Rifasamento

16.1 Introduzione al problema

Generalmente, nelle applicazioni industriali, gli utilizzatori sono di tipo ohmico-induttivo e possono presentare un angolo di sfasamento tensione-corrente φ particolarmente elevato.

Si rende allora necessario rifasare, cioè diminuire tale angolo al fine di ridurre il modulo della corrente totale I_T circolante in linea e di conseguenza la potenza persa (Fig. 16/1).

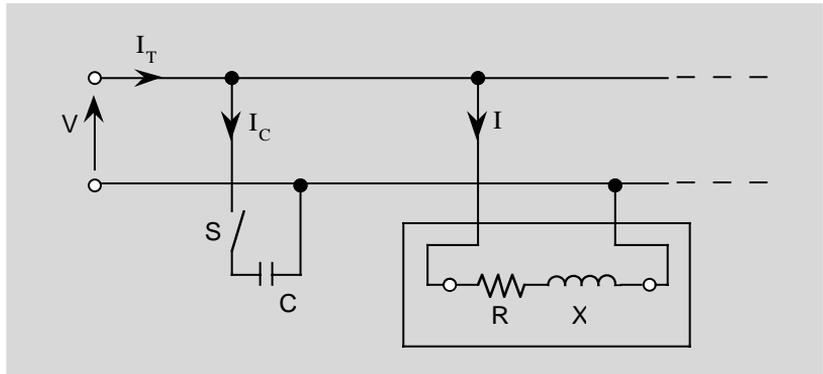


Fig. 16/1

Per rifasare si allaccia in parallelo al carico un condensatore che assorbe una corrente I_C sfasata di 90° in anticipo rispetto la tensione.

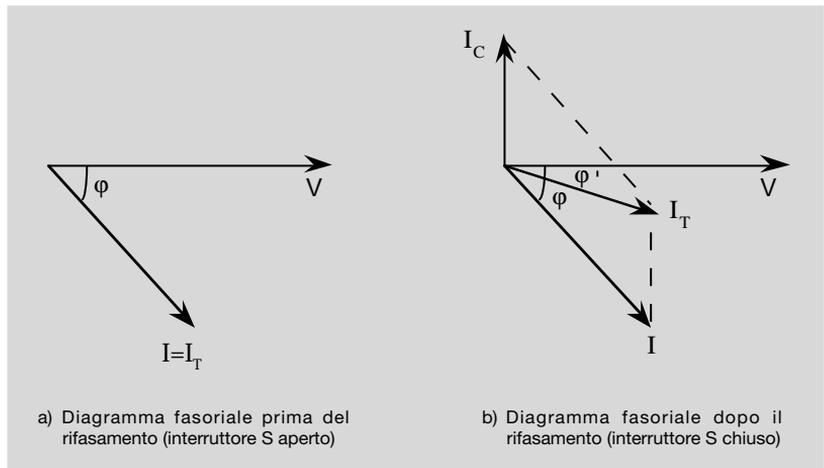


Fig. 16/2

Rifasamento

Il rifasamento può essere totale o parziale:

$$\varphi' = 0$$

$$\varphi' < \varphi \quad (\text{con } \varphi' \text{ di valore prestabilito})$$

Rifasamento totale

Rifasamento parziale

Per determinare il valore della capacità necessaria a rifasare un impianto è utile riferirsi al triangolo delle potenze.

Si consideri ancora lo schema di Fig. 16/1; il triangolo delle potenze del carico è rappresentato in Fig. 16/3.

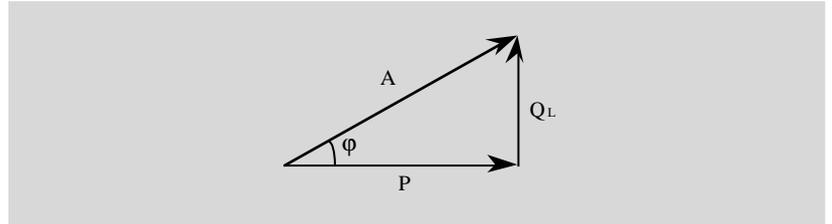


Fig. 16/3

Per rifasare totalmente, il condensatore deve assorbire una potenza reattiva:

$$Q_c = Q_L$$

ossia $\omega C V^2 = P \operatorname{tg} \varphi$

da cui
$$C = \frac{P \operatorname{tg} \varphi}{\omega V^2}$$

Se invece si desidera un rifasamento parziale ad un certo $\cos \varphi'$ prestabilito, si ha:

$$Q_c = Q_L - Q'$$

ossia $\omega C V^2 = P \operatorname{tg} \varphi - P \operatorname{tg} \varphi'$

da cui
$$C = \frac{P (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')}{\omega V^2}$$

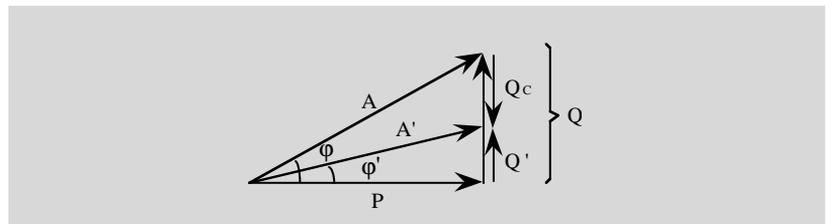


Fig. 16/4

16.2 Il fattore di potenza

Il coseno dell'angolo φ prima menzionato prende il nome, com'è noto, di fattore di potenza.

Il fattore di potenza dell'energia fornita ad un impianto, misurato nel punto di consegna, dipende solo dalle caratteristiche dell'impianto utilizzatore e non dall'ente di distribuzione.

Sempre con riferimento alla Figura 16/3 è immediato verificare che il fattore di potenza è dato dal rapporto tra la potenza attiva P e la potenza apparente A e rappresenta il rendimento dell'intero sistema.

$$\frac{P}{A} = \frac{V I \cos \varphi}{V I} = \cos \varphi$$

Maggiore è lo sfasamento tra I e V , e quindi l'angolo φ , minore sarà il valore di $\cos \varphi$ al quale corrisponde una maggiore potenza reattiva Q e quindi maggiori oneri finanziari per l'Ente Distributore che dovrà fornire più potenza apparente (VI); cioè produrre più potenza reattiva, per soddisfare le esigenze delle varie utenze.

È quindi evidente come in funzione del valore del $\cos \varphi$ dell'impianto, l'Ente Distributore applichi tariffe differenziate, che si traducono in penalità quando il fattore di potenza scende al di sotto di un certo valore.

Il valore minimo definito per il $\cos \varphi$ esente da penalità è pari a 0,9. Esso è stato stabilito dal Comitato Interministeriale Prezzi (CIP) ai fini del risparmio energetico perseguito da tutti i paesi maggiormente industrializzati.

Il valore ottimale per un $\cos \varphi$ rifasato è quello che sta poco al di sopra di 0,9 per non pagare le penalità previste dalla legge, ma non necessariamente prossimo all'unità per evitare il rischio di avere un $\cos \varphi$ in anticipo e quindi controfornire energia reattiva alla rete quando l'apparecchio utilizzatore lavora a basso carico, cosa non permessa dal provvedimento del CIP.

Il rifasamento di un impianto porta vantaggi economici sia per chi rifasa (riduzione nell'addebito dell'energia reattiva da parte dell'Ente Distributore) sia per la collettività (riduzione delle perdite sulle linee dell'Ente Distributore e sui circuiti utilizzatori, quindi riduzione delle spese di generazione dell'energia elettrica).

Inoltre consente di:

- aumentare la potenzialità dell'impianto esistente perché a parità di dimensioni (trasformatori e cavi) viene utilizzata maggior energia attiva;
- ridurre le cadute di tensione lungo la linea elettrica e sull'impianto interno.

Rifasamento

16.3 Tipi di rifasamento

I criteri secondo cui rifasare sono vari e la loro scelta è funzione:

- della durata e della distribuzione nell'impianto dei carichi
- del tipo di servizio
- dell'andamento giornaliero dei carichi. Il rifasamento può essere di tipo:
 - a) distribuito
 - b) parzializzato
 - c) centralizzato.

a) Rifasamento distribuito

Unità di rifasamento allacciate direttamente ai morsetti delle singole utenze.

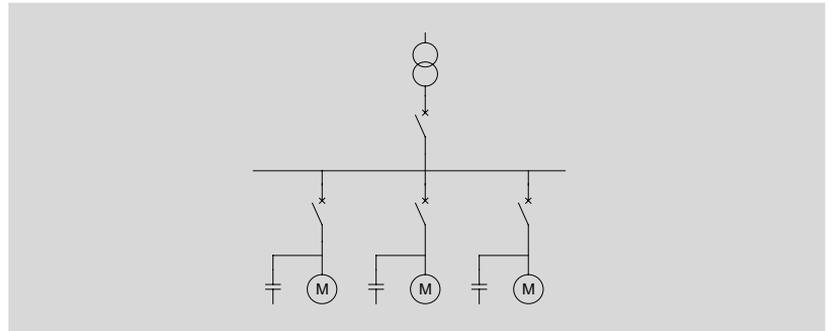


Fig. 16/5

In linea di principio è la soluzione tecnica da preferire perché:

- condensatore e apparecchio utilizzatore seguono esattamente le stesse vicende per cui la regolazione del $\cos\phi$ risulta sistematica ed automatica;
- oltre all'Ente Distributore beneficia dello sgravio dell'energia reattiva anche l'utente che, oltre alla riduzione tariffaria, ottiene un vantaggio nel dimensionamento delle linee interne dell'impianto che collegano la cabina MT/BT con i carichi "rifasati" ($\cos\phi$ più basso, reattanza più bassa, quindi cavi con una sezione inferiore a parità di corrente richiesta);
- condensatore e carico possono essere inseriti e disinseriti contemporaneamente, usufruendo inoltre delle stesse protezioni contro i sovraccarichi ed i cortocircuiti.

Quando conviene

Nei casi dove la maggior parte della potenza reattiva richiesta è concentrata in grossi carichi (potenze elevate di alcuni utilizzatori rispetto alla potenza totale installata) che lavorano parecchie ore al giorno.

Rifasamento

b) Rifasamento parzializzato

Unità di rifasamento allacciate al quadro principale che forniscono energia reattiva alle varie utenze per gruppi utilizzatori.

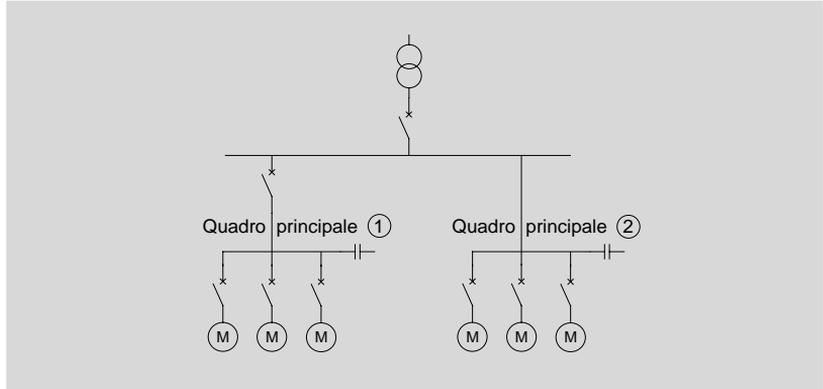


Fig. 16/6

Quando conviene

Nel caso in cui l'impianto è molto esteso e alimenta utenze (ad esempio officine) con diverso andamento dei carichi.

Rifasamento

c) Rifasamento centralizzato

Unità di rifasamento allacciate a monte di tutti i carichi da rifasare e installate immediatamente a valle del punto di misura del $\cos\phi$, ad esempio nella cabina MT/BT o in prossimità del quadro generale di distribuzione.

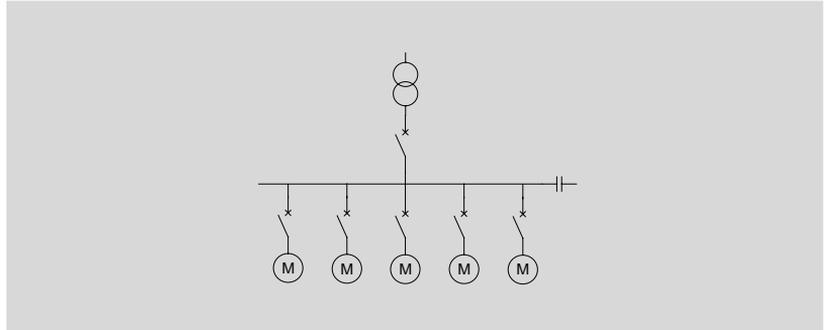


Fig. 16/7

Quando conviene

Nel caso di impianti con molti carichi eterogenei che lavorano saltuariamente, nei quali l'assorbimento di energia reattiva da parte dei carichi contemporaneamente in servizio risulta abbastanza modesto e mediamente costante. Ciò permette di installare una batteria di potenza notevolmente inferiore alla potenza complessiva che sarebbe necessaria, per esempio, nel caso del rifasamento distribuito, quindi minore spesa, in considerazione anche del fatto che il costo del kvar per un condensatore di grossa potenza è inferiore a quello dei piccoli condensatori.

Se l'assorbimento di potenza reattiva è molto variabile, occorre prevedere una regolazione automatica con una batteria a più gradini. Se la batteria deve essere utilizzata non più di due volte al giorno, conviene una manovra manuale.

Rifasamento

16.4 Scelta del condensatore

La potenza necessaria della batteria di condensatori per ottenere un determinato rifasamento dipende dalla potenza del carico che si vuole rifasare e, ovviamente, dal $\cos\varphi$ di partenza e dal $\cos\varphi$ che si vuole ottenere.

La Tab. 16/1 permette di calcolare, per ogni valore di $\cos\varphi$ prima e dopo il rifasamento, la potenza necessaria della batteria di condensatori in kvar per kW installato.

Tab. 16/1 - Determinazione della potenza di una batteria di condensatori per rifasamento ⁽¹⁾

(1) Tabella calcolata con le seguenti formule:

$$Q_1 = P \operatorname{tg}\varphi_1 \quad Q_2 = P \operatorname{tg}\varphi_2$$

$$Q_c = Q_2 - Q_1 = P(\operatorname{tg}\varphi_2 - \operatorname{tg}\varphi_1)$$

$$\frac{Q_c}{P} = \operatorname{tg}\varphi_2 - \operatorname{tg}\varphi_1$$

dove:

P : potenza attiva

Q_1, φ_1 : potenza reattiva ed angolo di sfasamento prima del rifasamento

Q_2, φ_2 : potenza reattiva ed angolo di sfasamento dopo il rifasamento

Q_c : potenza richiesta alla batteria di condensatori

Coefficiente moltiplicativo per il calcolo della potenza del condensatore in kvar/kW per elevare il fattore di potenza ($\cos\varphi$) a:														
cos φ di partenza	cos φ da ottenere	0.80	0.85	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1
0.40		1.557	1.668	1.805	1.832	1.861	1.895	1.924	1.959	1.998	2.037	2.085	2.146	2.288
0.41		1.474	1.605	1.742	1.769	1.798	1.831	1.860	1.896	1.935	1.973	2.021	2.082	2.225
0.42		1.413	1.544	1.681	1.709	1.738	1.771	1.800	1.836	1.874	1.913	1.961	2.022	2.164
0.43		1.356	1.487	1.624	1.709	1.680	1.713	1.742	1.778	1.816	1.855	1.903	1.964	2.107
0.44		1.290	1.421	1.558	1.651	1.614	1.647	1.677	1.712	1.751	1.790	1.837	1.899	2.041
0.45		1.230	1.360	1.501	1.585	1.561	1.592	1.626	1.659	1.695	1.737	1.784	1.846	1.988
0.46		1.179	1.309	1.446	1.532	1.502	1.533	1.567	1.600	1.636	1.677	1.725	1.786	1.929
0.47		1.130	1.260	1.397	1.473	1.454	1.485	1.519	1.532	1.588	1.629	1.677	1.758	1.881
0.48		1.076	1.206	1.343	1.425	1.400	1.430	1.464	1.497	1.534	1.575	1.623	1.684	1.826
0.49		1.030	1.160	1.297	1.370	1.355	1.386	1.420	1.453	1.489	1.530	1.578	1.639	1.782
0.50		0.982	1.112	1.248	1.326	1.303	1.337	1.369	1.403	1.441	1.481	1.529	1.590	1.732
0.51		0.936	1.066	1.202	1.276	1.257	1.291	1.323	1.357	1.395	1.435	1.483	1.544	1.686
0.52		0.894	1.024	1.160	1.230	1.215	1.249	1.281	1.315	1.353	1.393	1.441	1.502	1.644
0.53		0.850	0.980	1.116	1.188	1.171	1.205	1.237	1.271	1.309	1.343	1.397	1.458	1.600
0.54		0.809	0.939	1.075	1.144	1.130	1.164	1.196	1.230	1.268	1.308	1.356	1.417	1.559
0.55		0.769	0.899	1.035	1.103	1.090	1.124	1.156	1.190	1.228	1.268	1.316	1.377	1.519
0.56		0.730	0.865	0.996	1.063	1.051	1.085	1.117	1.151	1.189	1.229	1.277	1.338	1.480
0.57		0.692	0.822	0.958	0.986	1.013	1.047	1.079	1.113	1.151	1.191	1.239	1.300	1.442
0.58		0.665	0.785	0.921	0.949	0.976	1.010	1.042	1.076	1.114	1.154	1.202	1.263	1.405
0.59		0.618	0.748	0.884	0.912	0.939	0.973	1.005	1.039	1.077	1.117	1.165	1.226	1.368
0.60		0.584	0.714	0.849	0.878	0.905	0.939	0.971	1.005	1.043	1.083	1.131	1.192	1.334
0.61		0.549	0.679	0.815	0.843	0.870	0.904	0.936	0.970	1.008	1.048	1.096	1.157	1.299
0.62		0.515	0.645	0.781	0.809	0.836	0.870	0.902	0.936	0.974	1.014	1.062	1.123	1.265
0.63		0.483	0.613	0.749	0.777	0.804	0.838	0.870	0.904	0.942	0.982	1.030	1.091	1.233
0.64		0.450	0.580	0.716	0.744	0.771	0.805	0.837	0.871	0.909	0.949	0.997	1.058	1.200
0.65		0.419	0.549	0.685	0.713	0.740	0.774	0.806	0.840	0.878	0.918	0.966	1.027	1.169
0.66		0.388	0.518	0.654	0.682	0.709	0.743	0.775	0.809	0.847	0.887	0.935	0.996	1.138
0.67		0.358	0.488	0.624	0.652	0.679	0.713	0.745	0.779	0.817	0.857	0.905	0.966	1.108
0.68		0.329	0.459	0.595	0.623	0.650	0.684	0.716	0.750	0.788	0.828	0.876	0.937	1.079
0.69		0.299	0.429	0.565	0.593	0.620	0.654	0.686	0.720	0.758	0.798	0.840	0.907	1.049
0.70		0.270	0.400	0.536	0.564	0.591	0.625	0.657	0.691	0.729	0.769	0.811	0.878	1.020
0.71		0.242	0.372	0.508	0.536	0.563	0.597	0.629	0.663	0.701	0.741	0.783	0.850	0.992
0.72		0.213	0.343	0.479	0.507	0.534	0.568	0.600	0.634	0.672	0.712	0.754	0.821	0.963
0.73		0.186	0.316	0.452	0.480	0.507	0.541	0.573	0.607	0.645	0.685	0.727	0.794	0.936
0.74		0.159	0.289	0.425	0.453	0.480	0.514	0.546	0.580	0.618	0.658	0.700	0.767	0.909
0.75		0.132	0.262	0.398	0.426	0.453	0.487	0.519	0.553	0.591	0.631	0.673	0.740	0.882
0.76		0.105	0.235	0.371	0.399	0.426	0.460	0.492	0.526	0.564	0.604	0.652	0.713	0.855
0.77		0.079	0.209	0.345	0.373	0.400	0.434	0.466	0.500	0.538	0.578	0.620	0.687	0.829
0.78		0.053	0.182	0.319	0.347	0.374	0.408	0.440	0.474	0.512	0.552	0.594	0.661	0.803
0.79		0.026	0.156	0.292	0.320	0.347	0.381	0.413	0.447	0.485	0.525	0.567	0.634	0.776
0.80		—	0.130	0.266	0.294	0.321	0.355	0.387	0.421	0.459	0.499	0.541	0.608	0.750
0.81		—	0.104	0.240	0.268	0.295	0.329	0.361	0.395	0.433	0.473	0.515	0.582	0.724
0.82		—	0.078	0.214	0.242	0.269	0.303	0.335	0.369	0.407	0.447	0.489	0.556	0.698
0.83		—	0.052	0.188	0.216	0.243	0.277	0.309	0.343	0.381	0.421	0.463	0.530	0.672
0.84		—	0.026	0.162	0.190	0.217	0.251	0.283	0.317	0.355	0.395	0.437	0.504	0.645
0.85		—	—	0.136	0.164	0.191	0.225	0.257	0.291	0.329	0.369	0.417	0.478	0.620
0.86		—	—	0.109	0.140	0.167	0.198	0.230	0.264	0.301	0.343	0.390	0.450	0.593
0.87		—	—	0.083	0.114	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.317	0.364	0.424	0.567
0.88		—	—	0.054	0.085	0.112	0.143	0.175	0.209	0.246	0.288	0.335	0.395	0.538
0.89		—	—	0.028	0.059	0.086	0.117	0.149	0.183	0.230	0.262	0.309	0.369	0.512
0.90		—	—	—	0.031	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.234	0.281	0.341	0.484

Rifasamento

Riguardo alle grandezze caratteristiche dei condensatori, è utile ricordare che devono essere assunti valori differenti in funzione del tipo di sistema (monofase o trifase) e del tipo di collegamento da utilizzare (trifase a stella e a triangolo) ai fini di una scelta ottimale (rapporto tecnico/economico).

I dati caratteristici di un condensatore, forniti dalla sua targa, sono:

- tensione nominale U_n , che il condensatore deve poter sopportare indefinitamente
- frequenza nominale f (comunemente pari a quella di rete, 50 Hz)
- potenza nominale Q_n , espressa generalmente in kvar (potenza reattiva della batteria di condensatori).

Dai dati di targa, le grandezze caratteristiche del condensatore possono essere ricavate con le seguenti formule:

- per un'unità monofase (Fig. 16/8), la capacità C della batteria di condensatori è:

$$C = \frac{Q_n}{2\pi \cdot f \cdot U_n^2}$$

e la corrente nominale:

$$I_n = 2\pi \cdot f \cdot C \cdot U_n; \quad I_n = \frac{Q_n}{U_n}$$

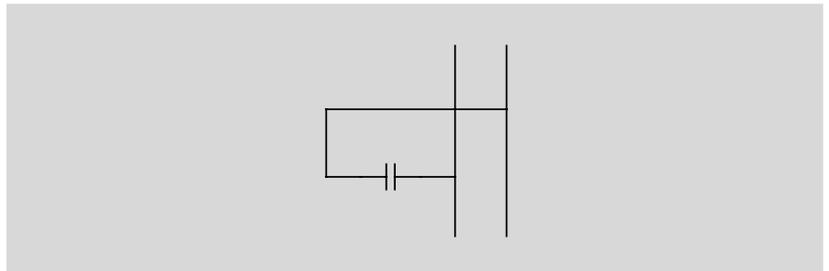


Fig. 16/8

Rifasamento

– per ciascuno dei tre condensatori di una unità trifase, si ha invece (U_n = tensione concatenata del sistema):

- con collegamento a stella (\star) (Fig. 16/9):

$$C_{\star} = \frac{Q_n}{2\pi \cdot f \cdot U_n^2}; \quad I_n = I_l = \frac{2\pi \cdot f \cdot C_{\star} \cdot U_n}{\sqrt{3}}$$

$$I_n = I_l = \frac{Q_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

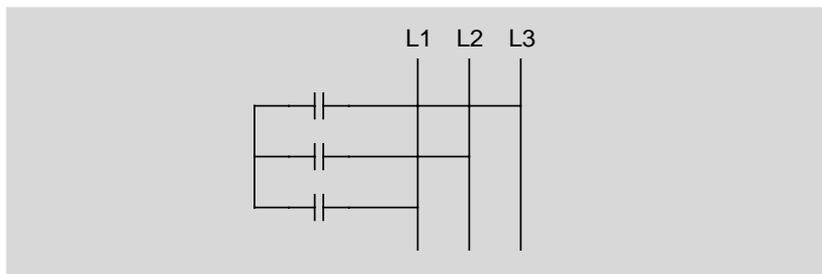


Fig. 16/9

Rifasamento

- con collegamento a triangolo (Δ) (Fig. 16/10):

$$C_{\Delta} = \frac{Q_n}{2\pi \cdot f \cdot U_n^2 \cdot 3}; \quad I_n = 2\pi \cdot f \cdot C_{\Delta} \cdot U_n; \quad I_l = \sqrt{3} \cdot 2\pi \cdot f \cdot C_{\Delta} \cdot U_n$$

$$I_n = \frac{Q_n}{U_n \cdot 3}; \quad I_l = \frac{3}{3} \cdot \frac{Q_n}{U_n}$$

essendo I_n la corrente che attraversa il condensatore e I_l la corrente di linea.

Da quanto sopra esposto si deduce che a parità di potenza reattiva fornita:

- il collegamento a stella richiede capacità 3 volte maggiori rispetto a quella necessaria nel caso del collegamento a triangolo, mentre i singoli condensatori sono sottoposti ad una tensione $\sqrt{3}$ volte minore ($U_n/\sqrt{3}$); quindi risulta vantaggioso dal punto di vista dell'isolamento perché questo viene meno sollecitato, ma non dal punto di vista dell'ingombro e del costo;
- il collegamento a triangolo invece richiede capacità 3 volte minori rispetto a quella necessaria con il collegamento a stella, mentre i condensatori sono sottoposti alla piena tensione concatenata, quindi risulta più vantaggioso sotto l'aspetto economico, mentre lo è meno dal punto di vista della sollecitazione dell'isolamento.

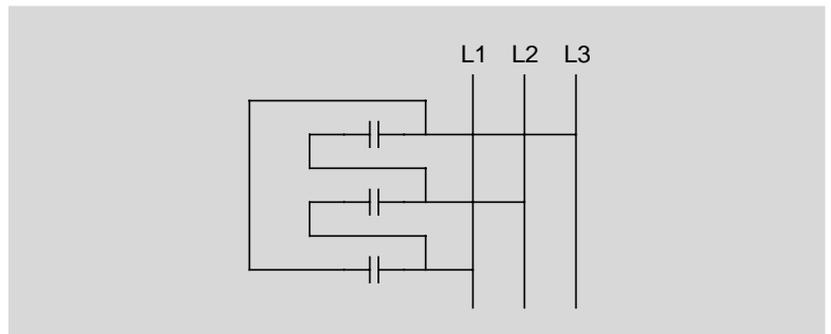


Fig. 16/10

16.5 Manovra e protezione di batterie di condensatori

I dispositivi impiegati per la manovra e la protezione di batterie di condensatori devono soddisfare le seguenti condizioni:

- sopportare le correnti transitorie che si hanno alla inserzione delle batterie, cioè i contatti principali dei contattori non devono saldarsi e gli sganciatori magnetici degli interruttori non devono intervenire sotto l'azione di dette correnti transitorie (la corrente di cresta può raggiungere valori fino a 160 volte la corrente nominale delle batterie di condensatori, per una durata da 1 a 2 ms), anche in caso di inserzione di una batteria in parallelo ad altre già operanti;
- essere dimensionati e quindi scelti in modo da poter portare in permanenza una corrente massima (in valore efficace) pari a 1,5 volte la corrente nominale del condensatore ⁽¹⁾;
- eseguire un elevato numero di manovre a vuoto e sotto carico, ad una frequenza anche elevata;
- i dispositivi di protezione devono inoltre avere un potere di interruzione e di chiusura adeguato al livello di corto circuito dell'impianto e, in caso di rifasamento a gradini, devono conservare il loro potere di interruzione anche in presenza a monte di batterie di condensatori non da essi manovrate.

Il procedimento per la scelta sia dei contattori sia degli interruttori, si imposta nel seguente modo.

Dati:

- Q_n : potenza delle batterie di condensatori
 - U_n : tensione concatenata nominale della batteria di condensatori
- si ha che:

$$I_n = \frac{Q_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{corrente nominale della batteria di con-} \\ \text{densatori} \end{array} \right.$$
$$I_{ni} = 1,5 \cdot I_n \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{corrente nominale del contattore o dell'in-} \\ \text{teruttore e/o il valore di taratura dello sgan-} \\ \text{ciatore termico} \end{array} \right.$$

Dalla seconda formula si ricava che ogni contattore o interruttore può manovrare batterie di condensatori aventi correnti nominali fino a:

$$I_n = \frac{I_{ni}}{1,43} = 0,67 \cdot I_{ni}$$

cioè può essere usato fino al 70% della propria corrente nominale.

(1) Le Norme IEC 831-1 e IEC 931-1 affermano che i condensatori devono poter funzionare a regime con una corrente fino a $1,3 \cdot I_n$ del condensatore stesso, in valore efficace (cioè è dovuto alla possibile presenza di armoniche di tensione in rete, causate ad esempio dalla saturazione di circuiti magnetici di trasformatori o motori o da circuiti di conversione statica) e che è ammessa una tolleranza del 10% in più sul valore reale della capacità rispetto a quello corrispondente alla sua potenza nominale. Per cui sia il contattore sia l'interruttore devono essere in grado di portare in permanenza una corrente pari a: $1,3 \cdot 1,15 \cdot I_n$ condensatore; cioè = $1,15 \cdot I_n$ in valore efficace.

Rifasamento

Corrente transitoria di chiusura I_p (valore di cresta)

L'inserzione di batterie di condensatori è da paragonare ad una chiusura sotto corto circuito, dove la corrente transitoria di chiusura data da:

$$I_p = U \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$$

assume valori di cresta elevati in particolar modo quando vengono inserite in parallelo batterie di condensatori già in tensione. Il valore della I_p va calcolato di volta in volta perché dipende dalle singole condizioni circuitali e può raggiungere in alcuni casi, come già detto, anche un valore di cresta pari a $160 \cdot I_n$, per una durata di 1-2 ms.

Della I_p occorre tener conto nel modo seguente:

- per i contattori la scelta deve essere effettuata in modo che all'atto dell'inserzione, la I_p non provochi la saldatura dei contatti principali, cioè rimanere entro i valori dichiarati dal costruttore;
- per gli interruttori, oltre alla verifica di cui al punto precedente, occorre scegliere il valore della corrente di intervento istantaneo dello sganciatore di protezione in modo da non provocare interventi intempestivi all'atto dell'inserzione.

Nelle Tabelle 16/2, 16/3 e 16/4 sono indicati i dati (potenza batterie condensatori in kvar, U_n e I_p max) utili per la scelta dei contattori ABB serie A, EH, UA e UA...R, destinati alla manovra di batterie di condensatori e nelle Tabelle 16/5 e 16/6 i dati utili (P_{cn} , I_n , Q_n e I_n) per la scelta degli interruttori ABB SACE serie Isomax e Emax, per la manovra e la protezione di batterie di condensatori.

Nella Tab. 16/7, invece, sono riportate le durate elettriche degli interruttori ABB SACE, usati principalmente per tale scopo.

Rifasamento

Tab. 16/2

Tipo	Potenza in kvar 50/60 Hz															Picco di corrente \hat{I} (kA)	
	230/240 V			400/415 V			440 V			500/550 V			660/690 V				
	40 °C	55 °C	70 °C	40 °C	55 °C	70 °C	40 °C	55 °C	70 °C	40 °C	55 °C	70 °C	40 °C	55 °C	70 °C	$U_e \leq 500 V$	$U_e > 500 V$
UA 26	12	11	8,5	20	18,5	14,5	22	20	16	22	22	19,5	30	30	25	3	2,7
UA 30	16	16	11	27,5	27,5	19	30	30	20	34	34	23,5	45	45	32	3,5	3,1
UA 50	20	20	19	33	33	32	36	36	35	40	40	40	55	55	52	5	4,5
UA 63	25	25	21	45	43	37	50	48	41	50	50	45	70	70	60	5,5	5
UA 75	30	30	22	50	50	39	55	53	43	62	62	47,5	75	75	65	6	5,8
UA 95	35	35	29	60/65*	60/65*	50/55*	65	65	55	70	70	60	86	86	70	9,3	8
UA 110	40	39	34	74	70/75*	65	75	75	67	80	80	75	90	90	85	10,5	9

* Usare questi valori per $U_e = 415 V$

Tab. 16/3

Tipo	Potenza in kvar 50/60 Hz														
	220/240 V			380/400 V			415/440 V			500/550 V			660/690 V		
	40 °C	55 °C	70 °C	40 °C	55 °C	70 °C	40 °C	55 °C	70 °C	40 °C	55 °C	70 °C	40 °C	55 °C	70 °C
UA 16-30-10-R	8	7,5	6	12,5	12,5	10	15	13	11	18	16	12,5	22	21	17
UA 26-30-10-R	12,5	11,5	9	22	20	15,5	24	20	17	30	25	20	32	31	26
UA 30-30-10-R	16	16	11	30	27,5	19,5	32	30	20,5	34	34	25	42	42	32
UA 50-30-00-R	25	24	20	40	40	35	50	43	37	55	50	46	72	65	60
UA 63-30-00-R	30	27	23	50	45	39	55	48	42,5	65	60	50	80	75	65
UA 75-30-00-R	35	30	25	60	50	41	65	53	45	75	65	55	100	80	70

Tab. 16/4

Tipo	Potenza in kvar 50/60 Hz															Picco di corrente \hat{I} (kA)
	220/240 V			380/400 V			415/440 V			500/550 V			660/690 V			
	40 °C	55 °C	70 °C	40 °C	55 °C	70 °C	40 °C	55 °C	70 °C	40 °C	55 °C	70 °C	40 °C	55 °C	70 °C	
A 12	7	7	6	11	11	9,5	12	12	10,5	14	14	12	19	19	16,5	0,7
A 16	7,5	7,5	6	12,5	12,5	10	14	14	10,5	15,5	15,5	12	21,5	21,5	16,5	1
A 26	11,5	11,5	9	19	19	15	20	20	16,5	23	23	19	32	32	26	1,5
A 30	13	13	11	22	22	18,5	24	24	20,5	28	28	23	38	38	32	1,9
A 40	15	15	12	26	26	20	29	29	22	35	35	25	46	46	34,5	2,1
A 50	22	22	20	38	38	34	42	42	37	48	48	42	65	65	58,5	2,3
A 63	25	25	23	43	43	39	47	47	42,5	54	54	48,5	74	74	67	2,5
A 75	28	28	24,5	48	48	41	52	52	45	60	60	51	82	82	70	2,6
A 95	35	35	33	60	60	53	63	63	58	75	75	70	80	80	75	4
A 110	40	40	35	70	70	60	75	75	65	83	83	78	90	90	85	4
A 145	50	50	42	90	90	74	93	93	80	110	110	96	110	110	110	4
A 185	60	60	45	105	105	78	115	115	85	135	135	102	135	135	135	5
A 210	75	75	57	125	125	99	135	135	108	160	160	130	160	160	160	5
A 260	85	85	70	140	140	130	155	155	140	180	180	165	200	200	200	8
A 300	100	100	85	160	160	150	180	180	163	210	210	196	240	240	240	8

Rifasamento

Tab. 16/5 – Potere di interruzione degli Interruttori ABB SACE serie SACE Isomax posti a protezione di batterie di condensatori

Interruttore	Potere di interruzione	Corrente nominale sganciatore massima corrente	Corrente nominale batteria condensatori	Taratura sganciatore magnetico	Massima potenza di condensatori (kvar)				
					380 V	440 V	500 V	660 V	690 V
SACE	380/415V (kA)	(A)	(A)	Max. (A)					
S1 E/B/N 125	10 / 16 / 25	125	83	10 I _n	55	64	72	95	100
S2 B/N/S 160	16 / 35 / 50	160	107	10 I _n	70	81	92	122	127
S3 N/H/L 160	35 / 65 / 85	160	107	10 I _n	70	81	92	122	127
S3 N/H/L 250	35 / 65 / 85	250	167	10 I _n	110	127	144	191	199
S4 N/H/L 160	35 / 65 / 100	160	107	–	70	81	92	122	127
S4 N/H/L 250	35 / 65 / 100	250	167	–	110	127	144	191	199
S5 N/H/L 400	35 / 65 / 100	400	267	10 I _n	176	203	231	305	319
S5 N/H/L 630	35 / 65 / 100	500/630	333	10 I _n	220	254	288	382	398
S6 N/S/H/L 630	35/50/65/100	630	420	10 I _n	276	320	364	480	502
S6 N/S/H/L 800	35/50/65/100	800	533	10 I _n	351	406	462	610	637
S7 S/H/L 1250	50 / 65 / 100	1250	833	–	548	635	722	953	996
S7 S/H/L 1600	50 / 65 / 100	1600	1067	–	702	813	924	1219	1275
S8 H/V 2000	85 / 120	2000	1333	–	877	1016	1155	1155	1593
S8 H/V 2500	85 / 120	2500	1667	–	1097	1270	1443	1443	1992
S8 H/V 3200	85 / 120	3200	2133	–	1403	1626	1847	1847	2550

Tab. 16/6 - Potere di interruzione degli Interruttori ABB SACE serie SACE Emax posti a protezione di batterie di condensatori

Interruttore	Potere di interruzione	Corrente nominale sganciatore massima corrente	Corrente nominale batteria condensatori	Taratura sganciatore magnetico	Massima potenza di condensatori (kvar)				
					380 V	440 V	500 V	660 V	690 V
SACE Emax	380/415V (kA)	(A)	(A)	Max. (A)					
E1-E2-E3	1250	1250	834	10 I _n	549	636	722	953	997
E2-E3	1600	1600	1067	10 I _n	702	813	924	1220	1275
E2-E3	2000	2000	1334	10 I _n	878	1017	1155	1525	1594
E3	2500	2500	1667	10 I _n	1097	1270	1444	1906	1992
E3-E4-E6	3200	3200	2134	10 I _n	1405	1626	1848	2439	2550

Rifasamento

Tab. 16/7 – Durata meccanica ed elettrica degli interruttori ABB SACE principalmente utilizzati per la manovra di batterie di condensatori

Interruttore		Durata meccanica		Durata elettrica	
Serie	Tipo	Numero manovre totali	Frequenza (man/h)	Numero manovre totali	Frequenza totali (man/h)
SACE Isomax S	S1 E/B/N 125	25000	240	8000	120
	S2 B/N/S 160	25000	240	8000	120
	S3 N/H/L 160	25000	120	10000	120
	S3 N/H/L 250	25000	120	8000	120
	S4 N/H/L 160	20000	120	10000	120
	S4 N/H/L 250	20000	120	8000	120
	S5 N/H/L 400	20000	120	7000	60
	S5 N/H/L 630	20000	120	5000	60
	S6 N/H/L 630	20000	120	7000	60
	S6 N/H/L 800	20000	120	5000	60
	S7 S/H/L 1250	10000	120	7000	20
	S7 S/H/L 1600	10000	120	5000	20
	S8 H/V 2000	10000	120	3000	20
	S8 H/V 2500	10000	120	2500	20
	S8 H/V 3200	10000	120	1500	10
SACE Emax	E1 B 800	25000	60	10000	30
	E1 B 1250	25000	60	10000	30
	E2 B-N 1250	25000	60	15000	30
	E2 B-N 1600	25000	60	12000	30
	E2 B-N 2000	25000	60	10000	30
	E2 I 1250	20000	60	4000	20
	E2 I 1600	20000	60	3000	20
	E3 N-S-H 1250	20000	60	12000	20
	E3 N-S-H 1600	20000	60	10000	20
	E3 N-S-H 2000	20000	60	9000	20
	E3 N-S-H 2500	20000	60	8000	20
	E3 N-S-H 3200	20000	60	6000	20
	E3 L 2000	15000	60	2000	20
	E3 L 2500	15000	60	1800	20
	E4 S-H 3200	15000	60	7000	10
	E4 S-H 4000	15000	60	5000	10
	E6 H-V 3200	12000	60	5000	10
	E6 H-V 4000	12000	60	4000	10
E6 H-V 5000	12000	60	3000	10	
E6 H-V 6300	12000	60	2000	10	

Rifasamento

16.6 Esempi di rifasamento

Il rifasamento viene normalmente attuato nei più svariati settori dell'industria, dei servizi, della distribuzione elettrica.

A livello industriale l'impiego dei condensatori e/o delle batterie di rifasamento risulta indicato per il rifasamento diretto dei motori asincroni, dei trasformatori e, più in generale, dell'impianto elettrico nel suo complesso.

16.6.1 Rifasamento dei motori asincroni

Esempio n° 1

Un motore asincrono trifase presenta le seguenti caratteristiche:

$P = 100 \text{ kW}$

$V = 400 \text{ V}$

$f = 50 \text{ Hz}$

$I_o = 50 \text{ A}$

Il condensatore impiegato risulterà direttamente allacciato ai morsetti del motore come rappresentato in Figura 16/11.

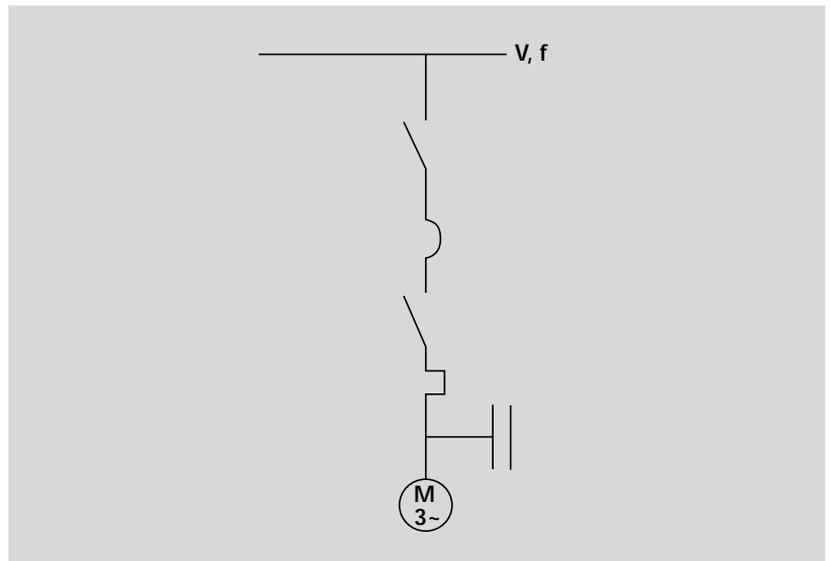


Fig. 16/11

Rifasamento

Per evitare di avere un fattore di potenza in anticipo ($\cos \varphi > 1$), si impone che la corrente di rifasamento sia, al massimo, pari a 90% della corrente a vuoto I_0 del motore.

$$I = I_0 \cdot 90\%$$

$$I = 50 \cdot 90\% = 45 \text{ A}$$

La potenza reattiva associata al condensatore dovrà essere pari a:

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 45 = 31,1 \text{ kvar}$$

Dal catalogo ABB "Condensatori di bassa tensione" è possibile scegliere, alla tensione di 400 V, il condensatore tipo CLMB 53 di potenza pari a 30 kvar.

Esempio n° 2

Un motore asincrono trifase presenta le seguenti caratteristiche:

$$P = 150 \text{ kW}$$

$$V = 400 \text{ V}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$n = 1470 \text{ giri/min}$$

Il condensatore impiegato risulterà direttamente allacciato alla linea di alimentazione del motore come indicato in Figura 16/12.

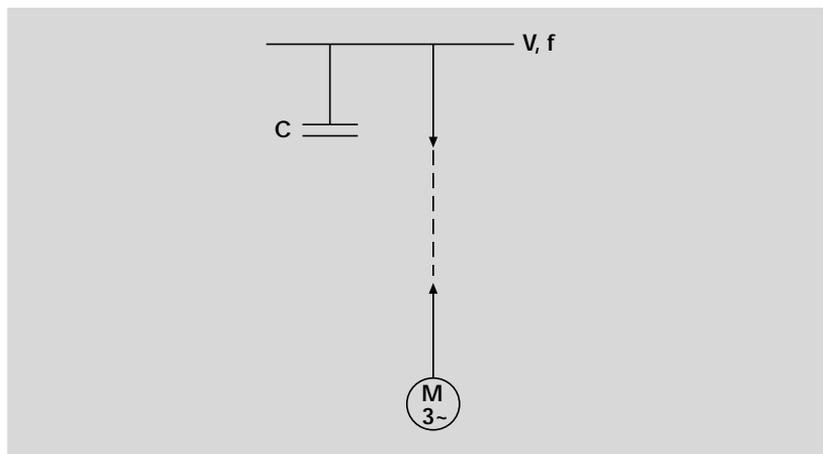


Fig. 16/12

In questo caso è necessario ricorrere a tabelle, dedotte da rilievi sperimentali, che permettono di individuare la potenza reattiva dei condensatori per il rifasamento diretto dei motori.

In particolare, con riferimento alla Tabella 16/6, è possibile verificare che la potenza reattiva necessaria è pari a circa 36 kvar e pertanto il condensatore scelto è il tipo CLMB 53 (35 kvar alla tensione di 400 V).

Rifasamento

Tab. 16/8 – Potenza dei condensatori (kvar) per il rifasamento diretto dei motori

Potenza (kW)	giri/ minuto					
	3000	1500	1000	750	600	500
1,8	0,5	1	1	1,5	1,5	1,5
3,7	1	1,5	1,5	2,5	3	3
5,6	1,5	2	2,5	3	4	4
7,4	2,5	3	3	4	5	5
9,3	3	3	4	5	6	6
11,2	3	4	4	6	6	6
13	4	4	5	6	8	8
14,9	5	5	6	6	8	10
16,8	5	5	6	8	8	10
18,6	6	6	6	8	10	12
20,5	6	6	8	10	10	12
22,4	6	8	8	10	12	14
26,1	8	8	10	12	14	14
29,8	8	10	10	14	14	16
33,6	8	10	12	14	16	18
37,3	10	12	14	16	18	18
44,7	12	12	14	18	20	22
52,2	12	14	18	18	22	24
59,7	14	16	20	20	24	28
67,1	16	20	22	24	26	30
74,6	18	22	24	26	28	32
82	18	24	26	28	30	34
89,5	20	26	26	28	32	36
97	22	26	28	30	34	38
104,4	24	28	30	32	36	40
112	26	28	30	32	36	42
123	28	30	32	36	40	48
134,3	30	34	34	38	44	50
149,2	32	36	36	44	46	54
167,8	36	38	40	48	52	62
186,5	40	42	44	54	58	68

Rifasamento

16.6.2 Rifasamento dei trasformatori

Il trasformatore è un'apparecchiatura elettrica di primaria importanza che, per ragioni impiantistiche, rimane costantemente in servizio.

In particolare negli impianti costituiti da diverse cabine di trasformazione-alimentazione alimentazione dell'energia elettrica è consigliabile effettuare il rifasamento diretto del trasformatore. La potenza reattiva capacitativa necessaria per compensare le perdite a vuoto del trasformatore può essere calcolata utilizzando un coefficiente, che normalmente viene dedotto dall'esperienza.

Se questo coefficiente, compreso tra il 4% ed il 6%, viene moltiplicato per la potenza del trasformatore, espressa in kVA, si ottiene direttamente il valore della potenza rifasante espressa in kvar.

Esempio

Si ipotizza il caso di trasformatori aventi le seguenti caratteristiche:

$P = 630 \text{ kVA}$;

$V = 400 \text{ V}$.

Si richiede il rifasamento diretto di ciascun trasformatore secondo le indicazioni riportate nello schema Fig. 16/13.

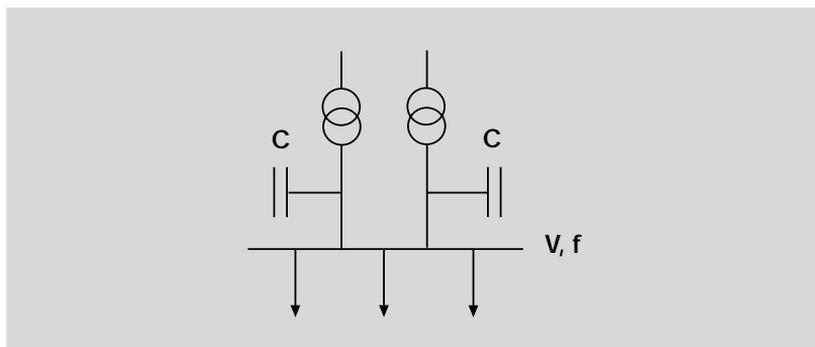


Fig. 16/13

Scegliendo un coefficiente percentuale del 5%, la potenza reattiva vale:

$Q = \text{coefficiente } \% \cdot P$;

$Q = 5\% \cdot 630 = 31,5 \text{ kvar}$.

Anche in questo caso, con riferimento al catalogo "Condensatori di bassa tensione" di ABB, il condensatore scelto è il tipo CLMB 53 con una potenza reattiva di 30 kvar a 400 V.

Nota: si segnala che esistono anche altri metodi per realizzare il calcolo della potenza reattiva, essenzialmente basati su formule empiriche. Risultano, per altro, meno pratici rispetto al metodo proposto.

Rifasamento

16.6.3 Rifasamento degli impianti

Con riferimento allo schema unifilare di Fig. 16/14 sia da rifasare un impianto elettrico portando il $\cos\phi$ da 0,7 a 0,9.

Dati e vincoli progettuali:

1) Potenza installata (attiva): 320 kW - motori trifase che non funzionano contemporaneamente con assorbimento abbastanza regolare durante l'arco della giornata.

2) Potenza disponibile (apparente): trasformatore MT/BT da 400 kVA a 380 V, 50 Hz.

3) Tipo di rifasamento.

Conviene il "rifasamento centralizzato" trifase (Fig. 16/14) dato l'andamento giornaliero dei carichi non contemporanei e abbastanza regolari, da effettuare mediante un'unica batteria di condensatori posta subito a monte del punto di misura del $\cos\phi$ (per esempio vicino al quadro principale o in cabina MT/BT). La batteria dovrà essere disinserita contemporaneamente all'esclusione totale dei carichi.

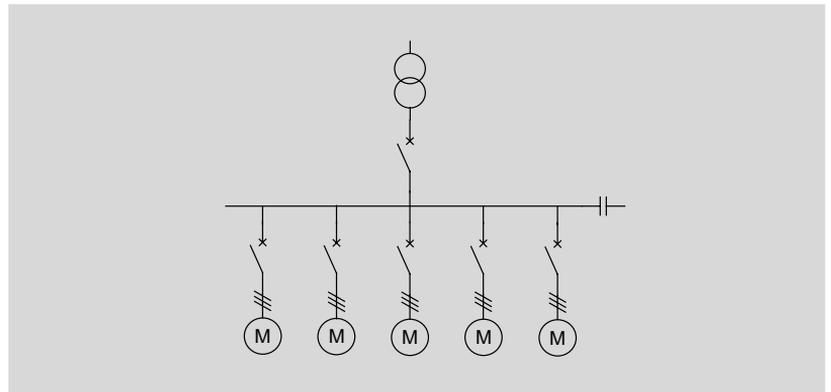


Fig. 16/14

a) Definizione della potenza reattiva della batteria

È data da:

$$Q_c = P \cdot k \quad \text{in kvar}$$

dove:

Q_c = potenza reattiva

P = potenza attiva pari a 320 kW

k = coefficiente di rifasamento pari a 0,536 per passare da $\cos\phi$ 0,7 a $\cos\phi$ 0,9

per cui:

$$Q_c = 320 \cdot 0,536 = 172 \text{ kvar}$$

Rifasamento

b) Definizione della corrente nominale I_{ni} relativa ai dispositivi di manovra e protezione e di sola manovra

Si determina prima la corrente nominale I_n della batteria di condensatori e poi la I_{ni} . Considerando la batteria di condensatori di cui al punto precedente si procede nel modo seguente:

$$I_n = \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{172}{\sqrt{3} \cdot 380} = 262 \text{ A}$$

da cui:

$$I_{ni} = I_{nc} \cdot 1,43$$

cioè:

$$I_{ni} = 262 \cdot 1,43 = 375 \text{ A} \quad \begin{array}{l} \text{collegamento} \\ \text{a stella} \end{array}$$

dove:

Q_c = potenza reattiva della batteria pari a 172 kvar

U_n = tensione nominale pari a 380 V (50 Hz)

I_n = corrente nominale della batteria di condensatori

I_{ni} = corrente nominale relativa ai due dispositivi.

In considerazione della vicinanza della batteria di rifasamento al trasformatore MT/BT, quindi della bassa impedenza dei collegamenti relativi, il valore di 14,5 kA viene assunto per definire il potere di interruzione che deve avere l'interruttore di protezione (vedere successivo punto c).

Dalla Tab. 16/4, l'interruttore idoneo risulta essere il SACE Isomax S5 da 400 A a 40 °C con I_n regolata a $10 \cdot I_n$ con un potere di interruzione di 35 kA.

c) Scelta del dispositivo per la manovra e la protezione (interruttore) e la sola manovra (contattore)

Interruttore

- Definizione della corrente nominale di corto circuito presunta I_{cc}

Con riferimento alle caratteristiche della batteria di cui al punto a) si determina:

- prima la corrente nominale I_{nT} del trasformatore, cioè:

$$I_{nT} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{400.000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 578 \text{ A}$$

- poi la corrente di corto circuito I_{cc} , cioè:

$$I_{cc} = \frac{I_{nT}}{U_{cc}\%} = \frac{578 \cdot 100}{4} = 14,45 \text{ kA}$$

dove:

P = potenza del trasformatore pari a 400.000 VA

U_n = tensione nominale a vuoto del trasformatore pari a 400 V

I_{nT} = corrente nominale del trasformatore pari a 578 A

U_{cc} = tensione di corto circuito pari al 4% per un trasformatore di 400 kVA a 380 V

Rifasamento

Contattore

Condensatore da inserire:

20 kvar, trifase, 400 V 50 Hz ⁽¹⁾

Temperatura ambiente circostante al contattore: 40 °C

$$\text{Corrente nominale: } I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{20000}{1,7 \cdot 400} = 29 \text{ A}$$

$$\text{Corrente termica: } I_T = I_n \cdot 1,43 = 30 \cdot 1,43 = 41,5 \text{ A}$$

- 1° Caso** Picco di corrente all'inserzione: **1700 A**
Scelta come da Tab. 16/1: Contattore **A 30** (22 kvar, 400 V).
Questo contattore può sopportare un picco massimo di 1900 A.
- 2° Caso** Picco di corrente all'inserzione: **2500 A**
1ª Scelta:
come da Tab. 16/1: Contattore **A 63** (43 kvar, 400 V).
Questo contattore può sopportare un picco massimo di 2500 A.
2ª Scelta:
come da Tab. 16/2: Contattore **UA 26** (20 kvar, 400 V).
Questo contattore può sopportare un picco massimo di 3000 A.
- 3° Caso** Picco di corrente all'inserzione: **4500 A**
1ª Scelta:
come da Tab. 16/1: Contattore **EH 175** (105 kvar, 400 V).
Questo contattore può sopportare un picco massimo di 5000 A.
2ª Scelta:
come da Tab. 16/3: Contattore **UA 26-30-10 R** (22 kvar, 400 V).
Questo contattore può essere utilizzato in un circuito dove il picco di inserzione può raggiungere 5000 A.

1) Valore definito secondo quanto indicato al punto a).

17.1	Generalità	17/3
17.2	Gli interruttori ABB di bassa tensione	17/4
17.3	Coordinamento delle protezioni contro il sovraccarico e il corto circuito	17/26
17.4	Protezione di sostegno (back-up)	17/26
17.5	Protezione selettiva	17/30
17.6	Tipi di selettività	17/31
	17.6.1 Selettività amperometrica	17/31
	17.6.2 Selettività cronometrica	17/32
	17.6.3 Selettività di zona	17/33
17.7	Tabelle di selettività	17/34
17.8	Sganciatori di protezione	17/81
	17.8.1 Sganciatori termomagnetici	17/81
	17.8.2 Gli sganciatori termomagnetici ABB SACE	17/83
	17.8.3 Gli sganciatori elettronici	17/86
	17.8.4 Gli sganciatori elettronici ABB SACE	17/88



17.9	Sganciatori di protezione	17/98
17.9.1	Premessa	17/98
17.9.2	Interruttori differenziali e loro classificazione	17/100
17.9.3	Sensibilità alla forma d'onda della corrente di dispersione	17/100
17.9.4	La sensibilità differenziale secondo la legge 46/90 ed il DPR 447/91	17/102
17.9.5	Coordinamento selettivo tra protezioni differenziali	17/103
17.20	Esempi	17/108
17.20.1	Premessa	17/108
17.20.2	Protezione del montante	17/109
17.20.3	Distribuzione nell'appartamento	17/111
17.20.4	Esempio di schema per unità uso medico	17/114
17.20.5	Esempio di schema per unità uso bar	17/115
17.20.6	Esempio di schema per unità uso ristorante	17/116
17.20.7	Schema quadro generale servizi parti comuni	17/117
17.20.8	Esempi circuitali di utilizzo dell'interruttore differenziale	17/119

17.1 Generalità

Nella distribuzione dell'energia elettrica, assume un ruolo decisivo la corretta manovra di apertura e chiusura dei circuiti e la loro protezione contro sovraccarichi e corti circuiti.

Le funzioni di manovra vengono assolte da una serie di apparecchi (interruttore, interruttore di manovra, contattore ecc) chiaramente identificate e classificate dalla Norma CEI EN 60947-1⁽¹⁾. A queste apparecchiature devono essere abbinati e, in taluni casi sono incorporati nelle stesse, dispositivi atti a garantire la protezione contro le sovracorrenti; i più noti e completi sotto l'aspetto funzionale di detti dispositivi sono gli sganciatori.

(1) Apparecchi di manovra - Definizioni secondo le Norme CEI EN 60947-1, 2, 3 e 4

Interruttore

Apparecchio meccanico di manovra, capace di stabilire, portare e interrompere correnti in condizioni normali di circuito ed anche di stabilire, portare per un tempo specificato e interrompere correnti in specificate condizioni anormali di circuito come quelle che si verificano nel caso di cortocircuito.

Interruttore di manovra

È un apparecchio in grado di stabilire, condurre in modo continuativo e interrompere correnti in condizioni di normale esercizio fino a un determinato valore, comprese eventuali condizioni di sovraccarico specificate. Può anche condurre, per un determinato tempo, correnti in condizioni anormali ed essere previsto per chiudere, ma non per interrompere, tali correnti anormali.

Sezionatore

Dispositivo meccanico di manovra che, in posizione di aperto, risponde ai requisiti specificati per la funzione di sezionamento, ossia alla funzione destinata ad assicurare la messa fuori tensione di tutta o parte dell'installazione, mediante separazione di qualsiasi sorgente di energia elettrica dall'installazione stessa o da parte di essa per motivi di sicurezza.

Interruttore di manovra-sezionatore

Interruttore che in posizione di aperto, soddisfa le prescrizioni di isolamento specificate per i sezionatori.

Interruttore estraibile

Interruttore che possiede in aggiunta ai contatti destinati alla interruzione, contatti di sezionamento che gli permettono di essere scollegato dal circuito principale nella posizione "estrazione" e di raggiungere una distanza di sezionamento in accordo con le prescrizioni specificate.

Contattore

Apparecchio meccanico di manovra avente una sola posizione di riposo, ad azionamento non manuale, in grado di stabilire, portare ed interrompere correnti in condizioni normali di circuito, incluse le condizioni di sovraccarico di manovra.

17.2 Gli interruttori ABB di bassa tensione

ABB SACE è tra i maggiori produttori mondiali di interruttori automatici di bassa tensione e dispone di una gamma eccezionalmente completa di apparecchi di manovra e di protezione, corredata di accessori e dispositivi studiati per soddisfare ogni esigenza d'impianto e, in particolare, per garantire la sicurezza agli operatori.

Gli interruttori automatici si suddividono in tre grandi categorie: modulari, scatolati ed aperti.

Gli interruttori automatici modulari devono rispondere ai requisiti della Norma CEI 23-3 (CEI EN 60898) (vedasi Tab. 17/1) e sono normalmente destinati a quadri di distribuzione e centralini in ambito residenziale e terziario.

Tab. 17/1 – Principali requisiti previsti dalla Norma CEI 23-3 per gli interruttori automatici modulari

Frequenza nominale	50/60 Hz
tensione nominale	400 V
corrente nominale max (I_n)	125 A
potere d'interruzione max (I_{cn})	25 kA
temperatura di riferimento	30 °C

Sono caratterizzati dall'avere dispositivi di protezione contro le sovracorrenti aventi curve caratteristiche d'intervento diverse in funzione delle applicazioni impiantistiche (Fig. 17/1).

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

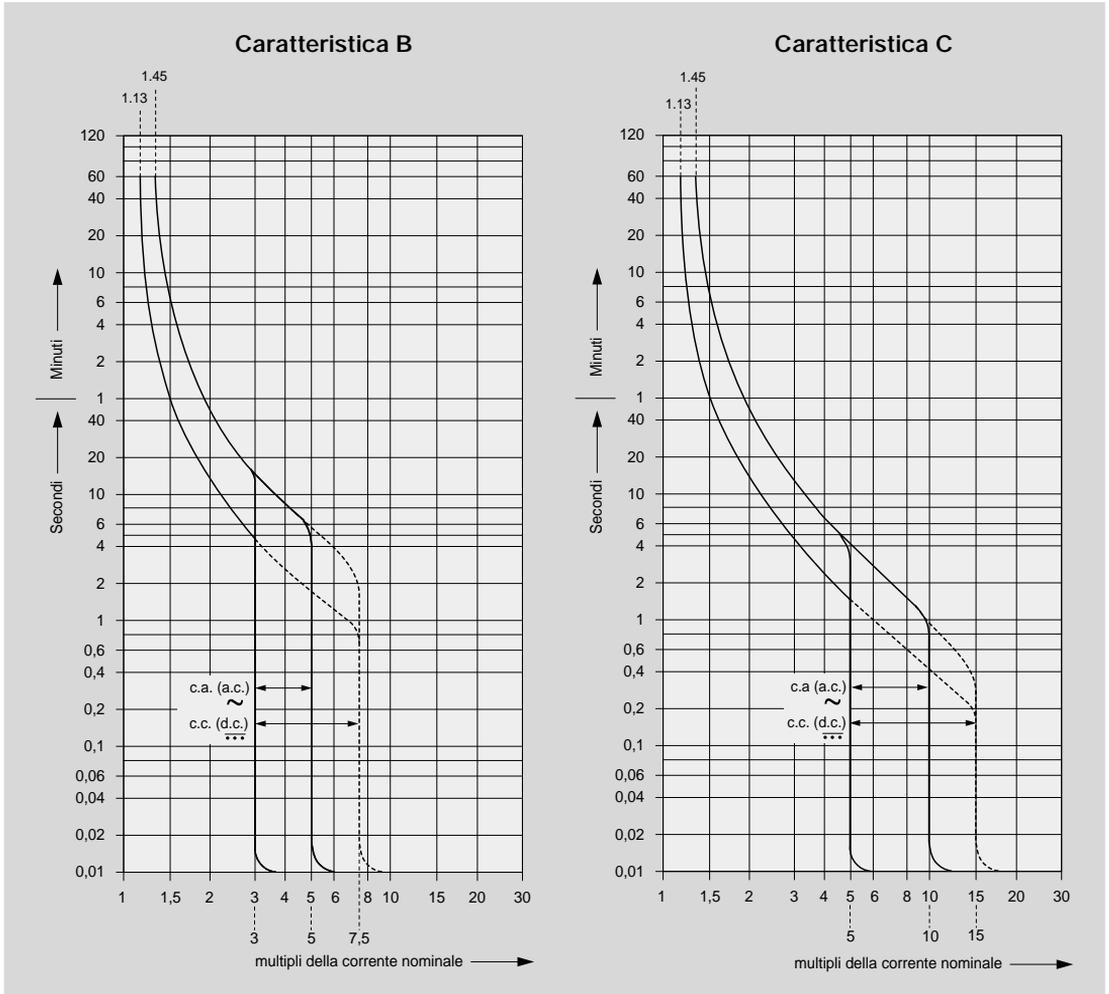


Fig. 17/1a - Curve di intervento tempo/corrente

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

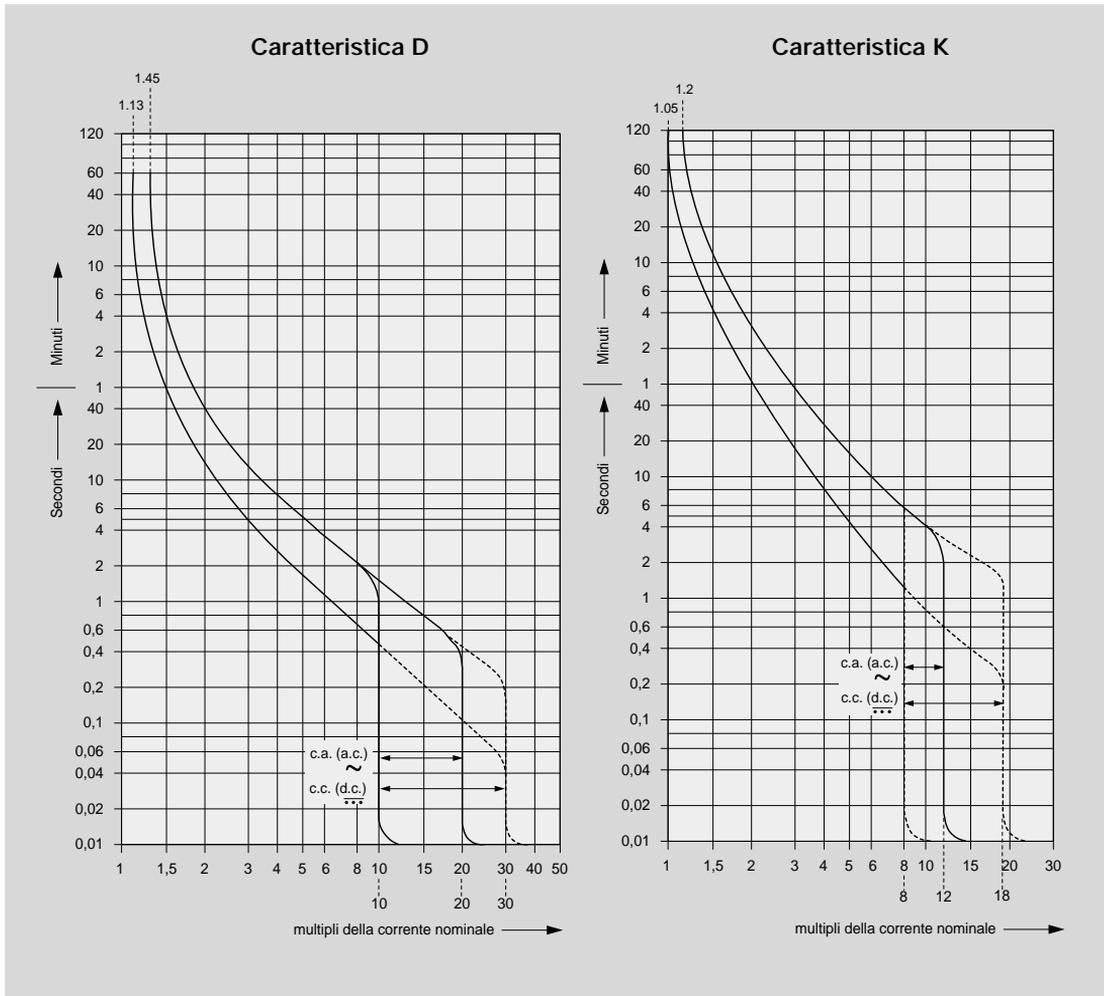


Fig. 17/1b - Curve di intervento tempo/corrente

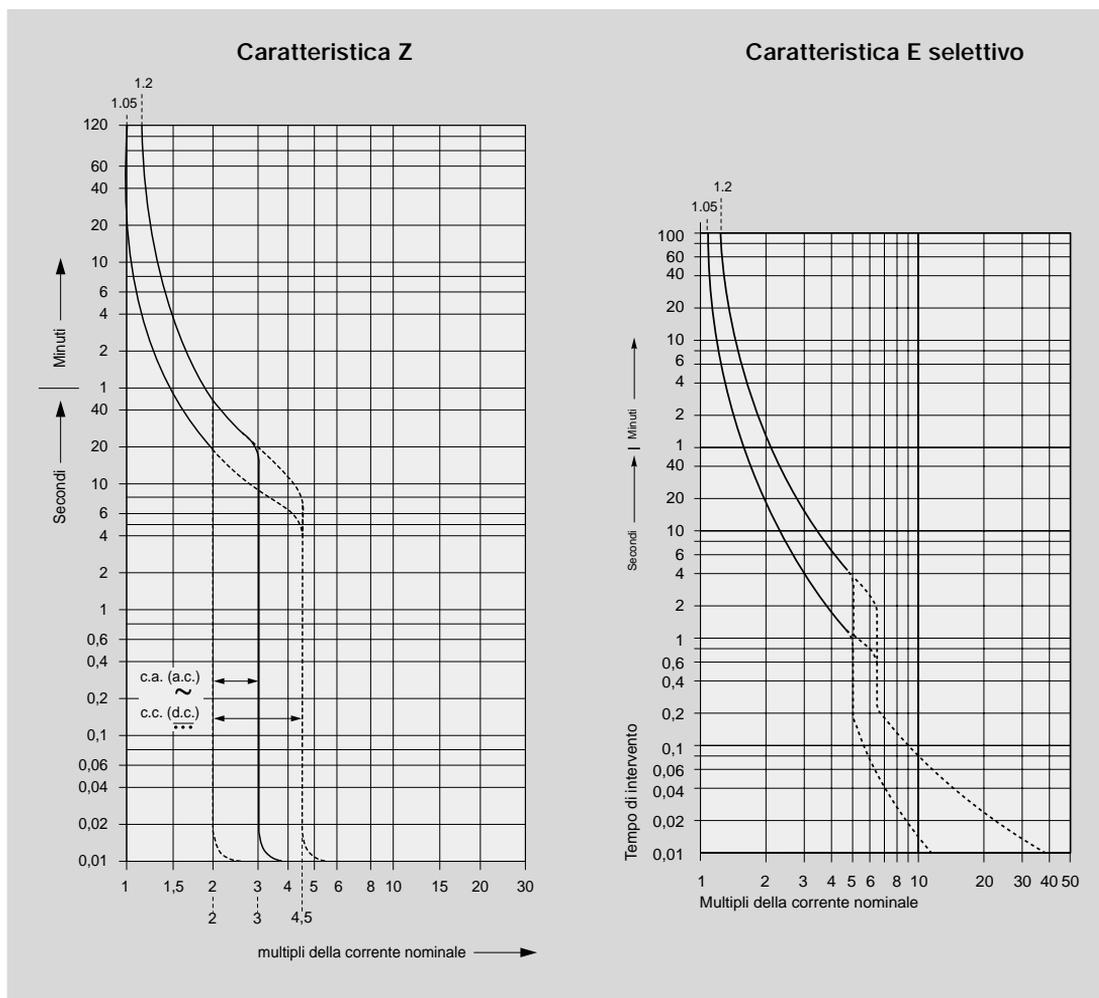


Fig. 17/1c – Curve di intervento tempo/corrente

Gli interruttori automatici con caratteristica B vengono forniti per la protezione di carichi resistivi (scaldabagni elettrici, apparecchi elettrici di riscaldamento, fornelli, ecc.) e di linee per impianti di illuminazione di una certa lunghezza, gli interruttori con caratteristica C sono adatti per la protezione, in generale, di tutti i tipi di circuiti con carichi resistivi o limitatamente induttivi (lampade a fluorescenza e a scarica di gas, apparecchi televisivi ecc).

A richiesta possono essere forniti anche gli interruttori con caratteristica D, per carichi fortemente induttivi o con elevate correnti di inserzione, come trasformatori, batterie di condensatori ecc.

La gamma degli interruttori modulari ABB è completata dalle versioni per corrente continua, dagli interruttori salvamotore, dagli interruttori differenziali magnetotermici e dagli interruttori per applicazioni speciali.

Nella Tab. 17/2 vengono riportate le caratteristiche elettriche degli interruttori modulari ABB.

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/2 – Prospetto riassuntivo e poteri di interruzione

													
Serie		S 941N		S 951N		S 971N		S 240	S 250				
Caratteristica		C	B	C	B	C	B	C	C	B	K		
Corrente nominale	[A]	2 ≤ I _n ≤ 40	6 ≤ I _n ≤ 40	2 ≤ I _n ≤ 40	6 ≤ I _n ≤ 40	2 ≤ I _n ≤ 40	6 ≤ I _n ≤ 40	6 ≤ I _n ≤ 40	3 ≤ I _n ≤ 63	6 ≤ I _n ≤ 63	6 ≤ I _n ≤ 63		
Potere d'interruzione	[kA]												
Norma di riferimento	n° poli U _e [V]												
CEI 23-3/EN 60898	I _{cn} 230/400	4,5	4,5	6	6	10	10	4,5	6	6			
CEI EN 60947-2 corrente alternata	I _{cu} 1	127						10	30	30	30		
		230						6	10	10	10		
	1P+N	127	10	10	15	15	25	25	10	30	30	30	
		230	6	6	10	10	15	15	6	10	10	10	
	2	230							7,5	20	20	20	
		400							7,5	10	10	10	
	3,4	230							10	20	20	20	
		400							7,5	10	10	10	
	3	500											
		690											
	I _{cs}	1	127						10	22,75	22,75	22,75	
			230						6	7,5	7,5	7,5	
		1P+N	127	6	6	10	10	15	15	10	22,75	22,75	22,75
			230	4,5	4,5	6	6	10	10	6	7,5	7,5	7,5
		2	230							7,5	15	15	15
400									5,6	7,5	7,5	7,5	
3,4		230							10	15	15	15	
		400							5,6	7,5	7,5	7,5	
3		500											
		690											
CEI EN 60947-2 corrente continua		I _{cu} 1	≤24						8	20	20	20	
			≤60						6	10	10	10	
		≤75											
		≤250											
		2	≤48							8	20	20	20
	≤75								6	10	10	10	
	≤125							6	10	10	10		
	≤250												
	≤500												
	3	≤250											
		≤500											
	≤750												
	I _{cs}	1	≤24						8	20	20	20	
			≤60						6	10	10	10	
		≤75											
≤250													
2		≤48							8	20	20	20	
		≤75							6	10	10	10	
≤125								6	10	10	10		
≤250													
≤500													
3		≤250											
		≤500											
≤750													

NOTA: Il potere d'interruzione degli interruttori con correnti nominali minori o uguali a 2A può considerarsi infinito poiché l'elevato valore dell'induttanza della bobina è tale da limitare qualsiasi corrente di cortocircuito a valori interrompibili dall'apparecchio.

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

La produzione di interruttori automatici ABB SACE si caratterizza in due grandi linee di prodotti: gli interruttori scatolati e gli interruttori di tipo aperto.

Negli interruttori del primo tipo la scatola isolante assolve tre importanti funzioni:

- 1) costituisce la struttura sulla quale vengono montati tutti i componenti
- 2) assicura l'isolamento dei componenti in essa contenuti
- 3) delimita in modo razionale le dimensioni esterne dell'interruttore.

Gli interruttori SACE Isomax S (Fig. 17/a) in scatola isolante sono caratterizzati da:

- dimensioni di ingombro estremamente compatte
- elevato grado di standardizzazione
- sensibile limitazione della corrente di guasto (anche nei tipi non limitatori)
- possibilità di realizzare ogni tipo di coordinamento delle protezioni amperometriche.

Gli interruttori di tipo aperto SACE Emax (Fig. 17/b) sono costituiti da una struttura metallica di sostegno di dimensioni standardizzate che contiene, e in un certo senso protegge, i componenti e gli accessori costituenti l'interruttore stesso.

Appositi schermi e otturatori metallici danno la massima sicurezza all'operatore nelle diverse condizioni di esercizio.

La gamma completa di questi interruttori automatici di bassa tensione costituisce la serie SACE Emax e comprende:

- interruttori selettivi
- interruttori limitatori di corrente.

Nelle Tabelle 17/3 e 17/4 vengono riportate le caratteristiche elettriche rispettivamente degli interruttori scatolati SACE Isomax S e SACE Emax.

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione



Fig. 17/a – Interruttori automatici scatolati SACE Isomax S



Fig. 17/b – Interruttori automatici aperti SACE Emax

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/3a - Interruttori automatici scatolati SACE Isomax S per distribuzione di potenza - IEC 947-2

						
		S1	S2	S3		
Corrente ininterrotta nominale, I_u	[A]	125	160	160 - 250		
Poli	Nr.	3-4	3-4	3-4		
Tensione nominale d'impiego, U_e	(AC) 50-60 Hz	500	690	690		
	(DC)	250	500	750		
Tensione nominale di tenuta ad impulso, U_{imp}	[kV]	6	6	8		
Tensione nominale d'isolamento, U_i	[V]	500	690	800		
Tensione di prova a frequenza industriale per 1 min.	[V]	3000	3000	3000		
Potere di interruzione nominale limite in corto circuito, I_{cu}		E B N	B N S	N H L		
	(AC) 50-60 Hz 220/230 V	16 25 40	25 50 65	65 100 170		
(AC) 50-60 Hz 380/415 V	[kA]	10 16 25	16 35 (1) 50	35 (1) 65 85		
(AC) 50-60 Hz 440 V	[kA]	8 10 16	10 20 25	30 50 65		
(AC) 50-60 Hz 500 V	[kA]	6 8 12	8 12 15	25 40 50		
(AC) 50-60 Hz 690 V	[kA]	- - -	6 8 10	14 18 20 (5)		
(DC) 250 V - 2 poli in serie	[kA]	10 16 25	16 35 50	35 65 85		
(DC) 500 V - 2 poli in serie	[kA]	- - -	- - -	35 50 65		
(DC) 500 V - 3 poli in serie	[kA]	- - -	16 35 50	- - -		
(DC) 750 V - 3 poli in serie	[kA]	- - -	- - -	20 35 50		
Potere di interruzione nom. di servizio in cto cto, I_{cs} (2)	[% I_{cu}]	50% 50% 50%	100% 75% 75%	100% 75% 75%		
Potere di chiusura nominale in corto circuito (415 V)	[kA]	17 32 52,5	32 74 105	74 143 187		
Durata di apertura (415 V a I_{cu})	[ms]	8 8 6	8 7 6	8 7 6		
Corrente di breve durata ammissibile nom. per 1 s, I_{cw}	[kA]					
Categoria di utilizzazione (EN 60947-2)		A	A	A		
Attitudine al sezionamento		■	■	■		
IEC 60947-2, EN 60947-2		■	■	■		
Sganciatori termomagnetici	T fisso, M fisso 5 lth	■ ■ ■				
	T fisso, M fisso 10 lth	■ ■ ■				
	T regolabile, M fisso 3 lth			■ ■		
	T regolabile, M fisso 5 lth		■ ■	■ ■ ■		
	T regolabile, M fisso 10 lth		■ ■ ■	■ ■ ■		
	T regolabile, M regolabile				■ ■ ■	
solo magnetico	M fisso		■ ■	■ ■ ■		
a microprocessore	PR211/P (I-LI)					
	PR212/P (LSI-LSIG)					
Intercambiabilità						
Esecuzioni		F - P	F - P	F - P - W		
Terminali	fisso	FC - R	EF - FC - FC CuAl - R	F - EF - ES - FC FC CuAl - RC - R		
	rimovibile	FC-R	FC - R	EF - FC - R		
	estraibile (3)	-	-	EF - FC - R		
Fissaggio su profilato DIN		DIN EN 50022	DIN EN 50022	DIN EN 50023		
Vita meccanica	[Nr. manovre / operaz. orarie]	25000/240	25000/240	25000/120		
Vita elettrica (a 415 V)	[Nr. manovre / operaz. orarie]	8000/120	8000/120	10000(160A)-8000(250A)/120		
Dimensioni base, fisso	3/4 poli	L [mm]	78/103	90/120	105/140	
		P [mm]	70	70	103,5	
		H [mm]	120	120	170	
Pesi	fisso	3/4 poli	[kg]	0,9 / 1,2	1,1/1,5	2,6 / 3,5
	rimovibile	3/4 poli	[kg]	1 / 1,4	1,3/1,7	3,1 / 4,1
	estraibile	3/4 poli	[kg]	-	-	3,5 / 4,5

(1) Tutte le versioni con $I_{cu}=35$ kA sono certificate a 36 kA

(2) Per interruttori S3 N/H/L, S4 N/H/L, S5 N/H, S6 N/S/H la prestazione percentuale di I_{cs} a 690V è ridotta del 25%

(3) Gli interruttori in versione estraibile vanno corredati con il frontale per comando a leva o con gli accessori ad esso alternativi come la maniglia rotante o il comando motore
(4) Per l'interruttore S5 la versione

rimovibile è disponibile solo per la versione con corrente nominale da 400 A

(5) L'interruttore SACE S3 con potere d'interruzione L a 690 V può essere alimentato solo superiormente

LEGENDA ESECUZIONI
F = Fisso
P = Rimovibile
W = Estraibile

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

														
S4			S5			S6				S7			S8	
160 - 250			400 - 630			630 - 800				1250 - 1600			2000 - 2500 - 3200	
3-4			3-4			3-4				3-4			3-4	
690			690			690				690			690	
-			750			750				-			-	
8			8			8				8			8	
800			800			800				800			690	
3000			3000			3000				3000			2500	
N	H	L	N	H	L	N	S	H	L	S	H	L	H	V
65	100	200	65	100	200	65	85	100	200	85	100	200	85	120
35 (1)	65	100	35 (1)	65	100	35 (1)	50	65	100	50	65	100	85	120
30	50	80	30	50	80	30	45	50	80	40	55	80	70	100
25	40	65	25	40	65	25	35	40	65	35	45	70	50	70
18	22	30	20	25	30	20	22	25	30	20	25	35	40	50
-	-	-	35	65	100	35	50	65	100	-	-	-	-	-
-	-	-	35	50	65	20	35	50	65	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	20	35	50	16	20	35	50	-	-	-	-	-
100%	100%	75%	100%	100%	75%	100%	100%	100%	75%	100%	75%	50%	50%	50%
74	143	220	74	143	220	74	105	143	220	105	143	220	187	264
8	7	6	8	7	6	10	9	8	7	22	22	22	20	20
			5 (400A)			7,6 (630A) - 10 (800A)				15 (1250A) - 20 (1600A)			35	
A			B (400A) - A (630A)			B				B			B	
■			■			■				■			■	
■			■			■				■			■	
■ ■ ■			■ ■ ■			■ ■ ■ ■				■ ■ ■			■ ■	
■ ■ ■			■ ■ ■			■ ■ ■ ■				■ ■ ■			■ ■	
■			■			■				■			■	
F - P - W			F - P (400) - W			F - W				F - W			F	
F - EF - ES - FC FC CuAl - RC - R			F - EF(400A) - ES - FC FC CuAl (400A)-RC (400A)-R			F - EF - ES - FC CuAl RC - R				F - EF - ES - FC CuAl (1250A) HR - VR			F (2000-2500A) - VR	
EF - FC - R			EF - FC - R											
EF - FC - R			EF(400A) - ES - FC (400A) R - VR (630A)			EF - HR - VR				EF - HR - VR				
DIN EN 50023			DIN EN 50023			-				-			-	
20000/120			20000/120			20000/120				10000/120			10000/20	
10000(160A)-8000(250A)/120			7000(400A)-5000(630A)/60			7000(630A)-5000(800A)/60				7000(1250A)-5000(1600A)/20			2500(2500A)/20-1500(3200A)/10	
105/140			140/184			210/280				210/280			406/556	
103,5			103,5			103,5				138,5			242	
254			254			268				406			400	
4 / 5,3			5 / 7			9,5 / 12				17 / 22			57/76	
4,5 / 5,9			6,1 / 8,4			-				-			-	
4,9 / 6,3			6,4 / 8,7			12,1 / 15,1				21,8 / 29,2			-	

LEGENDA TERMINALI
 F = Anteriori
 EF = Anteriori prolungati
 ES = Anteriori prolungati divaricati
 FC = Anteriori per cavi in rame

FC CuAl = Anteriori per cavi in rame
 o alluminio
 R = Posteriori flettati
 RC = Posteriori per cavi in rame o
 alluminio

HR = Posteriori in piatto orizzontali
 VR = Posteriori in piatto verticali

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/3b – Interruttori automatici scatolati SACE Isomax S limitatori di corrente - IEC 60947-2

			
		S2X 100	
(1) Il valore di I _{cs} a 500 V e 690 V per S3X, S4X e S6X viene ridotto del 25%	Corrente ininterrotta nominale, I _v	[A]	100
(2) Per S3X con taratura R32: I _{cu} (690 V) = 50 kA e I _{cs} = 100% I _{cu} I _{cu} (500 V) = 75 kA e I _{cs} = 100% I _{cu}	Poli	Nr.	3
(3) L'interruttore S3X a 690 V può essere alimentato solo dall'alto	Tensione nominale d'impiego, U _e (AC) 50-60 Hz	[V]	690
LEGENDA ESECUZIONI	Tensione nominale di tenuta ad impulso, U _{imp}	[kV]	6
F = Fisso	Tensione nominale d'isolamento, U _i	[V]	690
P = Rimovibile	Tensione di prova a frequenza industriale per 1 min.		3000
W = Estraibile	Potere di interruzione nominale limite in corto circuito, I _{cu}		X
LEGENDA TERMINALI	(AC) 50-60 Hz 220/230 V	[kA]	100
F = Anteriori	(AC) 50-60 Hz 380/415 V	[kA]	70
EF = Anteriori prolungati	(AC) 50-60 Hz 440 V	[kA]	70
ES = Anteriori prolungati divaricati	(AC) 50-60 Hz 500 V	[kA]	50
FC = Anteriori per cavi in rame	(AC) 50-60 Hz 690 V	[kA]	10
FC CuAl = Anteriori per cavi in rame o alluminio	Potere di interruzione nominale di servizio in cto cto, I _{cs} (1)	[%I _{cu}]	75%
R = Posteriori filettati	Potere di chiusura nominale in corto circuito (415 V)	[kA]	154
HR = Posteriori in piatto orizzontali	Durata di apertura (415 V a I _{cu})	[ms]	3,5
VR = Posteriori in piatto verticali	Categoria di utilizzazione (EN 60947-2)		A
	Attitudine al sezionamento		■
	IEC 60947-2, EN 60947-2		■
	Sganciatori termomagnetici T regolabile, M fisso 10 lth		■
	a microprocessore PR211/P (I-LI)		
	a microprocessore PR212/P (LSI-LSIG)		
	Intercambiabilità		
	Esecuzioni		F-P
	Terminali fisso		EF - FC - FC CuAl - R
	rimovibile		FC-R
	estraibile		-
	Fissaggio su profilato DIN		DIN EN 50022
	Vita meccanica [Nr. manovre / operazioni orarie]		25000/240
	Vita elettrica (a 415 V) [Nr. manovre / operazioni orarie]		8000/120
	Dimensioni base, fisso L (3/4 poli) [mm]		90/120
	P [mm]		70
	H [mm]		120
	Pesi, 3/4 poli fisso [kg]		1,1/1,5
	rimovibile [kg]		1,3/1,7
	estraibile [kg]		-

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione



	S3X	S4X	S6X
	125-200	250	400-630
	3-4	3-4	3-4
	690	690	690
	8	8	8
	800	800	800
	3000	3000	3000
	X	X	X
	300	300	300
	200	200	200
	180	180	180
	150	150	150
	75 (2)(3)	75	75
	100%	100%	100%
	440	440	440
	3,5	3,5	3,5
	A	A	A
	■	■	■
	■	■	■
	■	■	■
		■	■
		■	■
		■	■
	F-P-W	F-P-W	F-W
	F - EF - ES - FC - FC CuAl - RC - R	F - EF - ES - FC - FC CuAl - RC - R	F - EF - ES - FC CuAl - RC - R
	EF - R	EF - R	-
	EF - R	EF - R	EF - HR - VR
	DIN EN 50023	DIN EN 50023	-
	25000/120	20000/120	20000/120
	10000(125A)-8000(200A) / 120	800 / 120	7000(630A)-5000(800A)/60
	105/140	105/140	210/280
	103,5	103,5	103,5
	255	339	268
	3,6 / 4,8	5 / 7	9,5 / 12
	6,3 / 8,7	8,2 / 10,7	-
	7,1 / 9,5	9 / 11,5	12,1 / 15,1

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/3c – Interruttori automatici SACE Isomax S per protezione motori (protezione per corto circuito) - IEC 60947-4

				
		S2X 80	S3	S3X
Corrente ininterrotta nominale, I_n	[A]	80	160 / 250	125 / 200
Corrente nominale di impiego, I_n	[A]	1...80	3...160 / 160...200	3... 125 / 125...200
Poli	Nr.	3	3	3
Tensione nominale d'impiego, U_e (AC) 50-60 Hz	[V]	690	690	690
Tensione nominale di tenuta ad impulso, U_{imp}	[kV]	6	8	8
Tensione nominale d'isolamento, U_i	[V]	690	800	800
Tensione di prova a frequenza industriale per 1 min.	[V]	3000	3000	3000
Potere di interruzione nominale limite in corto circuito, I_{cu}		X	N H L	X
(AC) 50-60 Hz 220/230 V	[kA]	100	65 100 170	300
(AC) 50-60 Hz 380/415 V	[kA]	70	35 (1) 65 85	200
(AC) 50-60 Hz 440 V	[kA]	70	30 50 65	180
(AC) 50-60 Hz 500 V	[kA]	50	25 40 50	150
(AC) 50-60 Hz 690 V	[kA]	10	14 18 20	75 (3)
Potere di interruzione nominale di servizio in cto cto, I_{cs} (2)	[%Icu]	75%	100% 75% 75%	100%
Potere di chiusura nominale in corto circuito (415 V)	[kA]	154	74 143 187	440
Durata di apertura (415 V a I_{cs})	[ms]	3,5	8 7 6	3,5
Categoria di utilizzazione (EN 60947-2)		■	A	A
Attitudine al sezionamento		■	■	■
IEC 60947-2, EN 60947-2		■	■	■
Sganciatori		■	-	-
solo magnetico fisso $13xI_n$		■	-	-
solo magnetico regolabile $4...12xI_n$		-	■	■
a microprocessore PR211/P (I)		-	-	-
Intercambiabilità		-	-	-
Esecuzioni		F-P	F - P - W	F - P - W
Terminali	fisso	EF - FC FC CuAl - R	F - EF - ES - FC FC CuAl - RC - R	F - EF - ES - FC FC CuAl - R - RC
	rimovibile	FC - R	EF - FC - R	EF - R
	estraibile	-	EF - FC - R	EF - R
Fissaggio su profilato DIN		DIN EN 50022	DIN EN 50023	DIN EN 50023
Vita meccanica	[Nr. manovre / operazioni orarie]	25000/240	25000/120	25000/120
Dimensioni base fisso, 3 poli	L [mm]	90	105	105
	P [mm]	70	103,5	103,5
	H [mm]	120	170	255
Pesi	fisso, 3 poli	[kg] 1,1	2,6	3,6
	rimovibile, 3 poli	[kg] 1,3	3,1	6,3
	estraibile, 3 poli	[kg] -	3,5	7,1

(1) Tutte le versioni con $I_{cu}=35$ kA sono certificate a 36 kA

(2) Per interruttori S3 N/H/L, S4 N/H/L, S5 N/H, S6 N/S/H la prestazione percentuale di I_{cs} a 690 V è ridotta del 25%

(3) L'interruttore S3X a 690 V può essere alimentato solo dall'alto

LEGENDA ESECUZIONI

F = Fisso
P = Rimovibile
W = Estrabile

LEGENDA TERMINALI

F = Anteriori
EF = Anteriori prolungati
ES = Anteriori prolungati divaricati
FC = Anteriori per cavi in rame
FC CuAl = Anteriori per cavi in rame o alluminio
R = Posteriori filettati
RC = Posteriori per cavi in rame o alluminio
HR = Posteriori in piatto orizzontali
VR = Posteriori in piatto verticali

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

																		
S4			S4X			S5			S6				S6X			S7		
160 / 250			250			400 / 630			630 / 800				400 / 630			1250 / 1600		
100, 160 / 250			100, 160, 250			320, 400 / 630			630 / 800				320, 400 / 630			1000, 1250 / 1600		
3			3			3			3				3			3		
690			690			690			690				690			690		
8			8			8			8				8			8		
800			800			800			800				800			800		
3000			3000			3000			3000				3000			3000		
N	H	L	X			N	H	L	N	S	H	L	X	S	H	L		
65	100	200	300			65	100	200	65	85	100	200	300	85	100	200		
35 (1)	65	100	200			35 (1)	65	100	35 (1)	50	65	100	200	50	65	100		
30	50	80	180			30	50	80	30	45	50	80	180	40	55	80		
25	40	65	150			25	40	65	25	35	40	65	150	35	45	70		
18	22	30	75			20	25	30	20	22	25	30	75	20	25	35		
100%	100%	75%	100%			100%	100%	75%	100%	100%	100%	75%	100%	100%	75%	50%		
74	143	220	440			74	143	220	74	105	143	220	440	105	143	220%		
8	7	6	3,5			8	7	6	10	9	8	7	3,5	22	22	22		
A			A			B(400A) A(630A)			B				A			B		
■			■			■			■				■			■		
■			■			■			■				■			■		
-			-			-			-				-			-		
-			-			-			-				-			-		
■			■			■			■				■			■		
■			■			■			■				■			■		
F - P - W			F - P - W			F - P(400A) - W			F - W				F - W			F - W		
F - EF - ES - FC FC CuAl - R - RC			F - EF - ES - FC FC CuAl - R - RC			F - EF - ES - FC FC CuAl - R - RC(400A)			F - EF - ES FC CuAl - R - RC				F - EF - ES FC CuAl - R - RC			F - EF - ES - FC CuAl (1250A) - HR - VR		
EF - FC - R			EF - R			EF - FC - R			-				-			-		
EF - FC - R			EF - R			EF - FC - R - VR (630A)			EF - HR - VR				EF - VR - HR			EF - VR - HR		
DIN EN 50023			DIN EN 50023			DIN EN 50023			-				-			-		
20000/120			20000/120			20000/120			20000/120				20000/120			10000/120		
105			105			140			210				210			210		
103,5			103,5			103,5			103,5				103,5			138,5		
254			339			254			268				406			406		
4			5			5			9,5				15			17		
4,5			8,2			6,1			-				-			-		
4,9			9			6,4			12,1				25,4			21,8		

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/3d – Interruttori automatici SACE Isomax S per protezione motori (protezione integrata) - IEC 60947-2 e IEC 60947-4



S4

- (1) Tutte le versioni con $I_n=35$ kA sono certificate a 36 kA
 (2) Per interruttori S4N/H/L, S5N/H, S6N/H la prestazione percentuale di I_{cu} a 500 V e 690 V è ridotta del 25%

LEGENDA ESECUZIONI

F = Fisso
 P = Rimovibile
 W = Estraibile

LEGENDA TERMINALI

F = Anteriori
 EF = Anteriori prolungati
 ES = Anteriori prolungati divaricati
 FC = Anteriori per cavi in rame
 FC CuAl = Anteriori per cavi in rame o alluminio
 R = Posteriori filettati
 RC = Posteriori per cavi in rame o alluminio
 HR = Posteriori in piatto orizzontali
 VR = Posteriori in piatto verticali

Corrente ininterrotta nominale, I_n	[A]	160 / 250		
Corrente nominale di impiego, I_n	[A]	100, 160 / 200		
Poli	Nr.	3		
Tensione nominale d'impiego, U_n (AC) 50-60 Hz	[V]	690		
Tensione nominale di tenuta ad impulso, U_{imp}	[kV]	8		
Tensione nominale d'isolamento, U_i	[V]	800		
Tensione di prova a frequenza industriale per 1 min.	[V]	3000		
Potere di interruzione nominale limite in corto circuito, I_{cu}			N	H L
(AC) 50-60 Hz 220/230 V	[kA]	65	100	200
(AC) 50-60 Hz 380/415 V	[kA]	35 (1)	65	100
(AC) 50-60 Hz 440 V	[kA]	30	50	80
(AC) 50-60 Hz 500 V	[kA]	25	40	65
(AC) 50-60 Hz 690 V	[kA]	18	22	30
Potere di interruzione nominale di servizio in cto cto, I_{cs} (2)	[%Icu]	100%	100%	75%
Potere di chiusura nominale in corto circuito (415 V)	[kA]	74	143	220
Durata di apertura (415 V a I_{cu})	[ms]	8	7	6
Categoria di utilizzazione (EN 60947-2)			A	
Attitudine al sezionamento			■	
IEC 60947-2, EN 60947-2, IEC 60947-4-1, EN 60947-4-1			■	
Sganciatori a microprocessore PR212/MP (LRIU)			■	
Intercambiabilità			■	
Esecuzioni			F - P - W	
Terminali fisso			F - EF - ES - FC FC CuAl - R - RC	
rimovibile			EF - FC - R	
estraibile			EF - FC - R	
Fissaggio su profilato DIN EN 50023			■	
Vita meccanica	[Nr. manovre / operazioni orarie]	20000/120		
Dimensioni base, fisso 3 poli	L [mm]	105		
	P [mm]	103,5		
	H [mm]	254		
Pesi fisso, 3 poli	[kg]	4		
rimovibile, 3 poli	[kg]	4,5		
estraibile, 3 poli	[kg]	4,9		

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

				
S4X	S5	S6	S6X	S7
250	400	630	400 / 630	1250
100, 160, 200	320	630	320, 400 / 630	1000
3	3	3	3	3
690	690	690	690	690
8	8	8	8	8
800	800	800	800	800
3000	3000	3000	3000	3000
X	N H L	N H L	X	S H
300	65 100 200	65 100 200	300	85 100
200	35(1) 65 100	35(1) 65 100	200	50 65
180	30 50 80	30 50 80	180	40 55
150	25 40 65	25 40 65	150	35 45
75	20 25 30	20 25 30	75	20 25
100%	100% 100% 75%	100% 100% 75%	100%	100% 75%
440	74 143 220	74 143 220	440	105 143
3,5	8 7 6	9 8 7	3,5	22 22
A	B	B	A	B
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
F - P - W	F - P - W	F - W	F - W	F - W
F - EF - ES - FC FC CuAl R - RC	F - EF - ES - FC FC CuAl - R - RC	F - EF - ES FC CuAl - R - RC	F - EF FC CuAl - R - RC	F - EF - ES FC CuAl - HR - V
EF - R	EF - FC - R	-	-	-
EF - R	EF - FC - R	EF - HR - VR	EF - VR - HR	EF - VR - HR
■	■	-	-	-
20000/120	20000/120	20000/120	20000/120	10000/120
105	140	210	210	210
103,5	103,5	103,5	103,5	138,5
339	254	268	406	406
5	5	9,5	15	17
8,2	6,1	-	-	-
9	6,4	12,1	25,4	21,8

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/3e – Interruttori automatici SACE Isomax S per applicazioni fino a 1000 V - IEC 60947-2

Gamma a 1000 V in c.a.		S3
Corrente ininterrotta nominale, I_u	[A]	160
Poli	Nr.	3
Tensione nominale d'impiego, U_n (AC) 50-60 Hz	[V]	1000
Tensione nominale di tenuta ad impulso, U_{imp}	[kV]	8
Tensione nominale d'isolamento, U_i	[V]	1000
Tensione di prova a frequenza industriale per 1 min.		3000
Potere di interruzione nominale limite in corto circuito, I_{cu}		L
(AC) 50-60 Hz 1000 V	[kA]	6
Potere di chiusura nominale in corto circuito	[kA]	9,2
Durata di apertura	[ms]	20
Corrente di breve durata ammissibile nominale per 1 s, I_{cw}	[kA]	
Categoria di utilizzazione (EN 60947-2)		A
Attitudine al sezionamento		■
IEC 60947-2, EN 60947-2		■
Sganciatori termomagnetici T regolabile, M fisso 10 lth		■
Sganciatori a microprocessore PR211/P (solo LI)		
Sganciatori a microprocessore PR212/P (LSI-LSIG)		
Esecuzioni		F
Terminali		F
Fissaggio su profilato DIN		DIN EN 50023
Vita meccanica	[Nr. manovre / operaz. orarie]	25000/120
Dimensioni	L [mm]	105
	P [mm]	103,5
	H [mm]	170
Pesi	[kg]	2,6

Gamma a 1000 V in c.c.		S3	S5	S6	S6X
Corrente ininterrotta nominale, I_u	[A]	160-250	400	630	800
Poli	Nr.	4	4	4	4
Tensione nominale d'impiego, U_n	[V -]	1000	1000	1000	1000
Tensione nominale di tenuta ad impulso, U_{imp}	[kV]	8	8	8	8
Tensione nominale d'isolamento, U_i	[V]	1000	1000	1000	1000
Tensione di prova a frequenza industriale per 1 min.		3000	3000	3000	3000
Potere di interruzione nominale limite in corto circuito, I_{cu} (4 poli in serie)	[kA]	L 40	L 40	L 40	L 50
Potere di chiusura nominale in corto circuito	[kA]	40	40	40	50
Durata di apertura	[ms]	25	35	45	50
Corrente di breve durata ammissibile nominale per 1 s, I_{cw}	[kA]	-	5	7,6	10
Categoria di utilizzazione (EN 60947-2)		A	B	B	B
Attitudine al sezionamento		■	■	■	■
IEC 60947-2, EN 60947-2		■	■	■	■
Sganciatori termomagnetici T regolabile, M fisso 10 lth		■	-	-	-
Sganciatori termomagnetici T regolabile, M regolabile		-	■	■	■
Esecuzioni		F	F	F	F
Terminali		F	F	F	F
Fissaggio su profilato DIN		DIN EN 50023	DIN EN 50023	-	-
Vita meccanica	[Nr. manovre / operaz. orarie]	25000/120	20000/120	20000/120	20000/120
Dimensioni base, fisso	L [mm]	140	184	280	280
	P [mm]	103,5	103,5	103,5	103,5
	H [mm]	170	254	268	268
Pesi, fisso	[kg]	3,5	7	12	12

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

	S3X	S4	S4X	S5	S6	S6X
	125	160-250	250	400	630-800	630
	3	3	3	3	3	3
	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	8	8	8	8	8	8
	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	3000	3000	3000	3000	3000	3000
	X	L	X	L	L	X
	30	8	30	8	12	30
	63	13,6	63	13,6	24	63
	10	30	20	30	30	25
				5	7,6 (630A)-10 (800A)	
	A	A	A	B	B	A
	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■
	F	F	F	F	F	F
	F	F	F	F	F	F
	DIN EN 50023	DIN EN 50023	DIN EN 50023	DIN EN 50023	-	-
	25000/120	20000/120	20000/120	20000/120	20000/120	20000/120
	105	105	105	140	210	210
	103,5	103,5	103,5	103,5	103,5	103,5
	255	254	254	254	268	406
	3,6	4	4	5	9,5	15

Interruttori con sganciatore elettronico per corrente alternata

	In100	In250	In400	In630	In800
S4L 160	■	-	-	-	-
S4L 250	-	■	-	-	-
S4X 250	-	■	-	-	-
S5L 400	-	-	■	-	-
S6L 630	-	-	-	■	-
S6X 630	-	-	-	■	-
S6L 800	-	-	-	-	■
$I_m = 1,5 \dots 12 \times I_n$ [A]	150...1200	375...3000	600 ... 4800	945...7560	1200...9600

Interruttori con sganciatore termomagnetico per corrente alternata (soglia termica regolabile fra 0,7 e 1 xIn; soglia magnetica fissa)

	R32	R50	R80	R100	R125	R160	R200	R250
S3L 160	■	■	■	■	■	■	-	-
S3X 125	■	■	■	■	■	-	-	-
$I_m AC (10xI_n)$ [A]	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500

Interruttori con sganciatore termomagnetico per corrente continua

	R32 (1)	R50 (1)	R80 (1)	R100 (1)	R125 (1)	R160 (1)	R200 (1)	R250 (1)	R400 (2)	R630 (2)	R800 (2)
S3L 160	■	■	■	■	■	■	-	-	-	-	-
S3L 250	-	-	-	-	-	-	■	■	-	-	-
S5L 400	-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	-
S6L 630	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	-
S6L 800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■
$I_m DC (10xI_n)$ [A]	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500	-	-	-
$I_m DC (5-10xI_n)$ [A]									2000-4000	3150-6300	4000-8000

(1) Soglia termica regolabile fra 0,7 e 1 xIn; soglia magnetica fissa -

(2) Soglia termica regolabile fra 0,7 e 1 xIn; soglia magnetica regolabile fra 5 e 10 xIn

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/3f – Interruttori di manovra-sezionatori SACE Isomax S - IEC 60947-3

			
		S2D	
Corrente termica convenzionale a 60 °C, I_{th}	[A]	125 / 160	
Numero di poli	Nr.	3/4	
Tensione nominale d'impiego, U_e (AC) 50-60 Hz	[V-]	690	
	(DC)	500	
Corrente nominale, I_u	[A]	125-160	
Tensione nominale di tenuta ad impulso, U_{imp}	[kV]	6	
Tensione nominale di isolamento, U_j	[V]	690	
Tensione di prova a frequenza industriale per 1 minuto	[V]	3000	
Potere di chiusura nominale in corto circuito (415 V-), I_{cm}	[kA]	3,1	
Corrente di breve durata ammissibile nominale per 1s, I_{cw}	[kA]	2,2	
Attitudine al sezionamento		■	
IEC 60947-3		■	
Esecuzioni		F - P	
Terminali	fisso	EF - FC - FC CuAl R - RC	
	rimovibile	FC - R	
	estraibile	-	
Vita meccanica	[Nr. di manovre / operazioni orarie]	25000/240	
Dimensioni base, fisso	L (3/4 poli)	[mm]	90/120
	P	[mm]	70
	H	[mm]	120
Pesi, fisso	3/4 poli	[kg]	1,1/1,5

Coordinamento con gli interruttori automatici (kA a 380-415 V AC)

MONTE	VALLE						
	S2D 125	S2D 160	S3D 100	S3D 160	S3D 250	S3D 320	S6D 400
S1B	16		16				
S1N	25		25				
S2B	16	16	16	16			
S2N	35	35	35	35			
S2S	50	50	50	50			
S3N			35	35	35	35	
S3H			65	65	65	65	
S5N							35
S5H							35
S6N							35
S6S							50
S6H							65
S7S							
S7H							
S8H							
S8V							

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione



S3D

125 / 160 / 250 / 320

3/4

690

750

100-160-250-320

8

800

3000

10

6,5

■

■

F - P - W

F - EF - FC

FC CuAl - R - RC

F - FC - R

F - FC - R

25000/120

105/140

103,5

170

2,6/3,5

S6D

400 / 630 / 800

3/4

690

750

400-630-800

8

800

3000

30

15

■

■

F - W

F - EF - FC CuAl

R - RC

-

F - HR - VR

20000/120

210/280

103,5

268

9,5/12

S7D

1000 / 1250 / 1600

3/4

690

750

1000-1250-1600

8

800

3000

52,5

25

■

■

F - W

F - EF - FC CuAl (1250A)

HR - VR

-

F - HR - VR

10000/120

210/280

138,5

406

17/22

S8D

2000 / 2500 / 3200

3/4

690

750

2000-2500-3200

8

800

3000

85

40

■

■

F

EF (2500A)-R

-

-

10000/20

406/556

242

400

57/76

	S6D 630	S6D 800	S7D 1000	S7D 1250	S7D 1600	S8D 2000	S8D 2500	S8D 3200
--	---------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

35

35

35

35

35

35

50

50

65

65

50

50

50

65

65

65

85

85

85

120

120

120

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/4 – Interruttori automatici aperti SACE Emax

Dati comuni a tutta la gamma										
Tensioni										
Tensione nominale di impiego	U_n	690 - / 250 -	[V]							
Tensione nominale di isolamento	U_i	1000	[V]							
Tensione nominale di tenuta ad impulso	U_{imp}	12	[kV]							
Temperatura di impiego										
Temperatura di impiego				-5 ... +70	[°C]					
Temperatura di stoccaggio										
Temperatura di stoccaggio				-40 ... +70	[°C]					
Frequenza										
Frequenza				f	50-60	[Hz]				
Numero poli										
Esecuzione				Fissa - Estraibile						
Taglia dell'interruttore										
Livello di prestazione										
Correnti										
Corrente ininterrotta nominale (a 40 °C)				I_u	[A]					
					[A]	800	1600	1250	1250	
					[A]	1250	2000	1600	1600	
					[A]		2000			
					[A]					
					[A]					
Portata del polo neutro per int. tetrapolari					[% I_u]	100	100	100	100	
Potere di interruzione nominale limite in corto circuito				I_{cu}	220/230/380/400/415 V -	[kA]	40	40	65	130
					440 V -	[kA]	40	40	65	110
					500/660/690 V -	[kA]	36	40	55	85
					250 V —	[kA]	36	40	55	-
Potere di interruzione nominale di servizio in corto circuito				I_{cs}	220/230/380/400/415 V -	[kA]	40	40	55	130
					440 V -	[kA]	40	40	55	110
					500/660/690 V -	[kA]	36	40	55	65
					250 V —	[kA]	36	40	55	-
Corrente ammissibile nominale di breve durata				I_{cw} (1 s)	[kA]	36	40	55	10	
				I_{cw} (3 s)	[kA]	-	40	40	-	
Potere di chiusura nominale in corto circuito (valore di cresta)				I_{cm}	220/230/380/400/415 V -	[kA]	84	84	143	286
					440 V -	[kA]	84	84	143	242
					500/660/690 V -	[kA]	75,6	84	121	187
Categoria di utilizzo (Secondo CEI EN 60947-2)						B	B	B	A	
Attitudine al sezionamento (Secondo CEI EN 60947-2)						•	•	•	•	
Protezione di massima corrente										
Sganciatori a microprocessore per applicazioni in c.a.						•	•	•	•	
Tempi di manovra										
Durata di chiusura (max)					[ms]	80	80	80	80	
Durata di interruzione per $I < I_{cw}$ (max) (1)					[ms]	70	70	70	70	
Durata di interruzione per $I > I_{cw}$ (max)					[ms]	30	30	30	12	
Dimensioni di ingombro										
Fisso: H= 418 mm - P= 302 mm				L (3/4 poli)	[mm]	296/386		296/386		
Estraibile: H= 461 mm - P= 396,5 mm				L (3/4 poli)	[mm]	324/414		324/414		
Pesi (interruttore completo di sganciatori e TA, accessori esclusi)										
Fisso 3/4 Poli					[kg]	42/50	46/55	46/55	45/53	
Estraibile 3/4 Poli (compresa la parte fissa)					[kg]	65/80	72/89	72/89	70/87	

(1) Senza ritardi intenzionali

(*) La presentazione a 500 V è di 100 kA

				E1 B		E2 B-N			E2 L			
Corrente ininterrotta nominale (a 40 °C)				I_u	[A]	800	1250	1250	1600	2000	1250	1600
Vita meccanica con regolare manutenzione ordinaria					[Nr. manovre x 1000]	25	25	25	25	25	20	20
Frequenza				f	[Manovre/ora]	60	60	60	60	60	60	60
Vita elettrica (440 V -)					[Nr. manovre x 1000]	10	10	15	12	10	4	3
Frequenza				f	[Manovre/ora]	30	30	30	30	30	20	20

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione



E3				E4		E6	
N	S	H	L	S	H	H	V
2500	1250	1250	2000	4000	3200	5000	3200
3200	1600	1600	2500		4000	6300	4000
	2000	2000					5000
	2500	2500					6300
	3200	3200					
100	100	100	100	50	50	50	50
65	75	100	130	75	100	100	150
65	75	100	110	75	100	100	150
65	75	85	85	75	85(*)	100	100
65	75	75	-	75	100	100	100
65	75	85	130	75	100	100	125
65	75	85	110	75	100	100	125
65	75	85	65	75	85(*)	100	100
65	75	75	-	75	100	100	100
65	75	75	15	75	100	100	100
65	65	65	-	65	65	-	-
143	165	220	286	165	220	220	330
143	165	220	242	165	220	220	330
143	165	187	187	165	187	220	220
B	B	B	A	B	B	B	B
•	•	•	•	•	•	•	• •
•	•	•	•	•	•	•	• • •
80	80	80	80	80	80	80	80
70	70	70	70	70	70	70	70
30	30	30	12	30	30	30	30
	404/530			566/656		782/908	
	432/558			594/684		810/936	
68/80	68/80	68/80	67/79	95/115	95/115	140/170	140/170
100/125	100/125	100/125	100/120	147/190	147/190	210/260	210/260

E3 N-S-H					E3 L		E4 S-H		E6 H-V			
1250	1600	2000	2500	3200	2000	2500	3200	4000	3200	4000	5000	6300
20	20	20	20	20	15	15	15	15	12	12	12	12
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
12	10	9	8	6	2	1,8	7	5	5	4	3	2
20	20	20	20	20	20	20	10	10	10	10	10	10

17.3 Coordinamento delle protezioni contro il sovraccarico e il corto circuito

I dispositivi di protezione contro il sovraccarico ed il corto circuito devono avere un potere d'interruzione almeno uguale alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione. È tuttavia ammesso l'impiego di un dispositivo di protezione (interruttore) con potere di interruzione inferiore a condizione che a monte vi sia un altro interruttore avente il necessario potere di interruzione. In questo caso le caratteristiche dei due interruttori devono essere coordinate in modo che l'energia specifica passante (I^2t) lasciata passare dall'interruttore a monte non risulti superiore a quella che può essere sopportata senza danno dall'interruttore a valle e dalle condutture protette.

Il coordinamento dei dispositivi di protezione può essere di due tipi:

- di sostegno (o back-up)
- selettivo (amperometrico, cronometrico, di zona).

17.4 Protezione di sostegno (back-up)

La protezione di sostegno è prevista dalla Norma CEI 64-8. Questa protezione è applicabile quando non ci sono particolari esigenze di selettività e consente sensibili risparmi nel dimensionamento degli interruttori a valle.

In Fig. 17/2 viene mostrato un esempio di back-up con l'impiego, a monte, di un interruttore SACE Isomax S2N e, a valle interruttori modulari ABB S270 (nell'esempio si ipotizza, nel punto C una corrente massima di corto circuito di 25 kA).

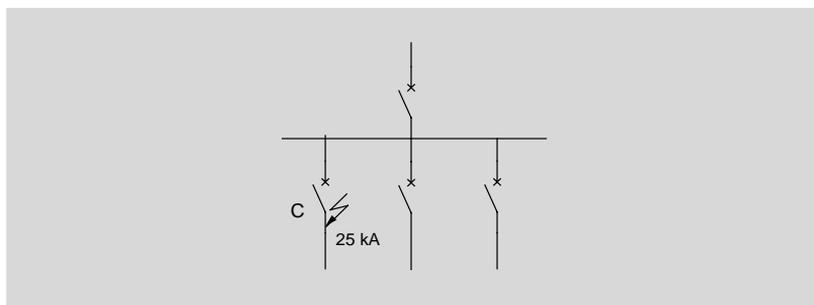


Fig. 17/2

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Nella Tab. 17/5 vengono riportate le possibilità di protezione di sostegno, con i relativi poteri di interruzione riferiti alla tensione nominale $U_n=400V \sim$, fra interruttori ABB di bassa tensione scatolati e aperti (serie SACE Isomax S, SACE Limitor LNA e SACE Emax) e modulari serie pro M.

Questi ultimi, per comodità di rappresentazione, devono essere letti secondo la seguente legenda:

S250	identifica gli interruttori	S250, S260, S270K
S270	identifica gli interruttori	S270 (B -C-D), S280 ($I_n=3\dots 8A$), S280 ($I_n=50\dots 63A$), S290
S280/20	identifica gli interruttori	S280 ($I_n=32\dots 40A$)
S280/25	identifica gli interruttori	S280 ($I_n=10\dots 25A$)

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/5 – Protezione di sostegno (tabella di back-up con $U_e = 400\text{ V}\sim$)

INTERRUTTORE A MONTE																	
In [A] ≤	S270	S280/20	S280/25	S290	S500	S1B 125	S2B 160	S1N 125	S2N 160	S3N 250	S4N 250	S5N 630	S6N 800	S2S 160	S6S 800	S7S 1600	
Icu [kA]	15	20	25	15	50	16	16	25	35	35	35	35	35	50	50	50	
INTERRUTTORE A VALLE																	
10						S240	S240	S240	S240					S240			
15	S240 S250			S240 S250													
16						S250	S250			S250	S250						
20		S240 S250 S270						S250	S250		S270	S1B S2B	S1B S2B	S250	S1B S2B		
25			S240 S250 S270					S270 S280/20 S280/25 S1B	S270	S270 S280/20	S280/20 S1B S2B			S270			
30					S240				S280/20	S280/25	S280/25			S280/20			
35									S280/25 S1B S1N S2B	S1B S1N S2B	S1N	S1N	S1N	S280/25			
40					S250										S1N	S3N S4N S5N S6N	
50					S270 S280/20 S280/25 S1B S1N									S1B S1N S2B S2N	S2N S3N S4N S5N		
65																	
85																	
100																	
130																	
150																	
170																	
200																	

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

INTERRUTTORE A MONTE																	
S3H	S4H	S5H	S6H	S7H	S2X	S3L	S4L	S5L	S6L	S7L	S3X	S3X	S4X	S6X	E2L	E3L	
250	250	630	800	1600	100	250	250	630	800	1600	125	200	250	630	1600	2500	
65	65	65	65	65	70	85	100	100	100	100	200	200	200	200	130	130	
INTERRUTTORE A VALLE																	
												S240					
	S250	S250				S250	S250										
		S270	S1B S2B	S1B S2B		S240		S270	S1B S2B	S1B S2B		S250	S250	S250	S1B S2B		
	S270 S280/20	S280/20				S250	S270 S280/20	S280/20				S270	S270 S280/20	S270 S280/20			
	S280/25	S280/25 S1B S2B				S240	S280/25	S280/25				S280/20		S280/25			
												S280/25	S280/25				
	S1B S2B		S1N	S1N	S3N S4N S5N S6N	S270		S1B S2B	S1N	S1N	S3N S4N S5N					S5N	S6N
		S1N				S280/20 S280/25 S1B S1N	S2B S1B				S6N				S1N	S6N	
	S1N S2N S2S S3N	S2N S2S S3N	S2N S2S S3N S4N	S2N S2S S3N S4N S5N				S2N S3N S4N	S2N S3N S4N					S1B S2B			S6S
							S1N S2N S2S S3N S3H	S1N		S5N	S5H S6S S6H		S1B				
								S2N S2S S3N S3H S3L	S2S S3H S3L S4H	S2S S3H S3L S4H S5H			S2B		S2N S3N S4N	S5H S6S S6H S7S S7H	S6H S7S S7H
												S1B S2B		S1N	S2S	S5L S6L S7L	S6L S7L
													S1N				
												S500 LNA S2N S2S	S500 LNA S2N S2S	LNA S2N S2S S3N S3H S3L	S3H S3L S4H S4L S5H S5L S6S S6H S6L		

17.5 Protezione selettiva

Normalmente la corrente di sovraccarico che percorre l'interruttore posto a protezione di un utilizzatore non rappresenta un sovraccarico per gli interruttori a monte; questi ultimi infatti hanno una corrente ininterrotta nominale più elevata, perché sono chiamati a manovrare e proteggere parti di impianto costituite da più utilizzatori. Esiste pertanto, grazie alla struttura che assume l'impianto elettrico, una selettività naturale. Accade però che, nella maggior parte dei casi di corto circuito e di guasto a terra, le correnti di guasto assumono valori superiori alle correnti di soglia dei diversi dispositivi di protezione posti a monte del punto di guasto. In questi casi è pertanto indispensabile differenziare il modo di intervenire dei dispositivi di protezione, per ottenere una selettività tale da garantire che i dispositivi a monte ritornino nelle condizioni di funzionamento normale dopo l'intervento dell'interruttore cui compete l'eliminazione del guasto.

Si ricorre a questa protezione negli impianti di medi e grossi complessi civili e industriali, per soddisfare quelle esigenze di continuità di servizio, di fondamentale importanza per la sicurezza delle persone (ospedali, banche ecc.) e per il mantenimento delle attività produttive.

Essa si ottiene coordinando l'intervento fra due interruttori (**A** e **B** - Fig. 17/3) disposti in serie in un circuito, in modo che in caso di guasto in **C** si apra solo l'interruttore **B**, garantendo così la continuità del servizio al resto dell'impianto alimentato dall'interruttore **A**.

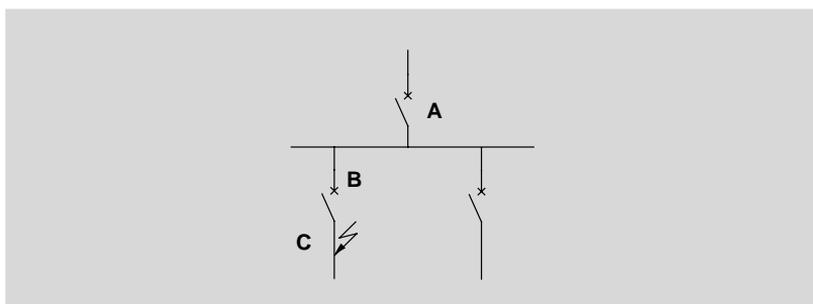


Fig. 17/3

La selettività può essere totale o parziale; in particolare:

- è totale se si apre solo l'interruttore **B**, per tutti i valori di corrente inferiori o uguali alla massima corrente di corto circuito presunta nel punto in cui è installato l'interruttore **B**;
- è parziale se si apre solo l'interruttore **B** per valori di corrente di corto circuito inferiori a quello massimo presunta nel punto in cui è installato, oltre i quali si ha l'intervento simultaneo degli interruttori **A** e **B**.

17.6 Tipi di selettività

La selettività può essere di tipo amperometrico, cronometrico, di zona.

17.6.1 Selettività amperometrica

La selettività amperometrica si realizza con interruttori automatici non limitatori o limitatori e si ottiene coordinando opportunamente l'intervento degli sganciatori magnetici istantanei degli interruttori; in particolare:

- con interruttori tradizionali sia a monte che a valle la selettività è tanto più efficace e sicura quanto più grande è la differenza fra la corrente nominale degli interruttori posti a monte e quella degli interruttori posti a valle. Inoltre la selettività amperometrica generalmente risulta **totale** se la I_{cc} in C (Fig. 17/3) è inferiore alla corrente magnetica d'intervento dell'interruttore **A**. La selettività amperometrica per valori di I_{cc} elevati può essere migliorata utilizzando interruttori **A** provvisti di relè muniti di breve ritardo (curva r, Fig. 17/4).

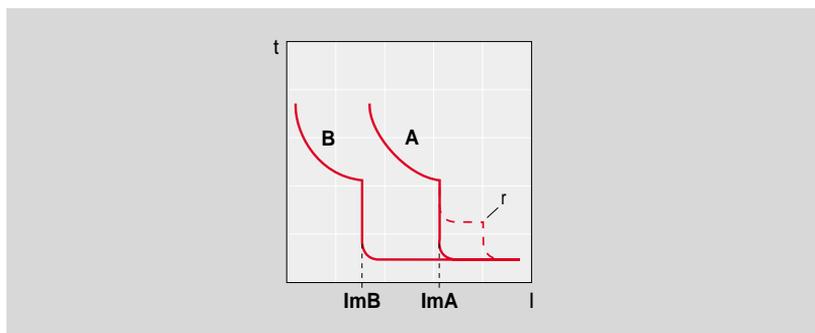


Fig. 17/4

- con interruttori tradizionali a monte e limitatori a valle si ottiene, a valle, una limitazione della I_{cc} con tempi di apertura totale di pochi millisecondi con conseguente riduzione della sollecitazione dinamica e termica; ciò rende la selettività più sicura ed efficace. Essa è totale se l'interruttore **A** non si apre (Fig. 17/5).

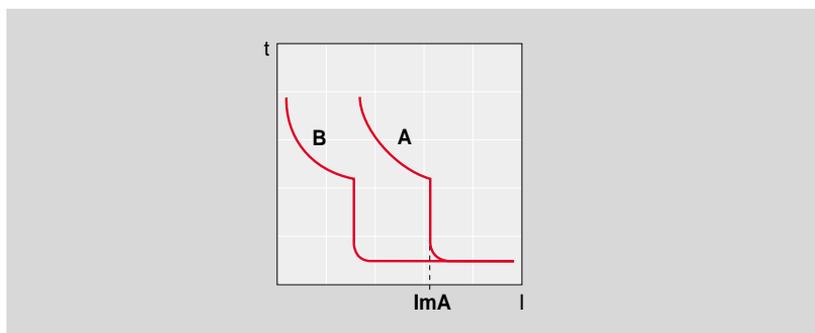


Fig. 17/5

17.6.2 Selettività cronometrica

Si realizza ritardando intenzionalmente di un tempo prefissato Δt (vedasi Fig. 17/6) l'apertura degli interruttori a monte, mediante dispositivi ritardatori applicati ai relè e coordinando i tempi di intervento degli interruttori stessi, che dovranno essere in grado di sopportare le sollecitazioni dinamiche e termiche durante il tempo di ritardo.

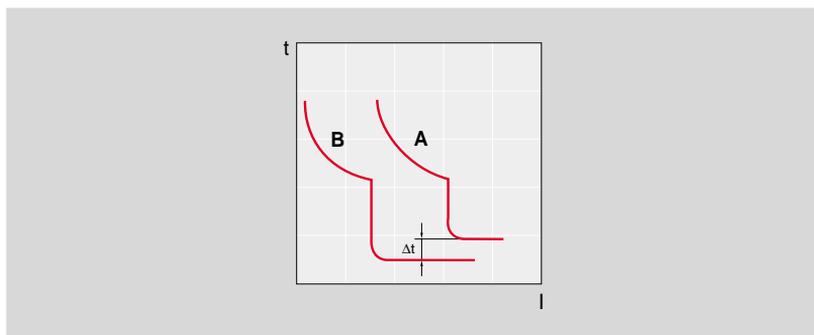


Fig. 17/6

17.6.3 Selettività di zona

Nell'ambito di un coordinamento selettivo è possibile accorciare i tempi di intervento degli interruttori dei gradini più elevati quando il guasto si verifica immediatamente a valle di essi.

Nell'esempio di Fig. 17/7 viene ipotizzato un corto circuito in C.

La corrente di guasto interessa solo l'interruttore A e non l'interruttore B.

L'impiego di sganciatori elettronici appositamente predisposti consente il rilievo immediato di tale anomalia.

Tramite specifici dispositivi è possibile ottenere l'intervento immediato dell'interruttore A riducendo a zero il ritardo imposto dal coordinamento selettivo. In impianti importanti, nei quali i livelli di distribuzione possono diventare molti, tali tempi potrebbero diventare inaccettabili sia per il valore elevato dell'energia specifica passante I^2t , sia per l'incompatibilità con i tempi di estinzione prescritti dell'Ente fornitore di energia.

In questi casi può essere necessario adottare un sistema di selettività di zona o "accelerata".

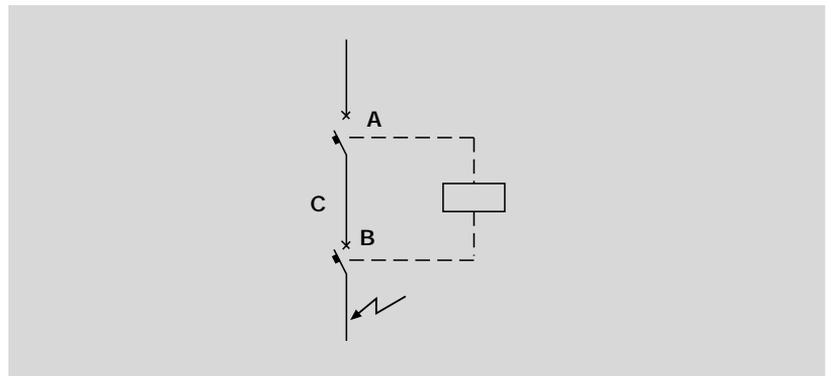


Fig. 17/7 – Schema di circuito con coordinamento delle protezioni a selettività di zona

17.7 Tabelle di selettività

Nelle pagine che seguono vengono riportate le tabelle di selettività inerenti gli interruttori ABB SACE.

Per una corretta lettura delle tabelle occorre tener presente:

- 1) La selettività è espressa in kA alla tensione di 380-415 V c.a. secondo la I_{cu} delle Norme IEC 947-2.
- 2) Le tabelle sono elaborate sotto le seguenti condizioni:

a - sganciatori TM	$I_1 = 1 \cdot I_{th}$		$I_3 = 10 I_{th}$
b - sganciatori PR211/P	$I_1 = 1 \cdot I_n$	a valle $I_2 = \text{OFF}$ a monte $I_2 = 10 \cdot I_n$ $t_2 = \text{curva D}$	$I_3 = 12 \cdot I_n$
c - sganciatori PR212/P	$I_1 = 1 \cdot I_n$ $t_1 = \text{curva D}$		$I_3 = 12 \cdot I_n$ $I_3 = \text{OFF}$
d - sganciatori PR111 - (Emax) - sganciatori PR112 - (Emax)	$I_1 = 1 \cdot I_n$ $t_1 = \text{MAX}$ consultare il programma DOC	$I_2 = \text{OFF}$	$I_3 = 12 \cdot I_n$

Per regolazioni differenti consultare il programma DOC.

- 3) Negli sganciatori a microprocessore PR211/P e PR212/P le regolazioni amperometriche e cronometriche delle funzioni L, S, I sono molteplici, pertanto risulta impossibile condensare in una unica casella un valore numerico univoco di selettività.
- 4) I valori sono validi per sistema radiale semplice (un trasformatore a monte).
- 5) La lettera "T" significa selettività totale.
- 6) I valori indicati sono relativi a condizioni di guasto bifase o trifase; la loro validità si estende per condizioni di corto circuito. In caso di sovraccarico è necessario verificare la selettività con il reale profilo di correnti di carico, tramite le curve tempo-corrente.

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Elenco tabelle di selettività

17/36 ⇒ 17/39	S500 S240, S250, S270, S280	a monte a valle
17/40 ⇒ 17/43	S290 S240, S250, S270, S280, S500	a monte a valle
17/44 ⇒ 17/47	LNA32/62/100 S240, S250, S270, S280, S500	a monte a valle
17/48 ⇒ 17/52	S1 E-B-N S240, S250, S270, S280, S500, LNA32/63/100	a monte a valle
17/53 ⇒ 17/57	S1N S240, S250, S270, S280, S500, LNA32/63/100	a monte a valle
17/58 ⇒ 17/62	S2B-N-S S240, S250, S270, S280, S500, LNA32/63/100	a monte a valle
17/63 ⇒ 17/68	S3N-H-L S240, S250, S270, S280, S500, LNA32/63/100, S290, S1E-B-N, S2B-N-S, S3X	a monte a valle
17/69 ⇒ 17/74	S4N-H-L S240, S250, S270, S280, S290, S500, LNA32/63/100, S1E-B-N, S2B-N-S, S3N-H-L, S3X	a monte a valle
17/75 ⇒ 17/76	S5N-H-L PR212 S1E-B-N, S2B-N-S, S3N-H-L, S3X, S4N-H-L, S4X	a monte a valle
17/77 ⇒ 17/78	S6N-S-H-L PR212 S1E-B-N, S2B-N-S, S3N-H-L, S3X, S4N-H-L, S4X, S5N-H-L	a monte a valle
17/79 ⇒ 17/80	S7S-H-L PR212 S1E-B-N, S2B-N-S, S3N-H-L, S3X, S4N-H-L, S4X, S5N-H-L, S6N-S-H, S6X	a monte a valle

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle			Interruttore a monte			
			S500			
			In	Im	32	40
		D	D	D	D	
S240	6	C	1,5	2	3	5,5
	8	C	1,5	2	3	5,5
	10	C	1	1,5	2	3
	13	C		1,5	2	3
	16	C			2	3
	20	C				2,5
	25	C				
	32	C				
	40	C				
S250	<=2	C	T	T	T	T
	3	C	3	6	T	T
	4	C	2	3	6	T
	6	B-C	1,5	2	3	5,5
	8	B-C	1,5	2	3	5,5
	10	B-C	1	1,5	2	3
	13	B-C		1,5	2	3
	16	B-C			2	3
	20	B-C				2,5
	25	B-C				
	32	B-C				
	40	B-C				
	50	B-C				
63	B-C					
S250	<=2	K	T	T	T	T
	3	K	3	6	T	T
	4	K	2	3	6	T
	6	K	1,5	2	3	5,5
	8	K	1,5	2	3	5,5
	10	K		1,5	2	3
	16	K				2
	20	K				
	25	K				
	32	K				
	40	K				
	50	K				
	63	K				

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte				
			S500				
			32	40	50	63	
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D	
	S270	<=2	C	T	T	T	T
3		C	3	6	T	T	
4		C	2	3	6	T	
6		B-C	1,5	2	3	5,5	
8		B-C	1,5	2	3	5,5	
10		B-C	1	1,5	2	3	
13		B-C		1,5	2	3	
16		B-C			2	3	
20		B-C				2,5	
25		B-C					
32		B-C					
40		B-C					
50		B-C					
63		B-C					
S270		<=2	K	T	T	T	T
	3	K	3	6	T	T	
	4	K	2	3	6	T	
	6	K	1,5	2	3	5,5	
	8	K	1,5	2	3	5,5	
	10	K		1,5	2	3	
	16	K				2	
	20	K					
	25	K					
	32	K					
	40	K					
	50	K					
	63	K					
	S270	<=2	D	T	T	T	T
		3	D	3	6	T	T
4		D	2	3	6	T	
6		D	1,5	2	3	5,5	
8		D	1,5	2	3	5,5	
10		D	1	1,5	2	3	
16		D			1,5	2	
20		D				2	
25		D					
32		D					
40		D					
50		D					
63		D					

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S500			
			32	40	50	63
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D
	S280	6	B-C	1,5	2	3
10		B-C	1	1,5	2	3
13		B-C		1,5	2	3
16		B-C			2	3
20		B-C				2,5
25		B-C				
32		B-C				
40		B-C				
50		B-C				
63		B-C				
S280	6	D	1,5	2	3	5
	10	D	1	1,5	2	3
	16	D			1,5	2
	20	D				2
	25	D				
	32	D				
	40	D				
	63	D				
S280	6	K	1,5	2	3	5
	10	K		1,5	2	3
	13	K			1,5	2
	16	K				2
	20	K				
	25	K				
	32	K				
	40	K				
	63	K				

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S500			
			32	40	50	63
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D
	S280	<=2	Z	T	T	T
3		Z	3	6	T	T
4		Z	2	3	6	T
6		Z	1,5	2	3	5,5
10		Z	1	1,5	2	3
16		Z	1	1,5	2	3
13		Z	1	1,5	2	3
20		Z	1	1,5	2	3
25		Z		1,5	2	2,5
32		Z			2	2,5
40		Z				2
50		Z				
63		Z				

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S290	
			80	100
Int. a valle	In		D	D
	Im			
S240	6	C	T	T
	8	C	T	T
	10	C	5	T
	13	C	4,5	7
	16	C	4,5	7
	20	C	3,5	5
	25	C	3,5	5
	32	C		4,5
	40	C		
S250	≤2	C	T	T
	3	C	T	T
	4	C	T	T
	6	B-C	T	T
	8	B-C	T	T
	10	B-C	5	8
	13	B-C	4,5	7
	16	B-C	4,5	7
	20	B-C	3,5	5
	25	B-C	3,5	5
	32	B-C		4,5
	40	B-C		
	50	B-C		
63	B-C			
S250	≤2	K	T	T
	3	K	T	T
	4	K	T	T
	6	K	T	T
	8	K	T	T
	10	K	5	8
	16	K	3	5
	20	K	3	7
	25	K		4
	32	K		
	40	K		
	50	K		
	63	K		

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S290	
Int. a valle	In	Im	80	100
			D	D
S270	<=2	C	T	T
	3	C	T	T
	4	C	T	T
	6	B-C	10,5	T
	8	B-C	10,5	T
	10	B-C	5	8
	13	B-C	4,5	7
	16	B-C	4,5	7
	20	B-C	3,5	5
	25	B-C	3,5	5
	32	B-C		4,5
	40	B-C		
	50	B-C		
	63	B-C		
S270	<=2	K	T	T
	3	K	T	T
	4	K	T	T
	6	K	10,5	T
	8	K	10,5	T
	10	K	5	8
	16	K	3	5
	20	K	3	5
	25	K		4
	32	K		
	40	K		
	50	K		
	63	K		
	S270	<=2	D	T
3		D	T	T
4		D	T	T
6		D	10,5	T
8		D	10,5	T
10		D	5	8
16		D	3	5
20		D	3	5
25		D	2,5	4
32		D		4
40		D		
50		D		
63		D		

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S290	
			80	100
Int. a valle	In		D	D
	Im			
S280	6	B-C	10,5	T
	10	B-C	5	8
	13	B-C	4,5	7
	16	B-C	4,5	7
	20	B-C	3,5	5
	25	B-C	3,5	5
	32	B-C		4,5
	40	B-C		
	50	B-C		
	63	B-C		
S280	6	D	10,5	T
	10	D	5	8
	16	D	3	5
	20	D	3	5
	25	D	2,5	4
	32	D		4
	40	D		
	50	D		
	63	D		
S280	6	K	10,5	T
	10	K	5	8
	13	K	3	5
	16	K	3	5
	20	K	3	5
	25	K		4
	32	K		
	40	K		
	50	K		
	63	K		

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S290	
			80	100
Int. a valle	In	Im	D	D
	S280	<=2	Z	T
3		Z	T	T
4		Z	T	T
6		Z	10,5	T
10		Z	5	8
13		Z	4,5	7
16		Z	4,5	7
20		Z	3,5	5
25		Z	3,5	5
32		Z	3	4,5
40		Z	3	4,5
50		Z		3
63		Z		
S500		6	B-C	6
	10	B-C-D	6	10
	13	B-C-D	6	10
	16	B-C-D	6	10
	20	B-C-D	6	7,5
	25	B-C-D	4,5	6
	32	B-C-D		6
	40	B-C-D		
	50	B-C-D		
S500	<=5,8	K	T	T
	8	K	10	T
	11	K	7,5	T
	15	K	4,5	10
	20	K	4,5	6
	26	K		4,5
	32	K		
	37	K		
	41	K		
	45	K		

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte							
		LNA32/62/100							
		In	32	39	47	54	63	80	100
Im	450	550	650	650	650	800	800		
S240	6	C	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	8	C	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	10	C	1,5	1,5	2	2	2	3	3
	13	C		1,5	2	2	2	3	3
	16	C			2	2	2	3	3
	20	C				2	2	2,5	2,5
	25	C						2,5	2,5
	32	C							2,5
	40	C							
S250	<=2	C	T	T	T	T	T	T	T
	3	C	4	T	T	T	T	T	T
	4	C	2,5	4	7	7	7	T	T
	6	B-C	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	8	B-C	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	10	B-C	1,5	1,5	2	2	2	3	3
	13	B-C		1,5	2	2	2	3	3
	16	B-C			2	2	2	3	3
	20	B-C				2	2	2,5	2,5
	25	B-C						2,5	2,5
	32	B-C							2,5
	40	B-C							
	50	B-C							
63	B-C								
S250	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T
	3	K	4	T	T	T	T	T	T
	4	K	2,5	4	7	7	7	T	T
	6	K	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	8	K	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	10	K		1,5	2	2	2	3	3
	16	K					1,5	2	2
	20	K						2	2
	25	K							2
	32	K							
	40	K							
	50	K							
	63	K							

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte							
		LNA32/62/100							
		In	32	39	47	54	63	80	100
Im	450	550	650	650	650	800	800		
S270	<=2	C	T	T	T	T	T	T	T
	3	C	4	10,5	T	T	T	T	T
	4	C	2,5	4	7	7	7	T	T
	6	B-C	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	8	B-C	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	10	B-C	1,5	1,5	2	2	2	3	3
	13	B-C		1,5	2	2	2	3	3
	16	B-C			2	2	2	3	3
	20	B-C				2	2	2,5	2,5
	25	B-C						2,5	2,5
	32	B-C							2,5
	40	B-C							
	50	B-C							
	63	B-C							
S270	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T
	3	K	4	10,5	T	T	T	T	T
	4	K	2,5	4	7	7	7	T	T
	6	K	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	8	K	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	10	K		1,5	2	2	2	3	3
	16	K					1,5	2	2
	20	K						2	2
	25	K							2
	32	K							
	40	K							
	50	K							
	63	K							
	S270	<=2	D	T	T	T	T	T	T
3		D	4	10,5	T	T	T	T	T
4		D	2,5	4	7	7	7	T	T
6		D	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
8		D	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
10		D	1,5	1,5	2	2	2	3	3
16		D			1,5	1,5	1,5	2	2
20		D				1,5	1,5	2	2
25		D						2	2
32		D							2
40		D							
50		D							
63		D							

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte							
		LNA32/62/100							
		In	32	39	47	54	63	80	100
Im	450	550	650	650	650	800	800		
S280	6	B-C	1,5	2	3	3	3	5,5	5,5
	10	B-C	1,5	1,5	2	2	2	3	3
	13	B-C		1,5	2	2	2	3	3
	16	B-C			2	2	2	3	3
	20	B-C				2	2	2,5	2,5
	25	B-C						2,5	2,5
	32	B-C							2,5
	40	B-C							
	50	B-C							
63	B-C								
S280	6	D	1,5	2	3	3	3	5,5	5,5
	10	D	1,5	1,5	2	2	2	3	3
	16	D			1,5	1,5	1,5	2	2
	20	D				1,5	1,5	2	2
	25	D						2	2
	32	D							2
	40	D							
	50	D							
	63	D							
S280	6	K	1,5	2	3	3	3	5,5	5,5
	10	K		1,5	2	2	2	3	3
	13	K			1,5	1,5	1,5	2	2
	16	K					1,5	2	2
	20	K						2	2
	25	K							2
	32	K							
	40	K							
	50	K							
63	K								

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte						
			LNA32/62/100						
			In	32	39	47	54	63	80
Int. a valle	Im	450	550	650	650	650	800	800	
S280	<=2	Z	T	T	T	T	T	T	T
	3	Z	4	10,5	T	T	T	T	T
	4	Z	2,5	4	7	7	7	T	T
	6	Z	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	10	Z	1,5	1,5	2	2	2	3	3
	13	Z	1	1,5	2	2	2	3	3
	16	Z		1,5	2	2	2	3	3
	20	Z			2	2	2	2,5	2,5
	25	Z					2	2,5	2,5
	32	Z						2,5	2,5
	40	Z							2,5
	50	Z							
	63	Z							
S500	6	B-C						4,5	4,5
	10	B-C-D						4,5	4,5
	13	B-C-D						4,5	4,5
	16	B-C-D						4,5	4,5
	20	B-C-D						4,5	4,5
	25	B-C-D						3	3
	32	B-C-D							3
	40	B-C-D							
	50	B-C-D							
S500	<=5,8	K						3,5	3,5
	8	K						4,5	4,5
	11	K						4,5	4,5
	15	K						3	3
	20	K							
	26	K							
	32	K							
	37	K							
	41	K							
	45	K							

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte												
		S1 E-B-N												
		10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	
In	Im	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	
S240	6	C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T
	8	C				5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T
	10	C					3	3	3	3	5	T	T	T
	13	C							3	3	4,5	T	T	T
	16	C							3	3	4,5	T	T	T
	20	C								2,5	3,5	5,5	T	T
	25	C									3,5	5,5	T	T
	32	C										4,5	7	T
	40	C											7	T
S250	<=2	C			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	C			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	C			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	B-C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T
	8	B-C				5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T
	10	B-C					3	3	3	3	5	8,5	T	T
	13	B-C							3	3	4,5	7,5	T	T
	16	B-C							3	3	4,5	7,5	T	T
	20	B-C								2,5	3,5	5,5	8	T
	25	B-C									3,5	5,5	8	T
	32	B-C										4,5	7	T
	40	B-C											7	T
	50	B-C												6
63	B-C													
S250	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	K		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	K			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	K					5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T
	8	K						5,5	5,5	5,5	T	T	T	T
	10	K							3	3	5	8,5	T	T
	16	K									3	5	8	T
	20	K										4,5	6,5	T
	25	K											6	9,5
	32	K												9,5
	40	K												
	50	K												
	63	K												

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

		Interruttore a monte												
		S1 E-B-N												
Int. a valle	In	10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	
		Im	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250
S270	<=2	C			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	3	C			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	4	C			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	6	B-C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T
	8	B-C				5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T
	10	B-C					3	3	3	3	5	8,5	T	T
	13	B-C							3	3	4,5	7,5	12*	T
	16	B-C							3	3	4,5	7,5	12*	T
	20	B-C								2,5	3,5	5,5	8	13,5*
	25	B-C									3,5	5,5	8	13,5*
	32	B-C										4,5	7	12*
	40	B-C											7	12*
	50	B-C												6
	63	B-C												
S270	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	3	K		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	4	K			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	6	K					5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T
	8	K						5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T
	10	K							3	3	5	8,5	T	T
	16	K									3	5	8	13,5*
	20	K										4,5	6,5	11*
	25	K											6	9,5
	32	K												9,5
S270	<=2	D			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	3	D			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	4	D			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	6	D			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T
	8	D				5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T
	10	D					3	3	3	3	5	8,5	T	T
	16	D							2	2	3	5	8	13,5*
	20	D								2	3	4,5	6,5	11*
	25	D									2,5	4	6	9,5
	32	D										4	6	9,5
	40	D											5	8
	50	D												
	63	D												

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte												
			S1 E-B-N												
Int. a valle	In														
		10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125		
	Im	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250		
S280	6	B-C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T	
	10	B-C					3	3	3	3	5	8,5	17*	T	
	13	B-C							3	3	4,5	7,5	12*	20*	
	16	B-C							3	3	4,5	7,5	12*	20*	
	20	B-C								2,5	3,5	5,5	8	13,5*	
	25	B-C									3,5	5,5	8	13,5*	
	32	B-C										4,5	7	12*	
	40	B-C											7	12*	
	50	B-C												6	
63	B-C														
S280	6	D			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T	
	10	D					3	3	3	3	5	8,5	17*	T	
	16	D							2	2	3	5	8	13,5*	
	20	D								2	3	4,5	6,5	11*	
	25	D									2,5	4	6	9,5	
	32	D										4	6	9,5	
	40	D											5	8	
	50	D													
	63	D													
S280	6	K					5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T	
	10	K							3	3	5	8,5	17*	T	
	13	K								2	3	5	8	13,5*	
	16	K									3	5	8	13,5*	
	20	K										4,5	6,5	11*	
	25	K											6	9,5	
	32	K												9,5	
	40	K													
	50	K													
63	K														

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte													
		S1 E-B-N													
		10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125		
In	Im	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250		
S280	<=2	Z	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	3	Z	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	4	Z	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	6	Z	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T	
	10	Z			3	3	3	3	3	3	5	8,5	17*	T	
	13	Z				3	3	3	3	3	4,5	7,5	12*	20*	
	16	Z					3	3	3	3	4,5	7,5	12*	20*	
	20	Z						2,5	2,5	2,5	3,5	5,5	8	13,5*	
	25	Z							2,5	2,5	3,5	5,5	8	13,5*	
	32	Z									2	3	4,5	7	12*
	40	Z										3	4,5	7	12*
	50	Z											3	4,5	6
	63	Z												4,5	6
S500	6	B-C			4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6	10	15*	T	
	10	B-C-D					4,5	4,5	4,5	4,5	6	10	15*	T	
	13	B-C-D							4,5	4,5	6	10	15*	T	
	16	B-C-D							4,5	4,5	6	10	15*	T	
	20	B-C-D								4,5	6	7,5	15*	T	
	25	B-C-D									4,5	7,5	10	20*	
	32	B-C-D										6	10	20*	
	40	B-C-D											7,5	15*	
	50	B-C-D												10	
S500	<=5,8	K					T	T	T	T	T	T	T	T	
	8	K						4,5	4,5	4,5	10	T	T	T	
	11	K							3	3	7,5	T	T	T	
	15	K									4,5	10	15*	T	
	20	K										6	10	20*	
	26	K											7,5	15*	
	32	K												15*	
	37	K													
	41	K													
45	K														

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

		Interruttore a monte												
		S1 E-B-N												
Int. a valle	In	10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	
	Im	500	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250
LNA 32	1,6	22	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	2,3	32	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
LNA 63	3,2	45	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4,5	63	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
LNA 100	6	84		19*	19*	19*	19*	19*	19*	19*	T	T	T	T
	8	112			11*	11*	11*	11*	11*	11*	T	T	T	T
	11	155					7	7	7	7	15*	T	T	T
	15	210						4	4	4	9	18*	T	T
	20	280							3	3	5	11*	23*	T
	26	365									3	6	12*	T
	32	450										4	8	17*
	39	550										4	8	17*
	47	650											6	13*
	54	650												13*

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S1N			
			63	80	100	125
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D
	S240	6	C	T	T	T
8		C	T	T	T	T
10		C	T	T	T	T
13		C	T	T	T	T
16		C	T	T	T	T
20		C	T	T	T	T
25		C	T	T	T	T
32		C		T	T	T
40		C			T	T
S250	<=2	C	T	T	T	T
	3	C	T	T	T	T
	4	C	T	T	T	T
	6	B-C	T	T	T	T
	8	B-C	T	T	T	T
	10	B-C	T	T	T	T
	13	B-C	T	T	T	T
	16	B-C	T	T	T	T
	20	B-C	7,5	9	T	T
	25	B-C	7,5	9	T	T
	32	B-C		8	T	T
	40	B-C			T	T
	50	B-C				T
63	B-C					
S250	<=2	K	T	T	T	T
	3	K	T	T	T	T
	4	K	T	T	T	T
	6	K	T	T	T	T
	8	K	T	T	T	T
	10	K	T	T	T	T
	16	K	7	8,5	T	T
	20	K		7	T	T
	25	K			9,5	T
	32	K				T
	40	K				
	50	K				
	63	K				

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S1N			
			63	80	100	125
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D
	S270	<=2	C	T	T	T
3		C	T	T	T	T
4		C	T	T	T	T
6		B-C	T	T	T	T
8		B-C	T	T	T	T
10		B-C	T	T	T	T
13		B-C	11	13	T	T
16		B-C	11	13	T	T
20		B-C	7,5	9	13,5	T
25		B-C	7,5	9	13,5	T
32		B-C		8	12	T
40		B-C			12	T
50		B-C				10,5
63		B-C				
S270	<=2	K	T	T	T	T
	3	K	T	T	T	T
	4	K	T	T	T	T
	6	K	T	T	T	T
	8	K	T	T	T	T
	10	K	T	T	T	T
	16	K	7	8,5	13,5	T
	20	K		7	11,5	T
	25	K			9,5	T
	32	K				T
	40	K				
S270	<=2	D	T	T	T	T
	3	D	T	T	T	T
	4	D	T	T	T	T
	6	D	T	T	T	T
	8	D	T	T	T	T
	10	D	T	T	T	T
	16	D	7	8,5	13,5	T
	20	D	6	7	11,5	T
	25	D	5,5	6,5	9,5	T
	32	D		6,5	9,5	T
	40	D			8,5	14,5
	50	D				
63	D					

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S1N			
			63	80	100	125
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D
	S280	6	B-C	T	T	T
10		B-C	15	19,5	T	T
13		B-C	11	13	20	T
16		B-C	11	13	20	T
20		B-C	7,5	9	13,5	T
25		B-C	7,5	9	13,5	T
32		B-C		8	12	T
40		B-C			12	T
50		B-C				10,5
63		B-C				
S280	6	D	T	T	T	T
	10	D	15	19,5	T	T
	16	D	7	8,5	13,5	24,5
	20	D	6	7	11,5	22
	25	D	5,5	6,5	9,5	16
	32	D		6,5	9,5	16
	40	D			8,5	14,5
	50	D				
	63	D				
S280	6	K	T	T	T	T
	10	K	15	19,5	T	T
	13	K	7	8,5	13,5	24,5
	16	K	7	8,5	13,5	24,5
	20	K		7	11,5	22
	25	K			9,5	16
	32	K				16
	40	K				
	50	K				
	63	K				

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S1N			
			63	80	100	125
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D
	S280	<=2	Z	T	T	T
3		Z	T	T	T	T
4		Z	T	T	T	T
6		Z	T	T	T	T
10		Z	15	19,5	T	T
13		Z	11	13	20	T
16		Z	11	13	20	T
20		Z	7,5	9	13,5	T
25		Z	7,5	9	13,5	T
32		Z	6,5	8	12	T
40		Z	6,5	8	12	T
50		Z		5	6,5	10,5
63		Z			6,5	10,5
S500	6	B-C	15	20	T	T
	10	B-C-D	15	20	T	T
	13	B-C-D	15	20	T	T
	16	B-C-D	15	20	T	T
	20	B-C-D	10	15	T	T
	25	B-C-D	10	10	T	T
	32	B-C-D		10	20	T
	40	B-C-D			15	T
	50	B-C-D				T
S500	<=5,8	K	T	T	T	T
	8	K	T	T	T	T
	11	K	T	T	T	T
	15	K	15	20	T	T
	20	K		15	20	T
	26	K			15	T
	32	K				T
	37	K				
	41	K				
45	K					

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S1N			
Int. a valle	In		63	80	100	125
		Im	D	D	D	D
LNA 32	1,6	22	T	T	T	T
	2,3	32	T	T	T	T
LNA 63	3,2	45	T	T	T	T
	4,5	63	T	T	T	T
LNA 100	6	84	T	T	T	T
	8	112	T	T	T	T
	11	155	T	T	T	T
	15	210	T	T	T	T
	20	280	20	T	T	T
	26	365	11	14	T	T
	32	450		10	18	T
	39	550		10	18	T
	47	650			13	T
	54	650				T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte														
		S2B-N-S														
		12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160			
In	Im	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	1600			
S240	6	C		5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T	T		
	8	C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T	T		
	10	C				3	3	3	3	5	T	T	T	T		
	13	C						3	3	4,5	T	T	T	T		
	16	C							3	3	4,5	T	T	T	T	
	20	C								2,5	3,5	5,5	T	T	T	
	25	C									3,5	5,5	T	T	T	
	32	C										4,5	7	T	T	
40	C											7	T	T		
S250	<=2	C		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	3	C		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	4	C		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	6	B-C		5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T	T		
	8	B-C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T	T		
	10	B-C				3	3	3	3	5	8,5	T	T	T		
	13	B-C							3	3	4,5	7,5	T	T	T	
	16	B-C								3	3	4,5	7,5	T	T	T
	20	B-C									2,5	3,5	5,5	8	T	T
	25	B-C										3,5	5,5	8	T	T
	32	B-C											4,5	7	T	T
	40	B-C												7	T	T
50	B-C													6	T	
63	B-C														T	
S250	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	3	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	4	K		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	6	K				5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T	
	8	K					5,5	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T	
	10	K							3	3	5	8,5	T	T	T	
	16	K									3	5	8	T	T	
	20	K										4,5	6,5	T	T	
	25	K											6	9,5	T	
	32	K												9,5	T	
	40	K													T	
	50	K														
63	K															

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte												
		S2B-N-S												
		In	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160
Im	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	1600	
S270	<=2	C		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	C		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	C		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	B-C		5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	8	B-C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	10	B-C				3	3	3	3	5	8,5	T	T	T
	13	B-C						3	3	4,5	7,5	12	T	T
	16	B-C						3	3	4,5	7,5	12	T	T
	20	B-C							2,5	3,5	5,5	8	13,5	T
	25	B-C								3,5	5,5	8	13,5	T
	32	B-C									4,5	7	12	T
	40	B-C										7	12	T
	50	B-C											6	10,5
	63	B-C												10,5
S270	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	K		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	K				5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	8	K					5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	10	K						3	3	5	8,5	T	T	T
	16	K								3	5	8	13,5	T
	20	K									4,5	6,5	11	T
	25	K										6	9,5	T
	32	K											9,5	T
40	K												T	
50	K													
63	K													
S270	<=2	D		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	D		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	D		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	D		5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	8	D			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	10	D				3	3	3	3	5	8,5	T	T	T
	16	D						2	2	3	5	8	13,5	T
	20	D							2	3	4,5	6,5	11	T
	25	D								2,5	4	6	9,5	T
	32	D									4	6	9,5	T
	40	D										5	8	T
	50	D												9,5
	63	D												9,5

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte											
		S2B-N-S											
		12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160
In	Im	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	1600
S280	6	B-C	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	10	B-C			3	3	3	3	5	8,5	17*	T	T
	13	B-C					3	3	4,5	7,5	12	20*	T
	16	B-C					3	3	4,5	7,5	12	20*	T
	20	B-C						2,5	3,5	5,5	8	13,5	T
	25	B-C							3,5	5,5	8	13,5	T
	32	B-C								4,5	7	12	T
	40	B-C									7	12	T
	50	B-C										6	10,5
63	B-C											10,5	
S280	6	D	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	10	D			3	3	3	3	5	8,5	17*	T	T
	16	D					2	2	3	5	8	13,5	24,5*
	20	D						2	3	4,5	6,5	11	22*
	25	D							2,5	4	6	9,5	16,5*
	32	D								4	6	9,5	16,5*
	40	D									5	8	15
	50	D											9,5
	63	D											9,5
S280	6	K			5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	10	K					3	3	5	8,5	17*	T	T
	13	K						2	3	5	8	13,5	24,5*
	16	K							3	5	8	13,5	24,5*
	20	K								4,5	6,5	11	22*
	25	K									6	9,5	16,5*
	32	K										9,5	16,5*
	40	K											15
	50	K											
63	K												

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte												
		S2B-N-S												
		12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	
In	Im	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	1600	
S280	<=2	Z	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	3	Z	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	4	Z	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	6	Z	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	
	10	Z		3	3	3	3	3	3	5	8,5	17*	T	
	13	Z			3	3	3	3	3	4,5	7,5	12	20*	
	16	Z				3	3	3	3	4,5	7,5	12	20*	
	20	Z					2,5	2,5	2,5	3,5	5,5	8	13,5	T
	25	Z						2,5	2,5	3,5	5,5	8	13,5	T
	32	Z							2	3	4,5	7	12	T
	40	Z								3	4,5	7	12	T
	50	Z									3	4,5	6	10,5
	63	Z										4,5	6	10,5
S500	6	B-C		4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6	10	15	35*	35*
	10	B-C-D				4,5	4,5	4,5	4,5	6	10	15	35*	35*
	13	B-C-D						4,5	4,5	6	10	15	35*	35*
	16	B-C-D						4,5	4,5	6	10	15	35*	35*
	20	B-C-D							4,5	6	7,5	15	35*	35*
	25	B-C-D								4,5	7,5	10	20*	35*
	32	B-C-D									6	10	20*	35*
	40	B-C-D										7,5	15	35*
	50	B-C-D											10	35*
S500	<=5,8	K				35*	35*	35*	35*	35*	35*	35*	35*	T
	8	K					4,5	4,5	4,5	10	35*	35*	35*	T
	11	K						3	3	7,5	25*	35*	35*	T
	15	K								4,5	10	15	30*	T
	20	K									6	10	20*	T
	26	K										7,5	15	T
	32	K											15	T
	37	K												20*
	41	K												20*
45	K												20*	

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

		Interruttore a monte												
		S2B-N-S												
Int. a valle	In	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	
		Im	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	1600
LNA 32	1,6	22	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	2,3	32	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
LNA 63	3,2	45	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	4,5	63	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
LNA 100	6	84	19*	19*	19*	19*	19*	19*	19*	39*	T	T	T	
	8	112		11	11	11	11	11	11	25*	T	T	T	
	11	155				7	7	7	7	15	34*	T	T	
	15	210					4	4	4	9	18*	41*	T	
	20	280						3	3	5	11	23*	T	
	26	365								3	6	12	27*	
	32	450									4	8	17*	46*
	39	550									4	8	17*	46*
	47	650										6	13	32*
	54	650											13	32*

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte								
		S3N-H-L								
		In	32	50	80	100	125	160	200	250
Im	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500		
S240	6	C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	8	C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	C	3	3	T	T	T	T	T	T
	13	C		3	T	T	T	T	T	T
	16	C		3	T	T	T	T	T	T
	20	C		2,5	5,5	T	T	T	T	T
	25	C			5,5	T	T	T	T	T
	32	C			4,5	7	T	T	T	T
	40	C				7	T	T	T	T
S250	<=2	C	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	C	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	C	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	B-C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	8	B-C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	B-C	3	3	8,5	T	T	T	T	T
	13	B-C		3	7,5	T	T	T	T	T
	16	B-C		3	7,5	T	T	T	T	T
	20	B-C		2,5	5,5	8	T	T	T	T
	25	B-C			5,5	8	T	T	T	T
	32	B-C			4,5	7	T	T	T	T
	40	B-C				7	T	T	T	T
	50	B-C					6	T	T	T
	63	B-C						T	T	T
S250	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	K	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	K	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	K	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	8	K	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	K		3	8,5	T	T	T	T	T
	16	K			5	8	T	T	T	T
	20	K			4,5	6,5	T	T	T	T
	25	K				6	9,5	T	T	T
	32	K					9,5	T	T	T
	40	K						T	T	T
	50	K							T	T
	63	K								T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte								
		S3N-H-L								
		In	32	50	80	100	125	160	200	250
Im	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500		
S270	<=2	C	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	C	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	C	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	B-C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	8	B-C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	B-C	3	3	8,5	T	T	T	T	T
	13	B-C		3	7,5	12	T	T	T	T
	16	B-C		3	7,5	12	T	T	T	T
	20	B-C		2,5	5,5	8	13,5	T	T	T
	25	B-C			5,5	8	13,5	T	T	T
	32	B-C			4,5	7	12	T	T	T
	40	B-C				7	12	T	T	T
	50	B-C					6	10,5	T	T
63	B-C						10,5	T	T	
S270	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	K	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	K	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	K	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	8	K	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	K		3	8,5	T	T	T	T	T
	16	K			5	8	13,5	T	T	T
	20	K			4,5	6,5	11	T	T	T
	25	K				6	9,5	T	T	T
	32	K					9,5	T	T	T
	40	K						T	T	T
	50	K							T	T
	63	K								T
S270	<=2	D	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	D	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	D	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	D	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	8	D	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	D	3	3	8,5	T	T	T	T	T
	16	D		2	5	8	13,5	T	T	T
	20	D		2	4,5	6,5	11	T	T	T
	25	D			4	6	9,5	T	T	T
	32	D			4	6	9,5	T	T	T
	40	D				5	8	T	T	T
	50	D						9,5	T	T
	63	D						9,5	T	T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte								
		S3N-H-L								
		In	32	50	80	100	125	160	200	250
Im	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500		
S280	6	B-C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	B-C	3	3	8,5	17	T	T	T	T
	13	B-C		3	7,5	12	20	T	T	T
	16	B-C		3	7,5	12	20	T	T	T
	20	B-C		2,5	5,5	8	13,5	T	T	T
	25	B-C			5,5	8	13,5	T	T	T
	32	B-C			4,5	7	12	T	T	T
	40	B-C				7	12	T	T	T
	50	B-C					6	10,5	T	T
63	B-C						10,5	T	T	
S280	6	D	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	D	3	3	8,5	17	T	T	T	T
	16	D		2	5	8	13,5	24,5	T	T
	20	D		2	4,5	6,5	11	22	T	T
	25	D			4	6	9,5	16,5	T	T
	32	D			4	6	9,5	16,5	T	T
	40	D				5	8	15	T	T
	50	D						9,5	15	T
	63	D						9,5	15	T
S280	6	K	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	K		3	8,5	17	T	T	T	T
	13	K		2	5	8	13,5	24,5	T	T
	16	K			5	8	13,5	24,5	T	T
	20	K			4,5	6,5	11	22	T	T
	25	K				6	9,5	16,5	T	T
	32	K					9,5	16,5	T	T
	40	K						15	T	T
	50	K							15	T
63	K								T	

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte								
		S3N-H-L								
		In	32	50	80	100	125	160	200	250
Im	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500		
S280	<=2	Z	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	Z	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	Z	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	Z	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	Z	3	3	8,5	17	T	T	T	T
	13	Z	3	3	7,5	12	20	T	T	T
	16	Z	3	3	7,5	12	20	T	T	T
	20	Z	2,5	2,5	5,5	8	13,5	T	T	T
	25	Z		2,5	5,5	8	13,5	T	T	T
	32	Z		2	4,5	7	12	T	T	T
	40	Z			4,5	7	12	T	T	T
50	Z			3	4,5	6	10,5	T	T	
63	Z				4,5	6	10,5	T	T	
S500	6	B-C	4,5	4,5	10	15	35	35	35	35
	10	B-C-D	4,5	4,5	10	15	35	35	35	35
	13	B-C-D		4,5	10	15	35	35	35	35
	16	B-C-D		4,5	10	15	35	35	35	35
	20	B-C-D		4,5	7,5	15	35	35	35	35
	25	B-C-D			7,5	10	20	35	35	35
	32	B-C-D			6	10	20	35	35	35
	40	B-C-D				7,5	15	35	35	35
	50	B-C-D					10	35	35	35
	63	B-C-D						35	35	35
S500	<=5,8	K	35	35	35	35	35	T	T	T
	8	K	4,5	4,5	35	35	35	T	T	T
	11	K		3	25	35	35	T	T	T
	15	K			10	15	30	T	T	T
	20	K			6	10	20	T	T	T
	26	K				7,5	15	T	T	T
	32	K					15	T	T	T
	37	K						20	T	T
	41	K						20	T	T
	45	K						20	T	T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte								
		S3N-H-L								
		In	32	50	80	100	125	160	200	250
Im	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500		
LNA 32	1,6	22	T	T	T	T	T	T	T	T
	2,3	32	T	T	T	T	T	T	T	T
LNA 63	3,2	45	T	T	T	T	T	T	T	T
	4,5	63	T	T	T	T	T	T	T	T
LNA 100	6	84	19	19	T	T	T	T	T	T
	8	112	11	11	T	T	T	T	T	T
	11	155	7	7	34	T	T	T	T	T
	15	210	4	4	18	41*	T	T	T	T
	20	280		3	11	23	T	T	T	T
	26	365			6	12	27	T	T	T
	32	450			4	8	17	46*	T	T
	39	550			4	8	17	46*	T	T
	47	650				6	13	32	T	T
	54	650					13	32	T	T
	63	650						20	T	T
	80	800						20	T	T
	100	800							T	T
	S290	80	C-D							9,5
100		C-D								14
125		C								

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte								
		S3N-H-L								
		32	50	80	100	125	160	200	250	
In	Im	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500	
S1E-B-N	10	500							4	5
	12,5	500							4	5
	16	500							4	5
	20	500							4	5
	25	500							4	5
	32	500							4	5
	40	500							4	5
	50	500							4	5
	63	630							4	5
	80	800							4	5
	100	1000							4	5
	125	1250								5
S2B-N-S	12,5	500							3	3
	16	500							3	3
	20	500							3	3
	25	500							3	3
	32	500							3	3
	40	500							3	3
	50	500							3	3
	63	630							3	3
	80	800							3	3
	100	1000							3	3
	125	1250								3
	160	1600								
S3X	32	500							3	5
	50	500							3	5
	80	800								
	100	1000								
	125	1250								
	160	1600								
	200	2000								

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S4N-H-L		
			100	160	250
Int. a valle	In	Im	OFF	OFF	OFF
S240	6	C	T	T	T
	8	C	T	T	T
	10	C	T	T	T
	13	C	T	T	T
	16	C	T	T	T
	20	C	T	T	T
	25	C	T	T	T
	32	C	T	T	T
	40	C	T	T	T
S250	<=2	C	T	T	T
	3	C	T	T	T
	4	C	T	T	T
	6	B-C	T	T	T
	8	B-C	T	T	T
	10	B-C	T	T	T
	13	B-C	T	T	T
	16	B-C	T	T	T
	20	B-C	T	T	T
	25	B-C	T	T	T
	32	B-C	T	T	T
	40	B-C	T	T	T
	50	B-C	T	T	T
63	B-C	T	T	T	
S250	<=2	K	T	T	T
	3	K	T	T	T
	4	K	T	T	T
	6	K	T	T	T
	8	K	T	T	T
	10	K	T	T	T
	16	K	T	T	T
	20	K	T	T	T
	25	K	T	T	T
	32	K	T	T	T
	40	K	T	T	T
	50	K	T	T	T
	63	K	T	T	T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S4N-H-L		
			100	160	250
Int. a valle	In	Im	OFF	OFF	OFF
	S270	<=2	C	T	T
3		C	T	T	T
4		C	T	T	T
6		B-C	T	T	T
8		B-C	T	T	T
10		B-C	T	T	T
13		B-C	T	T	T
16		B-C	T	T	T
20		B-C	T	T	T
25		B-C	T	T	T
32		B-C	T	T	T
40		B-C	T	T	T
50		B-C	T	T	T
63		B-C	T	T	T
S270	<=2	K	T	T	T
	3	K	T	T	T
	4	K	T	T	T
	6	K	T	T	T
	8	K	T	T	T
	10	K	T	T	T
	16	K	T	T	T
	20	K	T	T	T
	25	K	T	T	T
	32	K	T	T	T
	40	K	T	T	T
	50	K	T	T	T
	63	K	T	T	T
	S270	<=2	D	T	T
3		D	T	T	T
4		D	T	T	T
6		D	T	T	T
8		D	T	T	T
10		D	T	T	T
16		D	T	T	T
20		D	T	T	T
25		D	T	T	T
32		D	T	T	T
40		D	T	T	T
50		D	T	T	T
63		D	T	T	T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S4N-H-L		
			100	160	250
Int. a valle	In	Im	OFF	OFF	OFF
S280	6	B-C	T	T	T
	10	B-C	T	T	T
	13	B-C	T	T	T
	16	B-C	T	T	T
	20	B-C	T	T	T
	25	B-C	T	T	T
	32	B-C	T	T	T
	40	B-C	T	T	T
	50	B-C	T	T	T
	63	B-C	T	T	T
S280	6	D	T	T	T
	10	D	T	T	T
	16	D	T	T	T
	20	D	T	T	T
	25	D	T	T	T
	32	D	T	T	T
	40	D	T	T	T
	50	D	T	T	T
	63	D	T	T	T
S280	6	K	T	T	T
	10	K	T	T	T
	13	K	T	T	T
	16	K	T	T	T
	20	K	T	T	T
	25	K	T	T	T
	32	K	T	T	T
	40	K	T	T	T
	50	K	T	T	T
	63	K	T	T	T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S4N-H-L		
			100	160	250
Int. a valle	In	Im	OFF	OFF	OFF
	S280	<=2	Z	T	T
3		Z	T	T	T
4		Z	T	T	T
6		Z	T	T	T
8		Z	T	T	T
10		Z	T	T	T
13		Z	T	T	T
16		Z	T	T	T
20		Z	T	T	T
25		Z	T	T	T
32		Z	T	T	T
40		Z	T	T	T
50		Z	T	T	T
63		Z	T	T	T
S290	80	C-D		14	T
	100	C-D		10,5	T
	125	C			T
S500	6	B-C	40	40	40
	10	B-C-D	40	40	40
	13	B-C-D	40	40	40
	16	B-C-D	40	40	40
	20	B-C-D	40	40	40
	25	B-C-D	40	40	40
	32	B-C-D	40	40	40
	40	B-C-D	40	40	40
	50	B-C-D	40	40	40
	63	B-C-D	40	40	40
S500	<=5,8	K	T	T	T
	8	K	T	T	T
	11	K	T	T	T
	15	K	T	T	T
	20	K	T	T	T
	26	K	T	T	T
	32	K	T	T	T
	37	K	T	T	T
	41	K	T	T	T
	45	K	T	T	T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S4N-H-L		
			100	160	250
Int. a valle	In		OFF	OFF	OFF
		Im			
LNA 32	1,6	22	T	T	T
	2,3	32	T	T	T
LNA 63	3,2	45	T	T	T
	4,5	63	T	T	T
LNA 100	6	84	T	T	T
	8	112	T	T	T
	11	155	T	T	T
	15	210	T	T	T
	20	280	T	T	T
	26	365	T	T	T
	32	450	T	T	T
	39	550	T	T	T
	47	650	T	T	T
	54	650	T	T	T
	63	650	T	T	T
	80	800		T	T
	100	800		T	T
S1E-B-N	10	500	T	T	T
	12,5	500	T	T	T
	16	500	T	T	T
	20	500	T	T	T
	25	500	T	T	T
	32	500	T	T	T
	40	500	T	T	T
	50	500	T	T	T
	63	630	T	T	T
	80	800		T	T
	100	1000		T	T
	125	1250			T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S4N-H-L		
			100	160	250
Int. a valle	In		OFF	OFF	OFF
		Im			
S2B-N-S	12,5	500	20	20	25
	16	500	20	20	25
	20	500	20	20	25
	25	500	20	20	25
	32	500	20	20	25
	40	500	20	20	25
	50	500	20	20	25
	63	630	20	20	25
	80	800		20	25
	100	1000		20	25
	125	1250			25
	160	1600			25
S3N-H-L	32	500	3	3	5
	50	500	3	3	5
	80	800		3	5
	100	1000		3	5
	125	1250			5
	160	1600			5
	200	2000			
	250	2500			
S3X	32	500	4	4	14
	50	500	4	4	14
	80	800		4	9
	100	1000		4	9
	125	1250			9
	160	1600			
	200	2000			

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S5N-H-L PR212		
			320	400	630
Int. a valle	In	Im	OFF		
	S1E-B-N	10	500	T	T
12,5		500	T	T	T
16		500	T	T	T
20		500	T	T	T
25		500	T	T	T
32		500	T	T	T
40		500	T	T	T
50		500	T	T	T
63		630	T	T	T
80		800	T	T	T
100		1000	T	T	T
125		1250	T	T	T
S2B-N-S	12,5	500	30*	30*	30*
	16	500	30*	30*	30*
	20	500	30*	30*	30*
	25	500	30*	30*	30*
	32	500	30*	30*	30*
	40	500	30*	30*	30*
	50	500	30*	30*	30*
	63	630	30*	30*	30*
	80	800	30*	30*	30*
	100	1000	30*	30*	30*
	125	1250	30*	30*	30*
	160	1600	30*	30*	30*

T= selettività totale (considerare il minore tra i poteri di interruzione dei due interruttori)

*= considerare il minore valore tra i poteri di interruzione degli interruttori ed il dato indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S5N-H-L PR212		
			320	400	630
Int. a valle	In		OFF		
		Im			
S3N-H-L	32	500	12	12	12
	50	500	12	12	12
	80	800	12	12	12
	100	1000	12	12	12
	125	1250	12	12	12
	160	1600	12	12	12
	200	2000	12	12	12
	250	2500		12	12
S3X	32	500	T	T	T
	50	500	T	T	T
	80	800	50*	50*	50*
	100	1000	50*	50*	50*
	125	1250	50*	50*	50*
	160	1600	25	25	25
	200	2000	25	25	25
S4N-H-L	100	1250	11	11	11
	160	1920	11	11	11
	250	3000		11	11
S4X	100	1250	20	20	20
	160	1920	20	20	20
	250	3000		20	20

T= selettività totale (considerare il minore tra i poteri di interruzione dei due interruttori)

*= considerare il minore valore tra i poteri di interruzione degli interruttori ed il dato indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S6N-S-H-L PR212	
			630	800
Int. a valle	In	Im	OFF	
S1E-B-N	10	500	T	T
	12,5	500	T	T
	16	500	T	T
	20	500	T	T
	25	500	T	T
	32	500	T	T
	40	500	T	T
	50	500	T	T
	63	630	T	T
	80	800	T	T
	100	1000	T	T
	125	1250	T	T
S2B-N-S	12,5	500	T	T
	16	500	T	T
	20	500	T	T
	25	500	T	T
	32	500	T	T
	40	500	T	T
	50	500	T	T
	63	630	T	T
	80	800	T	T
	100	1000	T	T
	125	1250	T	T
	160	1600	T	T
S3N-H-L	32	500	25	30
	50	500	25	30
	80	800	25	30
	100	1000	25	30
	125	1250	25	30
	160	1600	25	30
	200	2000	25	30
	250	2500	25	30

T=selettività totale (considerare il minore tra i poteri di interruzione dei due interruttori)

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S6N-S-H-L PR212	
			630	800
Int. a valle	In		OFF	
		Im		
S3X	32	500	T	T
	50	500	T	T
	80	800	T	T
	100	1000	T	T
	125	1250	T	T
	160	1600	T	T
	200	2000	T	T
S4N-H-L	100	1200	20	25
	160	1920	20	25
	250	3000	20	25
S4X	100	1200	50	50
	160	1920	50	50
	250	3000	50	50
S5N-H-L	320	3840	15	20
	400	4800	15	20

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S7S-H-L PR212	
			1250	1600
Int. a valle	In	Im	OFF	
S1E-B-N	10	500	T	T
	12,5	500	T	T
	16	500	T	T
	20	500	T	T
	25	500	T	T
	32	500	T	T
	40	500	T	T
	50	500	T	T
	63	630	T	T
	80	800	T	T
	100	1000	T	T
	125	1250	T	T
	S2B-N-S	12,5	500	T
16		500	T	T
20		500	T	T
25		500	T	T
32		500	T	T
40		500	T	T
50		500	T	T
63		630	T	T
80		800	T	T
100		1000	T	T
125		1250	T	T
160		1600	T	T

T=selettività totale (considerare il minore tra i poteri di interruzione dei due interruttori)

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S7S-H-L PR212	
			1250	1600
Int. a valle	In	Im	OFF	
S3N-H-L	32	500	65*	65*
	50	500	65*	65*
	80	800	65*	65*
	100	1000	65*	65*
	125	1250	65*	65*
	160	1600	65*	65*
	200	2000	65*	65*
	250	2500	65*	65*
S3X	32	500	T	T
	50	500	T	T
	80	800	T	T
	100	1000	T	T
	125	1250	T	T
	160	1600	T	T
	200	2000	T	T
S4N-H-L	100	1200	50*	50*
	160	1920	50*	50*
	250	3000	50*	50*
S4X	100	1200	65*	65*
	160	1920	65*	65*
	250	3000	65*	65*
S5N-H-L	320	3840	50*	50*
	400	4800	50*	50*
	630	7560	50*	50*
S6N-S-H	630	7560	40*	40*
	800	9600	40*	40*
S6X	320	3840	45	65
	400	4800	45	65
	630	7560	45	65

T= selettività totale (considerare il minore tra i poteri di interruzione dei due interruttori)

*= considerare il minore valore tra i poteri di interruzione degli interruttori ed il dato indicato

17.8 Sganciatori di protezione

La Norma CEI EN 60947-1 (art. 2.3.15) fornisce la seguente definizione di sganciatore:

“Dispositivo, meccanicamente connesso a un dispositivo meccanico di manovra, che libera gli organi di ritenuta e permette l’apertura o la chiusura del dispositivo di manovra”.

Gli sganciatori pertanto assolvono, negli impianti elettrici, il fondamentale compito di intervenire, generalmente aprendo l’interruttore, in presenza di condizioni anomale di funzionamento.

Gli sganciatori di sovracorrente con cui sono equipaggiati gli interruttori per correnti alternate ABB SACE possono essere di tipo termomagnetico o elettronico (solo termomagnetico per gli interruttori modulari).

17.8.1 Sganciatori termomagnetici

Gli sganciatori termomagnetici sono costituiti da elementi termici, sensibili alla variazione del valore efficace della corrente dell’impianto (riscaldatore e bimetallo, pos. 1 e 2 di Fig. 17/8) per la protezione contro i sovraccarichi, e da elementi magnetici, sensibili al valore della corrente di picco $I_p/\sqrt{2}$ (ancora magnetica, pos. 3 di Fig. 17/8) che agiscono sul meccanismo di sgancio dell’interruttore provocandone l’apertura.

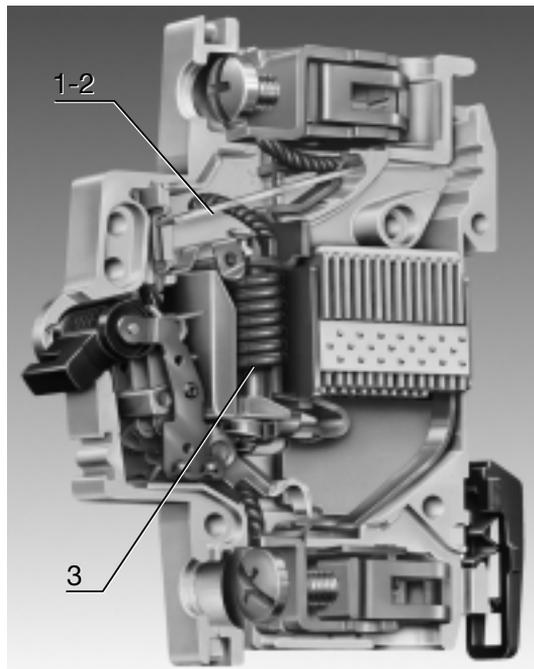


Fig. 17/8

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

L'andamento tipo della caratteristica tempo/corrente è indicato nella Fig. 17/9.

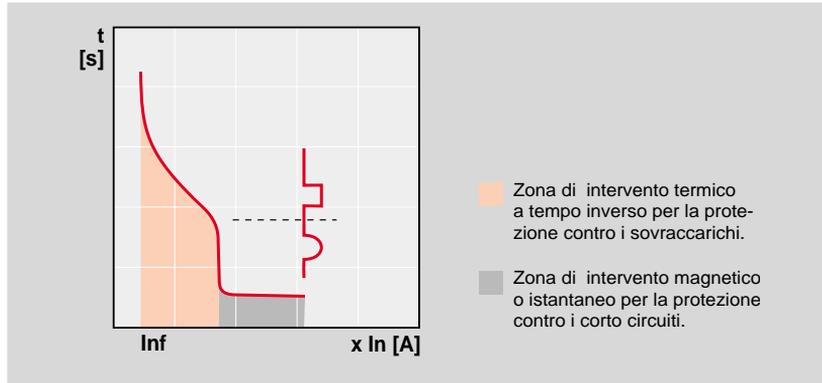


Fig. 17/9

Tab. 17/59 - Sganciatori termomagnetici

Interruttori automatici scatolati per distribuzione di potenza

L1 - L2 - L3	R10	R12,5	R16	R20	R25	R32	R32	R40	R50	R50	R63	R80	R100	R125	R125	R160	R200	R250	
Neutro	R10	R12,5	R16	R20	R25	R32	R32	R40	R50	R50	R63	R80	R100	R125	R80	R100	R125	R160	
S1 125	■	■	■	■	■	■		■	■		■	■	■	■					
S2 160		■	■	■	■	■		■	■		■	■	■		■	■			
S3 160							■			■		■	■		■	■			
S3 250																	■	■	
S5 400																			
S5 630																			
S6 630																			
S6 800																			
10 x Ith L1-L2-L3	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	1250	1600	2000	2500	
neutro	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	800	1000	1250	1600	
5 x Ith L1-L2-L3	160	160	160	200	200	200	300	200	250	300	320	400	500	630	630	800	1000	1250	
neutro	160	160	160	200	200	200	300	200	250	300	320	400	500	630	400	500	625	800	
3 x Ith L1-L2-L3													300		375	480	600	750	
neutro													300		240	300	375	480	
TM regolabile																			
L1-L2-L3																			
neutro																			

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Interruttori automatici scatolati limitatori di corrente - Sganciatori termomagnetici

Interruttore			Fasi L1 - L2 - L3			Neutro
S2X 100	S3X 125	S3X 200	Taratura [A]	Regolazione termica [A] 0.7 ... 1 x Ith	Intervento magnetico [A] I _m = 10 x Ith	Taratura [A]
■			R 1	0.7 ... 1	10	-
■			R 1.6	1.1 ... 1.6	16	-
■			R 2.5	1.75 ... 2.5	25	-
■			R 4	2.8 ... 4	40	-
■			R 6.3	4.4 ... 6.3	63	-
■			R 10	7 ... 10	100	-
■			R 12.5	8.7 ... 12.5	125	-
■			R 16	11 ... 16	160	-
■			R 20	14 ... 20	200	-
■			R 25	17.5 ... 25	250	-
■	■		R 32	22.5 ... 32	320 (S2X 100) - 500 (S3X)	R 32 (S3X)
■			R 40	28 ... 40	400	-
■	■		R 50	35 ... 50	500	R 100 (S3X)
■			R 63	44 ... 63	630	-
■	■		R 80	56 ... 80	800	R 80 (S3X)
■	■		R 100	70 ... 100	1000	R 100 (S3X)
	■	■	R 125	87.5 ... 125	1250	R 80
		■	R 160	112 ... 160	1600	R 100
		■	R 200	140 ... 200	2000	R 125

Interruttori automatici scatolati per protezione motori - Sganciatori solo magnetici fissi

SACE Isomax S2X 80	
Fasi L1 - L2 - L3	
Taratura [A]	Intervento magnetico I _m = 13 x I _n [A]
R1	13
R1.6	21
R2	26
R2.5	32
R3.2	42
R4	52
R5	65
R6.5	84
R8.8	110
R11	145
R12.5	163
R16	210
R20	260
R25	325
R32	415
R42	545
R52	680
R63	820
R80	1040

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Interruttori automatici scatolati per protezione motori - Sganciatori solo magnetici regolabili

Interruttore					Fasi L1 - L2 - L3	
S3N 160	S3H 160 S3L 160	S3N 250 S3H 250 S3L 250	S3X 125	S3X 200	Taratura [A]	Regolazione magnetica [A] $I_m = 4 \dots 12 \times I_{th}$
■					R 3	12 ... 36
■					R 5	20 ... 60
■					R 10	40 ... 120
■			■ (*)		R 25	100 ... 300
■	■		■		R 50	200 ... 600
■	■		■		R 100	400 ... 1200
■	■		■	■	R 125	500 ... 1500
■	■				R 160	640 ... 1600 (10 x I _{th})
		■		■	R 160	640 ... 1920
		■		■	R 200	800 ... 2400

* Da utilizzare solo in coordinamento con contattori

Negli interruttori modulari lo sganciatore è parte integrante dell'apparecchio di manovra ed è costituito, come mostrato in Fig. 17/8 da un bimetallo e da una bobina con ancora magnetica.

In questi apparecchi il problema è lo studio e la corretta regolazione dei dispositivi termici ed elettromagnetici per poter realizzare le caratteristiche di intervento tempo/corrente richieste (vedasi paragrafo 17.2).

Nel seguito (Tab. 17/60) vengono illustrate le principali caratteristiche di intervento generali e particolari, riferite agli interruttori ABB.

Tab. 17/60

Serie	Caratteristica					
	B	C	D	K	Z	Esel.
S 941	$I_n=6\dots40A$	$I_n=2\dots40A$	-	-	-	-
S 951	$I_n=6\dots40A$	$I_n=2\dots40A$	-	-	-	-
S 971	$I_n=6\dots40A$	$I_n=2\dots40A$	-	-	-	-
S 240	-	$I_n=6\dots32A$	-	-	-	-
S 250	$I_n=6\dots63A$	$I_n=0,5\dots63A$	-	$I_n=0,5\dots63A$	-	-
S 270	$I_n=6\dots63A$	$I_n=0,5\dots63A$	$I_n=0,5\dots63A$	$I_n=0,5\dots63A$	-	-
S 280	$I_n=10\dots40A$	$I_n=10\dots40A$	$I_n=10\dots40A$	$I_n=10\dots40A$	$I_n=0,5\dots63A$	-
S 280 UC	$I_n=6\dots63A$	$I_n=0,5\dots63A$	-	$I_n=0,5\dots63A$	$I_n=0,5\dots63A$	-
S 290	-	$I_n=80\dots125A$	$I_n=80\dots125A$	-	-	-
S 500	$I_n=6\dots63A$	$I_n=6\dots32A$	$I_n=6\dots32A$	$I_n=0,1\dots45A$	-	-
S 500 UC	$I_n=6\dots63A$	-	-	$I_n=0,1\dots45A$	-	-
S 700	-	-	-	-	-	$I_n=25\dots100A$

Versioni solo magnetica o termica a richiesta

Le caratteristiche di sgancio sono conformi alla Norma CEI 23-3 IV Ed. (EN 60898). Queste caratteristiche consentono il coordinamento diretto dell'interruttore automatico in funzione della portata ammissibile dei cavi I_2 , secondo la Norma CEI 64-8.

17.8.3 Sganciatori elettronici

Gli sganciatori elettronici a microprocessore (pos. 1 di Fig. 17/11 e 17/12), rilevano, tramite trasformatori amperometrici, il valore efficace delle forme d'onda delle correnti dell'impianto. Questi valori vengono elaborati da un'unità elettronica di protezione che, in caso di sovraccarico, corto circuito e guasto verso terra, attiva uno sganciatore a demagnetizzazione che agisce sul dispositivo di sgancio dell'interruttore, provocandone l'apertura.



Fig. 17/11

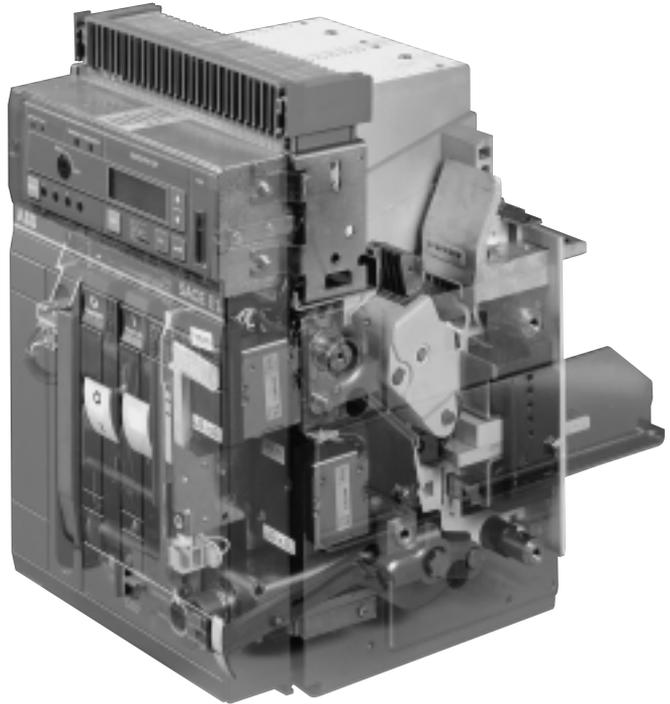


Fig. 17/12

Questi sgancatori consentono ampie regolazioni sia della corrente, sia del tempo di intervento e risultano in tal modo adatti per la protezione di ogni tipo di circuito o utenza elettrica: distribuzione, linee, generatori, motori, gruppi di rifasamento ecc. Garantiscono inoltre una costanza di funzionamento (non dipendente dalla temperatura ambiente) e quindi un alto grado di selettività fra diverse taglie di interruttori.

L'unità di protezione può realizzare le seguenti funzioni protettive:

- **L** protezione contro il sovraccarico a tempo lungo inverso
- **S** protezione selettiva contro il corto circuito a tempo breve inverso o dipendente o fisso indipendente
- **I** protezione istantanea contro il corto circuito
- **G** protezione contro il guasto verso terra a tempo breve inverso o dipendente o regolabile indipendente.

17.8.4 Gli sganciatori elettronici ABB SACE

Gli sganciatori elettronici ABB SACE, tutti realizzati utilizzando la più moderna tecnologia a microprocessore, risultano così suddivisi:

- SACE PR211/P, SACE PR212/P e SACE PR212/MP (Fig. 17/13) che realizzano la protezione, in corrente alternata, degli interruttori SACE Isomax S;
- SACE PR111 e SACE PR112 (Fig. 17/14) con i quali, in alternativa, possono essere equipaggiati tutti gli interruttori della serie Emax.

Tutti gli sganciatori elettronici ABB SACE garantiscono un'elevata affidabilità, precisione degli interventi e insensibilità all'ambiente esterno. L'alimentazione necessaria al corretto funzionamento viene fornita direttamente dai trasformatori di corrente dello sganciatore, in presenza di una corrente di fase $\geq 15\%$ della corrente nominale degli stessi (18% negli sganciatori SACE PR111 e SACE PR112), anche con una sola fase in tensione. La regolazione è unica per le fasi e il neutro e lo sgancio è contemporaneo per tutti i poli dell'interruttore, con caratteristiche di intervento che non risentono dell'influenza dell'ambiente esterno. La funzionalità dello sganciatore può essere verificata tramite il dispositivo portatile di test SACE TT1, alimentato con normali pile.

Entrando nel dettaglio è opportuno precisare:

- Lo sganciatore SACE PR211/P prevede funzioni di protezione contro il sovraccarico L e il corto circuito istantaneo I, ed è disponibile nelle versioni con funzioni I e LI.
- Lo sganciatore SACE PR212/P prevede funzioni di protezione contro il sovraccarico L, il corto circuito ritardato S e istantaneo I, e contro il guasto a terra G. È disponibile nelle versioni PR212/P con funzioni LSI e LSI G; quest'ultima consente l'adozione dell'unità di segnalazione PR010/K, di dialogo PR212/D e di attuazione PR212/T, grazie alle quali l'interruttore può essere inserito in un moderno sistema di supervisione e controllo degli impianti elettrici (vedasi successivo capitolo 23).
- Lo sganciatore SACE PR212/MP tecnologicamente all'avanguardia e appositamente studiato per la protezione motori integra funzioni di protezione normalmente proprie di altri dispositivi garantendo numerosi vantaggi di utilizzo e installazione.
È dotato delle funzioni di protezione contro il sovraccarico (L), il corto circuito (I), contro il blocco del motore (R) e contro la mancanza e lo squilibrio di fase (U).
- Lo sganciatore SACE PR111 è lo sganciatore di base della serie SACE Emax. La gamma completa delle funzioni protettive di cui dispone e la varietà delle soglie e dei tempi di intervento lo rendono adatto alla protezione di qualsiasi tipologia di impianto in corrente alternata. È dotato delle funzioni di protezione contro il sovraccarico (L), il corto circuito selettivo (S), il corto circuito istantaneo (I), il guasto a terra (G).
- Lo sganciatore SACE PR112 costituisce un sofisticato sistema di protezione con tecnologia a microprocessore; è composto dall'unità di protezione SACE PR112/P e, a richiesta, dall'unità di dialogo; in questo caso assume la sigla SACE PR112/PD.

Grazie ad una importante serie di innovazioni questo sganciatore si colloca all'avanguardia rispetto agli sganciatori elettronici presenti sul mercato; in particolare:

- 1) è aumentata la velocità e la potenza di elaborazione: gli sganciatori SACE PR112 utilizzano il nuovo microprocessore a 16 bit in sostituzione del precedente a 8 bit

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

2) è stato accresciuto il livello di integrazione: le memorie RAM ed EPROM sono state integrate nel microprocessore (negli sganciatori delle serie precedenti queste erano esterne e venivano collegate con un sistema di bus dati e indirizzi). I vantaggi sono:

- assoluta immunità ai disturbi
- maggior affidabilità ai bassi valori di corrente
- consumi minori ⁽¹⁾

3) l'interfaccia con l'utente è stata notevolmente semplificata: solo 4 tasti ed un display alfanumerico a cristalli liquidi con 20 caratteri x 4 righe

4) i circuiti di integrazione e derivazione sono stati interamente riprogettati con conseguente aumento dell'affidabilità globale dell'apparecchiatura.

Nello sganciatore SACE PR112, oltre alle funzioni di protezione L, S, I, G sono disponibili molteplici funzioni (controllo della corrente che transita nell'interruttore, test e simulazione delle correnti di guasto ecc.) e, se lo sganciatore è accessoriatato con le unità di dialogo, è integrabile nei sistemi di controllo distribuito per impianti elettrici di bassa e media tensione, basati sull'utilizzo di unità intelligenti tra loro collegate tramite una rete locale.

(1) Quanto detto al punto 2 vale anche per lo sganciatore PR111.

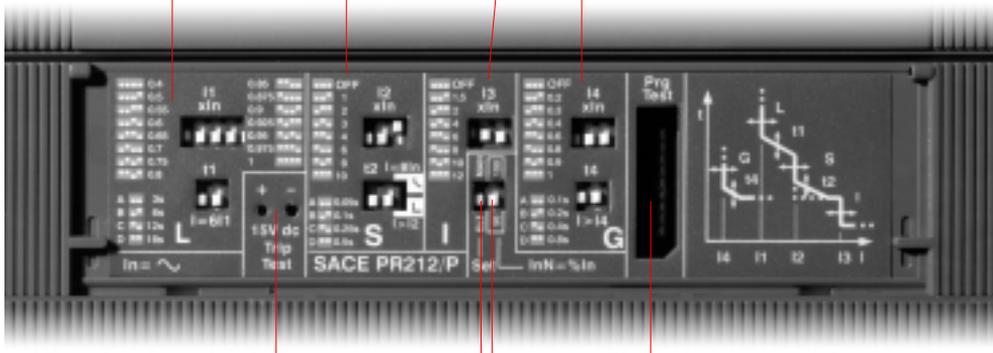
Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Protezione L
Contro sovraccarico

Protezione S
Contro corto circuito
con intervento ritardato

Protezione I
Contro corto circuito
con intervento
istantaneo

Protezione G
Contro guasto a terra



Presa per unità di Test SACE TT1

Scelta per regolazione elettronica o manuale

Dip-switch per regolazione del neutro

Presa per collegamento unità di Test SACE PR010/T

Protezione L
Contro il sovraccarico del motore

segnalazione luminosa di sovraccarico: fissa per $I > 0,9 \times I_1$; intermittente per $I > 1,05 \times I_1$

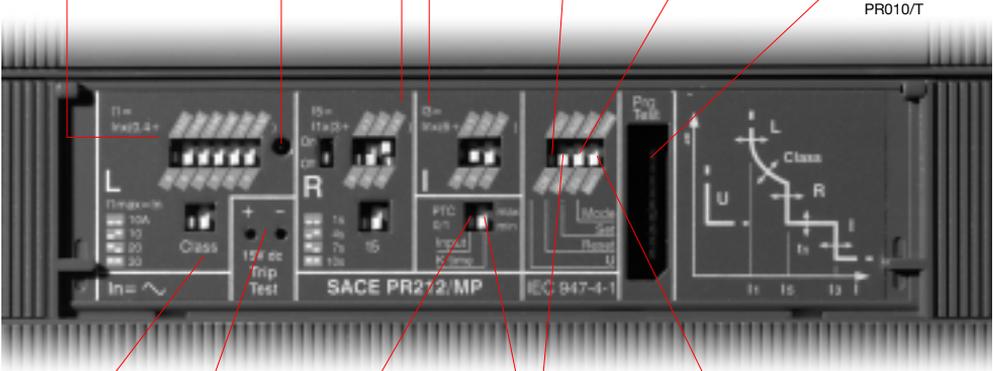
Protezione R
Contro il rotore bloccato

Protezione I
Contro il corto circuito istantaneo

Protezione U
Contro la perdita e/o lo squilibrio di fase

Man./Elt.
Modalità di parametrizzazione dello sganciatore

Presa per collegamento unità di Test SACE PR010/T



Class

Classe di avviamento del motore secondo le Norme IEC 60947-4-1

Presenza per unità di Test SACE TT1

scelta fra:
- ingresso sensore di temperatura PTC (*)
- ingresso generico 0/1

impostazione del tempo di back-up

impostazione del Reset dopo intervento:
- manuale
- automatico

impostazione della modalità di lavoro

Fig. 17/13 - Sganciatore elettronico SACE PR212/P, funzioni LSI o LSIG e SACE PR212/MP



Fig. 17/14 - Sganciatori elettronici SACE PR111/P, SACE PR112/P

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/60a - Sganciatori elettronici per interruttori Isomax - Funzioni di protezione

Funzione di protezione	Soglia di intervento
 <p>I NON ESCLUDIBILE</p> <p>Contro sovraccarico con intervento ritardato a tempo lungo inverso e caratteristica di intervento secondo una curva a tempo dipendente ($I^2t = \text{costante}$)</p>	 <p>$I1 = 0,4 - 0,5 - 0,6 - 0,7 - 0,8 - 0,9 - 0,95 - 1 \times I_n$ PR211/P (I - LI) $I1 = 0,4 - 0,5 - 0,55 - 0,6 - 0,65 - 0,7 - 0,75 - 0,8 - 0,85 - 0,875 - 0,9 - 0,925 - 0,95 - 0,975 - 1 \times I_n$ PR212/P (LSI - LSIg)</p> <p>Sgancio tra 1,05 ... 1,30 x I1 (IEC 60947-2)</p>
 <p>S ESCLUDIBILE</p> <p>Contro corto circuito con intervento ritardato a tempo breve inverso e caratteristica di intervento a tempo dipendente ($I^2t = \text{costante}$) oppure a tempo indipendente</p>	 <p>$I2 = 1 - 2 - 3 - 4 - 6 - 8 - 10 \times I_n$ Tolleranza $\pm 10\%$</p>
	 <p>$I2 = 1 - 2 - 3 - 4 - 6 - 8 - 10 \times I_n$ Tolleranza $\pm 10\%$</p>
 <p>I ESCLUDIBILE</p> <p>Contro corto circuito con intervento istantaneo regolabile</p>	 <p>$I3 = 1,5 - 2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 \times I_n$ (*) Tolleranza $\pm 20\%$ (*) Per S5 630, $I3_{\text{max}} = 8 \times I_n$</p>
 <p>G ESCLUDIBILE</p> <p>Contro guasto a terra con intervento ritardato a tempo breve inverso e caratteristica di intervento secondo una curva a tempo dipendente ($I^2t = \text{costante}$)</p>	 <p>$I4 = 0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 0,9 - 1 \times I_n$ Tolleranza $\pm 20\%$</p>

Interruttori per distribuzione di potenza

In	100 A	160 A	250 A	320 A	400 A	630 A	800 A	1000 A	
S4 160	■	■							
S4 250			■						
S5 400				■	■				
S5 630						■			
S6 630						■			
S6 800							■		
S7 1250								■	
S7 1600									
S8 2000									
S8 2500									
S8 3200									
L	40÷100	64÷160	100÷250	128÷320	160÷400	252÷630	320÷800	400÷1000	
S	100÷1000	160÷1600	250÷2500	320÷3200	400÷4000	630÷6300	800÷8000	1000÷10000	
I	150÷1200	240÷1920	375÷3000	480÷3840	600÷4800	945÷7560	1200÷9600	1500÷12000	
G	20÷100	32÷160	50÷250	64÷320	80÷400	126÷630	160÷800	200÷1000	
neutro (50%)	20÷50	32÷80	50÷125	64÷160	80÷200	126÷315	160÷400	200÷500	
neutro (100%)	40÷100	64÷160	100÷250	128÷320	160÷400	252÷630	320÷800	400÷1000	

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Curve di intervento

A	B	C	D
a 6 x I _n t ₁ = 3s (tolleranza: ± 10% fino a 2 x I _n ; ± 20% oltre 2 x I _n)	a 6 x I _n t ₁ = 6s	a 6 x I _n t ₁ = 12s	a 6 x I _n t ₁ = 18s
a 8 x I _n t ₂ = 0,05s (tolleranza: ± 20%)	a 8 x I _n t ₂ = 0,1s	a 8 x I _n t ₂ = 0,25s	a 8 x I _n t ₂ = 0,5s
t ₂ = 0,05s (tolleranza: ± 20%)	t ₂ = 0,1s	t ₂ = 0,25s	t ₂ = 0,5s
fino a 3,25 x I _n t ₄ = 100ms (tolleranza: ± 20%)	fino a 2,25 x I _n t ₄ = 200ms	fino a 1,6 x I _n t ₄ = 400ms	fino a 1,25 x I _n t ₄ = 800ms

Caratteristiche degli sganciatori elettronici SACE PR211/P, SACE PR212/P

Temperatura di funzionamento	-25 °C + +70 °C
Umidità relativa	90%
Frequenza di lavoro	45 ... 66 Hz, in grado di misurare armoniche fino a 550 Hz
Compatibilità elettromagnetica (LF e HF)	IEC 60947-2 Annex F
Scariche elettrostatiche	IEC 61000-4-2
Campo elettromagnetico irradiato	IEC 61000-4-3
Transitori di breve durata	IEC 61000-4-4
Tempo medio di guasto previsto (MTBF)*	15 anni (a 45 °C)
Caratteristiche del contatto di segnalazione	
Massima corrente interrotta	0,5 A
Massima tensione interrotta	24 VDC/AC
Potere d'interruzione	3 W/VA
Isolamento contatto/contatto	500 VAC
Isolamento contatto/bobina	1000 VAC

* Mean time between failure

	1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A
	■				
		■			
		■	■		
				■	
					■
500÷1250	640÷1600	800÷2000	1000÷2500	1280÷3200	
1250÷12500	1600÷16000	2000÷20000	2500÷25000	3220÷32000	
1875÷15000	2400÷19200	3000÷24000	3750÷30000	4800÷38400	
250÷1250	320÷1600	400÷2000	500÷2500	640÷3200	
250÷625	320÷800	400÷1000	500÷1250	640÷1600	
500÷1250	640÷1600	-	-	-	

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Interruttori limitatori

Interruttore			Corrente sganciatore In [A]	Fasi L1 - L2 - L3				Neutro (50% Ith) [A]	Neutro (*) (100% Ith) [A]
S4X 250	S6X 400	S6X 630		L I1 [A]	S I2 [A]	I I3 [A]	G I4 [A]		
■			100	40 ... 100	100 ... 1000	150 ... 1200	20 ... 100	20 ... 50	40 ... 100
■			160	64 ... 160	160 ... 1600	240 ... 1920	32 ... 160	32 ... 80	64 ... 160
■			250	100 ... 250	250 ... 2500	375 ... 3000	50 ... 250	50 ... 125	100 ... 250
	■		320	128 ... 320	320 ... 3200	480 ... 3840	64 ... 320	64 ... 160	128 ... 320
	■		400	160 ... 400	400 ... 4000	600 ... 4800	80 ... 400	80 ... 200	160 ... 400
		■	630	252 ... 630	630 ... 6300	945 ... 7560	126 ... 630	126 ... 315	252 ... 630

L = Funzione di protezione contro il sovraccarico

S = Funzione di protezione contro il corto circuito ad intervento ritardato

I = Funzione di protezione contro il corto circuito ad intervento istantaneo

G = Funzione di protezione contro il guasto a terra con intervento ritardato

(*) Solo per PR212/P. Disponibile a richiesta, per PR211/P, con codice d'ordine aggiuntivo 1SDA037505R1.

N.B. Per informazioni più dettagliate sulle funzioni di protezione vedere pagina 3/12.

Interruttori per protezione motori (protezione contro il corto circuito)

Interruttore										Fasi L1 - L2 - L3	
S4N 160	S4N 250	S5N 400	S6N 630	S6N 800	S7S 1250	S7S 1600	S4X 250	S6X 400	S6X 630	Corrente nominale sganciatore In [A]	I (*) I3 [A]
S4H 160	S4H 250	S5H 400	S6H 630	S6H 800	S7H 1250	S7H 1600					
■							■			100	150 ... 1200
■							■			160	240 ... 1920
	■						■			250	375 ... 3000
		■						■		320	480 ... 3840
		■						■		400	600 ... 4800
			■						■	630	945 ... 7560
				■						800	1200 ... 9600
					■					1000	1500 ... 12000
					■					1250	1875 ... 15000
						■				1600	2400 ... 19200

* I = Funzione di protezione contro il corto circuito

Interruttori per protezione motori (protezione integrata)

Interruttore							Fasi L1 - L2 - L3					
S4N 160	S4N 250	S5N 400	S6N 800	S7S 1250	S4X 250	S6X 400	S6X 630	Corrente nominale sganciatore In [A]	L I1 [A]	R I5 [A]	I I3 [A]	U Iu [A]
S4H 160	S4H 250	S5H 400	S6H 800	S7H 1250								
■					■			100	40 ... 100	3 : 10 x I1	600 ... 1300	0,4 x I1
■					■			160	64 ... 160		960 ... 2080	
	■				■			200	80 ... 200		1200 ... 2600	
		■				■		320	128 ... 320		1920 ... 4160	
			■				■	400	160 ... 400		2400 ... 5200	
				■			■	630	252 ... 630		3780 ... 8190	
				■				1000	400 ... 1000		6000 ... 13000	

L = Funzione di protezione contro il sovraccarico con relativa corrente di regolazione (I1 = 0.4 ... 1 x In, con passo 0.01- Class = 10A, 10, 20, 30)

R = Funzione di protezione contro il blocco del rotore con relativa corrente e tempo di regolazione (I5 = 3-4-5-6-7-8-10 x I1 - t5 = 1-4-7-10 s)

I = Funzione di protezione contro il corto circuito con relativa corrente di regolazione (I3 = 6-7-8-9-10-11-12-13 x In)

U = Funzione di protezione contro la mancanza o lo squilibrio di fase con relativa corrente e tempo di regolazione (Iu = 0,4 x I1 - t = 4 s)

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/60b - Sganciatori elettronici per interruttori Emax -
Funzioni di protezione



Funzioni protettive e valori di regolazione dello sganciatore SACE PR111

Funzione	Soglie di corrente	Tempo di intervento	Escludibilità	Relazione $t = f(I)$
L Protezione da sovraccarico	$I1 = 0,4 \times I_n$ $0,5 \times I_n$ $0,6 \times I_n$ $0,7 \times I_n$ $0,8 \times I_n$ $0,9 \times I_n$ $0,95 \times I_n$ $1 \times I_n$	Alla corrente $I = 6 \times I1$: $t1 = 3 \text{ s}$ (curva A) 6 s (curva B) 12 s (curva C) 18 s (curva D)	NO	$t = k/I^2$
S Protezione selettiva da corto circuito	$I2 = 1 \times I_n$ $2 \times I_n$ $3 \times I_n$ $4 \times I_n$ $6 \times I_n$ $8 \times I_n$ $10 \times I_n$	Alla corrente $I = 8 \times I_n$ $t2 = 0,05 \text{ s}$ (curva A) $0,10 \text{ s}$ (curva B) $0,25 \text{ s}$ (curva C) $0,5 \text{ s}$ (curva D)	SI	$t = k/I^2$ (curva di interv. I ² t ON)
	$I2 = 1 \times I_n$ $2 \times I_n$ $3 \times I_n$ $4 \times I_n$ $6 \times I_n$ $8 \times I_n$ $10 \times I_n$	Alla corrente $I > I2$ $t2 = 0,05 \text{ s}$ (curva A) $0,10 \text{ s}$ (curva B) $0,25 \text{ s}$ (curva C) $0,5 \text{ s}$ (curva D)	SI	$t = k$ (curva di interv. I ² t OFF)
I Protezione istantanea da corto circuito	$I3 = 1,5 \times I_n$ $2 \times I_n$ $4 \times I_n$ $6 \times I_n$ $8 \times I_n$ $10 \times I_n$ $12 \times I_n$	Intervento istantaneo	SI	$t = k$
G Protezione contro i guasti a terra	$I4 = 0,2 \times I_n$ $0,3 \times I_n$ $0,4 \times I_n$ $0,6 \times I_n$ $0,8 \times I_n$ $0,9 \times I_n$ $1 \times I_n$	Alla corrente $I = 4 \times I4$ $t4 = 0,1 \text{ s}$ (curva A) $0,2 \text{ s}$ (curva B) $0,4 \text{ s}$ (curva C) $0,8 \text{ s}$ (curva D)	SI	$t = k/I^2$

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Funzioni protettive e valori di regolazione dello sganciatore SACE PR112



Funzione	Valori estremi	Step gradini di soglia	Tempo di intervento regolazione (s)	Escludibilità	Relazione $t = f(I)$	Memoria termica	Selettività di zona
L Protezione da sovraccarico	$I1 = 0,4 \dots 1xIn$	$0,01xIn$	(Alla corrente $I = 3xI1$) $t1 = 3-6-12-24-36-48-72-108-144$	NO	$t = k/I^2$	SI (escludibile)	NO
S Protezione selettiva da corto circuito $0,6 \dots 10 xIn$	$I2 = 0,6 \dots 10 xIn$	(1)	$t2 = 0-0,05-0,07-0,1-0,14-0,20-0,21-0,25-0,28-0,30-0,35-0,40-0,50-0,60-0,70-0,75$	SI	$t = k$	NO	SI (escludibile)
	$I2 =$	(1)	(Alla corrente $I = 10xIn$) $t2 = 0,05-0,07-0,1-0,14-0,20-0,21-0,25-0,28-0,30-0,35-0,40-0,50-0,60-0,70-0,75$	SI	$t = k/I^2$	SI (escludibile)	NO
I Protezione istantanea da corto circuito	$I3 = 1,5 \dots 15 xIn$	(2)	Intervento istantaneo	SI	$t = k$	NO	NO
G Protezione contro i guasti a terra	$I4 = 0,2 \dots 1xIn$	$0,02xIn$	$t4 = 0,1-0,2-0,3-0,4-0,5-0,6-0,7-0,8-0,9-1$	SI	$t = k$	NO	SI (escludibile)
	$I4 = 0,2 \dots 1xIn$	$0,02xIn$	$t4 = 0,1-0,2-0,3-0,4-0,5-0,6-0,7-0,8-0,9-1$	SI	$t = k/I^2$	NO	NO

Note:

(1) Le soglie selezionabili sono 21, ovvero: $I2 = 0,6-0,8-1-1,5-2-2,5-3-3,5-4-4,5-5-5,5-6-6,5-7-7,5-8-8,5-9-9,5-10 \times In$

(2) Le soglie selezionabili sono 15, ovvero: $I3 = 1,5-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15 \times In$

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

TARATURE DEI TRASFORMATORI AMPEROMETRICI (In)												
Tipo interruttore	Corrente nomin. (I _n)	R250	R400	R800	R1250	R1600	R2000	R2500	R3200	R4000	R5000	R6300
E1B	800 A	■	■	■								
	1250 A	■	■	■	■							
E2B	1600 A		■	■		■						
	2000 A			■	■		■					
E2N	1250 A	■	■	■	■							
	1600 A		■	■		■						
	2000 A			■	■		■					
E2L	1250 A	■	■	■	■							
	1600 A		■	■		■						
E3N	2500 A					■		■				
	3200 A						■		■			
E3S	1250 A	■	■	■	■							
E3H	1600 A			■		■						
	2000 A				■		■					
	2500 A					■		■				
	3200 A						■		■			
	2000 A				■		■					
E3L	2500 A					■		■				
	4000 A						■			■		
E4H	3200 A						■		■			
	4000 A						■			■		
E6H	5000 A								■		■	
	6300 A								■			■
E6V	3200 A								■			
	4000 A								■	■		
	5000 A								■		■	
	6300 A								■			■

17.9 Sganciatori differenziali

17.9.1 Premessa

La protezione contro i guasti dovuti al fluire di una corrente verso terra per perdita di isolamento di un conduttore, per contatto diretto di una persona con una parte in tensione del circuito o per contatto indiretto, è garantita da interruttori corredati di sganciatori che intervengono per corrente differenziale I_{Δ} (interruttori differenziali).

Con essa viene definita la somma vettoriale delle correnti che percorrono i conduttori attivi (neutro compreso) del circuito ($I_{\Delta} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 + \bar{I}_N$).

Lo sganciatore differenziale associato all'interruttore è costituito da:

- un trasformatore toroidale **TR** (Figg. 17/19...17/23) il cui circuito primario (1) è formato da uno o più avvolgimenti (due per utenze monofasi, tre per utenze trifasi e quattro per utenze trifasi + neutro) con un certo numero di spire avvolte direttamente sul toroide T o passanti attraverso di esso, percorse da correnti primarie oppure da correnti secondarie (Fig. 17/23), alimentate da trasformatori amperometrici (**TI**) (uno per ogni fase più neutro), attraversate da correnti primarie;
- un circuito secondario (2) avvolto sul toroide T con un certo numero di spire;
- uno sganciatore a demagnetizzazione **SD**.

In tutte le configurazioni esposte si ha che:

- durante il funzionamento normale il flusso magnetico totale nel trasformatore è nullo, quindi I_{Δ} è uguale a zero;
- a seguito di un guasto verso terra, che provoca una differenza tra le correnti e tra i flussi magnetici, si induce nel secondario (2) del trasformatore, una corrente I_{Δ} diversa da zero che, superato un certo valore predeterminato (soglia), provoca tramite lo sganciatore a demagnetizzazione **SD**, non alimentato dalla rete, l'intervento dell'interruttore.

Lo sganciatore **SD** può essere attivato direttamente dalla corrente I_{Δ} (azione diretta), Figg. 17/19, 17/20, 17/21, o indirettamente (azione indiretta) mediante un circuito elettronico **E** che amplifica la corrente I_{Δ} (Figg. 17/22 - 17/23).

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

AD AZIONE DIRETTA

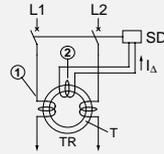


Fig. 17/19

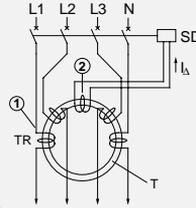


Fig. 17/20

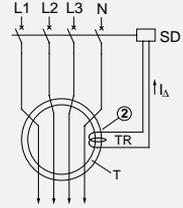


Fig. 17/21

AD AZIONE INDIRETTA

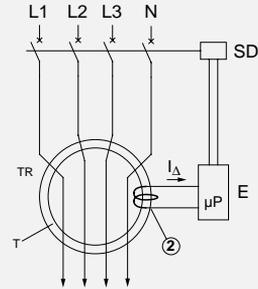


Fig. 17/22

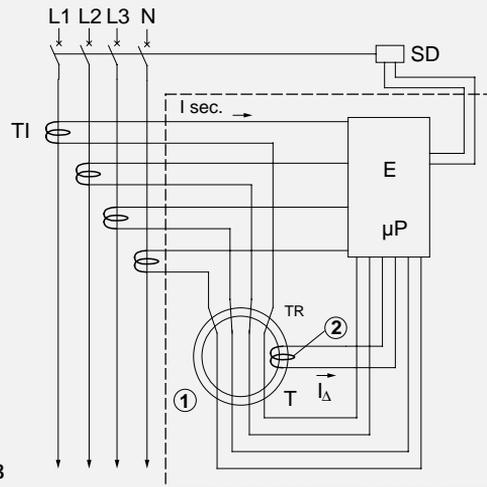


Fig. 17/23

17.9.2 Interruttori differenziali e loro classificazione

Gli interruttori differenziali si possono classificare in:

- termomagnetici, nei quali le funzioni di protezione differenziale e contro le sovracorrenti sono abbinata in un solo apparecchio;
- differenziali puri, privi di sganciatore termomagnetico, i quali assicurano solo la protezione differenziale;
- differenziali ritardati o selettivi termomagnetici o puri, i quali vengono installati a monte di altri interruttori differenziali rapidi, per garantire la selettività.

In relazione poi alla sensibilità, valore della I_{Δ} , si distinguono come segue:

- a bassa sensibilità ($I_{\Delta} \geq 0,3$ A), non adatti alla protezione contro i contatti diretti. Coordinati con l'impianto di terra secondo $I_{\Delta} < 50/R$, realizzano la protezione contro i contatti indiretti (vedere cap. 8);
- ad alta sensibilità (I_{Δ} : 0,01...0,03 A), detti anche a "sensibilità fisiologica", realizzano la protezione contro i contatti diretti.

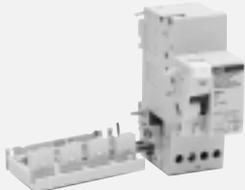
17.9.3 Sensibilità alla forma d'onda della corrente di dispersione

In base alla forma d'onda della corrente di dispersione a cui sono sensibili, gli interruttori differenziali si classificano in:

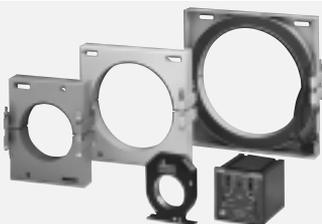
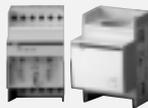
- **tipo AC** (solo per corrente alternata ) adatti per tutti gli impianti in cui si prevedono correnti di terra di forma sinusoidale. Sono insensibili a correnti impulsive oscillatorie smorzate fino a 200 A di picco con onda 0,5 μ s/100 kHz. Conformi alla CEI EN 61008 e 61009 e alla forma d'onda 8/20 μ s conforme alla VDE 0342.1;
- **tipo A** (per corrente alternata e/o pulsante con componenti continue ) adatti per impianti con apparecchi utilizzatori muniti di dispositivi elettronici per raddrizzare la corrente o per regolare il taglio di fase di una grandezza fisica (velocità, tempo, intensità luminosa ecc.), alimentati direttamente dalla rete, senza interposizione di trasformatori di isolamento ed isolati in classe I. Sono insensibili a correnti impulsive oscillatorie smorzate fino a 200 A di picco con onda 0,5 μ s/100 kHz. Conformi alla CEI EN 61008 e 61009 e alla forma d'onda 8/20 μ s conforme alla VDE 0342.1;
- **tipo S** (per corrente alternata e/o pulsante con componente continua ) adatti per realizzare la selettività con interruttori differenziali di tipo generale;
- **dispositivo differenziale adattabile (DDA)**. Con riferimento alla Norma CEI EN 61009 è permesso assemblare, una sola volta, interruttori differenziali sul posto, cioè fuori fabbrica, utilizzando blocchi differenziali adattabili, ad appropriati interruttori automatici. Ogni manomissione deve lasciare danneggiamento visibile permanente. L'interruttore differenziale così ottenuto mantiene sia le caratteristiche elettriche dell'interruttore automatico sia quelle del blocco differenziale.

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/61 - Interruttori differenziali modulari

Interruttore tipo	Termomagnetici			Puri					Dispositivi differenziali adattabili (DDA)		
	DS 640	DS 650 DS 850	DS 670	F 360	F 660	F 370	F 670	F 390	DDA 60	DDA 70	DDA 90
In [A]	6 ... 32	0,5 ... 63	0,5 ... 63	16 ... 80	80 ... 125	16 ... 80	80 ... 125	40-63	25-40-63-100	23-63-100	63-100
I _Δ [A]	0,03-0,3	0,01-0,03 0,3-0,5 1	0,01 ... 2	0,01 ... 0,5	0,03 ... 0,5	0,01 ... 0,5	0,03-0,3	0,3-0,5	0,03-0,1 0,3-0,5 1-2	0,03-0,1 0,3-0,5 1	0,1-0,3 0,5-1-2
											

Tab. 17/62 - Interruttori differenziali scatolati

Interruttore tipo	S1RC210/1	S1RC211/1	S1RC212/1	S2RC211/2	S2RC212/2	S3RC211/3	S3RC212/3	Relè differ. SACE RCQ	Relè differenziale RD1	Blocco differenziale RD80	
I _n [A]	125-160-250							≤ 2000	≤ 2000	80 ... 125	
I _Δ [A]	0,3 ... 0,5	0,03 ... 0,5	0,03 ... 3	0,03 ... 0,5	0,03 ... 3	0,03 ... 0,5	0,03 ... 3	0,03 ... 30	0,03 ... 2 A	0,03 ... 3 A	
t _{reg} [S]	0 - 0,1 - 0,25 - 0,5 - 1 - 1,5							0,02 ... 5 S	0 ... 1,5 S		
											
								TA montaggio su barra DIN con foro fino a 35 mm; > 35 mm toroide separato con foro fino a 210 mm		Da abbinare agli interruttori S810-S820	

Tab. 17/63 - Interruttori SACE Isomax S con sganciatori PR211 e PR212 e SACE Emax con sganciatori PR111 e PR112

Interr. tipo	S4	S5	S6	S7	E1	E2	E3	E4	E6
I _n [A]	160-250	400	630-800	1250 1600	800-1250	1250-1600 2000	1250-1600 2000-2500-3200	3200-4000	3200-4000 5000-6300
I _Δ [A]	0,2 ... 1 · I _n				0,2 ... 1 · I _n				
t [S]	0,1 ... 0,8				0,1 ... 1				
									

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

17.9.4 La sensibilità differenziale secondo la legge 46/90 ed il DPR 447/91

L'articolo 5, Comma 6 del DPR 447: "Regolamento di attuazione della 46/90", recita: "per interruttori differenziali ad alta sensibilità si intendono quelli aventi corrente differenziale nominale non superiore ad 1 A ($I_{\Delta n} < 1$ A).

Gli impianti elettrici devono tuttavia essere dotati di interruttori differenziali con livello di sensibilità più idoneo ai fini della sicurezza nell'ambiente da proteggere e tale da consentire un regolare funzionamento degli stessi".

Negli esempi di Tab. 17/64 viene evidenziata la sensibilità differenziale che l'interruttore deve avere in relazione all'ambiente, mentre le Tab. 17/65 e 17/66 riportano rispettivamente i tempi di intervento in relazione al tipo di differenziale ed i valori delle resistenze massime di terra in relazione alla corrente differenziale $I_{\Delta n}$.

Tab. 17/64 - Sensibilità differenziale e ambiente

Domestico e ambienti speciali

$$I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$$



Ad alta sensibilità o a sensibilità fisiologica

La Norma CEI 64-8/5 e la legge 46/90 rendono obbligatorio l'uso di questi apparecchi in tutti i locali da bagno, docce e piscine private e pubbliche, nelle zone dove è possibile installare prese a spina e non si dispone di trasformatori di isolamento o di bassissima tensione di sicurezza.

Laboratori, terziario e piccolo industriale

$$I_{\Delta n} \text{ da } 30 \text{ mA} \\ \text{a } 500 \text{ mA}$$



A bassa sensibilità

Grandi complessi terziari e industriali

$$I_{\Delta n} \text{ da } 500 \text{ mA} \\ \text{a } 1000 \text{ mA}$$



Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/65 - Tempi di intervento in relazione al tipo di differenziale e della I_{Δ} (CEI 23-18 e CEI EN 61008-61009)

Tipo	I_n [A]	I_{Δ} [A]	Tempi d'intervento (s) per correnti pari a:			
			$1 \times I_{\Delta}$	$2 \times I_{\Delta}$	$5 \times I_{\Delta}$	500A
generico	qualsiasi	qualsiasi	0,3	0,15	0,04	0,04
S (selettivo)	≥ 25	$> 0,030$	$0,5 \div 0,13$	$0,2 \div 0,06$	$0,15 \div 0,05$	$0,15 \div 0,04$

Tab. 17/66 - Resistenze massime di terra in relazione al valore della I_{Δ} e della tensione di sicurezza ammissibile

Soglia di sgancio del differenziale	Resistenza massima di terra [ohm] Tensione di sicurezza ammissibile			
	I_{Δ} (mA)	12 V	25 V	50 V
0,01 A		1200	2500	5000
0,03 A		400	830	1660
0,3 A		40	83	166
0,5 A		24	50	100
1 A		12	25	50
3 A		4	8	16

17.9.5 Coordinamento selettivo tra protezioni differenziali (CEI 64-8/536.3)

Premessa

Se in un impianto elettrico vi sono apparecchi utilizzatori le cui correnti di dispersione verso terra eccedono i valori normali (presenza di filtri d'ingresso per es. condensatori inseriti fra le fasi e la massa dell'apparecchio), oppure l'impianto risulta essere molto vasto con un gran numero di utilizzatori, conviene installare, onde evitare spiacevoli disservizi, in luogo di un solo interruttore generale differenziale, diversi interruttori differenziali sulle derivazioni principali, con a monte un interruttore generale non differenziale o differenziale.

Con l'interruttore generale non differenziale si realizza una certa "selettività orizzontale" (Fig. 17/24 A), evitando che con un guasto a terra in un punto qualunque del circuito o per effetto di quelle piccole dispersioni, comunque presenti, si abbia un intervento intempestivo dell'interruttore generale con la conseguente messa fuori servizio di tutto l'impianto.

In questo modo però, rimane senza protezione "attiva" il tratto k di circuito tra l'interruttore generale e gli interruttori differenziali.

Nel caso si voglia proteggere in modo "attivo" anche il tratto k usando un interruttore generale differenziale (Fig. 17/24 B), si presentano problemi di "selettività verticale", per cui occorre coordinare l'intervento dei vari dispositivi per non compromettere la "continuità del servizio" e "la sicurezza". La selettività in questo caso può essere amperometrica (parziale) o cronometrica (totale).

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

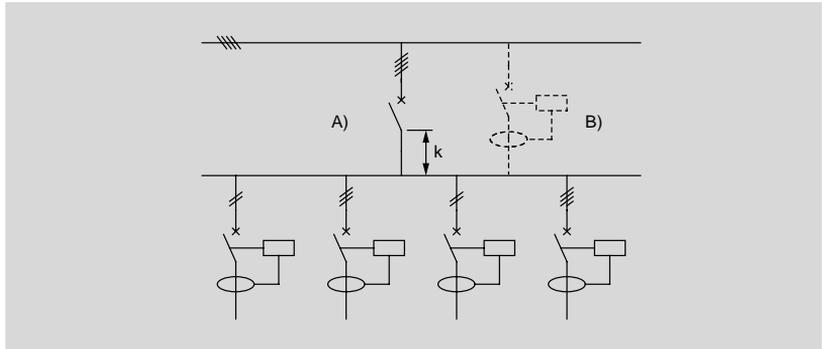


Fig. 17/24

Selettività amperometrica (parziale)

La selettività si può realizzare disponendo a monte interruttori differenziali a bassa sensibilità e a valle interruttori a sensibilità più elevata.

In questo caso la selettività è parziale. Difatti se la $I_{\Delta 1}$ (Fig. 17/25) dell'interruttore A posto a monte (interruttore generale) è maggiore al doppio della $I_{\Delta 2}$ dell'interruttore B posto a valle (condizione necessaria per avere un coordinamento selettivo), per correnti di guasto verso terra maggiori di $I_{\Delta 2}$, si avrà l'intervento sia dell'interruttore "A" che dell'interruttore "B", salvo il caso in cui il guasto verso terra non sia franco, ma evolva lentamente.

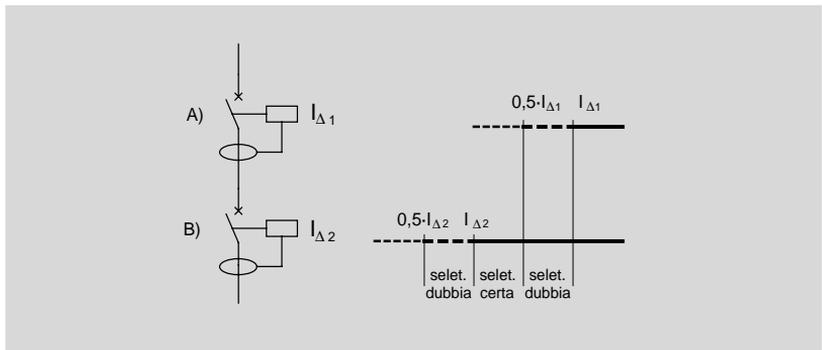


Fig. 17/25

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Selettività cronometrica (totale)

Per ottenere una selettività totale è necessario usare interruttori differenziali ritardati intenzionalmente o selettivi.

I tempi di intervento dei due dispositivi posti in serie, devono essere coordinati in modo che il tempo " t_2 " di quello a valle (Figg. 17/26 - 17/27) sia inferiore al tempo limite di non risposta " t_1 " dell'interruttore a monte, per qualsiasi valore di corrente, in modo che quello a valle abbia concluso l'apertura prima che inizi il funzionamento di quello a monte.

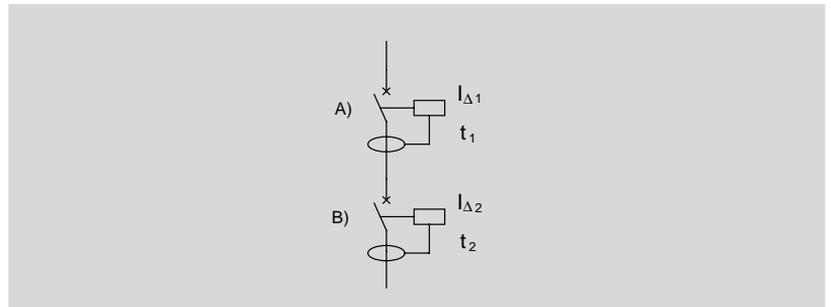


Fig. 17/26

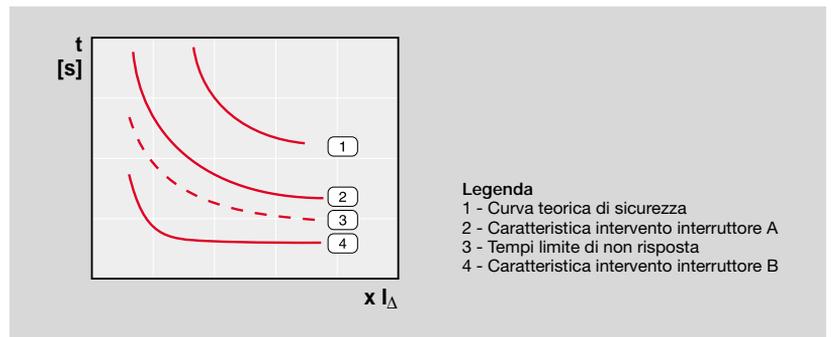


Fig. 17/27

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Inoltre affinché la selettività totale sia completamente garantita la I_{Δ} del dispositivo a monte deve essere superiore al doppio di quella del dispositivo a valle (3 volte almeno) (CEI 64-8/563.3 - Commenti).

Ovviamente i tempi di intervento ritardati dell'interruttore posto a monte, ai fini della sicurezza, dovranno collocarsi sempre al di sotto della curva di sicurezza ① .

Livelli di selettività (CEI 64-8/536.3 - Commenti)

La selettività può essere:

- a 2 livelli
- a 3 o 4 livelli.

- Selettività totale a 2 livelli

Protezione contro i contatti indiretti

Gli interruttori presentano una selettività totale rispetto agli interruttori a posti a valle

Protezione contro i contatti diretti e indiretti

Personale non addestrato

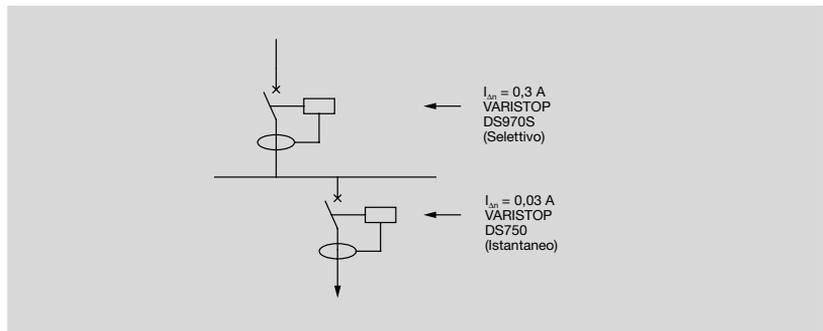


Fig. 17/28

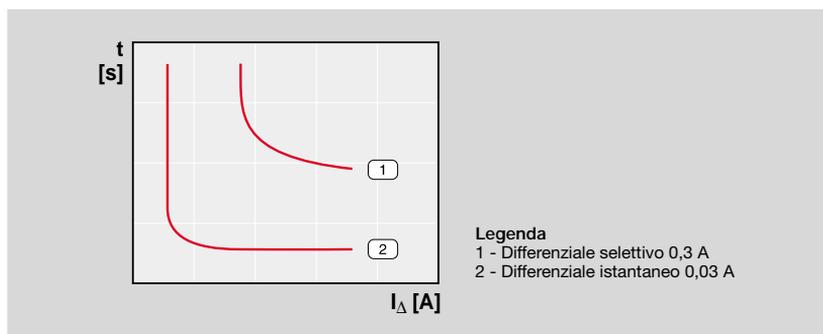


Fig. 17/29

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

- Selettività totale a 3 o 4 livelli

Protezione contro i contatti diretti e indiretti

Caso di un impianto costituito da un quadro principale, da quadri di distribuzione e da sottoquadri.

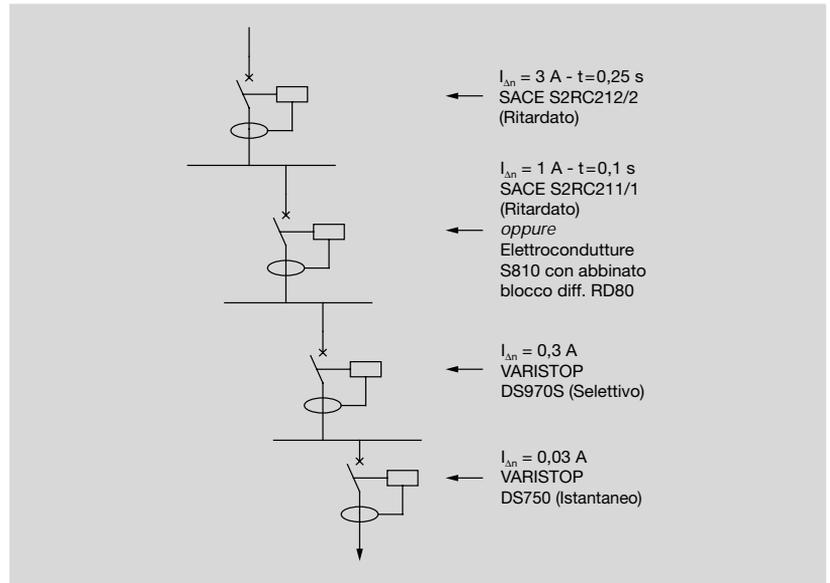


Fig. 17/30

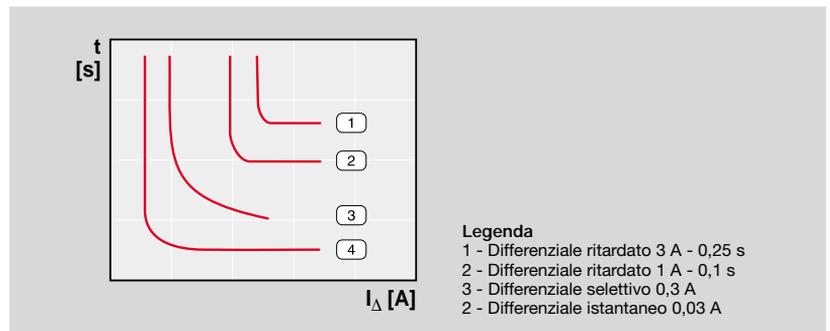


Fig. 17/31

17.20 Esempi

17.20.1 Premessa

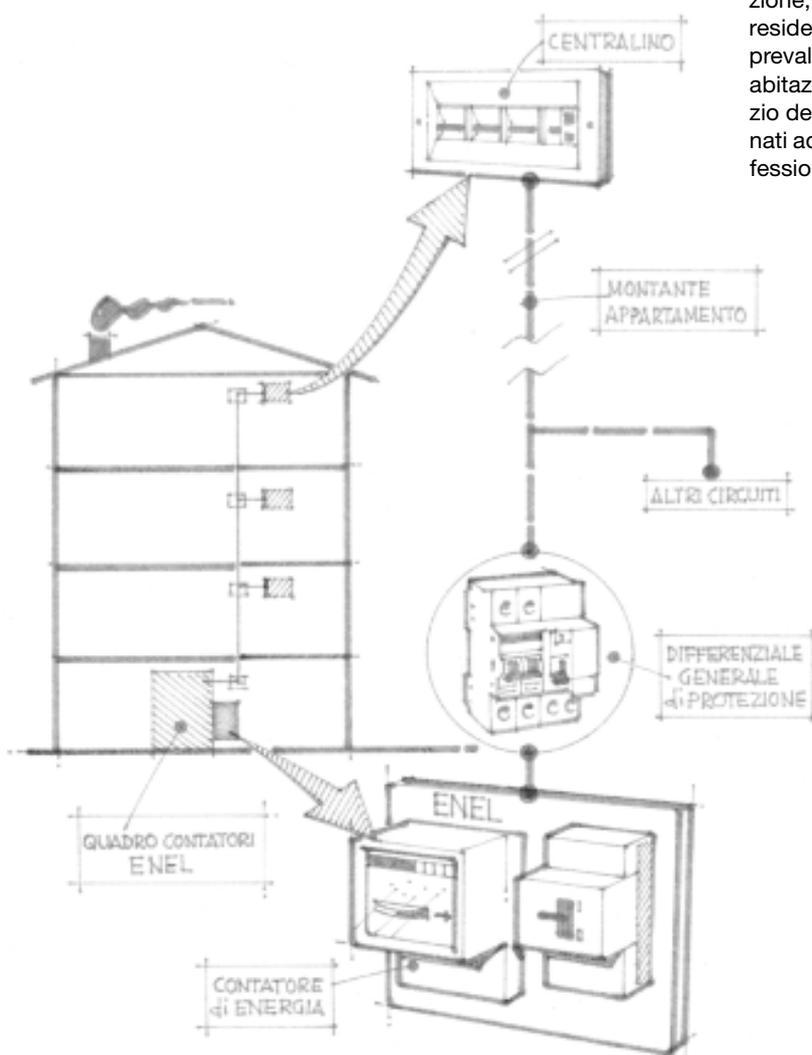
Nel seguito vengono proposti alcuni esempi e forniti suggerimenti per la corretta realizzazione degli impianti elettrici di bassa tensione in ambito residenziale e similare.

Gli esempi sono spesso dedotti dalla Guida CEI 64-50 "Edilizia residenziale. Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori, ausiliari e telefonici".

Relativamente al campo di applicazione, la Guida intende, per edifici residenziali, quelli che contengono prevalentemente locali destinati ad abitazione, parti comuni e di servizio degli edifici, nonché locali destinati ad altri usi quali uffici, studi professionali, negozi ecc.

Essa si applica agli impianti elettrici utilizzatori, sistema TT, alimentati a tensione nominale verso terra non superiore a 230 V, agli impianti ausiliari ed agli impianti telefonici.

Per impianti ausiliari si intendono gli insiemi, a partire dai rispettivi punti di alimentazione, delle condutture e delle apparecchiature per impianti di segnalazione o comunicazione (chiamate interne, interfonici), di protezione, di allarme, anti-intrusione o antincendio, di protezione contro i fulmini, di diffusione sonora, di antenna centralizzata ecc.



17.20.2 Protezione del montante

In generale, i montanti che collegano i gruppi di misura e consegna centralizzati nelle rispettive unità immobiliari devono essere protetti contro le sovracorrenti secondo le prescrizioni della sezione 473 della Norma CEI 64-8.

Tale protezione deve essere assicurata da un dispositivo, installato subito a valle dell'organo di misura e consegna, atto a garantire la protezione contro i cortocircuiti ed anche la protezione contro i sovraccarichi, ove questa non sia garantita dai dispositivi installati in corrispondenza dell'entrata del montante nell'unità immobiliare.

La stessa Norma CEI 64-8, prevede però, alla sezione 473, i casi in cui il dispositivo di protezione alla base del montante può essere omissso. Perché ciò sia possibile devono essere verificate tutte le seguenti tre condizioni:

- sia presente e accessibile l'interruttore automatico del distributore e sia in grado di proteggere il montante da corto circuito ($I_{cn} > I_{cc}$) fino dalla base
- le protezioni nel centralino (vedere schemi nel seguito riportati) proteggano da sovraccarico il montante
- sia minimo il rischio di corto circuito sul montante grazie ad adeguate protezioni passive meccaniche, termiche e contro l'umidità.

Nel caso in cui l'interruttore automatico dell'ente distributore non sia accessibile, od abbia corrente nominale troppo elevata per proteggere il montante dal corto circuito, o comunque in caso di dubbio, si consiglia di applicare, subito a valle dell'interruttore limitatore di consumo dell'Ente, un interruttore di proprietà dell'utente, che può essere magnetotermico, con caratteristiche calcolate in base alla sezione e alla corrente d'impiego del montante, ed anche differenziale qualora esistano motivati dubbi sulla segregazione del montante stesso (barriere o rivestimento isolante).

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Esempi di montanti

La protezione dei montanti (caso **a**) e caso **b**) contro i sovraccarichi deve essere garantita:

- o dall'interruttore generale a valle del contatore
- o dall'interruttore generale del quadro nell'unità immobiliare
- o dai singoli interruttori derivati (la somma delle rispettive correnti nominali è inferiore alla portata del montante)

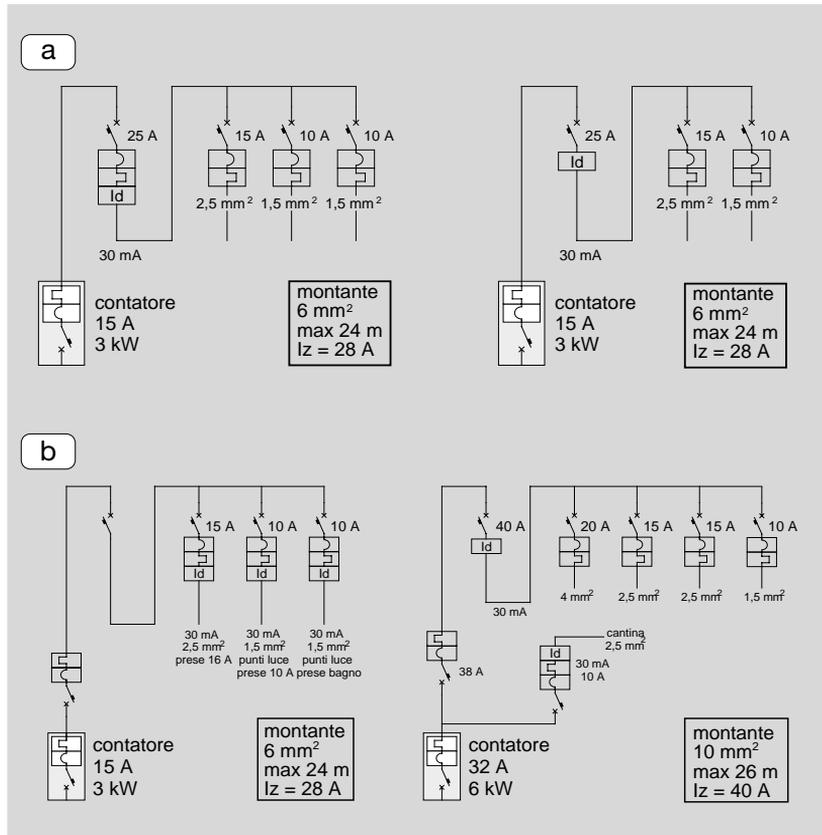


Fig. 17/32

17.20.3 Distribuzione nell'appartamento

Nel quadro di appartamento generalmente si trovano:

- sezionatore generale impianto
- interruttore generale differenziale
- interruttori di protezione linee
 - $I_{cn} \geq 3$ kA per monofase
 - $I_{cn} > 6$ kA per trifase
- altri apparecchi ausiliari.

Per appartamento fino 40 m² la Guida 64-50 prevede:

- 1 linea da 1,5 mm² per luce e prese (10 A)
- 1 linea da 2,5 mm² per prese da 16 A.

Per appartamento compreso tra 40 e 150 m² si prevedono:

- 2 linee da 1,5 mm² per luce e prese (10 A)
- 1 linea da 2,5 mm² per prese da 16 A.

Per carichi unitari oltre 3,6 kW si prevedono linee radiali specifiche da 4 mm².

La Guida del CEI riporta inoltre un esempio per ciascun locale domestico. I locali più pericolosi, perché più densi di apparecchi elettrici, prese e utilizzatori, restano comunque sempre il bagno e la cucina.

Particolare attenzione occorre porre alle tre zone di rispetto nel bagno (trattate al Cap. 14), in particolare:

- nella Zona 3:
 - prese sotto differenziale da 30 mA (nel centralino) o da 10 mA specifico;
 - apparecchi di comando normali.
- nelle Zone 1 e 2:
 - scaldabagno e idromassaggio (Norme CEI specifiche) con cavo in guaina entro tubo e scatola finale di uscita dietro l'apparecchio;
 - gli interruttori sono vietati;
 - lampade in doppio isolamento senza terra e con cartello monitore.

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

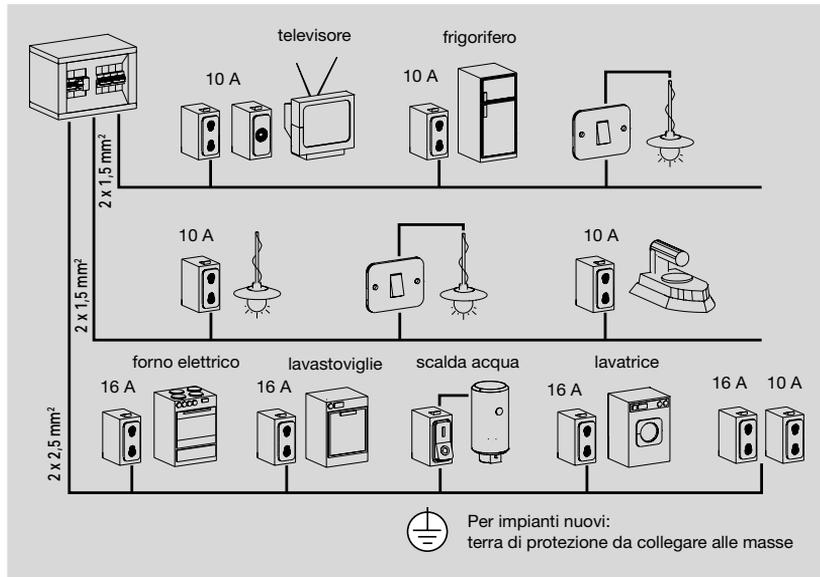


Fig. 17/33

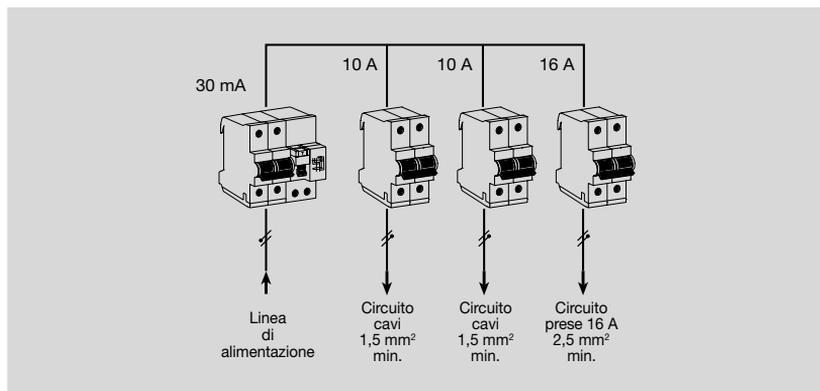


Fig. 17/34 – Centralino per unità abitativa da 40 a 150 m²

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/67 – Linee per unità abitative da 40 a 150 m²

Linee	Appartamento (m ²)		
	< 40	40-150	>150
Linee da 1,5 mm ² luce/prese da 10 A	1	2	≥ 2
Linee da 2,5 mm ² luce/prese da 16 A	1	1	≥ 1
Per carico da 3,6 A	1	1	1
Totale	2 o 3	3 o 4	≥ 4

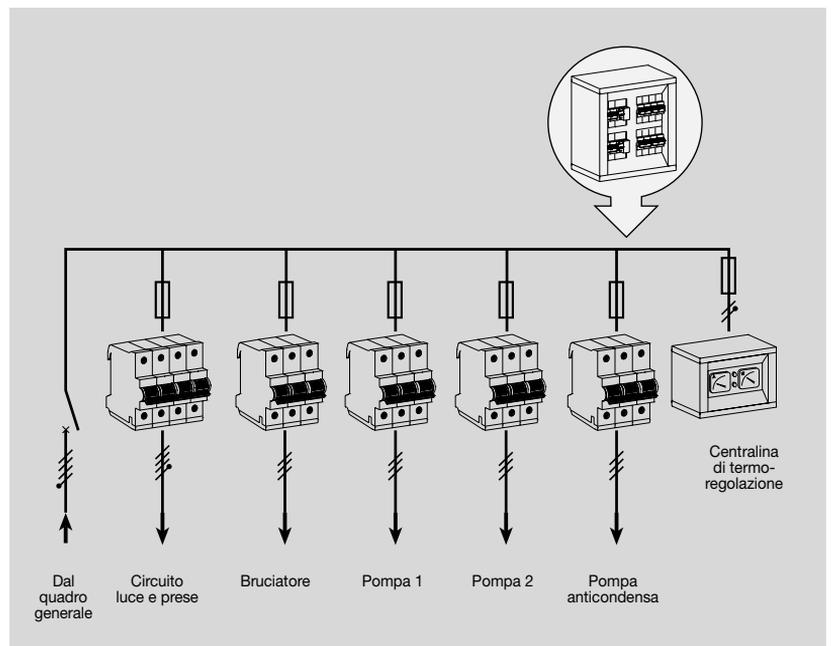
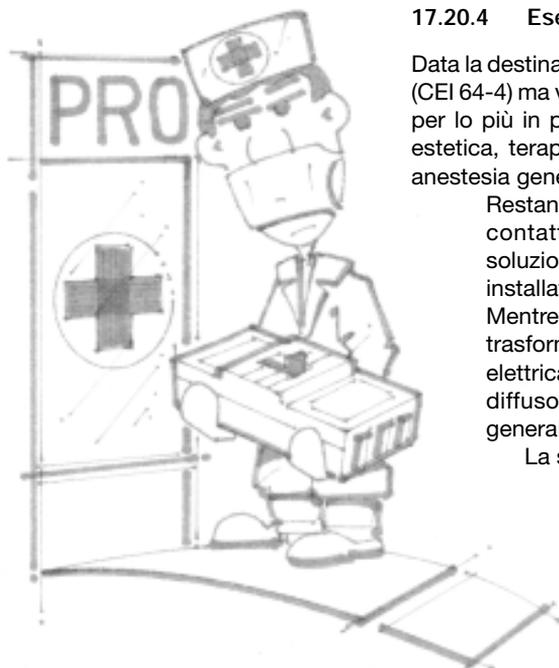


Fig. 17/35 – Schemi quadro centrale termica

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

17.20.4 Esempio di schema per unità uso medico



Data la destinazione della Guida, questo caso non è trattato a fondo (CEI 64-4) ma vi si accenna nel caso che tali ambienti siano collocati per lo più in palazzine residenziali e svolgano attività di chirurgia estetica, terapie brevi e periodiche e interventi superficiali senza anestesia generale.

Restano comunque due problemi di protezione da risolvere: contatti indiretti ed equipotenzialità dell'ambiente. Le soluzioni sono: differenziale e nodo equipotenziale scelti e installati secondo le Norme.

Mentre nei casi delle sale operatorie è scontato l'uso del trasformatore d'isolamento, qui tale sistema (separazione elettrica) non è necessario. Al contrario è prescritto l'uso diffuso dei differenziali, eccetto nel caso di interruttore generale che è del tipo magnetotermico (vedere schema).

La selettività e l'istantaneità di funzionamento a seguito di guasto, possono infatti essere massimizzate a piacere senza controindicazioni.

Si noti come esiste una divisione, peraltro solo formale, di ambienti tra quello uso medico e gli altri attigui nel condominio, per nulla diversi dal normale appartamento. Gli uni e gli altri avranno però in comune l'impianto di terra e le tubazioni dei servizi comuni con possibilità di trasferimento di tensioni pericolose se la normativa non venisse applicata completamente e scrupolosamente.

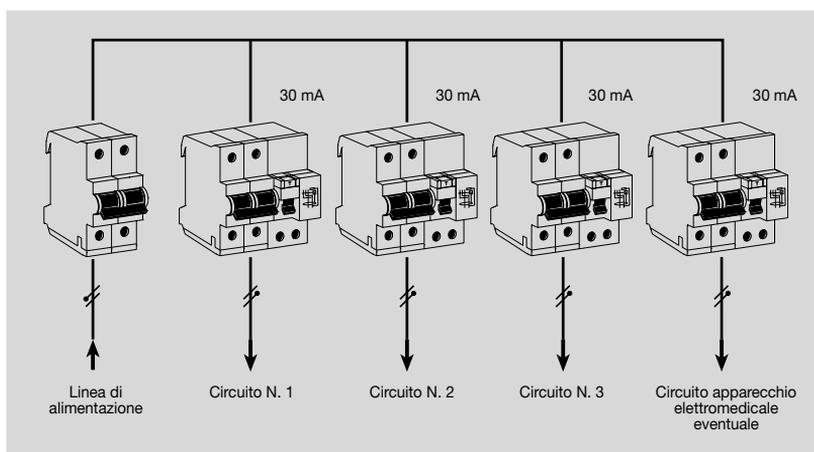


Fig. 17/36

17.20.5 Esempio di schema per unità uso bar



Si ribadisce la priorità di progetto dello schema degli impianti e si raccomanda di sottrarre al pubblico l'uso di apparecchi o di utilizzatori elettrici pericolosi, come in un qualsiasi ambiente a maggior rischio in caso d'incendio.

La suddivisione dei circuiti periferici è da prevedere data la relativa necessità di selettività richiesta per ridurre al minimo i disservizi e assicurare un adeguato livello di comfort al pubblico presente.

Il quadro elettrico, che dovrà essere accessibile al solo operatore preposto, sarà composto da:

- un interruttore generale differenziale omnipolare (due o quattro poli) con sganciatori elettromagnetici calibrati sulla sezione da proteggere;
- un altro differenziale magnetotermico da 30 mA per le utenze del bancone;
- un terzo differenziale magnetotermico da 30 mA per le eventuali prese esterne;
- un maggior numero di interruttori automatici divisionali per gli altri circuiti.

Prese con IP X4, illuminazione di sicurezza e una presa per ogni carico sono altre normali misure da adottare.

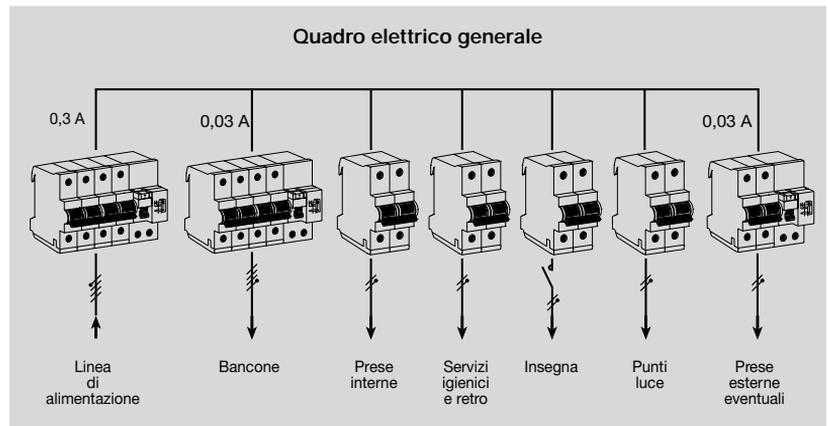


Fig. 17/37

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

17.20.6 Esempio di schema per unità uso ristorante



L'analisi specifica si incentra sulle cucine, che sono considerate locali speciali (presenza di gas, vapori, umidità, acqua) se superano le 30.000 kcal/h.

Si raccomanda di predisporre almeno due quadretti elettrici separati e situati in luogo asciutto e sicuro: uno per la cucina e l'altro per la zona pubblico. Se tale luogo non è disponibile, usare contenitori con adeguato grado di protezione IP.

Si noti l'installazione (Fig. 20/46), subito a valle del contatore, di un differenziale generale trifase che protegge l'impianto e lo stesso quadro cucina dai contatti indiretti, coordinato con l'impianto di terra.

Per il quadro zona pubblico si ipotizza un'alimentazione monofase con interruttore generale differenziale da 30 mA. Data la presenza di pubblico, la Norma raccomanda per i ristoranti di prevedere un circuito di comando di emergenza che stacchi istantaneamente tutti e solo i carichi della cucina, ovviamente non vitali. Un circuito lampade di emergenza è parimenti utile se non necessario.

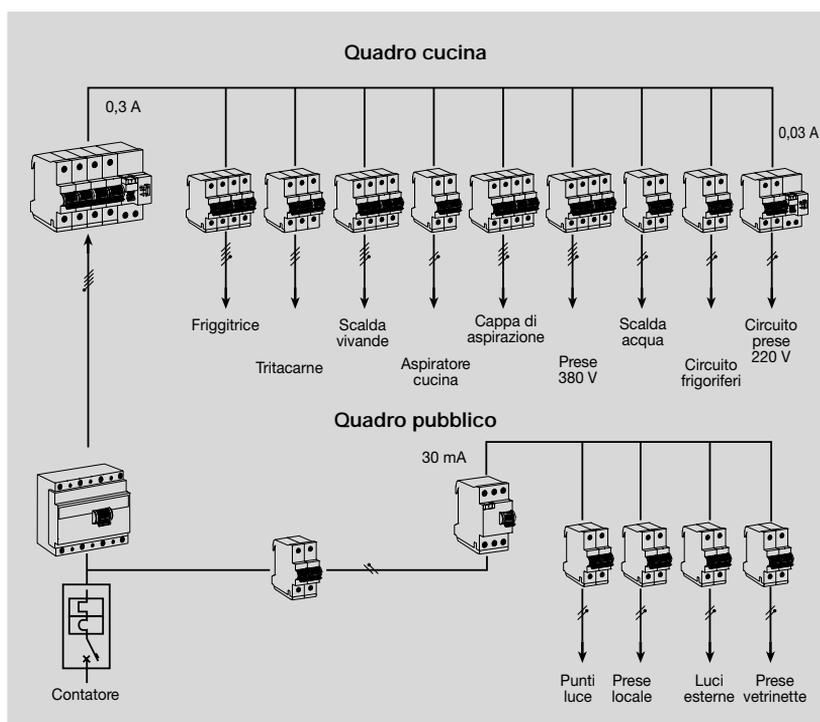


Fig. 17/38

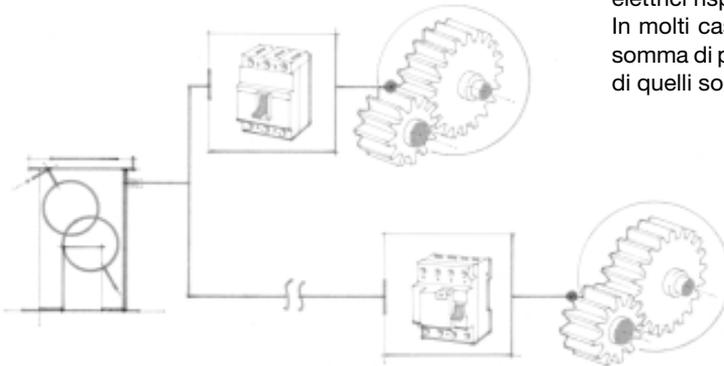
17.20.7 Schema quadro generale servizi parti comuni

In ogni stabile sia esso a destinazione: domestico, terziario o industriale deve essere previsto un quadro dei servizi generali, dove viene razionalizzata l'architettura e la logica della distribuzione elettrica. Deve essere collocato in luogo adatto, chiuso e pulito, possibilmente lo stesso del locale contatori. Per il controllo continuo della situazione è buona norma rinviare i comandi principali, emergenza compresa, al quadro della portineria presidiata (quando, ovviamente, quest'ultima esista).

Sono ovviamente numerosissimi gli altri ambienti residenziali e terziari che devono avere impianti elettrici rispondenti alla Norma CEI 64-50.

In molti casi però essi sono inquadrabili come somma di più ambienti diversi, ciascuno del tipo di quelli sopra esaminati.

È compito del tecnico individuare e scegliere di volta in volta le soluzioni migliori.



Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

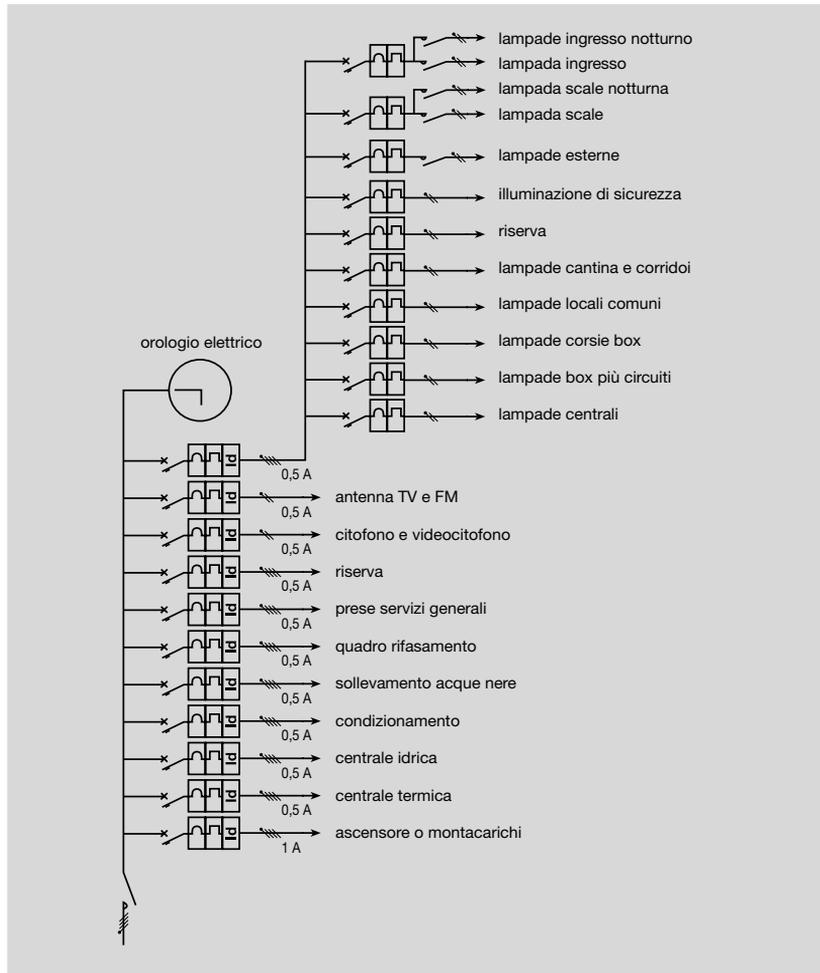


Fig. 17/33

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

17.20.8 Esempi circuitali di utilizzo dell'interruttore differenziale

a) Sistema TN-S

Nel sistema TN-S, la Norma CEI 64-8 ammette, per la protezione contro i contatti indiretti, l'impiego dei soli dispositivi utilizzati contro la sovracorrente; è però fortemente raccomandato l'uso del differenziale per una protezione più efficace, sicura e, complessivamente, di minor costo.

In questi casi la condizione da rispettare è che il conduttore PEN non venga utilizzato a valle dello stesso dispositivo differenziale.

Lo schema d'inserzione proposto è quello di Fig. 17/40. Si ricorda infine che l'impiego dei dispositivi a corrente differenziale è vietato nei sistemi TN-C.

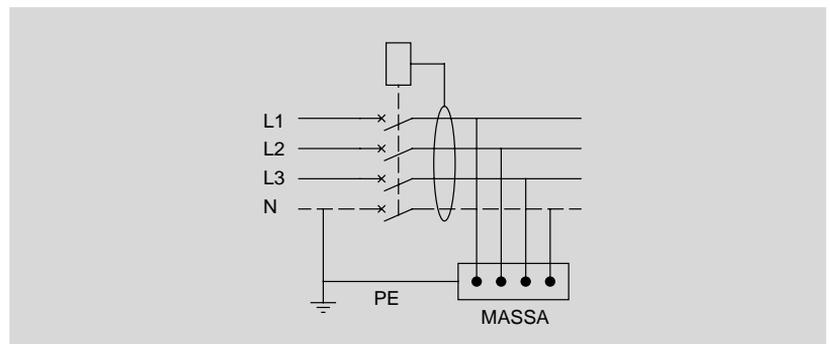
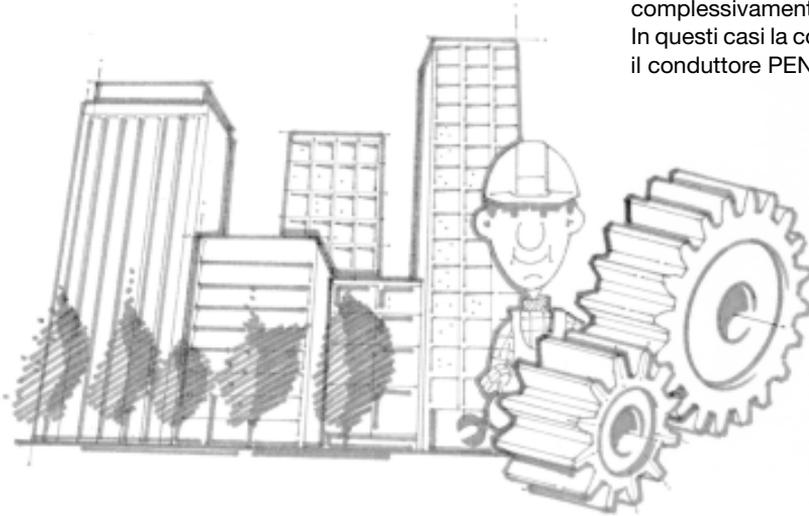


Fig. 17/40

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

b) Sistema TT

Nel sistema TT si deve porre cura particolare nel coordinamento tra differenziale e messa a terra. Si prendono in esame i seguenti casi:

Caso 1)

Nel caso di un condominio con più utenti (Fig. 17/41), alcuni con interruttore generale magnetotermico, altri con differenziali, ma non tutti con la stessa sensibilità, il valore della resistenza di terra deve essere coordinato con la corrente di intervento istantaneo o con la I_{Δ} più scadente, cioè più alta, fra tutte. Infatti la resistenza di terra è uguale al rapporto:

$$R_a \leq \frac{50}{I_{5s}} \quad \text{nel caso del magnetotermico;}$$

$$R_a \leq \frac{50}{I_{\Delta}} \quad \text{nel caso del differenziale.}$$

Dal confronto delle suddette relazioni, la soluzione più sicura e conveniente risulta quella dell'adozione per **tutti** gli utenti dei dispositivi a protezione differenziale. Ciò perché ottenere una resistenza di terra dell'ordine di alcuni decimi di ohm è oltremodo difficile e dispendioso e annulla completamente il beneficio della presenza, in alcune utenze, del dispositivo differenziale.

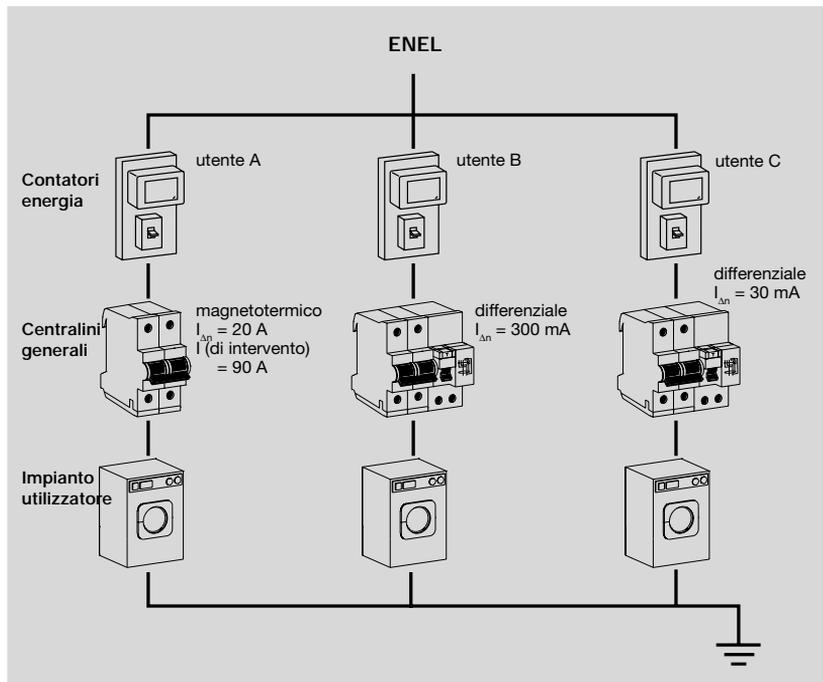


Fig. 17/41

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Caso 2)

Questo secondo esempio vede la presenza nello stesso condominio di appartamenti protetti tutti con differenziale con $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ (Fig. 17/41).

La resistenza massima di terra è data da:

$$R_a \leq \frac{50}{0,03} = 1666 \Omega$$

In questo caso la natura degli apparecchi utilizzatori e la vastità dell'impianto possono dare origine a notevoli correnti di dispersione spontanea verso terra dell'intero edificio (ΣI_{Δ}). Può quindi risultare che la corrente differenziale totale sia relativamente alta (Fig. 17/42), dando origine a tensioni di contatto, dovute al prodotto della corrente totale verso terra per 1666Ω , sopra calcolati, pari a 183 V , superiori ai 50 V di sicurezza.

In questo caso, oltre all'impiego del differenziale, è necessario porsi come limite del valore della resistenza di terra da realizzare, $400\text{-}500 \Omega$, onde rimanere nel valore della tensione di contatto, limite previsto dalle Norme ($\leq 50 \text{ V}$).

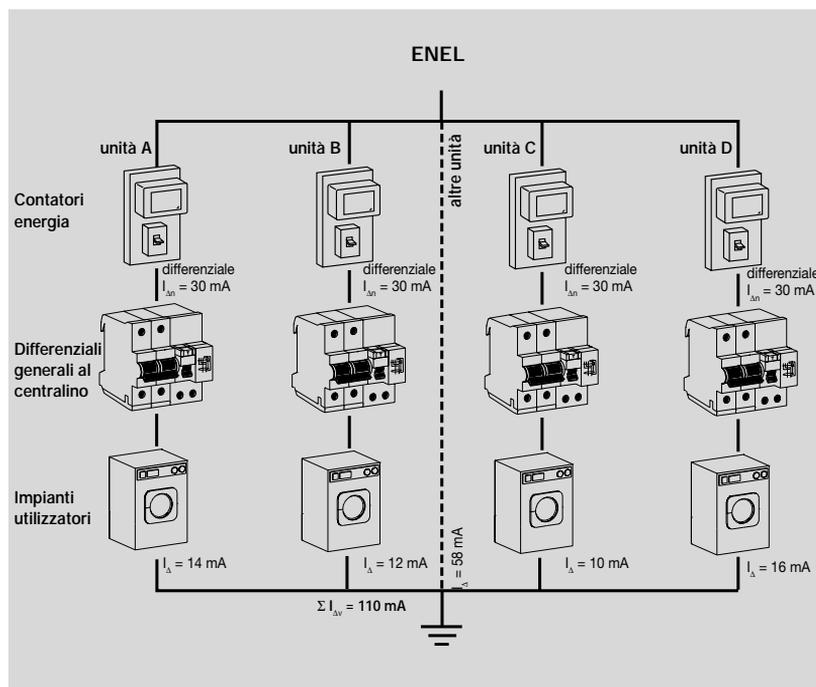


Fig. 17/42

$$I_{\Delta} (\text{totale}) = \Sigma I_{\Delta} = 14 + 12 + 58 + 10 + 16 = 110 \text{ mA}$$

$$\text{tensione di contatto} = V_c = R_a \cdot I_{\Delta} (\text{totale}) = 1666 \cdot 0,11 = 183 \text{ V} (> 50 \text{ V})$$

Occorre quindi abbassare la R_a tanto quanto serve a contenere la V_c sotto i 50 V .

Esempio:

$$R_a = 400 \Omega$$

$$I_{\Delta} = 0,11 \text{ A}$$

$$V_c = 400 \cdot 0,11 = 44 \text{ V} (< 50 \text{ V})$$

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle			Interruttore a monte			
			S500			
			In	Im	32	40
		D	D	D	D	
S240	6	C	1,5	2	3	5,5
	8	C	1,5	2	3	5,5
	10	C	1	1,5	2	3
	13	C		1,5	2	3
	16	C			2	3
	20	C				2,5
	25	C				
	32	C				
	40	C				
S250	<=2	C	T	T	T	T
	3	C	3	6	T	T
	4	C	2	3	6	T
	6	B-C	1,5	2	3	5,5
	8	B-C	1,5	2	3	5,5
	10	B-C	1	1,5	2	3
	13	B-C		1,5	2	3
	16	B-C			2	3
	20	B-C				2,5
	25	B-C				
	32	B-C				
	40	B-C				
	50	B-C				
63	B-C					
S250	<=2	K	T	T	T	T
	3	K	3	6	T	T
	4	K	2	3	6	T
	6	K	1,5	2	3	5,5
	8	K	1,5	2	3	5,5
	10	K		1,5	2	3
	16	K				2
	20	K				
	25	K				
	32	K				
	40	K				
	50	K				
	63	K				

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S500			
			32	40	50	63
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D
S270	<=2	C	T	T	T	T
	3	C	3	6	T	T
	4	C	2	3	6	T
	6	B-C	1,5	2	3	5,5
	8	B-C	1,5	2	3	5,5
	10	B-C	1	1,5	2	3
	13	B-C		1,5	2	3
	16	B-C			2	3
	20	B-C				2,5
	25	B-C				
	32	B-C				
	40	B-C				
	50	B-C				
	63	B-C				
S270	<=2	K	T	T	T	T
	3	K	3	6	T	T
	4	K	2	3	6	T
	6	K	1,5	2	3	5,5
	8	K	1,5	2	3	5,5
	10	K		1,5	2	3
	16	K				2
	20	K				
	25	K				
	32	K				
	40	K				
	50	K				
	63	K				
	S270	<=2	D	T	T	T
3		D	3	6	T	T
4		D	2	3	6	T
6		D	1,5	2	3	5,5
8		D	1,5	2	3	5,5
10		D	1	1,5	2	3
16		D			1,5	2
20		D				2
25		D				
32		D				
40		D				
50		D				
63		D				

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S500			
			32	40	50	63
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D
	S280	6	B-C	1,5	2	3
10		B-C	1	1,5	2	3
13		B-C		1,5	2	3
16		B-C			2	3
20		B-C				2,5
25		B-C				
32		B-C				
40		B-C				
50		B-C				
63		B-C				
S280	6	D	1,5	2	3	5
	10	D	1	1,5	2	3
	16	D			1,5	2
	20	D				2
	25	D				
	32	D				
	40	D				
	50	D				
	63	D				
S280	6	K	1,5	2	3	5
	10	K		1,5	2	3
	13	K			1,5	2
	16	K				2
	20	K				
	25	K				
	32	K				
	40	K				
	50	K				
	63	K				

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S500			
			32	40	50	63
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D
	S280	<=2	Z	T	T	T
3		Z	3	6	T	T
4		Z	2	3	6	T
6		Z	1,5	2	3	5,5
10		Z	1	1,5	2	3
16		Z	1	1,5	2	3
13		Z	1	1,5	2	3
20		Z	1	1,5	2	3
25		Z		1,5	2	2,5
32		Z			2	2,5
40		Z				2
50		Z				
63		Z				

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S290	
			80	100
Int. a valle	In		D	D
	Im			
S240	6	C	T	T
	8	C	T	T
	10	C	5	T
	13	C	4,5	7
	16	C	4,5	7
	20	C	3,5	5
	25	C	3,5	5
	32	C		4,5
	40	C		
S250	≤2	C	T	T
	3	C	T	T
	4	C	T	T
	6	B-C	T	T
	8	B-C	T	T
	10	B-C	5	8
	13	B-C	4,5	7
	16	B-C	4,5	7
	20	B-C	3,5	5
	25	B-C	3,5	5
	32	B-C		4,5
	40	B-C		
	50	B-C		
63	B-C			
S250	≤2	K	T	T
	3	K	T	T
	4	K	T	T
	6	K	T	T
	8	K	T	T
	10	K	5	8
	16	K	3	5
	20	K	3	7
	25	K		4
	32	K		
	40	K		
	50	K		
	63	K		

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S290	
Int. a valle	In	Im	80	100
			D	D
S270	<=2	C	T	T
	3	C	T	T
	4	C	T	T
	6	B-C	10,5	T
	8	B-C	10,5	T
	10	B-C	5	8
	13	B-C	4,5	7
	16	B-C	4,5	7
	20	B-C	3,5	5
	25	B-C	3,5	5
	32	B-C		4,5
	40	B-C		
	50	B-C		
	63	B-C		
S270	<=2	K	T	T
	3	K	T	T
	4	K	T	T
	6	K	10,5	T
	8	K	10,5	T
	10	K	5	8
	16	K	3	5
	20	K	3	5
	25	K		4
	32	K		
	40	K		
	50	K		
	63	K		
	S270	<=2	D	T
3		D	T	T
4		D	T	T
6		D	10,5	T
8		D	10,5	T
10		D	5	8
16		D	3	5
20		D	3	5
25		D	2,5	4
32		D		4
40		D		
50		D		
63		D		

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S290	
			80	100
Int. a valle	In		D	D
	Im			
S280	6	B-C	10,5	T
	10	B-C	5	8
	13	B-C	4,5	7
	16	B-C	4,5	7
	20	B-C	3,5	5
	25	B-C	3,5	5
	32	B-C		4,5
	40	B-C		
	50	B-C		
	63	B-C		
S280	6	D	10,5	T
	10	D	5	8
	16	D	3	5
	20	D	3	5
	25	D	2,5	4
	32	D		4
	40	D		
	50	D		
	63	D		
S280	6	K	10,5	T
	10	K	5	8
	13	K	3	5
	16	K	3	5
	20	K	3	5
	25	K		4
	32	K		
	40	K		
	50	K		
	63	K		

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S290	
			80	100
Int. a valle	In	Im	D	D
	S280	<=2	Z	T
3		Z	T	T
4		Z	T	T
6		Z	10,5	T
10		Z	5	8
13		Z	4,5	7
16		Z	4,5	7
20		Z	3,5	5
25		Z	3,5	5
32		Z	3	4,5
40		Z	3	4,5
50		Z		3
63		Z		
S500		6	B-C	6
	10	B-C-D	6	10
	13	B-C-D	6	10
	16	B-C-D	6	10
	20	B-C-D	6	7,5
	25	B-C-D	4,5	6
	32	B-C-D		6
	40	B-C-D		
	50	B-C-D		
S500	<=5,8	K	T	T
	8	K	10	T
	11	K	7,5	T
	15	K	4,5	10
	20	K	4,5	6
	26	K		4,5
	32	K		
	37	K		
	41	K		
	45	K		

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte							
		LNA32/62/100							
		In	32	39	47	54	63	80	100
Im	450	550	650	650	650	800	800		
S240	6	C	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	8	C	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	10	C	1,5	1,5	2	2	2	3	3
	13	C		1,5	2	2	2	3	3
	16	C			2	2	2	3	3
	20	C				2	2	2,5	2,5
	25	C						2,5	2,5
	32	C							2,5
	40	C							
S250	<=2	C	T	T	T	T	T	T	T
	3	C	4	T	T	T	T	T	T
	4	C	2,5	4	7	7	7	T	T
	6	B-C	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	8	B-C	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	10	B-C	1,5	1,5	2	2	2	3	3
	13	B-C		1,5	2	2	2	3	3
	16	B-C			2	2	2	3	3
	20	B-C				2	2	2,5	2,5
	25	B-C						2,5	2,5
	32	B-C							2,5
	40	B-C							
	50	B-C							
63	B-C								
S250	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T
	3	K	4	T	T	T	T	T	T
	4	K	2,5	4	7	7	7	T	T
	6	K	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	8	K	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	10	K		1,5	2	2	2	3	3
	16	K					1,5	2	2
	20	K						2	2
	25	K							2
	32	K							
	40	K							
	50	K							
	63	K							

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte							
		LNA32/62/100							
		In	32	39	47	54	63	80	100
Im	450	550	650	650	650	800	800		
S270	<=2	C	T	T	T	T	T	T	T
	3	C	4	10,5	T	T	T	T	T
	4	C	2,5	4	7	7	7	T	T
	6	B-C	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	8	B-C	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	10	B-C	1,5	1,5	2	2	2	3	3
	13	B-C		1,5	2	2	2	3	3
	16	B-C			2	2	2	3	3
	20	B-C				2	2	2,5	2,5
	25	B-C						2,5	2,5
	32	B-C							2,5
	40	B-C							
	50	B-C							
	63	B-C							
S270	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T
	3	K	4	10,5	T	T	T	T	T
	4	K	2,5	4	7	7	7	T	T
	6	K	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	8	K	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	10	K		1,5	2	2	2	3	3
	16	K					1,5	2	2
	20	K						2	2
	25	K							2
	32	K							
	40	K							
	50	K							
	63	K							
	S270	<=2	D	T	T	T	T	T	T
3		D	4	10,5	T	T	T	T	T
4		D	2,5	4	7	7	7	T	T
6		D	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
8		D	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
10		D	1,5	1,5	2	2	2	3	3
16		D			1,5	1,5	1,5	2	2
20		D				1,5	1,5	2	2
25		D						2	2
32		D							2
40		D							
50		D							
63		D							

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte							
		LNA32/62/100							
		In	32	39	47	54	63	80	100
Im	450	550	650	650	650	800	800		
S280	6	B-C	1,5	2	3	3	3	5,5	5,5
	10	B-C	1,5	1,5	2	2	2	3	3
	13	B-C		1,5	2	2	2	3	3
	16	B-C			2	2	2	3	3
	20	B-C				2	2	2,5	2,5
	25	B-C						2,5	2,5
	32	B-C							2,5
	40	B-C							
	50	B-C							
63	B-C								
S280	6	D	1,5	2	3	3	3	5,5	5,5
	10	D	1,5	1,5	2	2	2	3	3
	16	D			1,5	1,5	1,5	2	2
	20	D				1,5	1,5	2	2
	25	D						2	2
	32	D							2
	40	D							
	50	D							
	63	D							
S280	6	K	1,5	2	3	3	3	5,5	5,5
	10	K		1,5	2	2	2	3	3
	13	K			1,5	1,5	1,5	2	2
	16	K					1,5	2	2
	20	K						2	2
	25	K							2
	32	K							
	40	K							
	50	K							
63	K								

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte						
			LNA32/62/100						
			In	32	39	47	54	63	80
Int. a valle	Im	450	550	650	650	650	800	800	
S280	<=2	Z	T	T	T	T	T	T	T
	3	Z	4	10,5	T	T	T	T	T
	4	Z	2,5	4	7	7	7	T	T
	6	Z	1,5	2	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
	10	Z	1,5	1,5	2	2	2	3	3
	13	Z	1	1,5	2	2	2	3	3
	16	Z		1,5	2	2	2	3	3
	20	Z			2	2	2	2,5	2,5
	25	Z					2	2,5	2,5
	32	Z						2,5	2,5
	40	Z							2,5
	50	Z							
	63	Z							
S500	6	B-C						4,5	4,5
	10	B-C-D						4,5	4,5
	13	B-C-D						4,5	4,5
	16	B-C-D						4,5	4,5
	20	B-C-D						4,5	4,5
	25	B-C-D						3	3
	32	B-C-D							3
	40	B-C-D							
	50	B-C-D							
S500	<=5,8	K						3,5	3,5
	8	K						4,5	4,5
	11	K						4,5	4,5
	15	K						3	3
	20	K							
	26	K							
	32	K							
	37	K							
	41	K							
	45	K							

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte												
		S1 E-B-N												
		10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	
In	Im	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	
S240	6	C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T
	8	C				5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T
	10	C					3	3	3	3	5	T	T	T
	13	C							3	3	4,5	T	T	T
	16	C							3	3	4,5	T	T	T
	20	C								2,5	3,5	5,5	T	T
	25	C									3,5	5,5	T	T
	32	C										4,5	7	T
	40	C											7	T
S250	<=2	C			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	C			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	C			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	B-C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T
	8	B-C				5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T
	10	B-C					3	3	3	3	5	8,5	T	T
	13	B-C							3	3	4,5	7,5	T	T
	16	B-C							3	3	4,5	7,5	T	T
	20	B-C								2,5	3,5	5,5	8	T
	25	B-C									3,5	5,5	8	T
	32	B-C										4,5	7	T
	40	B-C											7	T
	50	B-C												6
63	B-C													
S250	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	K		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	K			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	K					5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T
	8	K						5,5	5,5	5,5	T	T	T	T
	10	K							3	3	5	8,5	T	T
	16	K									3	5	8	T
	20	K										4,5	6,5	T
	25	K											6	9,5
	32	K												9,5
	40	K												
	50	K												
	63	K												

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte												
		S1 E-B-N												
		In	10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
	Im	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	
S270	<=2	C			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	3	C			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	4	C			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	6	B-C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	
	8	B-C				5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	
	10	B-C					3	3	3	3	5	8,5	T	
	13	B-C							3	3	4,5	7,5	12*	
	16	B-C							3	3	4,5	7,5	12*	
	20	B-C								2,5	3,5	5,5	8	13,5*
	25	B-C									3,5	5,5	8	13,5*
	32	B-C										4,5	7	12*
	40	B-C											7	12*
	50	B-C												6
	63	B-C												
S270	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	3	K		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	4	K			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	6	K					5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	
	8	K						5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	
	10	K							3	3	5	8,5	T	
	16	K									3	5	8	13,5*
	20	K										4,5	6,5	11*
	25	K											6	9,5
	32	K												9,5
	40	K												
50	K													
63	K													
S270	<=2	D			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	3	D			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	4	D			T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	6	D			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	
	8	D				5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	
	10	D					3	3	3	3	5	8,5	T	
	16	D							2	2	3	5	8	13,5*
	20	D								2	3	4,5	6,5	11*
	25	D									2,5	4	6	9,5
	32	D										4	6	9,5
	40	D											5	8
	50	D												
	63	D												

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle			Interruttore a monte											
			S1 E-B-N											
			10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
In	Im	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	
S280	6	B-C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T
	10	B-C					3	3	3	3	5	8,5	17*	T
	13	B-C							3	3	4,5	7,5	12*	20*
	16	B-C							3	3	4,5	7,5	12*	20*
	20	B-C								2,5	3,5	5,5	8	13,5*
	25	B-C									3,5	5,5	8	13,5*
	32	B-C										4,5	7	12*
	40	B-C											7	12*
	50	B-C												6
63	B-C													
S280	6	D			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T
	10	D					3	3	3	3	5	8,5	17*	T
	16	D							2	2	3	5	8	13,5*
	20	D								2	3	4,5	6,5	11*
	25	D									2,5	4	6	9,5
	32	D										4	6	9,5
	40	D											5	8
	50	D												
	63	D												
S280	6	K					5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T
	10	K							3	3	5	8,5	17*	T
	13	K								2	3	5	8	13,5*
	16	K									3	5	8	13,5*
	20	K										4,5	6,5	11*
	25	K											6	9,5
	32	K												9,5
	40	K												
	50	K												
63	K													

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte													
		S1 E-B-N													
		10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125		
In	Im	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250		
S280	<=2	Z	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	3	Z	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	4	Z	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	6	Z	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5*	T	T	T	
	10	Z			3	3	3	3	3	3	5	8,5	17*	T	
	13	Z				3	3	3	3	3	4,5	7,5	12*	20*	
	16	Z					3	3	3	3	4,5	7,5	12*	20*	
	20	Z						2,5	2,5	2,5	3,5	5,5	8	13,5*	
	25	Z							2,5	2,5	3,5	5,5	8	13,5*	
	32	Z									2	3	4,5	7	12*
	40	Z										3	4,5	7	12*
	50	Z											3	4,5	6
	63	Z												4,5	6
S500	6	B-C			4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6	10	15*	T	
	10	B-C-D					4,5	4,5	4,5	4,5	6	10	15*	T	
	13	B-C-D							4,5	4,5	6	10	15*	T	
	16	B-C-D							4,5	4,5	6	10	15*	T	
	20	B-C-D								4,5	6	7,5	15*	T	
	25	B-C-D									4,5	7,5	10	20*	
	32	B-C-D										6	10	20*	
	40	B-C-D											7,5	15*	
	50	B-C-D												10	
S500	<=5,8	K					T	T	T	T	T	T	T	T	
	8	K						4,5	4,5	4,5	10	T	T	T	
	11	K							3	3	7,5	T	T	T	
	15	K									4,5	10	15*	T	
	20	K										6	10	20*	
	26	K											7,5	15*	
	32	K												15*	
	37	K													
	41	K													
45	K														

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

		Interruttore a monte											
		S1 E-B-N											
Int. a valle	In	10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
		Im	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000
LNA 32	1,6	22	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	2,3	32	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
LNA 63	3,2	45	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4,5	63	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
LNA 100	6	84		19*	19*	19*	19*	19*	19*	19*	T	T	T
	8	112			11*	11*	11*	11*	11*	11*	T	T	T
	11	155					7	7	7	7	15*	T	T
	15	210						4	4	4	9	18*	T
	20	280							3	3	5	11*	23*
	26	365									3	6	12*
	32	450										4	8
	39	550										4	8
	47	650											6
	54	650											

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S1N			
			63	80	100	125
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D
	S240	6	C	T	T	T
8		C	T	T	T	T
10		C	T	T	T	T
13		C	T	T	T	T
16		C	T	T	T	T
20		C	T	T	T	T
25		C	T	T	T	T
32		C		T	T	T
40		C			T	T
S250	<=2	C	T	T	T	T
	3	C	T	T	T	T
	4	C	T	T	T	T
	6	B-C	T	T	T	T
	8	B-C	T	T	T	T
	10	B-C	T	T	T	T
	13	B-C	T	T	T	T
	16	B-C	T	T	T	T
	20	B-C	7,5	9	T	T
	25	B-C	7,5	9	T	T
	32	B-C		8	T	T
	40	B-C			T	T
	50	B-C				T
63	B-C					
S250	<=2	K	T	T	T	T
	3	K	T	T	T	T
	4	K	T	T	T	T
	6	K	T	T	T	T
	8	K	T	T	T	T
	10	K	T	T	T	T
	16	K	7	8,5	T	T
	20	K		7	T	T
	25	K			9,5	T
	32	K				T
	40	K				
	50	K				
	63	K				

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S1N			
			63	80	100	125
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D
	S270	<=2	C	T	T	T
3		C	T	T	T	T
4		C	T	T	T	T
6		B-C	T	T	T	T
8		B-C	T	T	T	T
10		B-C	T	T	T	T
13		B-C	11	13	T	T
16		B-C	11	13	T	T
20		B-C	7,5	9	13,5	T
25		B-C	7,5	9	13,5	T
32		B-C		8	12	T
40		B-C			12	T
50		B-C				10,5
63		B-C				
S270	<=2	K	T	T	T	T
	3	K	T	T	T	T
	4	K	T	T	T	T
	6	K	T	T	T	T
	8	K	T	T	T	T
	10	K	T	T	T	T
	16	K	7	8,5	13,5	T
	20	K		7	11,5	T
	25	K			9,5	T
	32	K				T
	40	K				
S270	<=2	D	T	T	T	T
	3	D	T	T	T	T
	4	D	T	T	T	T
	6	D	T	T	T	T
	8	D	T	T	T	T
	10	D	T	T	T	T
	16	D	7	8,5	13,5	T
	20	D	6	7	11,5	T
	25	D	5,5	6,5	9,5	T
	32	D		6,5	9,5	T
	40	D			8,5	14,5
	50	D				
63	D					

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S1N			
			63	80	100	125
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D
	S280	6	B-C	T	T	T
10		B-C	15	19,5	T	T
13		B-C	11	13	20	T
16		B-C	11	13	20	T
20		B-C	7,5	9	13,5	T
25		B-C	7,5	9	13,5	T
32		B-C		8	12	T
40		B-C			12	T
50		B-C				10,5
63		B-C				
S280	6	D	T	T	T	T
	10	D	15	19,5	T	T
	16	D	7	8,5	13,5	24,5
	20	D	6	7	11,5	22
	25	D	5,5	6,5	9,5	16
	32	D		6,5	9,5	16
	40	D			8,5	14,5
	50	D				
	63	D				
S280	6	K	T	T	T	T
	10	K	15	19,5	T	T
	13	K	7	8,5	13,5	24,5
	16	K	7	8,5	13,5	24,5
	20	K		7	11,5	22
	25	K			9,5	16
	32	K				16
	40	K				
	50	K				
	63	K				

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S1N			
			63	80	100	125
Int. a valle	In	Im	D	D	D	D
	S280	<=2	Z	T	T	T
3		Z	T	T	T	T
4		Z	T	T	T	T
6		Z	T	T	T	T
10		Z	15	19,5	T	T
13		Z	11	13	20	T
16		Z	11	13	20	T
20		Z	7,5	9	13,5	T
25		Z	7,5	9	13,5	T
32		Z	6,5	8	12	T
40		Z	6,5	8	12	T
50		Z		5	6,5	10,5
63		Z			6,5	10,5
S500	6	B-C	15	20	T	T
	10	B-C-D	15	20	T	T
	13	B-C-D	15	20	T	T
	16	B-C-D	15	20	T	T
	20	B-C-D	10	15	T	T
	25	B-C-D	10	10	T	T
	32	B-C-D		10	20	T
	40	B-C-D			15	T
	50	B-C-D				T
S500	<=5,8	K	T	T	T	T
	8	K	T	T	T	T
	11	K	T	T	T	T
	15	K	15	20	T	T
	20	K		15	20	T
	26	K			15	T
	32	K				T
	37	K				
	41	K				
45	K					

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte			
			S1N			
Int. a valle	In		63	80	100	125
		Im	D	D	D	D
LNA 32	1,6	22	T	T	T	T
	2,3	32	T	T	T	T
LNA 63	3,2	45	T	T	T	T
	4,5	63	T	T	T	T
LNA 100	6	84	T	T	T	T
	8	112	T	T	T	T
	11	155	T	T	T	T
	15	210	T	T	T	T
	20	280	20	T	T	T
	26	365	11	14	T	T
	32	450		10	18	T
	39	550		10	18	T
	47	650			13	T
	54	650				T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte														
		S2B-N-S														
		12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160			
In	Im	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	1600			
S240	6	C		5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T	T		
	8	C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T	T		
	10	C				3	3	3	3	5	T	T	T	T		
	13	C						3	3	4,5	T	T	T	T		
	16	C							3	3	4,5	T	T	T		
	20	C								2,5	3,5	5,5	T	T	T	
	25	C									3,5	5,5	T	T	T	
	32	C										4,5	7	T	T	
40	C											7	T	T		
S250	<=2	C		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	3	C		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	4	C		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	6	B-C		5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T	T		
	8	B-C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T	T		
	10	B-C				3	3	3	3	5	8,5	T	T	T		
	13	B-C							3	3	4,5	7,5	T	T	T	
	16	B-C								3	3	4,5	7,5	T	T	T
	20	B-C									2,5	3,5	5,5	8	T	T
	25	B-C										3,5	5,5	8	T	T
	32	B-C											4,5	7	T	T
	40	B-C												7	T	T
50	B-C													6	T	
63	B-C														T	
S250	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	3	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	4	K		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	6	K				5,5	5,5	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T	
	8	K					5,5	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T	
	10	K							3	3	5	8,5	T	T	T	
	16	K									3	5	8	T	T	
	20	K										4,5	6,5	T	T	
	25	K											6	9,5	T	
	32	K												9,5	T	
	40	K														T
	50	K														
63	K															

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte												
		S2B-N-S												
		In	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160
Im	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	1600	
S270	<=2	C		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	C		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	C		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	B-C		5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	8	B-C			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	10	B-C				3	3	3	3	5	8,5	T	T	T
	13	B-C						3	3	4,5	7,5	12	T	T
	16	B-C						3	3	4,5	7,5	12	T	T
	20	B-C							2,5	3,5	5,5	8	13,5	T
	25	B-C								3,5	5,5	8	13,5	T
	32	B-C									4,5	7	12	T
	40	B-C										7	12	T
	50	B-C											6	10,5
	63	B-C												10,5
S270	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	K	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	K		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	K				5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	8	K					5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	10	K						3	3	5	8,5	T	T	T
	16	K								3	5	8	13,5	T
	20	K									4,5	6,5	11	T
	25	K										6	9,5	T
	32	K											9,5	T
40	K												T	
50	K													
63	K													
S270	<=2	D		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	D		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	D		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	D		5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	8	D			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	10	D				3	3	3	3	5	8,5	T	T	T
	16	D						2	2	3	5	8	13,5	T
	20	D							2	3	4,5	6,5	11	T
	25	D								2,5	4	6	9,5	T
	32	D									4	6	9,5	T
	40	D										5	8	T
	50	D												9,5
	63	D												9,5

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte											
		S2B-N-S											
		12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160
In	Im	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	1600
S280	6	B-C	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	10	B-C			3	3	3	3	5	8,5	17*	T	T
	13	B-C					3	3	4,5	7,5	12	20*	T
	16	B-C					3	3	4,5	7,5	12	20*	T
	20	B-C						2,5	3,5	5,5	8	13,5	T
	25	B-C							3,5	5,5	8	13,5	T
	32	B-C								4,5	7	12	T
	40	B-C									7	12	T
	50	B-C										6	10,5
63	B-C											10,5	
S280	6	D	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	10	D			3	3	3	3	5	8,5	17*	T	T
	16	D					2	2	3	5	8	13,5	24,5*
	20	D						2	3	4,5	6,5	11	22*
	25	D							2,5	4	6	9,5	16,5*
	32	D								4	6	9,5	16,5*
	40	D									5	8	15
	50	D											9,5
	63	D											9,5
S280	6	K			5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T
	10	K					3	3	5	8,5	17*	T	T
	13	K						2	3	5	8	13,5	24,5*
	16	K							3	5	8	13,5	24,5*
	20	K								4,5	6,5	11	22*
	25	K									6	9,5	16,5*
	32	K										9,5	16,5*
	40	K											15
	50	K											
63	K												

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte											
		S2B-N-S											
		12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160
In	Im	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	1600
S280	<=2	Z	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	Z	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	Z	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	Z	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T
	10	Z		3	3	3	3	3	3	5	8,5	17*	T
	13	Z			3	3	3	3	3	4,5	7,5	12	20*
	16	Z				3	3	3	3	4,5	7,5	12	20*
	20	Z					2,5	2,5	2,5	3,5	5,5	8	13,5
	25	Z						2,5	2,5	3,5	5,5	8	13,5
	32	Z							2	3	4,5	7	12
	40	Z								3	4,5	7	12
	50	Z									3	4,5	6
	63	Z										4,5	6
S500	6	B-C		4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6	10	15	35*
	10	B-C-D				4,5	4,5	4,5	4,5	6	10	15	35*
	13	B-C-D						4,5	4,5	6	10	15	35*
	16	B-C-D						4,5	4,5	6	10	15	35*
	20	B-C-D							4,5	6	7,5	15	35*
	25	B-C-D								4,5	7,5	10	20*
	32	B-C-D									6	10	20*
	40	B-C-D										7,5	15
	50	B-C-D											10
S500	<=5,8	K				35*	35*	35*	35*	35*	35*	35*	T
	8	K					4,5	4,5	4,5	10	35*	35*	35*
	11	K						3	3	7,5	25*	35*	35*
	15	K								4,5	10	15	30*
	20	K									6	10	20*
	26	K										7,5	15
	32	K											15
	37	K											
	41	K											
45	K												

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

		Interruttore a monte												
		S2B-N-S												
Int. a valle	In	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	
		Im	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	1600
LNA 32	1,6	22	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	2,3	32	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
LNA 63	3,2	45	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	4,5	63	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
LNA 100	6	84	19*	19*	19*	19*	19*	19*	19*	39*	T	T	T	
	8	112		11	11	11	11	11	11	25*	T	T	T	
	11	155				7	7	7	7	15	34*	T	T	
	15	210					4	4	4	9	18*	41*	T	
	20	280						3	3	5	11	23*	T	
	26	365								3	6	12	27*	
	32	450									4	8	17*	46*
	39	550									4	8	17*	46*
	47	650										6	13	32*
	54	650											13	32*

* Considerare il minore valore fra il potere di interruzione dell'interruttore a monte e quello indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte								
		S3N-H-L								
		In	32	50	80	100	125	160	200	250
Im	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500		
S240	6	C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	8	C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	C	3	3	T	T	T	T	T	T
	13	C		3	T	T	T	T	T	T
	16	C		3	T	T	T	T	T	T
	20	C		2,5	5,5	T	T	T	T	T
	25	C			5,5	T	T	T	T	T
	32	C			4,5	7	T	T	T	T
	40	C				7	T	T	T	T
S250	<=2	C	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	C	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	C	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	B-C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	8	B-C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	B-C	3	3	8,5	T	T	T	T	T
	13	B-C		3	7,5	T	T	T	T	T
	16	B-C		3	7,5	T	T	T	T	T
	20	B-C		2,5	5,5	8	T	T	T	T
	25	B-C			5,5	8	T	T	T	T
	32	B-C			4,5	7	T	T	T	T
	40	B-C				7	T	T	T	T
	50	B-C					6	T	T	T
	63	B-C						T	T	T
S250	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	K	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	K	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	K	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	8	K	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	K		3	8,5	T	T	T	T	T
	16	K			5	8	T	T	T	T
	20	K			4,5	6,5	T	T	T	T
	25	K				6	9,5	T	T	T
	32	K					9,5	T	T	T
	40	K						T	T	T
	50	K							T	T
	63	K								T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte								
		S3N-H-L								
		In	32	50	80	100	125	160	200	250
Im	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500		
S270	<=2	C	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	C	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	C	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	B-C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	8	B-C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	B-C	3	3	8,5	T	T	T	T	T
	13	B-C		3	7,5	12	T	T	T	T
	16	B-C		3	7,5	12	T	T	T	T
	20	B-C		2,5	5,5	8	13,5	T	T	T
	25	B-C			5,5	8	13,5	T	T	T
	32	B-C			4,5	7	12	T	T	T
	40	B-C				7	12	T	T	T
	50	B-C					6	10,5	T	T
63	B-C						10,5	T	T	
S270	<=2	K	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	K	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	K	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	K	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	8	K	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	K		3	8,5	T	T	T	T	T
	16	K			5	8	13,5	T	T	T
	20	K			4,5	6,5	11	T	T	T
	25	K				6	9,5	T	T	T
	32	K					9,5	T	T	T
	40	K						T	T	T
	50	K							T	T
	63	K								T
S270	<=2	D	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	D	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	D	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	D	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	8	D	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	D	3	3	8,5	T	T	T	T	T
	16	D		2	5	8	13,5	T	T	T
	20	D		2	4,5	6,5	11	T	T	T
	25	D			4	6	9,5	T	T	T
	32	D			4	6	9,5	T	T	T
	40	D				5	8	T	T	T
	50	D						9,5	T	T
	63	D						9,5	T	T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte								
		S3N-H-L								
		In	32	50	80	100	125	160	200	250
Im	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500		
S280	6	B-C	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	B-C	3	3	8,5	17	T	T	T	T
	13	B-C		3	7,5	12	20	T	T	T
	16	B-C		3	7,5	12	20	T	T	T
	20	B-C		2,5	5,5	8	13,5	T	T	T
	25	B-C			5,5	8	13,5	T	T	T
	32	B-C			4,5	7	12	T	T	T
	40	B-C				7	12	T	T	T
	50	B-C					6	10,5	T	T
63	B-C						10,5	T	T	
S280	6	D	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	D	3	3	8,5	17	T	T	T	T
	16	D		2	5	8	13,5	24,5	T	T
	20	D		2	4,5	6,5	11	22	T	T
	25	D			4	6	9,5	16,5	T	T
	32	D			4	6	9,5	16,5	T	T
	40	D				5	8	15	T	T
	50	D						9,5	15	T
	63	D						9,5	15	T
S280	6	K	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	K		3	8,5	17	T	T	T	T
	13	K		2	5	8	13,5	24,5	T	T
	16	K			5	8	13,5	24,5	T	T
	20	K			4,5	6,5	11	22	T	T
	25	K				6	9,5	16,5	T	T
	32	K					9,5	16,5	T	T
	40	K						15	T	T
	50	K							15	T
63	K								T	

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte								
		S3N-H-L								
		In	32	50	80	100	125	160	200	250
Im	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500		
S280	<=2	Z	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	Z	T	T	T	T	T	T	T	T
	4	Z	T	T	T	T	T	T	T	T
	6	Z	5,5	5,5	T	T	T	T	T	T
	10	Z	3	3	8,5	17	T	T	T	T
	13	Z	3	3	7,5	12	20	T	T	T
	16	Z	3	3	7,5	12	20	T	T	T
	20	Z	2,5	2,5	5,5	8	13,5	T	T	T
	25	Z		2,5	5,5	8	13,5	T	T	T
	32	Z		2	4,5	7	12	T	T	T
	40	Z			4,5	7	12	T	T	T
50	Z			3	4,5	6	10,5	T	T	
63	Z				4,5	6	10,5	T	T	
S500	6	B-C	4,5	4,5	10	15	35	35	35	35
	10	B-C-D	4,5	4,5	10	15	35	35	35	35
	13	B-C-D		4,5	10	15	35	35	35	35
	16	B-C-D		4,5	10	15	35	35	35	35
	20	B-C-D		4,5	7,5	15	35	35	35	35
	25	B-C-D			7,5	10	20	35	35	35
	32	B-C-D			6	10	20	35	35	35
	40	B-C-D				7,5	15	35	35	35
	50	B-C-D					10	35	35	35
	63	B-C-D						35	35	35
S500	<=5,8	K	35	35	35	35	35	T	T	T
	8	K	4,5	4,5	35	35	35	T	T	T
	11	K		3	25	35	35	T	T	T
	15	K			10	15	30	T	T	T
	20	K			6	10	20	T	T	T
	26	K				7,5	15	T	T	T
	32	K					15	T	T	T
	37	K						20	T	T
	41	K						20	T	T
45	K						20	T	T	

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte								
		S3N-H-L								
		In	32	50	80	100	125	160	200	250
Im	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500		
LNA 32	1,6	22	T	T	T	T	T	T	T	T
	2,3	32	T	T	T	T	T	T	T	T
LNA 63	3,2	45	T	T	T	T	T	T	T	T
	4,5	63	T	T	T	T	T	T	T	T
LNA 100	6	84	19	19	T	T	T	T	T	T
	8	112	11	11	T	T	T	T	T	T
	11	155	7	7	34	T	T	T	T	T
	15	210	4	4	18	41*	T	T	T	T
	20	280		3	11	23	T	T	T	T
	26	365			6	12	27	T	T	T
	32	450			4	8	17	46*	T	T
	39	550			4	8	17	46*	T	T
	47	650				6	13	32	T	T
	54	650					13	32	T	T
	63	650						20	T	T
	80	800						20	T	T
	100	800							T	T
S290	80	C-D							9,5	T
	100	C-D								14
	125	C								

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Int. a valle		Interruttore a monte								
		S3N-H-L								
		32	50	80	100	125	160	200	250	
In	Im	500	500	800	1000	1250	1600	2000	2500	
S1E-B-N	10	500							4	5
	12,5	500							4	5
	16	500							4	5
	20	500							4	5
	25	500							4	5
	32	500							4	5
	40	500							4	5
	50	500							4	5
	63	630							4	5
	80	800							4	5
	100	1000							4	5
	125	1250								5
S2B-N-S	12,5	500							3	3
	16	500							3	3
	20	500							3	3
	25	500							3	3
	32	500							3	3
	40	500							3	3
	50	500							3	3
	63	630							3	3
	80	800							3	3
	100	1000							3	3
	125	1250								3
	160	1600								
S3X	32	500							3	5
	50	500							3	5
	80	800								
	100	1000								
	125	1250								
	160	1600								
	200	2000								

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S4N-H-L		
			100	160	250
Int. a valle	In	Im	OFF	OFF	OFF
S240	6	C	T	T	T
	8	C	T	T	T
	10	C	T	T	T
	13	C	T	T	T
	16	C	T	T	T
	20	C	T	T	T
	25	C	T	T	T
	32	C	T	T	T
	40	C	T	T	T
S250	<=2	C	T	T	T
	3	C	T	T	T
	4	C	T	T	T
	6	B-C	T	T	T
	8	B-C	T	T	T
	10	B-C	T	T	T
	13	B-C	T	T	T
	16	B-C	T	T	T
	20	B-C	T	T	T
	25	B-C	T	T	T
	32	B-C	T	T	T
	40	B-C	T	T	T
	50	B-C	T	T	T
63	B-C	T	T	T	
S250	<=2	K	T	T	T
	3	K	T	T	T
	4	K	T	T	T
	6	K	T	T	T
	8	K	T	T	T
	10	K	T	T	T
	16	K	T	T	T
	20	K	T	T	T
	25	K	T	T	T
	32	K	T	T	T
	40	K	T	T	T
	50	K	T	T	T
	63	K	T	T	T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S4N-H-L		
			100	160	250
Int. a valle	In	Im	OFF	OFF	OFF
	S270	<=2	C	T	T
3		C	T	T	T
4		C	T	T	T
6		B-C	T	T	T
8		B-C	T	T	T
10		B-C	T	T	T
13		B-C	T	T	T
16		B-C	T	T	T
20		B-C	T	T	T
25		B-C	T	T	T
32		B-C	T	T	T
40		B-C	T	T	T
50		B-C	T	T	T
63		B-C	T	T	T
S270	<=2	K	T	T	T
	3	K	T	T	T
	4	K	T	T	T
	6	K	T	T	T
	8	K	T	T	T
	10	K	T	T	T
	16	K	T	T	T
	20	K	T	T	T
	25	K	T	T	T
	32	K	T	T	T
	40	K	T	T	T
	50	K	T	T	T
	63	K	T	T	T
	S270	<=2	D	T	T
3		D	T	T	T
4		D	T	T	T
6		D	T	T	T
8		D	T	T	T
10		D	T	T	T
16		D	T	T	T
20		D	T	T	T
25		D	T	T	T
32		D	T	T	T
40		D	T	T	T
50		D	T	T	T
63		D	T	T	T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S4N-H-L		
			100	160	250
Int. a valle	In	Im	OFF	OFF	OFF
S280	6	B-C	T	T	T
	10	B-C	T	T	T
	13	B-C	T	T	T
	16	B-C	T	T	T
	20	B-C	T	T	T
	25	B-C	T	T	T
	32	B-C	T	T	T
	40	B-C	T	T	T
	50	B-C	T	T	T
	63	B-C	T	T	T
S280	6	D	T	T	T
	10	D	T	T	T
	16	D	T	T	T
	20	D	T	T	T
	25	D	T	T	T
	32	D	T	T	T
	40	D	T	T	T
	50	D	T	T	T
	63	D	T	T	T
S280	6	K	T	T	T
	10	K	T	T	T
	13	K	T	T	T
	16	K	T	T	T
	20	K	T	T	T
	25	K	T	T	T
	32	K	T	T	T
	40	K	T	T	T
	50	K	T	T	T
	63	K	T	T	T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S4N-H-L		
			100	160	250
Int. a valle	In	Im	OFF	OFF	OFF
	S280	<=2	Z	T	T
3		Z	T	T	T
4		Z	T	T	T
6		Z	T	T	T
8		Z	T	T	T
10		Z	T	T	T
13		Z	T	T	T
16		Z	T	T	T
20		Z	T	T	T
25		Z	T	T	T
32		Z	T	T	T
40		Z	T	T	T
50		Z	T	T	T
63		Z	T	T	T
S290	80	C-D		14	T
	100	C-D		10,5	T
	125	C			T
S500	6	B-C	40	40	40
	10	B-C-D	40	40	40
	13	B-C-D	40	40	40
	16	B-C-D	40	40	40
	20	B-C-D	40	40	40
	25	B-C-D	40	40	40
	32	B-C-D	40	40	40
	40	B-C-D	40	40	40
	50	B-C-D	40	40	40
	63	B-C-D	40	40	40
S500	<=5,8	K	T	T	T
	8	K	T	T	T
	11	K	T	T	T
	15	K	T	T	T
	20	K	T	T	T
	26	K	T	T	T
	32	K	T	T	T
	37	K	T	T	T
	41	K	T	T	T
	45	K	T	T	T

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S4N-H-L		
			100	160	250
Int. a valle	In		OFF	OFF	OFF
		Im			
LNA 32	1,6	22	T	T	T
	2,3	32	T	T	T
LNA 63	3,2	45	T	T	T
	4,5	63	T	T	T
LNA 100	6	84	T	T	T
	8	112	T	T	T
	11	155	T	T	T
	15	210	T	T	T
	20	280	T	T	T
	26	365	T	T	T
	32	450	T	T	T
	39	550	T	T	T
	47	650	T	T	T
	54	650	T	T	T
	63	650	T	T	T
	80	800		T	T
	100	800		T	T
S1E-B-N	10	500	T	T	T
	12,5	500	T	T	T
	16	500	T	T	T
	20	500	T	T	T
	25	500	T	T	T
	32	500	T	T	T
	40	500	T	T	T
	50	500	T	T	T
	63	630	T	T	T
	80	800		T	T
	100	1000		T	T
125	1250			T	

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S4N-H-L		
			100	160	250
Int. a valle	In		OFF	OFF	OFF
		Im			
S2B-N-S	12,5	500	20	20	25
	16	500	20	20	25
	20	500	20	20	25
	25	500	20	20	25
	32	500	20	20	25
	40	500	20	20	25
	50	500	20	20	25
	63	630	20	20	25
	80	800		20	25
	100	1000		20	25
	125	1250			25
	160	1600			25
S3N-H-L	32	500	3	3	5
	50	500	3	3	5
	80	800		3	5
	100	1000		3	5
	125	1250			5
	160	1600			5
	200	2000			
	250	2500			
S3X	32	500	4	4	14
	50	500	4	4	14
	80	800		4	9
	100	1000		4	9
	125	1250			9
	160	1600			
	200	2000			

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S5N-H-L PR212		
			320	400	630
Int. a valle	In	Im	OFF		
	S1E-B-N	10	500	T	T
12,5		500	T	T	T
16		500	T	T	T
20		500	T	T	T
25		500	T	T	T
32		500	T	T	T
40		500	T	T	T
50		500	T	T	T
63		630	T	T	T
80		800	T	T	T
100		1000	T	T	T
125		1250	T	T	T
S2B-N-S	12,5	500	30*	30*	30*
	16	500	30*	30*	30*
	20	500	30*	30*	30*
	25	500	30*	30*	30*
	32	500	30*	30*	30*
	40	500	30*	30*	30*
	50	500	30*	30*	30*
	63	630	30*	30*	30*
	80	800	30*	30*	30*
	100	1000	30*	30*	30*
	125	1250	30*	30*	30*
	160	1600	30*	30*	30*

T= selettività totale (considerare il minore tra i poteri di interruzione dei due interruttori)

*= considerare il minore valore tra i poteri di interruzione degli interruttori ed il dato indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte		
			S5N-H-L PR212		
			320	400	630
Int. a valle	In		OFF		
		Im			
S3N-H-L	32	500	12	12	12
	50	500	12	12	12
	80	800	12	12	12
	100	1000	12	12	12
	125	1250	12	12	12
	160	1600	12	12	12
	200	2000	12	12	12
	250	2500		12	12
S3X	32	500	T	T	T
	50	500	T	T	T
	80	800	50*	50*	50*
	100	1000	50*	50*	50*
	125	1250	50*	50*	50*
	160	1600	25	25	25
	200	2000	25	25	25
S4N-H-L	100	1250	11	11	11
	160	1920	11	11	11
	250	3000		11	11
S4X	100	1250	20	20	20
	160	1920	20	20	20
	250	3000		20	20

T= selettività totale (considerare il minore tra i poteri di interruzione dei due interruttori)

*= considerare il minore valore tra i poteri di interruzione degli interruttori ed il dato indicato

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S6N-S-H-L PR212	
			630	800
Int. a valle	In	Im	OFF	
S1E-B-N	10	500	T	T
	12,5	500	T	T
	16	500	T	T
	20	500	T	T
	25	500	T	T
	32	500	T	T
	40	500	T	T
	50	500	T	T
	63	630	T	T
	80	800	T	T
	100	1000	T	T
	125	1250	T	T
S2B-N-S	12,5	500	T	T
	16	500	T	T
	20	500	T	T
	25	500	T	T
	32	500	T	T
	40	500	T	T
	50	500	T	T
	63	630	T	T
	80	800	T	T
	100	1000	T	T
	125	1250	T	T
S3N-H-L	32	500	25	30
	50	500	25	30
	80	800	25	30
	100	1000	25	30
	125	1250	25	30
	160	1600	25	30
	200	2000	25	30
	250	2500	25	30

T=selettività totale (considerare il minore tra i poteri di interruzione dei due interruttori)

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S6N-S-H-L PR212	
			630	800
Int. a valle	In		OFF	
	Im			
S3X	32	500	T	T
	50	500	T	T
	80	800	T	T
	100	1000	T	T
	125	1250	T	T
	160	1600	T	T
	200	2000	T	T
S4N-H-L	100	1200	20	25
	160	1920	20	25
	250	3000	20	25
S4X	100	1200	50	50
	160	1920	50	50
	250	3000	50	50
S5N-H-L	320	3840	15	20
	400	4800	15	20

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S7S-H-L PR212	
			1250	1600
Int. a valle	In	Im	OFF	
S1E-B-N	10	500	T	T
	12,5	500	T	T
	16	500	T	T
	20	500	T	T
	25	500	T	T
	32	500	T	T
	40	500	T	T
	50	500	T	T
	63	630	T	T
	80	800	T	T
	100	1000	T	T
	125	1250	T	T
	S2B-N-S	12,5	500	T
16		500	T	T
20		500	T	T
25		500	T	T
32		500	T	T
40		500	T	T
50		500	T	T
63		630	T	T
80		800	T	T
100		1000	T	T
125		1250	T	T
160		1600	T	T

T=selettività totale (considerare il minore tra i poteri di interruzione dei due interruttori)

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

			Interruttore a monte	
			S7S-H-L PR212	
			1250	1600
Int. a valle	In	Im	OFF	
S3N-H-L	32	500	65*	65*
	50	500	65*	65*
	80	800	65*	65*
	100	1000	65*	65*
	125	1250	65*	65*
	160	1600	65*	65*
	200	2000	65*	65*
	250	2500	65*	65*
S3X	32	500	T	T
	50	500	T	T
	80	800	T	T
	100	1000	T	T
	125	1250	T	T
	160	1600	T	T
	200	2000	T	T
S4N-H-L	100	1200	50*	50*
	160	1920	50*	50*
	250	3000	50*	50*
S4X	100	1200	65*	65*
	160	1920	65*	65*
	250	3000	65*	65*
S5N-H-L	320	3840	50*	50*
	400	4800	50*	50*
	630	7560	50*	50*
S6N-S-H	630	7560	40*	40*
	800	9600	40*	40*
S6X	320	3840	45	65
	400	4800	45	65
	630	7560	45	65

T= selettività totale (considerare il minore tra i poteri di interruzione dei due interruttori)

*= considerare il minore valore tra i poteri di interruzione degli interruttori ed il dato indicato

17.8 Sganciatori di protezione

La Norma CEI EN 60947-1 (art. 2.3.15) fornisce la seguente definizione di sganciatore:

“Dispositivo, meccanicamente connesso a un dispositivo meccanico di manovra, che libera gli organi di ritenuta e permette l’apertura o la chiusura del dispositivo di manovra”.

Gli sganciatori pertanto assolvono, negli impianti elettrici, il fondamentale compito di intervenire, generalmente aprendo l’interruttore, in presenza di condizioni anomale di funzionamento.

Gli sganciatori di sovracorrente con cui sono equipaggiati gli interruttori per correnti alternate ABB SACE possono essere di tipo termomagnetico o elettronico (solo termomagnetico per gli interruttori modulari).

17.8.1 Sganciatori termomagnetici

Gli sganciatori termomagnetici sono costituiti da elementi termici, sensibili alla variazione del valore efficace della corrente dell’impianto (riscaldatore e bimetallo, pos. 1 e 2 di Fig. 17/8) per la protezione contro i sovraccarichi, e da elementi magnetici, sensibili al valore della corrente di picco $I_p/\sqrt{2}$ (ancora magnetica, pos. 3 di Fig. 17/8) che agiscono sul meccanismo di sgancio dell’interruttore provocandone l’apertura.

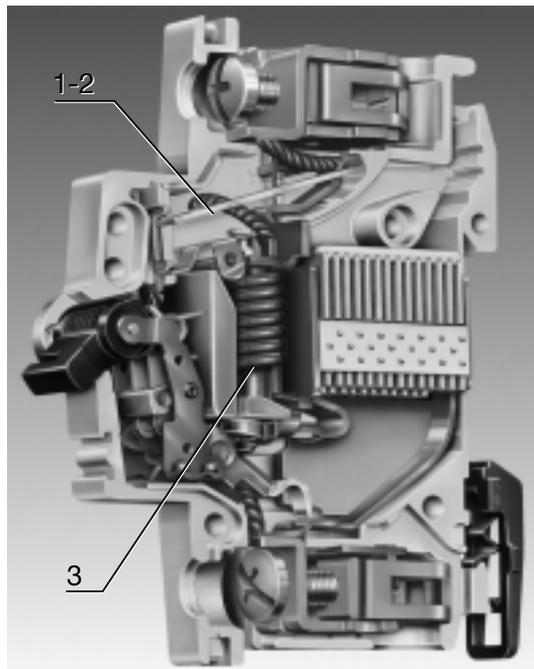


Fig. 17/8

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

L'andamento tipo della caratteristica tempo/corrente è indicato nella Fig. 17/9.

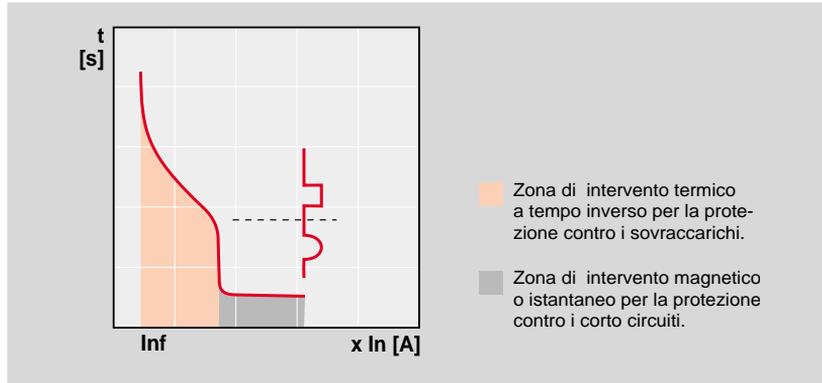


Fig. 17/9

Tab. 17/59 - Sganciatori termomagnetici

Interruttori automatici scatolati per distribuzione di potenza

L1 - L2 - L3	R10	R12,5	R16	R20	R25	R32	R32	R40	R50	R50	R63	R80	R100	R125	R125	R160	R200	R250	
Neutro	R10	R12,5	R16	R20	R25	R32	R32	R40	R50	R50	R63	R80	R100	R125	R80	R100	R125	R160	
S1 125	■	■	■	■	■	■		■	■		■	■	■	■					
S2 160		■	■	■	■	■		■	■		■	■	■		■	■			
S3 160							■			■		■	■		■	■			
S3 250																	■	■	
S5 400																			
S5 630																			
S6 630																			
S6 800																			
10 x Ith L1-L2-L3	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	1250	1600	2000	2500	
neutro	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	630	800	1000	1250	800	1000	1250	1600	
5 x Ith L1-L2-L3	160	160	160	200	200	200	300	200	250	300	320	400	500	630	630	800	1000	1250	
neutro	160	160	160	200	200	200	300	200	250	300	320	400	500	630	400	500	625	800	
3 x Ith L1-L2-L3													300		375	480	600	750	
neutro													300		240	300	375	480	
TM regolabile																			
L1-L2-L3																			
neutro																			

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Interruttori automatici scatolati limitatori di corrente - Sganciatori termomagnetici

Interruttore			Fasi L1 - L2 - L3			Neutro
S2X 100	S3X 125	S3X 200	Taratura [A]	Regolazione termica [A] 0.7 ... 1 x Ith	Intervento magnetico [A] I _m = 10 x Ith	Taratura [A]
■			R 1	0.7 ... 1	10	-
■			R 1.6	1.1 ... 1.6	16	-
■			R 2.5	1.75 ... 2.5	25	-
■			R 4	2.8 ... 4	40	-
■			R 6.3	4.4 ... 6.3	63	-
■			R 10	7 ... 10	100	-
■			R 12.5	8.7 ... 12.5	125	-
■			R 16	11 ... 16	160	-
■			R 20	14 ... 20	200	-
■			R 25	17.5 ... 25	250	-
■	■		R 32	22.5 ... 32	320 (S2X 100) - 500 (S3X)	R 32 (S3X)
■			R 40	28 ... 40	400	-
■	■		R 50	35 ... 50	500	R 100 (S3X)
■			R 63	44 ... 63	630	-
■	■		R 80	56 ... 80	800	R 80 (S3X)
■	■		R 100	70 ... 100	1000	R 100 (S3X)
	■	■	R 125	87.5 ... 125	1250	R 80
		■	R 160	112 ... 160	1600	R 100
		■	R 200	140 ... 200	2000	R 125

Interruttori automatici scatolati per protezione motori - Sganciatori solo magnetici fissi

SACE Isomax S2X 80	
Fasi L1 - L2 - L3	
Taratura [A]	Intervento magnetico I _m = 13 x I _n [A]
R1	13
R1.6	21
R2	26
R2.5	32
R3.2	42
R4	52
R5	65
R6.5	84
R8.8	110
R11	145
R12.5	163
R16	210
R20	260
R25	325
R32	415
R42	545
R52	680
R63	820
R80	1040

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Interruttori automatici scatolati per protezione motori - Sganciatori solo magnetici regolabili

Interruttore					Fasi L1 - L2 - L3	
S3N 160	S3H 160 S3L 160	S3N 250 S3H 250 S3L 250	S3X 125	S3X 200	Taratura [A]	Regolazione magnetica [A] $I_m = 4 \dots 12 \times I_{th}$
■					R 3	12 ... 36
■					R 5	20 ... 60
■					R 10	40 ... 120
■			■ (*)		R 25	100 ... 300
■	■		■		R 50	200 ... 600
■	■		■		R 100	400 ... 1200
■	■		■	■	R 125	500 ... 1500
■	■				R 160	640 ... 1600 (10 x I _{th})
		■		■	R 160	640 ... 1920
		■		■	R 200	800 ... 2400

* Da utilizzare solo in coordinamento con contattori

Negli interruttori modulari lo sganciatore è parte integrante dell'apparecchio di manovra ed è costituito, come mostrato in Fig. 17/8 da un bimetallo e da una bobina con ancora magnetica.

In questi apparecchi il problema è lo studio e la corretta regolazione dei dispositivi termici ed elettromagnetici per poter realizzare le caratteristiche di intervento tempo/corrente richieste (vedasi paragrafo 17.2).

Nel seguito (Tab. 17/60) vengono illustrate le principali caratteristiche di intervento generali e particolari, riferite agli interruttori ABB.

Tab. 17/60

Serie	Caratteristica					
	B	C	D	K	Z	Esel.
S 941	$I_n=6\dots40A$	$I_n=2\dots40A$	-	-	-	-
S 951	$I_n=6\dots40A$	$I_n=2\dots40A$	-	-	-	-
S 971	$I_n=6\dots40A$	$I_n=2\dots40A$	-	-	-	-
S 240	-	$I_n=6\dots32A$	-	-	-	-
S 250	$I_n=6\dots63A$	$I_n=0,5\dots63A$	-	$I_n=0,5\dots63A$	-	-
S 270	$I_n=6\dots63A$	$I_n=0,5\dots63A$	$I_n=0,5\dots63A$	$I_n=0,5\dots63A$	-	-
S 280	$I_n=10\dots40A$	$I_n=10\dots40A$	$I_n=10\dots40A$	$I_n=10\dots40A$	$I_n=0,5\dots63A$	-
S 280 UC	$I_n=6\dots63A$	$I_n=0,5\dots63A$	-	$I_n=0,5\dots63A$	$I_n=0,5\dots63A$	-
S 290	-	$I_n=80\dots125A$	$I_n=80\dots125A$	-	-	-
S 500	$I_n=6\dots63A$	$I_n=6\dots32A$	$I_n=6\dots32A$	$I_n=0,1\dots45A$	-	-
S 500 UC	$I_n=6\dots63A$	-	-	$I_n=0,1\dots45A$	-	-
S 700	-	-	-	-	-	$I_n=25\dots100A$

Versioni solo magnetica o termica a richiesta

Le caratteristiche di sgancio sono conformi alla Norma CEI 23-3 IV Ed. (EN 60898). Queste caratteristiche consentono il coordinamento diretto dell'interruttore automatico in funzione della portata ammissibile dei cavi I_2 , secondo la Norma CEI 64-8.

17.8.3 Sganciatori elettronici

Gli sganciatori elettronici a microprocessore (pos. 1 di Fig. 17/11 e 17/12), rilevano, tramite trasformatori amperometrici, il valore efficace delle forme d'onda delle correnti dell'impianto. Questi valori vengono elaborati da un'unità elettronica di protezione che, in caso di sovraccarico, corto circuito e guasto verso terra, attiva uno sganciatore a demagnetizzazione che agisce sul dispositivo di sgancio dell'interruttore, provocandone l'apertura.



Fig. 17/11

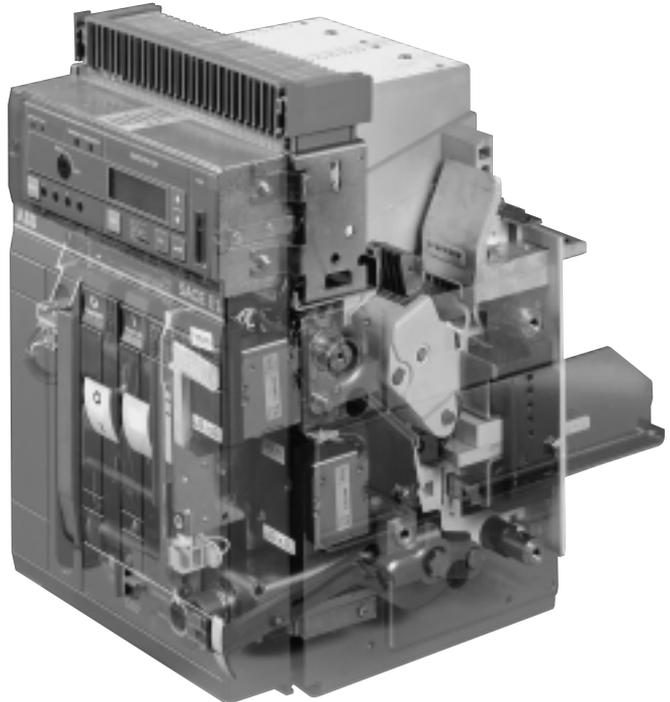


Fig. 17/12

Questi sgancatori consentono ampie regolazioni sia della corrente, sia del tempo di intervento e risultano in tal modo adatti per la protezione di ogni tipo di circuito o utenza elettrica: distribuzione, linee, generatori, motori, gruppi di rifasamento ecc. Garantiscono inoltre una costanza di funzionamento (non dipendente dalla temperatura ambiente) e quindi un alto grado di selettività fra diverse taglie di interruttori.

L'unità di protezione può realizzare le seguenti funzioni protettive:

- **L** protezione contro il sovraccarico a tempo lungo inverso
- **S** protezione selettiva contro il corto circuito a tempo breve inverso o dipendente o fisso indipendente
- **I** protezione istantanea contro il corto circuito
- **G** protezione contro il guasto verso terra a tempo breve inverso o dipendente o regolabile indipendente.

17.8.4 Gli sganciatori elettronici ABB SACE

Gli sganciatori elettronici ABB SACE, tutti realizzati utilizzando la più moderna tecnologia a microprocessore, risultano così suddivisi:

- SACE PR211/P, SACE PR212/P e SACE PR212/MP (Fig. 17/13) che realizzano la protezione, in corrente alternata, degli interruttori SACE Isomax S;
- SACE PR111 e SACE PR112 (Fig. 17/14) con i quali, in alternativa, possono essere equipaggiati tutti gli interruttori della serie Emax.

Tutti gli sganciatori elettronici ABB SACE garantiscono un'elevata affidabilità, precisione degli interventi e insensibilità all'ambiente esterno. L'alimentazione necessaria al corretto funzionamento viene fornita direttamente dai trasformatori di corrente dello sganciatore, in presenza di una corrente di fase $\geq 15\%$ della corrente nominale degli stessi (18% negli sganciatori SACE PR111 e SACE PR112), anche con una sola fase in tensione. La regolazione è unica per le fasi e il neutro e lo sgancio è contemporaneo per tutti i poli dell'interruttore, con caratteristiche di intervento che non risentono dell'influenza dell'ambiente esterno. La funzionalità dello sganciatore può essere verificata tramite il dispositivo portatile di test SACE TT1, alimentato con normali pile.

Entrando nel dettaglio è opportuno precisare:

- Lo sganciatore SACE PR211/P prevede funzioni di protezione contro il sovraccarico L e il corto circuito istantaneo I, ed è disponibile nelle versioni con funzioni I e LI.
- Lo sganciatore SACE PR212/P prevede funzioni di protezione contro il sovraccarico L, il corto circuito ritardato S e istantaneo I, e contro il guasto a terra G. È disponibile nelle versioni PR212/P con funzioni LSI e LSIG; quest'ultima consente l'adozione dell'unità di segnalazione PR010/K, di dialogo PR212/D e di attuazione PR212/T, grazie alle quali l'interruttore può essere inserito in un moderno sistema di supervisione e controllo degli impianti elettrici (vedasi successivo capitolo 23).
- Lo sganciatore SACE PR212/MP tecnologicamente all'avanguardia e appositamente studiato per la protezione motori integra funzioni di protezione normalmente proprie di altri dispositivi garantendo numerosi vantaggi di utilizzo e installazione.
È dotato delle funzioni di protezione contro il sovraccarico (L), il corto circuito (I), contro il blocco del motore (R) e contro la mancanza e lo squilibrio di fase (U).
- Lo sganciatore SACE PR111 è lo sganciatore di base della serie SACE Emax. La gamma completa delle funzioni protettive di cui dispone e la varietà delle soglie e dei tempi di intervento lo rendono adatto alla protezione di qualsiasi tipologia di impianto in corrente alternata. È dotato delle funzioni di protezione contro il sovraccarico (L), il corto circuito selettivo (S), il corto circuito istantaneo (I), il guasto a terra (G).
- Lo sganciatore SACE PR112 costituisce un sofisticato sistema di protezione con tecnologia a microprocessore; è composto dall'unità di protezione SACE PR112/P e, a richiesta, dall'unità di dialogo; in questo caso assume la sigla SACE PR112/PD.

Grazie ad una importante serie di innovazioni questo sganciatore si colloca all'avanguardia rispetto agli sganciatori elettronici presenti sul mercato; in particolare:

- 1) è aumentata la velocità e la potenza di elaborazione: gli sganciatori SACE PR112 utilizzano il nuovo microprocessore a 16 bit in sostituzione del precedente a 8 bit

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

2) è stato accresciuto il livello di integrazione: le memorie RAM ed EPROM sono state integrate nel microprocessore (negli sganciatori delle serie precedenti queste erano esterne e venivano collegate con un sistema di bus dati e indirizzi). I vantaggi sono:

- assoluta immunità ai disturbi
- maggior affidabilità ai bassi valori di corrente
- consumi minori ⁽¹⁾

3) l'interfaccia con l'utente è stata notevolmente semplificata: solo 4 tasti ed un display alfanumerico a cristalli liquidi con 20 caratteri x 4 righe

4) i circuiti di integrazione e derivazione sono stati interamente riprogettati con conseguente aumento dell'affidabilità globale dell'apparecchiatura.

Nello sganciatore SACE PR112, oltre alle funzioni di protezione L, S, I, G sono disponibili molteplici funzioni (controllo della corrente che transita nell'interruttore, test e simulazione delle correnti di guasto ecc.) e, se lo sganciatore è accessoriatato con le unità di dialogo, è integrabile nei sistemi di controllo distribuito per impianti elettrici di bassa e media tensione, basati sull'utilizzo di unità intelligenti tra loro collegate tramite una rete locale.

(1) Quanto detto al punto 2 vale anche per lo sganciatore PR111.

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

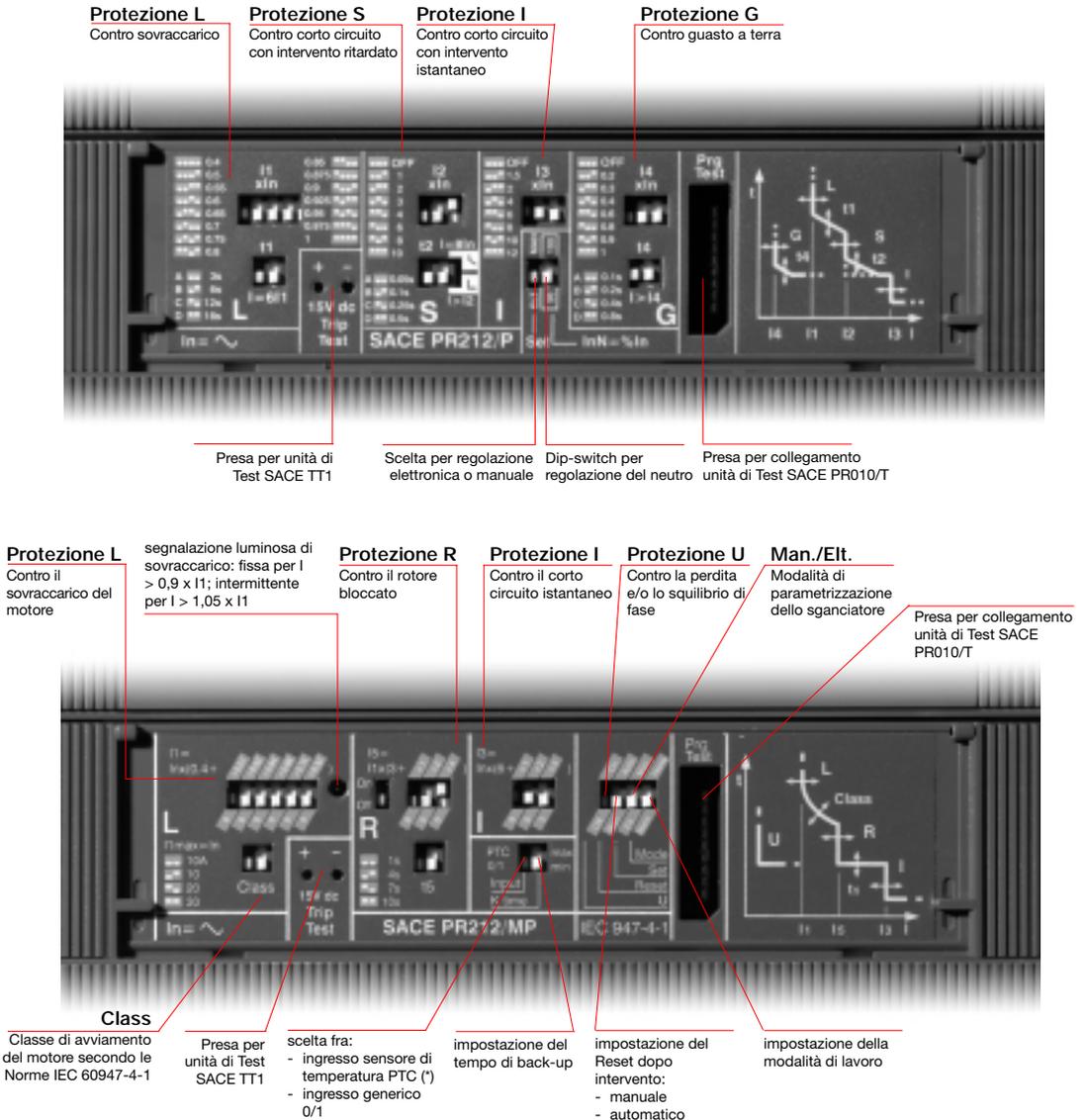


Fig. 17/13 - Sganciatore elettronico SACE PR212/P, funzioni LSI o LSIG e SACE PR212/MP



Fig. 17/14 - Sganciatori elettronici SACE PR111/P, SACE PR112/P

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/60a - Sganciatori elettronici per interruttori Isomax - Funzioni di protezione

Funzione di protezione	Soglia di intervento
 <p>I NON ESCLUDIBILE</p> <p>Contro sovraccarico con intervento ritardato a tempo lungo inverso e caratteristica di intervento secondo una curva a tempo dipendente ($I^2t = \text{costante}$)</p>	 <p>$I1 = 0,4 - 0,5 - 0,6 - 0,7 - 0,8 - 0,9 - 0,95 - 1 \times I_n$ PR211/P (I - LI) $I1 = 0,4 - 0,5 - 0,55 - 0,6 - 0,65 - 0,7 - 0,75 - 0,8 - 0,85 - 0,875 - 0,9 - 0,925 - 0,95 - 0,975 - 1 \times I_n$ PR212/P (LSI - LSIg)</p> <p>Sgancio tra 1,05 ... 1,30 x I1 (IEC 60947-2)</p>
 <p>S ESCLUDIBILE</p> <p>Contro corto circuito con intervento ritardato a tempo breve inverso e caratteristica di intervento a tempo dipendente ($I^2t = \text{costante}$) oppure a tempo indipendente</p>	 <p>$I2 = 1 - 2 - 3 - 4 - 6 - 8 - 10 \times I_n$ Tolleranza $\pm 10\%$</p>
	 <p>$I2 = 1 - 2 - 3 - 4 - 6 - 8 - 10 \times I_n$ Tolleranza $\pm 10\%$</p>
 <p>I ESCLUDIBILE</p> <p>Contro corto circuito con intervento istantaneo regolabile</p>	 <p>$I3 = 1,5 - 2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 \times I_n$ (*) Tolleranza $\pm 20\%$ (*) Per S5 630, $I3_{\text{max}} = 8 \times I_n$</p>
 <p>G ESCLUDIBILE</p> <p>Contro guasto a terra con intervento ritardato a tempo breve inverso e caratteristica di intervento secondo una curva a tempo dipendente ($I^2t = \text{costante}$)</p>	 <p>$I4 = 0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 0,9 - 1 \times I_n$ Tolleranza $\pm 20\%$</p>

Interruttori per distribuzione di potenza

In	100 A	160 A	250 A	320 A	400 A	630 A	800 A	1000 A	
S4 160	■	■							
S4 250			■						
S5 400				■	■				
S5 630						■			
S6 630						■			
S6 800							■		
S7 1250								■	
S7 1600									
S8 2000									
S8 2500									
S8 3200									
L	40÷100	64÷160	100÷250	128÷320	160÷400	252÷630	320÷800	400÷1000	
S	100÷1000	160÷1600	250÷2500	320÷3200	400÷4000	630÷6300	800÷8000	1000÷10000	
I	150÷1200	240÷1920	375÷3000	480÷3840	600÷4800	945÷7560	1200÷9600	1500÷12000	
G	20÷100	32÷160	50÷250	64÷320	80÷400	126÷630	160÷800	200÷1000	
neutro (50%)	20÷50	32÷80	50÷125	64÷160	80÷200	126÷315	160÷400	200÷500	
neutro (100%)	40÷100	64÷160	100÷250	128÷320	160÷400	252÷630	320÷800	400÷1000	

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Interruttori limitatori

Interruttore			Corrente sganciatore In [A]	Fasi L1 - L2 - L3				Neutro (50% Ith) [A]	Neutro (*) (100% Ith) [A]
S4X 250	S6X 400	S6X 630		L I1 [A]	S I2 [A]	I I3 [A]	G I4 [A]		
■			100	40 ... 100	100 ... 1000	150 ... 1200	20 ... 100	20 ... 50	40 ... 100
■			160	64 ... 160	160 ... 1600	240 ... 1920	32 ... 160	32 ... 80	64 ... 160
■			250	100 ... 250	250 ... 2500	375 ... 3000	50 ... 250	50 ... 125	100 ... 250
	■		320	128 ... 320	320 ... 3200	480 ... 3840	64 ... 320	64 ... 160	128 ... 320
	■		400	160 ... 400	400 ... 4000	600 ... 4800	80 ... 400	80 ... 200	160 ... 400
		■	630	252 ... 630	630 ... 6300	945 ... 7560	126 ... 630	126 ... 315	252 ... 630

L = Funzione di protezione contro il sovraccarico

S = Funzione di protezione contro il corto circuito ad intervento ritardato

I = Funzione di protezione contro il corto circuito ad intervento istantaneo

G = Funzione di protezione contro il guasto a terra con intervento ritardato

(*) Solo per PR212/P. Disponibile a richiesta, per PR211/P, con codice d'ordine aggiuntivo 1SDA037505R1.

N.B. Per informazioni più dettagliate sulle funzioni di protezione vedere pagina 3/12.

Interruttori per protezione motori (protezione contro il corto circuito)

Interruttore										Fasi L1 - L2 - L3	
S4N 160	S4N 250	S5N 400	S6N 630	S6N 800	S7S 1250	S7S 1600	S4X 250	S6X 400	S6X 630	Corrente nominale sganciatore In [A]	I (*)
S4H 160	S4H 250	S5H 400	S6H 630	S6H 800	S7H 1250	S7H 1600					I3 [A]
■							■			100	150 ... 1200
■							■			160	240 ... 1920
	■						■			250	375 ... 3000
		■						■		320	480 ... 3840
		■						■		400	600 ... 4800
			■						■	630	945 ... 7560
				■						800	1200 ... 9600
					■					1000	1500 ... 12000
					■					1250	1875 ... 15000
						■				1600	2400 ... 19200

* I = Funzione di protezione contro il corto circuito

Interruttori per protezione motori (protezione integrata)

Interruttore							Fasi L1 - L2 - L3						
S4N 160	S4N 250	S5N 400	S6N 800	S7S 1250	S4X 250	S6X 400	S6X 630	Corrente nominale sganciatore In [A]	L	R	I		U
S4H 160	S4H 250	S5H 400	S6H 800	S7H 1250					I1 [A]	I5 [A]	I3 [A]	Iu [A]	
■					■			100	40 ... 100	3 : 10 x 11 : 3	600 ... 1300	0,4 x I1	
■					■			160	64 ... 160		960 ... 2080		
	■				■			200	80 ... 200		1200 ... 2600		
		■				■		320	128 ... 320		1920 ... 4160		
			■				■	400	160 ... 400		2400 ... 5200		
				■			■	630	252 ... 630		3780 ... 8190		
				■				1000	400 ... 1000		6000 ... 13000		

L = Funzione di protezione contro il sovraccarico con relativa corrente di regolazione (I1 = 0.4 ... 1 x In, con passo 0.01- Class = 10A, 10, 20, 30)

R = Funzione di protezione contro il blocco del rotore con relativa corrente e tempo di regolazione (I5 = 3-4-5-6-7-8-10 x I1 - t5 = 1-4-7-10 s)

I = Funzione di protezione contro il corto circuito con relativa corrente di regolazione (I3 = 6-7-8-9-10-11-12-13 x In)

U = Funzione di protezione contro la mancanza o lo squilibrio di fase con relativa corrente e tempo di regolazione (Iu = 0,4 x I1 - t = 4 s)

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/60b - Sganciatori elettronici per interruttori Emax - Funzioni di protezione



Funzioni protettive e valori di regolazione dello sganciatore SACE PR111

Funzione	Soglie di corrente	Tempo di intervento	Escludibilità	Relazione $t = f(I)$
L Protezione da sovraccarico	$I_1 = 0,4 \times I_n$ $0,5 \times I_n$ $0,6 \times I_n$ $0,7 \times I_n$ $0,8 \times I_n$ $0,9 \times I_n$ $0,95 \times I_n$ $1 \times I_n$	Alla corrente $I = 6 \times I_1$: $t_1 = 3 \text{ s}$ (curva A) 6 s (curva B) 12 s (curva C) 18 s (curva D)	NO	$t = k/I^2$
S Protezione selettiva da corto circuito	$I_2 = 1 \times I_n$ $2 \times I_n$ $3 \times I_n$ $4 \times I_n$ $6 \times I_n$ $8 \times I_n$ $10 \times I_n$	Alla corrente $I = 8 \times I_n$ $t_2 = 0,05 \text{ s}$ (curva A) $0,10 \text{ s}$ (curva B) $0,25 \text{ s}$ (curva C) $0,5 \text{ s}$ (curva D)	SI	$t = k/I^2$ (curva di interv. I ² t ON)
	$I_2 = 1 \times I_n$ $2 \times I_n$ $3 \times I_n$ $4 \times I_n$ $6 \times I_n$ $8 \times I_n$ $10 \times I_n$	Alla corrente $I > I_2$ $t_2 = 0,05 \text{ s}$ (curva A) $0,10 \text{ s}$ (curva B) $0,25 \text{ s}$ (curva C) $0,5 \text{ s}$ (curva D)	SI	$t = k$ (curva di interv. I ² t OFF)
I Protezione istantanea da corto circuito	$I_3 = 1,5 \times I_n$ $2 \times I_n$ $4 \times I_n$ $6 \times I_n$ $8 \times I_n$ $10 \times I_n$ $12 \times I_n$	Intervento istantaneo	SI	$t = k$
G Protezione contro i guasti a terra	$I_4 = 0,2 \times I_n$ $0,3 \times I_n$ $0,4 \times I_n$ $0,6 \times I_n$ $0,8 \times I_n$ $0,9 \times I_n$ $1 \times I_n$	Alla corrente $I = 4 \times I_4$ $t_4 = 0,1 \text{ s}$ (curva A) $0,2 \text{ s}$ (curva B) $0,4 \text{ s}$ (curva C) $0,8 \text{ s}$ (curva D)	SI	$t = k/I^2$

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Funzioni protettive e valori di regolazione dello sganciatore SACE PR112



Funzione	Valori estremi	Step gradini di soglia	Tempo di intervento regolazione (s)	Escludibilità	Relazione $t = f(I)$	Memoria termica	Selettività di zona
L Protezione da sovraccarico	$I1 = 0,4 \dots 1xIn$	$0,01xIn$	(Alla corrente $I = 3xI1$) $t1 = 3-6-12-24-36-48-72-108-144$	NO	$t = k/I^2$	SI (escludibile)	NO
S Protezione selettiva da corto circuito $0,6 \dots 10 xIn$	$I2 = 0,6 \dots 10 xIn$	(1)	$t2 = 0-0,05-0,07-0,1-0,14-0,20-0,21-0,25-0,28-0,30-0,35-0,40-0,50-0,60-0,70-0,75$	SI	$t = k$	NO	SI (escludibile)
	$I2 =$	(1)	(Alla corrente $I = 10xIn$) $t2 = 0,05-0,07-0,1-0,14-0,20-0,21-0,25-0,28-0,30-0,35-0,40-0,50-0,60-0,70-0,75$	SI	$t = k/I^2$	SI (escludibile)	NO
I Protezione istantanea da corto circuito	$I3 = 1,5 \dots 15 xIn$	(2)	Intervento istantaneo	SI	$t = k$	NO	NO
G Protezione contro i guasti a terra	$I4 = 0,2 \dots 1xIn$	$0,02xIn$	$t4 = 0,1-0,2-0,3-0,4-0,5-0,6-0,7-0,8-0,9-1$	SI	$t = k$	NO	SI (escludibile)
	$I4 = 0,2 \dots 1xIn$	$0,02xIn$	$t4 = 0,1-0,2-0,3-0,4-0,5-0,6-0,7-0,8-0,9-1$	SI	$t = k/I^2$	NO	NO

Note:

(1) Le soglie selezionabili sono 21, ovvero: $I2 = 0,6-0,8-1-1,5-2-2,5-3-3,5-4-4,5-5-5,5-6-6,5-7-7,5-8-8,5-9-9,5-10 \times In$

(2) Le soglie selezionabili sono 15, ovvero: $I3 = 1,5-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15 \times In$

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

TARATURE DEI TRASFORMATORI AMPEROMETRICI (In)												
Tipo interruttore	Corrente nomin. (I _n)	R250	R400	R800	R1250	R1600	R2000	R2500	R3200	R4000	R5000	R6300
E1B	800 A	■	■	■								
	1250 A	■	■	■	■							
E2B	1600 A		■	■		■						
	2000 A			■	■		■					
E2N	1250 A	■	■	■	■							
	1600 A		■	■		■						
	2000 A			■	■		■					
E2L	1250 A	■	■	■	■							
	1600 A		■	■		■						
E3N	2500 A					■		■				
	3200 A						■		■			
E3S	1250 A	■	■	■	■							
E3H	1600 A			■		■						
	2000 A				■		■					
	2500 A					■		■				
	3200 A						■		■			
	2000 A				■		■					
E3L	2500 A					■		■				
	4000 A						■			■		
E4H	3200 A						■		■			
	4000 A						■			■		
E6H	5000 A								■		■	
	6300 A								■			■
E6V	3200 A								■			
	4000 A								■	■		
	5000 A								■		■	
	6300 A								■			■

17.9 Sganciatori differenziali

17.9.1 Premessa

La protezione contro i guasti dovuti al fluire di una corrente verso terra per perdita di isolamento di un conduttore, per contatto diretto di una persona con una parte in tensione del circuito o per contatto indiretto, è garantita da interruttori corredati di sganciatori che intervengono per corrente differenziale I_{Δ} (interuttori differenziali).

Con essa viene definita la somma vettoriale delle correnti che percorrono i conduttori attivi (neutro compreso) del circuito ($I_{\Delta} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 + \bar{I}_N$).

Lo sganciatore differenziale associato all'interruttore è costituito da:

- un trasformatore toroidale **TR** (Figg. 17/19...17/23) il cui circuito primario (1) è formato da uno o più avvolgimenti (due per utenze monofasi, tre per utenze trifasi e quattro per utenze trifasi + neutro) con un certo numero di spire avvolte direttamente sul toroide T o passanti attraverso di esso, percorse da correnti primarie oppure da correnti secondarie (Fig. 17/23), alimentate da trasformatori amperometrici (**TI**) (uno per ogni fase più neutro), attraversate da correnti primarie;
- un circuito secondario (2) avvolto sul toroide T con un certo numero di spire;
- uno sganciatore a demagnetizzazione **SD**.

In tutte le configurazioni esposte si ha che:

- durante il funzionamento normale il flusso magnetico totale nel trasformatore è nullo, quindi I_{Δ} è uguale a zero;
- a seguito di un guasto verso terra, che provoca una differenza tra le correnti e tra i flussi magnetici, si induce nel secondario (2) del trasformatore, una corrente I_{Δ} diversa da zero che, superato un certo valore predeterminato (soglia), provoca tramite lo sganciatore a demagnetizzazione **SD**, non alimentato dalla rete, l'intervento dell'interruttore.

Lo sganciatore **SD** può essere attivato direttamente dalla corrente I_{Δ} (azione diretta), Figg. 17/19, 17/20, 17/21, o indirettamente (azione indiretta) mediante un circuito elettronico **E** che amplifica la corrente I_{Δ} (Figg. 17/22 - 17/23).

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

AD AZIONE DIRETTA

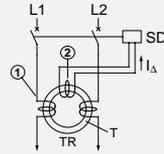


Fig. 17/19

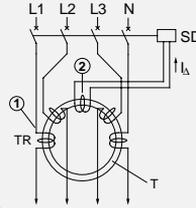


Fig. 17/20

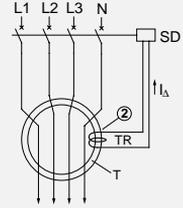


Fig. 17/21

AD AZIONE INDIRETTA

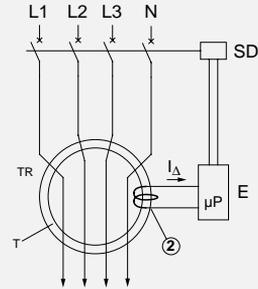


Fig. 17/22

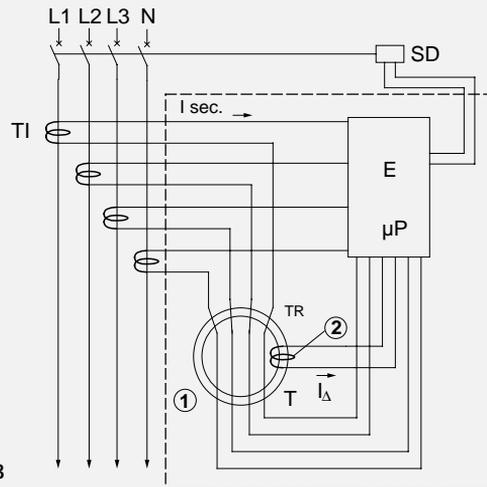


Fig. 17/23

17.9.2 Interruttori differenziali e loro classificazione

Gli interruttori differenziali si possono classificare in:

- termomagnetici, nei quali le funzioni di protezione differenziale e contro le sovracorrenti sono abbinate in un solo apparecchio;
- differenziali puri, privi di sganciatore termomagnetico, i quali assicurano solo la protezione differenziale;
- differenziali ritardati o selettivi termomagnetici o puri, i quali vengono installati a monte di altri interruttori differenziali rapidi, per garantire la selettività.

In relazione poi alla sensibilità, valore della I_{Δ} , si distinguono come segue:

- a bassa sensibilità ($I_{\Delta} \geq 0,3$ A), non adatti alla protezione contro i contatti diretti. Coordinati con l'impianto di terra secondo $I_{\Delta} < 50/R$, realizzano la protezione contro i contatti indiretti (vedere cap. 8);
- ad alta sensibilità (I_{Δ} : 0,01...0,03 A), detti anche a "sensibilità fisiologica", realizzano la protezione contro i contatti diretti.

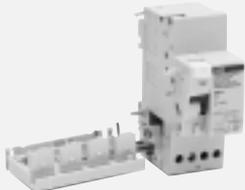
17.9.3 Sensibilità alla forma d'onda della corrente di dispersione

In base alla forma d'onda della corrente di dispersione a cui sono sensibili, gli interruttori differenziali si classificano in:

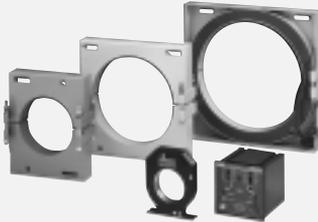
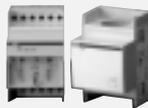
- **tipo AC** (solo per corrente alternata ) adatti per tutti gli impianti in cui si prevedono correnti di terra di forma sinusoidale. Sono insensibili a correnti impulsive oscillatorie smorzate fino a 200 A di picco con onda 0,5 μ s/100 kHz. Conformi alla CEI EN 61008 e 61009 e alla forma d'onda 8/20 μ s conforme alla VDE 0342.1;
- **tipo A** (per corrente alternata e/o pulsante con componenti continue ) adatti per impianti con apparecchi utilizzatori muniti di dispositivi elettronici per raddrizzare la corrente o per regolare il taglio di fase di una grandezza fisica (velocità, tempo, intensità luminosa ecc.), alimentati direttamente dalla rete, senza interposizione di trasformatori di isolamento ed isolati in classe I. Sono insensibili a correnti impulsive oscillatorie smorzate fino a 200 A di picco con onda 0,5 μ s/100 kHz. Conformi alla CEI EN 61008 e 61009 e alla forma d'onda 8/20 μ s conforme alla VDE 0342.1;
- **tipo S** (per corrente alternata e/o pulsante con componente continua ) adatti per realizzare la selettività con interruttori differenziali di tipo generale;
- **dispositivo differenziale adattabile (DDA)**. Con riferimento alla Norma CEI EN 61009 è permesso assemblare, una sola volta, interruttori differenziali sul posto, cioè fuori fabbrica, utilizzando blocchi differenziali adattabili, ad appropriati interruttori automatici. Ogni manomissione deve lasciare danneggiamento visibile permanente. L'interruttore differenziale così ottenuto mantiene sia le caratteristiche elettriche dell'interruttore automatico sia quelle del blocco differenziale.

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/61 - Interruttori differenziali modulari

Interruttore tipo	Termomagnetici			Puri					Dispositivi differenziali adattabili (DDA)		
	DS 640	DS 650 DS 850	DS 670	F 360	F 660	F 370	F 670	F 390	DDA 60	DDA 70	DDA 90
In [A]	6 ... 32	0,5 ... 63	0,5 ... 63	16 ... 80	80 ... 125	16 ... 80	80 ... 125	40-63	25-40-63-100	23-63-100	63-100
I _Δ [A]	0,03-0,3	0,01-0,03 0,3-0,5 1	0,01 ... 2	0,01 ... 0,5	0,03 ... 0,5	0,01 ... 0,5	0,03-0,3	0,3-0,5	0,03-0,1 0,3-0,5 1-2	0,03-0,1 0,3-0,5 1	0,1-0,3 0,5-1-2
											

Tab. 17/62 - Interruttori differenziali scatolati

Interruttore tipo	S1RC210/1	S1RC211/1	S1RC212/1	S2RC211/2	S2RC212/2	S3RC211/3	S3RC212/3	Relè differ. SACE RCQ	Relè differenziale RD1	Blocco differenziale RD80	
I _n [A]	125-160-250							≤ 2000	≤ 2000	80 ... 125	
I _Δ [A]	0,3 ... 0,5	0,03 ... 0,5	0,03 ... 3	0,03 ... 0,5	0,03 ... 3	0,03 ... 0,5	0,03 ... 3	0,03 ... 30	0,03 ... 2 A	0,03 ... 3 A	
t _{reg} [S]	0 - 0,1 - 0,25 - 0,5 - 1 - 1,5							0,02 ... 5 S	0 ... 1,5 S		
									 TA montaggio su barra DIN con foro fino a 35 mm; > 35 mm toroide separato con foro fino a 210 mm		 Da abbinare agli interruttori S810-S820

Tab. 17/63 - Interruttori SACE Isomax S con sganciatori PR211 e PR212 e SACE Emax con sganciatori PR111 e PR112

Interr. tipo	S4	S5	S6	S7	E1	E2	E3	E4	E6
I _n [A]	160-250	400	630-800	1250 1600	800-1250	1250-1600 2000	1250-1600 2000-2500-3200	3200-4000	3200-4000 5000-6300
I _Δ [A]	0,2 ... 1 · I _n				0,2 ... 1 · I _n				
t [S]	0,1 ... 0,8				0,1 ... 1				
									

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

17.9.4 La sensibilità differenziale secondo la legge 46/90 ed il DPR 447/91

L'articolo 5, Comma 6 del DPR 447: "Regolamento di attuazione della 46/90", recita: "per interruttori differenziali ad alta sensibilità si intendono quelli aventi corrente differenziale nominale non superiore ad 1 A ($I_{\Delta n} < 1$ A).

Gli impianti elettrici devono tuttavia essere dotati di interruttori differenziali con livello di sensibilità più idoneo ai fini della sicurezza nell'ambiente da proteggere e tale da consentire un regolare funzionamento degli stessi".

Negli esempi di Tab. 17/64 viene evidenziata la sensibilità differenziale che l'interruttore deve avere in relazione all'ambiente, mentre le Tab. 17/65 e 17/66 riportano rispettivamente i tempi di intervento in relazione al tipo di differenziale ed i valori delle resistenze massime di terra in relazione alla corrente differenziale $I_{\Delta n}$.

Tab. 17/64 - Sensibilità differenziale e ambiente

Domestico e ambienti speciali

$$I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$$



Ad alta sensibilità o a sensibilità fisiologica

La Norma CEI 64-8/5 e la legge 46/90 rendono obbligatorio l'uso di questi apparecchi in tutti i locali da bagno, docce e piscine private e pubbliche, nelle zone dove è possibile installare prese a spina e non si dispone di trasformatori di isolamento o di bassissima tensione di sicurezza.

Laboratori, terziario e piccolo industriale

$$I_{\Delta n} \text{ da } 30 \text{ mA} \\ \text{a } 500 \text{ mA}$$



A bassa sensibilità

Grandi complessi terziari e industriali

$$I_{\Delta n} \text{ da } 500 \text{ mA} \\ \text{a } 1000 \text{ mA}$$



Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/65 - Tempi di intervento in relazione al tipo di differenziale e della I_{Δ} (CEI 23-18 e CEI EN 61008-61009)

Tipo	I_n [A]	I_{Δ} [A]	Tempi d'intervento (s) per correnti pari a:			
			$1 \times I_{\Delta}$	$2 \times I_{\Delta}$	$5 \times I_{\Delta}$	500A
generico	qualsiasi	qualsiasi	0,3	0,15	0,04	0,04
S (selettivo)	≥ 25	$> 0,030$	$0,5 \div 0,13$	$0,2 \div 0,06$	$0,15 \div 0,05$	$0,15 \div 0,04$

Tab. 17/66 - Resistenze massime di terra in relazione al valore della I_{Δ} e della tensione di sicurezza ammissibile

Soglia di sgancio del differenziale I_{Δ} (mA)	Resistenza massima di terra [ohm] Tensione di sicurezza ammissibile		
	12 V	25 V	50 V
0,01 A	1200	2500	5000
0,03 A	400	830	1660
0,3 A	40	83	166
0,5 A	24	50	100
1 A	12	25	50
3 A	4	8	16

17.9.5 Coordinamento selettivo tra protezioni differenziali (CEI 64-8/536.3)

Premessa

Se in un impianto elettrico vi sono apparecchi utilizzatori le cui correnti di dispersione verso terra eccedono i valori normali (presenza di filtri d'ingresso per es. condensatori inseriti fra le fasi e la massa dell'apparecchio), oppure l'impianto risulta essere molto vasto con un gran numero di utilizzatori, conviene installare, onde evitare spiacevoli disservizi, in luogo di un solo interruttore generale differenziale, diversi interruttori differenziali sulle derivazioni principali, con a monte un interruttore generale non differenziale o differenziale.

Con l'interruttore generale non differenziale si realizza una certa "selettività orizzontale" (Fig. 17/24 A), evitando che con un guasto a terra in un punto qualunque del circuito o per effetto di quelle piccole dispersioni, comunque presenti, si abbia un intervento intempestivo dell'interruttore generale con la conseguente messa fuori servizio di tutto l'impianto.

In questo modo però, rimane senza protezione "attiva" il tratto k di circuito tra l'interruttore generale e gli interruttori differenziali.

Nel caso si voglia proteggere in modo "attivo" anche il tratto k usando un interruttore generale differenziale (Fig. 17/24 B), si presentano problemi di "selettività verticale", per cui occorre coordinare l'intervento dei vari dispositivi per non compromettere la "continuità del servizio" e "la sicurezza". La selettività in questo caso può essere amperometrica (parziale) o cronometrica (totale).

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

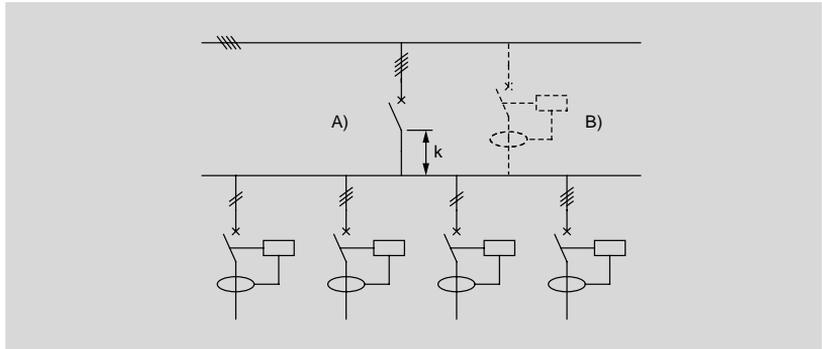


Fig. 17/24

Selettività amperometrica (parziale)

La selettività si può realizzare disponendo a monte interruttori differenziali a bassa sensibilità e a valle interruttori a sensibilità più elevata.

In questo caso la selettività è parziale. Difatti se la $I_{\Delta 1}$ (Fig. 17/25) dell'interruttore A posto a monte (interruttore generale) è maggiore al doppio della $I_{\Delta 2}$ dell'interruttore B posto a valle (condizione necessaria per avere un coordinamento selettivo), per correnti di guasto verso terra maggiori di $I_{\Delta 2}$, si avrà l'intervento sia dell'interruttore "A" che dell'interruttore "B", salvo il caso in cui il guasto verso terra non sia franco, ma evolva lentamente.

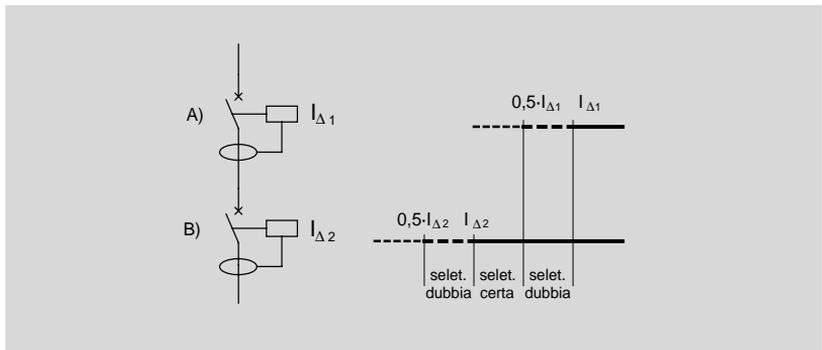


Fig. 17/25

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Selettività cronometrica (totale)

Per ottenere una selettività totale è necessario usare interruttori differenziali ritardati intenzionalmente o selettivi.

I tempi di intervento dei due dispositivi posti in serie, devono essere coordinati in modo che il tempo " t_2 " di quello a valle (Figg. 17/26 - 17/27) sia inferiore al tempo limite di non risposta " t_1 " dell'interruttore a monte, per qualsiasi valore di corrente, in modo che quello a valle abbia concluso l'apertura prima che inizi il funzionamento di quello a monte.

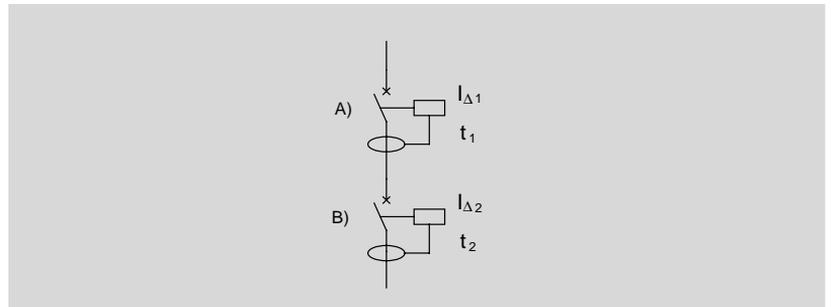


Fig. 17/26

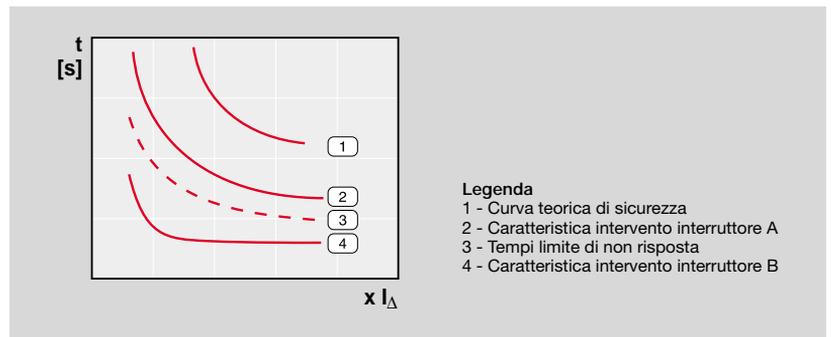


Fig. 17/27

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Inoltre affinché la selettività totale sia completamente garantita la I_{Δ} del dispositivo a monte deve essere superiore al doppio di quella del dispositivo a valle (3 volte almeno) (CEI 64-8/563.3 - Commenti).

Ovviamente i tempi di intervento ritardati dell'interruttore posto a monte, ai fini della sicurezza, dovranno collocarsi sempre al di sotto della curva di sicurezza ① .

Livelli di selettività (CEI 64-8/536.3 - Commenti)

La selettività può essere:

- a 2 livelli
- a 3 o 4 livelli.

- Selettività totale a 2 livelli

Protezione contro i contatti indiretti

Gli interruttori presentano una selettività totale rispetto agli interruttori a posti a valle

Protezione contro i contatti diretti e indiretti

Personale non addestrato

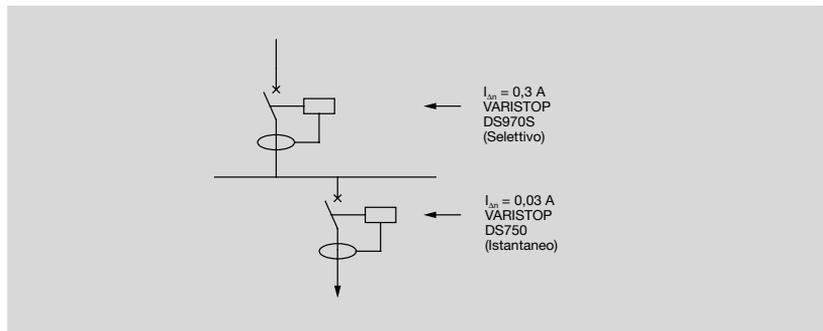


Fig. 17/28

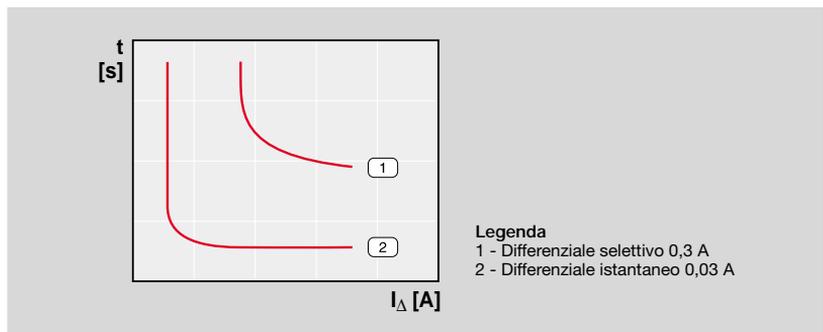


Fig. 17/29

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

- Selettività totale a 3 o 4 livelli

Protezione contro i contatti diretti e indiretti

Caso di un impianto costituito da un quadro principale, da quadri di distribuzione e da sottoquadri.

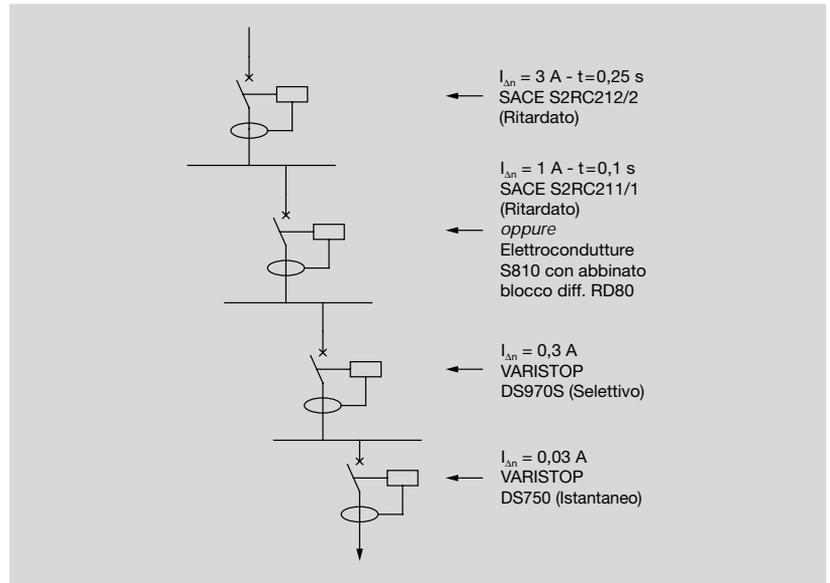


Fig. 17/30

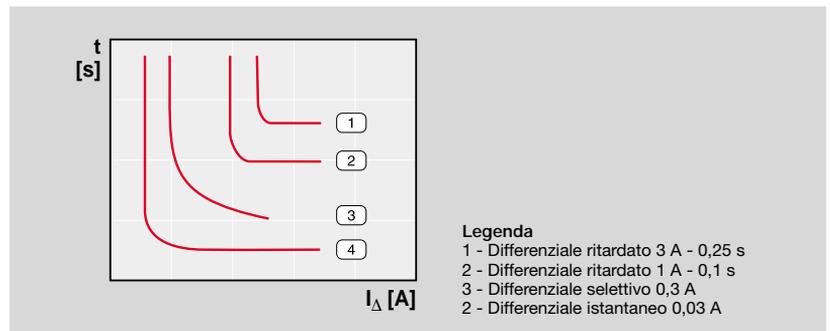


Fig. 17/31

17.20 Esempi

17.20.1 Premessa

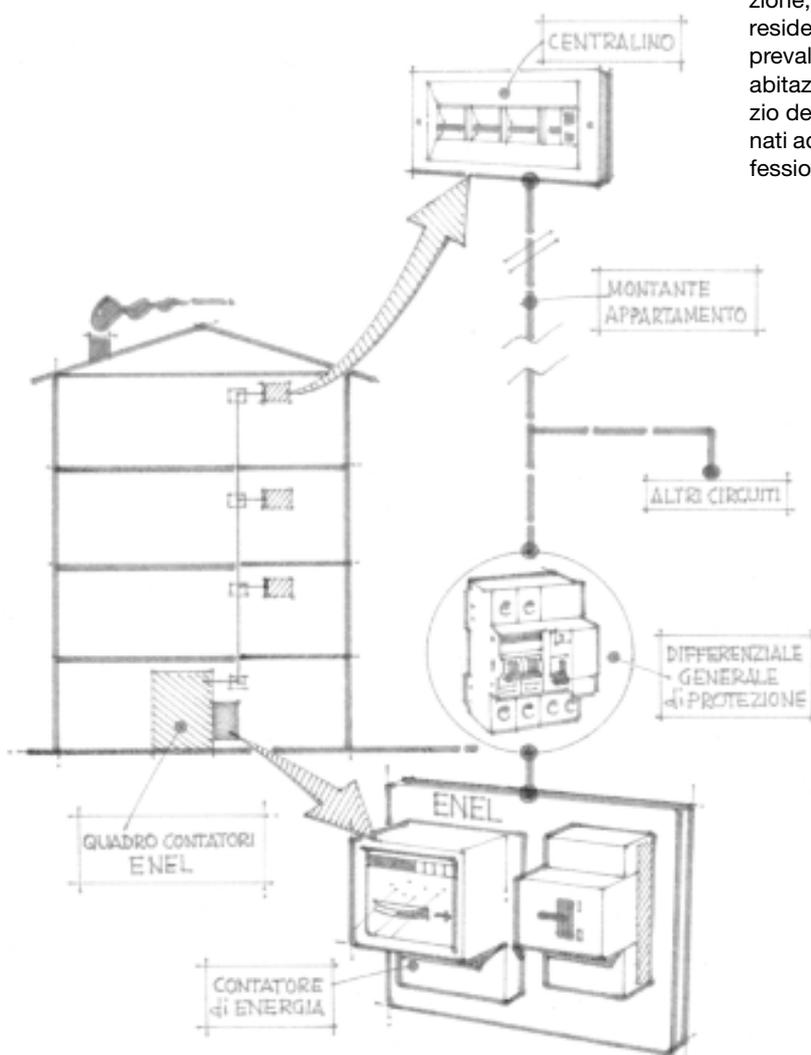
Nel seguito vengono proposti alcuni esempi e forniti suggerimenti per la corretta realizzazione degli impianti elettrici di bassa tensione in ambito residenziale e similare.

Gli esempi sono spesso dedotti dalla Guida CEI 64-50 "Edilizia residenziale. Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori, ausiliari e telefonici".

Relativamente al campo di applicazione, la Guida intende, per edifici residenziali, quelli che contengono prevalentemente locali destinati ad abitazione, parti comuni e di servizio degli edifici, nonché locali destinati ad altri usi quali uffici, studi professionali, negozi ecc.

Essa si applica agli impianti elettrici utilizzatori, sistema TT, alimentati a tensione nominale verso terra non superiore a 230 V, agli impianti ausiliari ed agli impianti telefonici.

Per impianti ausiliari si intendono gli insiemi, a partire dai rispettivi punti di alimentazione, delle condutture e delle apparecchiature per impianti di segnalazione o comunicazione (chiamate interne, interfonici), di protezione, di allarme, anti-intrusione o antincendio, di protezione contro i fulmini, di diffusione sonora, di antenna centralizzata ecc.



17.20.2 Protezione del montante

In generale, i montanti che collegano i gruppi di misura e consegna centralizzati nelle rispettive unità immobiliari devono essere protetti contro le sovracorrenti secondo le prescrizioni della sezione 473 della Norma CEI 64-8.

Tale protezione deve essere assicurata da un dispositivo, installato subito a valle dell'organo di misura e consegna, atto a garantire la protezione contro i cortocircuiti ed anche la protezione contro i sovraccarichi, ove questa non sia garantita dai dispositivi installati in corrispondenza dell'entrata del montante nell'unità immobiliare.

La stessa Norma CEI 64-8, prevede però, alla sezione 473, i casi in cui il dispositivo di protezione alla base del montante può essere omissso. Perché ciò sia possibile devono essere verificate tutte le seguenti tre condizioni:

- sia presente e accessibile l'interruttore automatico del distributore e sia in grado di proteggere il montante da corto circuito ($I_{cn} > I_{cc}$) fino dalla base
- le protezioni nel centralino (vedere schemi nel seguito riportati) proteggano da sovraccarico il montante
- sia minimo il rischio di corto circuito sul montante grazie ad adeguate protezioni passive meccaniche, termiche e contro l'umidità.

Nel caso in cui l'interruttore automatico dell'ente distributore non sia accessibile, od abbia corrente nominale troppo elevata per proteggere il montante dal corto circuito, o comunque in caso di dubbio, si consiglia di applicare, subito a valle dell'interruttore limitatore di consumo dell'Ente, un interruttore di proprietà dell'utente, che può essere magnetotermico, con caratteristiche calcolate in base alla sezione e alla corrente d'impiego del montante, ed anche differenziale qualora esistano motivati dubbi sulla segregazione del montante stesso (barriere o rivestimento isolante).

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Esempi di montanti

La protezione dei montanti (caso **a**) e caso **b**) contro i sovraccarichi deve essere garantita:

- o dall'interruttore generale a valle del contatore
- o dall'interruttore generale del quadro nell'unità immobiliare
- o dai singoli interruttori derivati (la somma delle rispettive correnti nominali è inferiore alla portata del montante)

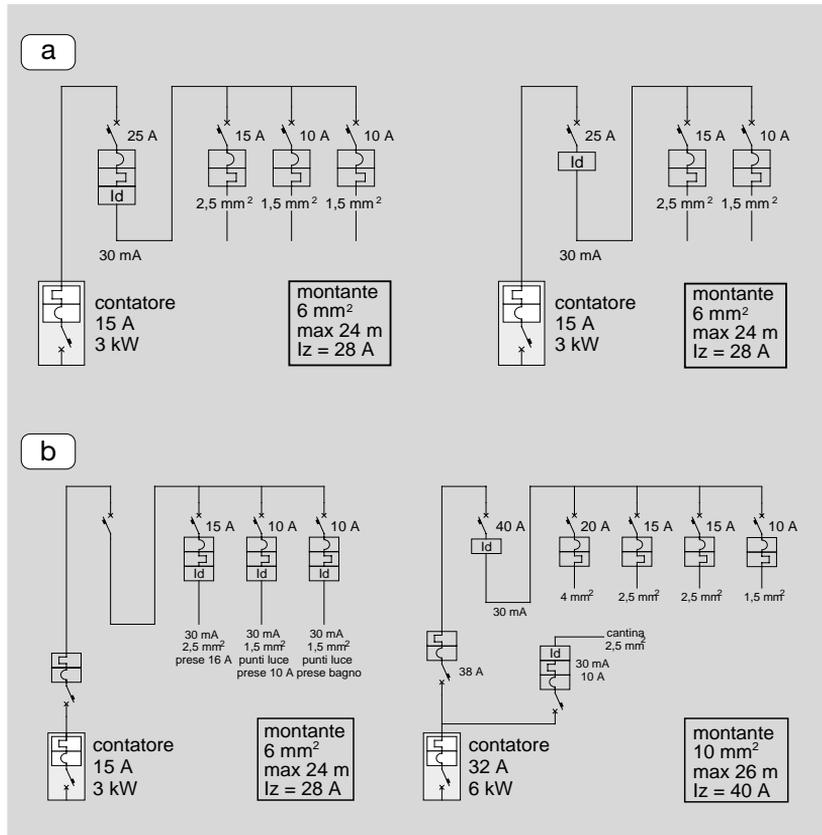


Fig. 17/32

17.20.3 Distribuzione nell'appartamento

Nel quadro di appartamento generalmente si trovano:

- sezionatore generale impianto
- interruttore generale differenziale
- interruttori di protezione linee
 - $I_{cn} \geq 3$ kA per monofase
 - $I_{cn} > 6$ kA per trifase
- altri apparecchi ausiliari.

Per appartamento fino 40 m² la Guida 64-50 prevede:

- 1 linea da 1,5 mm² per luce e prese (10 A)
- 1 linea da 2,5 mm² per prese da 16 A.

Per appartamento compreso tra 40 e 150 m² si prevedono:

- 2 linee da 1,5 mm² per luce e prese (10 A)
- 1 linea da 2,5 mm² per prese da 16 A.

Per carichi unitari oltre 3,6 kW si prevedono linee radiali specifiche da 4 mm².

La Guida del CEI riporta inoltre un esempio per ciascun locale domestico. I locali più pericolosi, perché più densi di apparecchi elettrici, prese e utilizzatori, restano comunque sempre il bagno e la cucina.

Particolare attenzione occorre porre alle tre zone di rispetto nel bagno (trattate al Cap. 14), in particolare:

- nella Zona 3:
 - prese sotto differenziale da 30 mA (nel centralino) o da 10 mA specifico;
 - apparecchi di comando normali.
- nelle Zone 1 e 2:
 - scaldabagno e idromassaggio (Norme CEI specifiche) con cavo in guaina entro tubo e scatola finale di uscita dietro l'apparecchio;
 - gli interruttori sono vietati;
 - lampade in doppio isolamento senza terra e con cartello monitore.

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

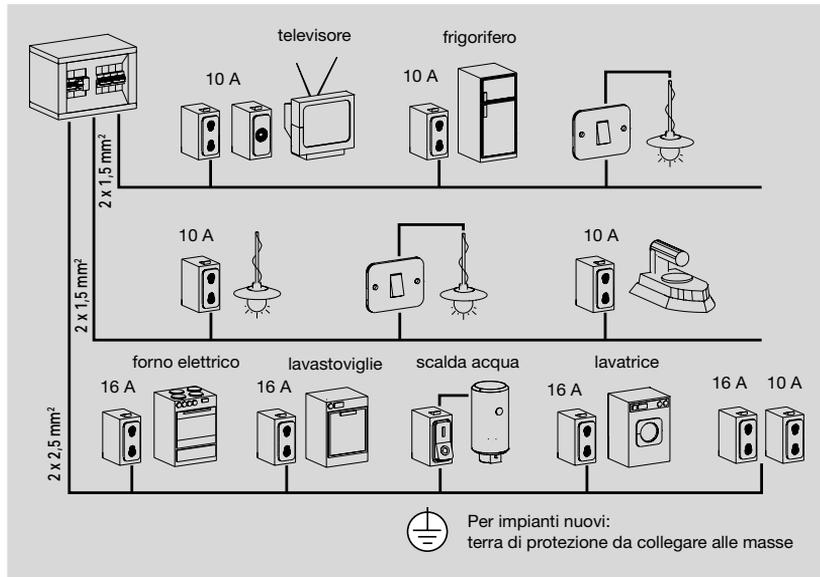


Fig. 17/33

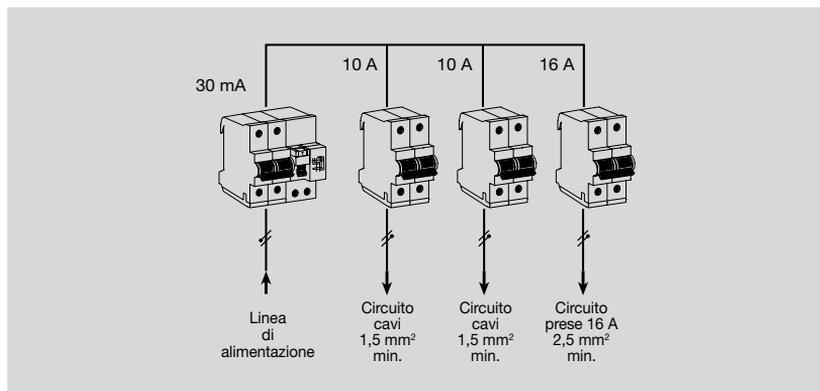


Fig. 17/34 – Centralino per unità abitativa da 40 a 150 m²

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Tab. 17/67 – Linee per unità abitative da 40 a 150 m²

Linee	Appartamento (m ²)		
	< 40	40-150	>150
Linee da 1,5 mm ² luce/prese da 10 A	1	2	≥ 2
Linee da 2,5 mm ² luce/prese da 16 A	1	1	≥ 1
Per carico da 3,6 A	1	1	1
Totale	2 o 3	3 o 4	≥ 4

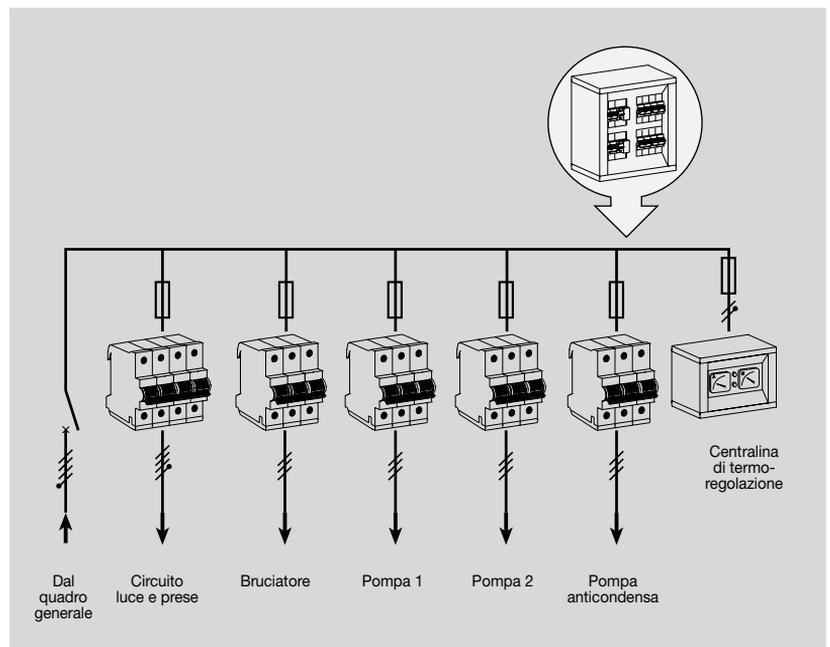
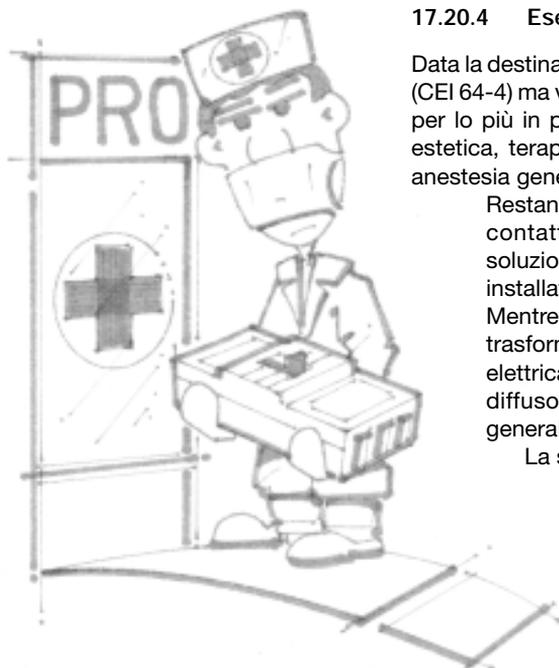


Fig. 17/35 – Schemi quadro centrale termica

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

17.20.4 Esempio di schema per unità uso medico



Data la destinazione della Guida, questo caso non è trattato a fondo (CEI 64-4) ma vi si accenna nel caso che tali ambienti siano collocati per lo più in palazzine residenziali e svolgano attività di chirurgia estetica, terapie brevi e periodiche e interventi superficiali senza anestesia generale.

Restano comunque due problemi di protezione da risolvere: contatti indiretti ed equipotenzialità dell'ambiente. Le soluzioni sono: differenziale e nodo equipotenziale scelti e installati secondo le Norme.

Mentre nei casi delle sale operatorie è scontato l'uso del trasformatore d'isolamento, qui tale sistema (separazione elettrica) non è necessario. Al contrario è prescritto l'uso diffuso dei differenziali, eccetto nel caso di interruttore generale che è del tipo magnetotermico (vedere schema).

La selettività e l'istantaneità di funzionamento a seguito di guasto, possono infatti essere massimizzate a piacere senza controindicazioni.

Si noti come esiste una divisione, peraltro solo formale, di ambienti tra quello uso medico e gli altri attigui nel condominio, per nulla diversi dal normale appartamento. Gli uni e gli altri avranno però in comune l'impianto di terra e le tubazioni dei servizi comuni con possibilità di trasferimento di tensioni pericolose se la normativa non venisse applicata completamente e scrupolosamente.

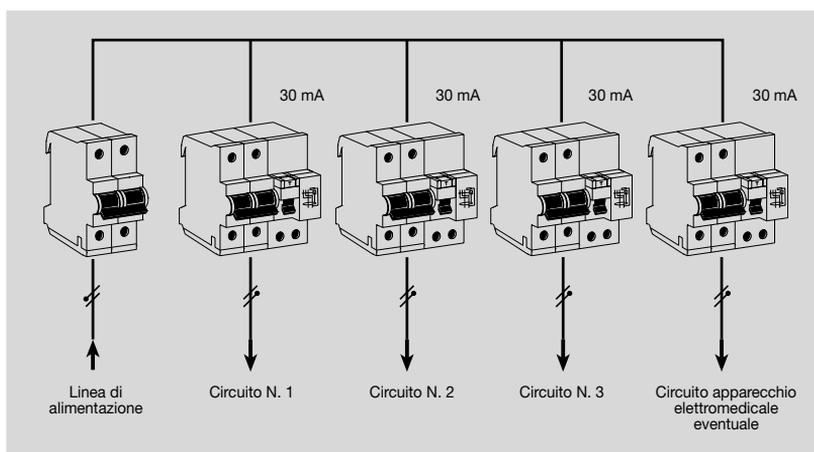


Fig. 17/36

17.20.5 Esempio di schema per unità uso bar



Si ribadisce la priorità di progetto dello schema degli impianti e si raccomanda di sottrarre al pubblico l'uso di apparecchi o di utilizzatori elettrici pericolosi, come in un qualsiasi ambiente a maggior rischio in caso d'incendio.

La suddivisione dei circuiti periferici è da prevedere data la relativa necessità di selettività richiesta per ridurre al minimo i disservizi e assicurare un adeguato livello di comfort al pubblico presente.

Il quadro elettrico, che dovrà essere accessibile al solo operatore preposto, sarà composto da:

- un interruttore generale differenziale omipolare (due o quattro poli) con sganciatori elettromagnetici calibrati sulla sezione da proteggere;
- un altro differenziale magnetotermico da 30 mA per le utenze del bancone;
- un terzo differenziale magnetotermico da 30 mA per le eventuali prese esterne;
- un maggior numero di interruttori automatici divisionali per gli altri circuiti.

Prese con IP X4, illuminazione di sicurezza e una presa per ogni carico sono altre normali misure da adottare.

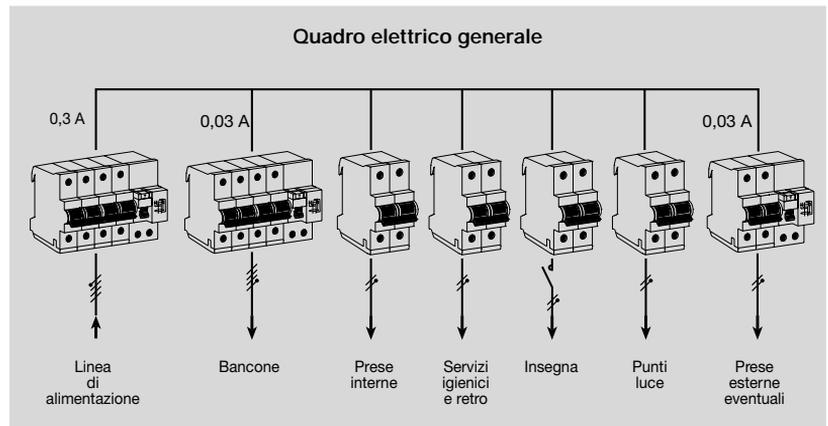


Fig. 17/37

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

17.20.6 Esempio di schema per unità uso ristorante



L'analisi specifica si incentra sulle cucine, che sono considerate locali speciali (presenza di gas, vapori, umidità, acqua) se superano le 30.000 kcal/h.

Si raccomanda di predisporre almeno due quadri elettrici separati e situati in luogo asciutto e sicuro: uno per la cucina e l'altro per la zona pubblico. Se tale luogo non è disponibile, usare contenitori con adeguato grado di protezione IP.

Si noti l'installazione (Fig. 20/46), subito a valle del contatore, di un differenziale generale trifase che protegge l'impianto e lo stesso quadro cucina dai contatti indiretti, coordinato con l'impianto di terra.

Per il quadro zona pubblico si ipotizza un'alimentazione monofase con interruttore generale differenziale da 30 mA. Data la presenza di pubblico, la Norma raccomanda per i ristoranti di prevedere un circuito di comando di emergenza che stacchi istantaneamente tutti e solo i carichi della cucina, ovviamente non vitali. Un circuito lampade di emergenza è parimenti utile se non necessario.

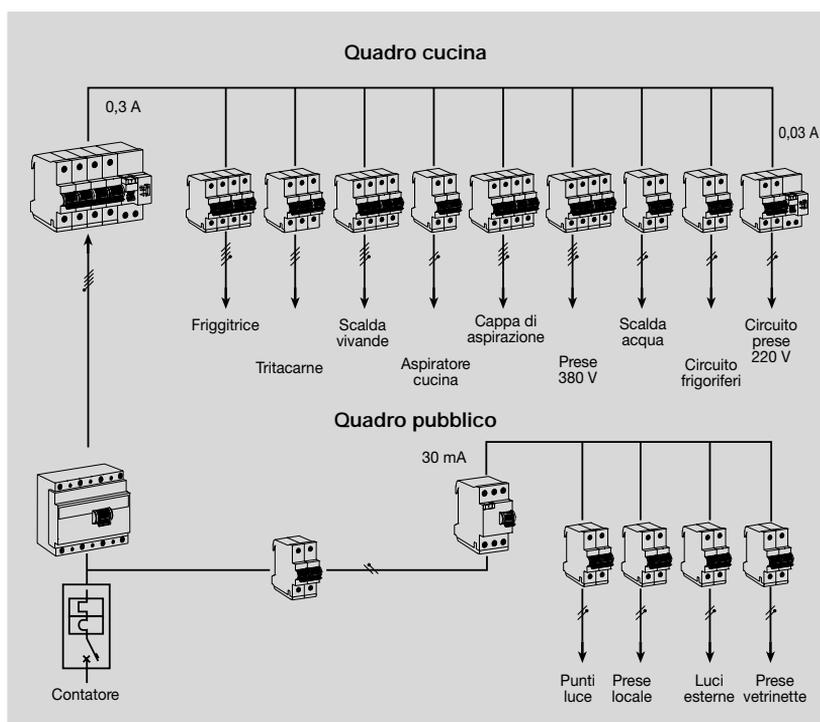


Fig. 17/38

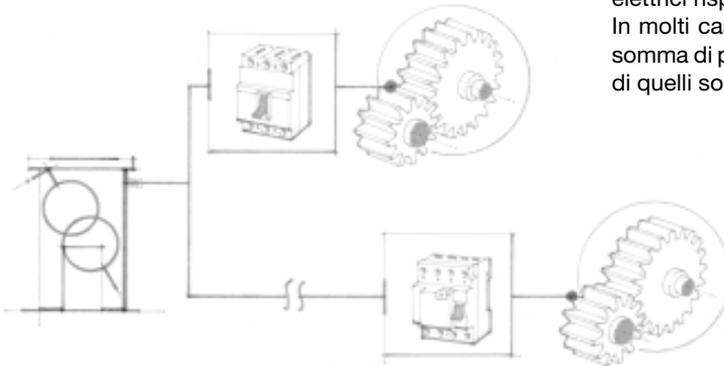
17.20.7 Schema quadro generale servizi parti comuni

In ogni stabile sia esso a destinazione: domestico, terziario o industriale deve essere previsto un quadro dei servizi generali, dove viene razionalizzata l'architettura e la logica della distribuzione elettrica. Deve essere collocato in luogo adatto, chiuso e pulito, possibilmente lo stesso del locale contatori. Per il controllo continuo della situazione è buona norma rinviare i comandi principali, emergenza compresa, al quadro della portineria presidiata (quando, ovviamente, quest'ultima esista).

Sono ovviamente numerosissimi gli altri ambienti residenziali e terziari che devono avere impianti elettrici rispondenti alla Norma CEI 64-50.

In molti casi però essi sono inquadrabili come somma di più ambienti diversi, ciascuno del tipo di quelli sopra esaminati.

È compito del tecnico individuare e scegliere di volta in volta le soluzioni migliori.



Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

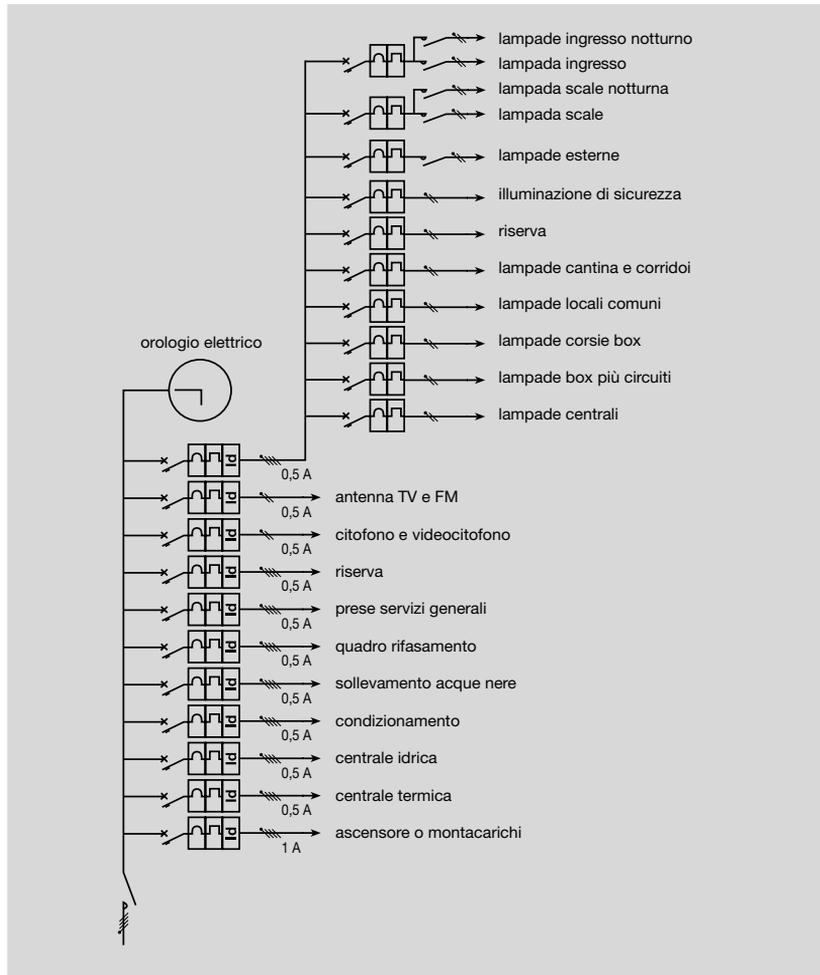


Fig. 17/33

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

17.20.8 Esempi circuitali di utilizzo dell'interruttore differenziale

a) Sistema TN-S

Nel sistema TN-S, la Norma CEI 64-8 ammette, per la protezione contro i contatti indiretti, l'impiego dei soli dispositivi utilizzati contro la sovracorrente; è però fortemente raccomandato l'uso del differenziale per una protezione più efficace, sicura e, complessivamente, di minor costo.

In questi casi la condizione da rispettare è che il conduttore PEN non venga utilizzato a valle dello stesso dispositivo differenziale.

Lo schema d'inserzione proposto è quello di Fig. 17/40. Si ricorda infine che l'impiego dei dispositivi a corrente differenziale è vietato nei sistemi TN-C.

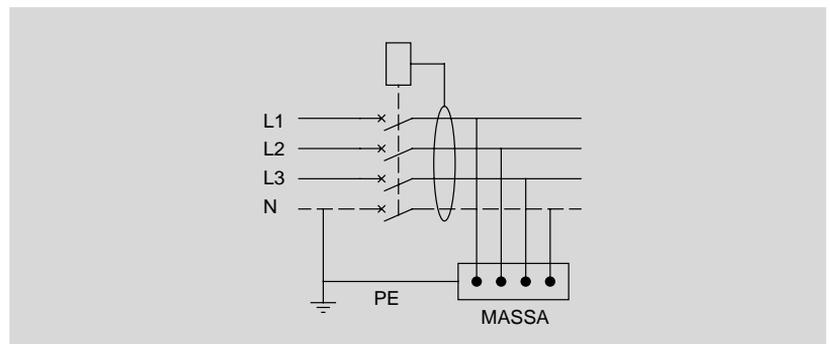
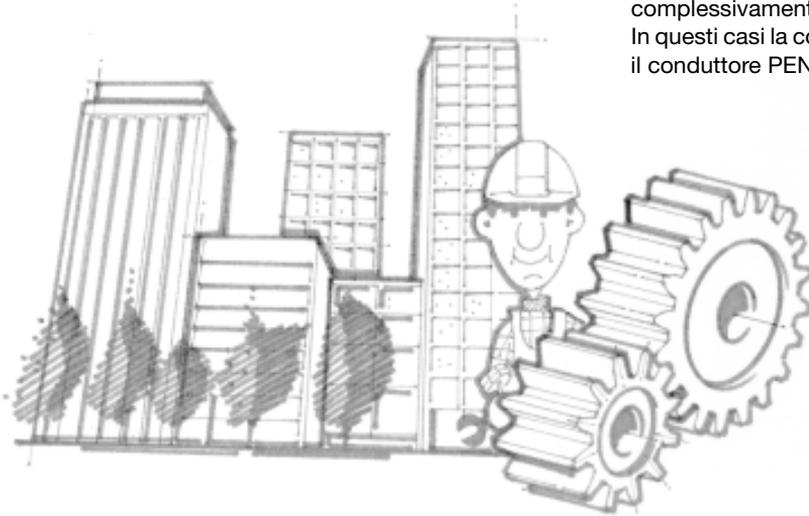


Fig. 17/40

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

b) Sistema TT

Nel sistema TT si deve porre cura particolare nel coordinamento tra differenziale e messa a terra. Si prendono in esame i seguenti casi:

Caso 1)

Nel caso di un condominio con più utenti (Fig. 17/41), alcuni con interruttore generale magnetotermico, altri con differenziali, ma non tutti con la stessa sensibilità, il valore della resistenza di terra deve essere coordinato con la corrente di intervento istantaneo o con la I_{Δ} più scadente, cioè più alta, fra tutte. Infatti la resistenza di terra è uguale al rapporto:

$$R_a \leq \frac{50}{I_{5s}} \quad \text{nel caso del magnetotermico;}$$

$$R_a \leq \frac{50}{I_{\Delta}} \quad \text{nel caso del differenziale.}$$

Dal confronto delle suddette relazioni, la soluzione più sicura e conveniente risulta quella dell'adozione per **tutti** gli utenti dei dispositivi a protezione differenziale. Ciò perché ottenere una resistenza di terra dell'ordine di alcuni decimi di ohm è oltremodo difficile e dispendioso e annulla completamente il beneficio della presenza, in alcune utenze, del dispositivo differenziale.

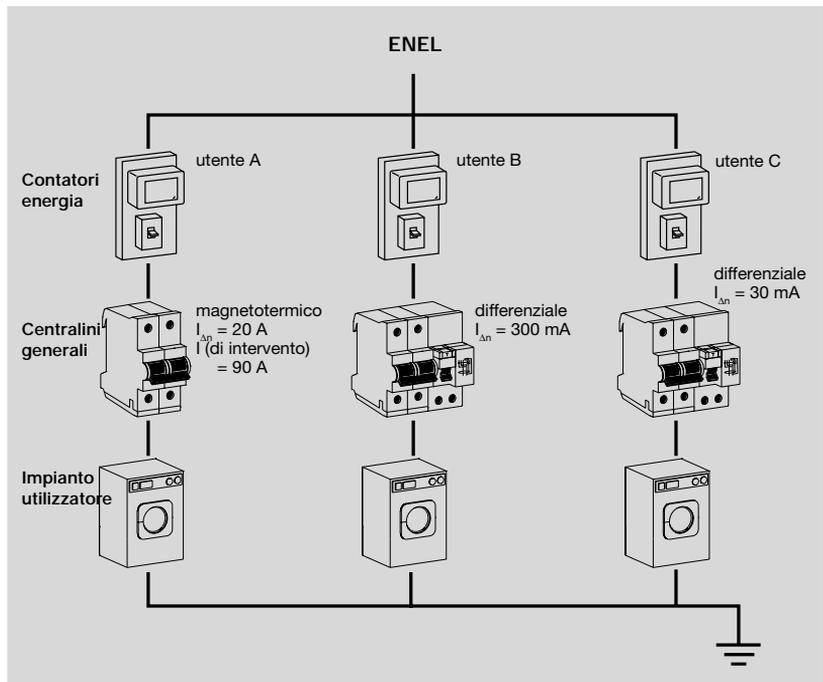


Fig. 17/41

Scelta dei dispositivi di manovra e protezione

Caso 2)

Questo secondo esempio vede la presenza nello stesso condominio di appartamenti protetti tutti con differenziale con $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ (Fig. 17/41).

La resistenza massima di terra è data da:

$$R_a \leq \frac{50}{0,03} = 1666 \Omega$$

In questo caso la natura degli apparecchi utilizzatori e la vastità dell'impianto possono dare origine a notevoli correnti di dispersione spontanea verso terra dell'intero edificio (ΣI_{Δ}). Può quindi risultare che la corrente differenziale totale sia relativamente alta (Fig. 17/42), dando origine a tensioni di contatto, dovute al prodotto della corrente totale verso terra per 1666Ω , sopra calcolati, pari a 183 V , superiori ai 50 V di sicurezza.

In questo caso, oltre all'impiego del differenziale, è necessario porsi come limite del valore della resistenza di terra da realizzare, $400\text{-}500 \Omega$, onde rimanere nel valore della tensione di contatto, limite previsto dalle Norme ($\leq 50 \text{ V}$).

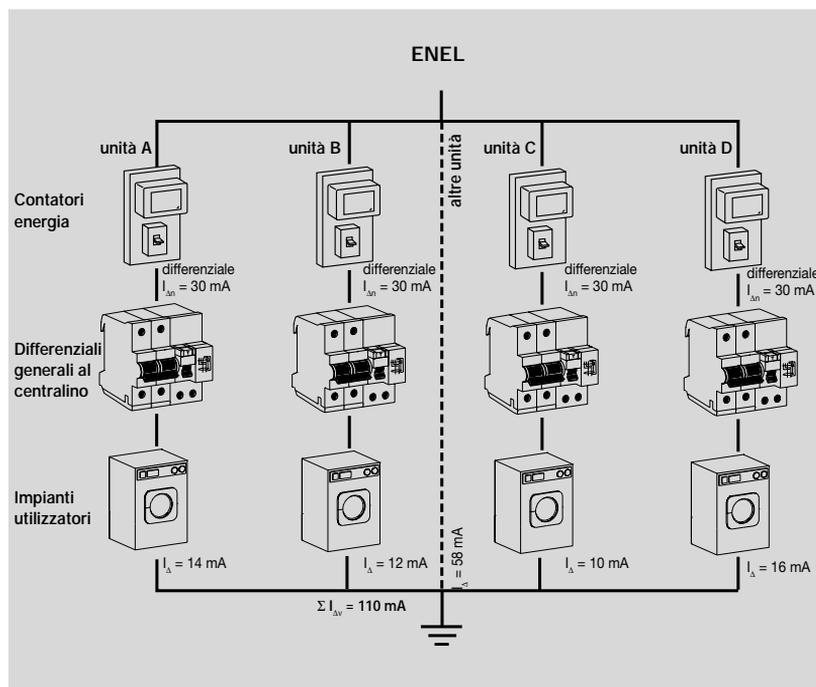


Fig. 17/42

$$I_{\Delta} (\text{totale}) = \Sigma I_{\Delta} = 14 + 12 + 58 + 10 + 16 = 110 \text{ mA}$$

$$\text{tensione di contatto} = V_c = R_a \cdot I_{\Delta} (\text{totale}) = 1666 \cdot 0,11 = 183 \text{ V} (> 50 \text{ V})$$

Occorre quindi abbassare la R_a tanto quanto serve a contenere la V_c sotto i 50 V .

Esempio:

$$R_a = 400 \Omega$$

$$I_{\Delta} = 0,11 \text{ A}$$

$$V_c = 400 \cdot 0,11 = 44 \text{ V} (< 50 \text{ V})$$

18.1	Il problema delle sovratensioni nell'impianto	18/2
18.2	Esempio di scelta: protezione su due o più livelli mediante scaricatori	18/4
18.3	Definizione della pericolosità della zona	18/7
18.4	Valutazione del rapporto costo dell'apparecchiatura/pericolosità della zona	18/8
18.5	Installazione degli scaricatori OVR	18/9
18.6	Coordinamento degli OVR con i dispositivi di protezione da sovracorrente	18/10
18.7	Le apparecchiature ABB	18/11
18.8	OVR a cartucce estraibili	18/15
18.9	Accessori per versioni a cartucce estraibili	18/19
18.10	Segnalazione dello stato di funzionamento	18/20



La protezione contro le sovratensioni transitorie

18.1 Il problema delle sovratensioni nell'impianto

Gli impianti elettrici possono essere soggetti a perturbazioni causate da sovratensioni transitorie, le cui origini si riscontrano in:

- scariche atmosferiche (fulmini)
- manovre di interruttori
- disturbi parassiti di origine interna ai circuiti.

Le sovratensioni, pur avendo spesso scarso contenuto energetico, possono generare gravi danni alle utenze: dal deterioramento alla distruzione dei componenti elettrici ed elettronici più sensibili.

Questi apparecchi spesso rappresentano anche con le utenze più costose: computer, televisori, hi-fi, centralini telefonici, per quanto riguarda il settore domestico e il terziario; ma anche sistemi di allarme, centraline di controllo e logiche programmabili per l'industria, sistemi di automazione per agricoltura e zootecnica, congelatori, stazioni di pompaggio, ecc.

Anche per quanto riguarda l'aspetto economico gli scaricatori risultano vantaggiosi, in quanto è meglio proteggere l'impianto prevenendo possibili danni piuttosto che dover affrontare costose riparazioni o sostituzioni, oppure interruzioni di attività e mancata produzione.

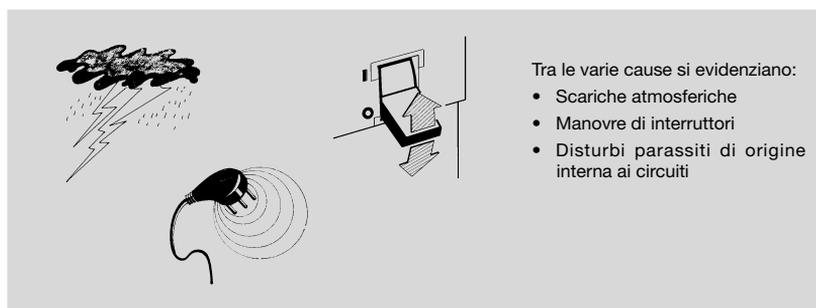


Fig. 18/1

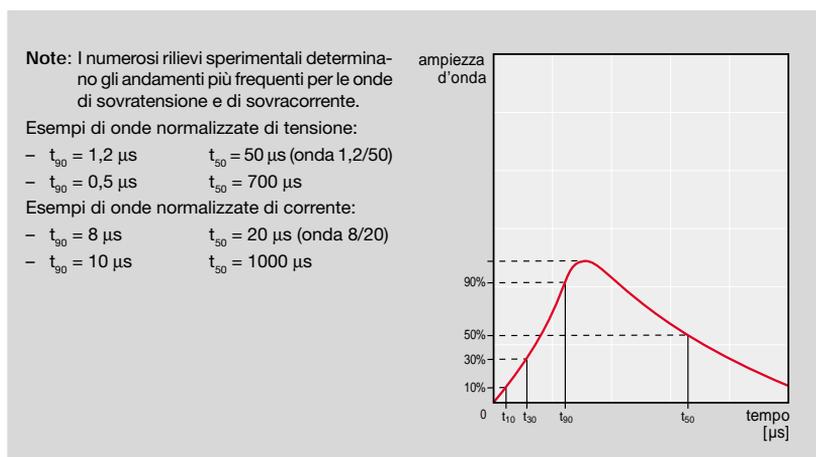


Fig. 18/2

La protezione contro le sovratensioni transitorie

Per determinare la necessità di proteggere l'impianto elettrico utilizzatore BT tramite scaricatori di tensione è necessario fare riferimento alle norme CEI 81-1 ed in particolare alle CEI 81-4. Queste norme consentono di determinare il rischio di danno per cose e persone; il confronto tra questo rischio e quello accettabile determina la necessità di installare scaricatori di tensione, ai quali ABB ha dato il nome commerciale OVR. I rischi accettabili R_a sono:

- Perdita di vite umane $R_a < 10^{-5}$
- Perdita di servizi essenziali $R_a < 10^{-3}$
- Perdita di patrimonio culturale $R_a < 10^{-3}$

Di questi rischi solo il primo ha un valore assoluto, gli altri sono sempre soggetti ad una valutazione economica costo-benefici.

Il rischio di danno va valutato seguendo la norma CEI 81-4 che considera diverse componenti:

- Componente A: incendi all'interno della struttura per fulminazione diretta della struttura
- Componente C: incendi dentro la struttura per fulminazione diretta della linea elettrica
- Componente D: sovratensioni sugli impianti interni ed esterni alla struttura per fulminazione diretta della struttura
- Componente G: sovratensioni sugli impianti interni della struttura per fulminazione indiretta della linea elettrica
- Componente M: sovratensioni sugli impianti interni della struttura per fulmini a terra in prossimità della struttura.

L'installazione di OVR opportunamente scelti e dimensionati consente di ridurre il rischio di danno (componenti C, G, M) entro il rischio accettabile. L'efficacia degli OVR viene definita dal cosiddetto "fattore di protezione" descritto nella norma CEI 81-4 come:

- k_l fattore di protezione all'arrivo di linea
- k_s fattore di protezione all'ingresso dell'apparecchiatura da proteggere

La norma CEI 81-4 stabilisce che scaricatori di sovratensione opportunamente scelti, dimensionati e coordinati consentono di attribuire ai fattori k_l e k_s il valore 0.01 che permette una drastica riduzione del rischio.

La protezione contro le sovratensioni transitorie

18.2 Esempio di scelta: protezione su due o più livelli mediante scaricatori

Quando il solo OVR installato nel quadro di distribuzione all'origine dell'impianto non è sufficiente è necessario installare un secondo OVR a valle; ciò accade quando:

- La tensione residua U_p dell'OVR all'ingresso della struttura è maggiore della tensione di tenuta dell'apparecchiatura da proteggere
- La distanza dell'apparecchiatura dall'OVR è maggiore di 10 m
- Le componenti di rischio G,M devono essere ridotte.

Qualora si installi un secondo OVR esso deve essere coordinato col precedente. Per fare un esempio concreto consideriamo i due tipi di protezione (scaricatori OVR ABB) con corrente di scarica massima rispettivamente di 65 kA (tensione residua 2 kV) e 15 kA (tensione residua 1,2 kV). Questi valori sono indice della capacità operativa della protezione prima di giungere a fine vita e necessitare di sostituzione: ciascuna protezione può infatti resistere a una sola scarica di corrente massima (65 kA o 15 kA) oppure a 20 scariche alla corrente transitoria di scarica nominale (rispettivamente 20 o 5 kA).

Se le apparecchiature installate sulla linea derivata da proteggere hanno tensione di isolamento inferiore a 2 kV, è necessario utilizzare la protezione da 15 kA (1,2 kV di tensione residua) che, però, per quanto detto sopra può avere una vita operativa troppo breve se è installata in una zona ad alto rischio, cioè con sovratensioni di valore elevato oppure molto frequenti (ad esempio in zone particolarmente esposte ai fulmini).

Ciò comporta anche un problema per gli apparecchi nell'impianto: in caso di sovratensione ad elevato contenuto energetico la protezione da 15 kA potrebbe infatti giungere immediatamente a fine vita, senza riuscire ad evitare danni ai carichi elettrici da proteggere.

Un sistema di protezione su due livelli può essere, in questo caso, la soluzione ottimale, che si ottiene applicando sulla linea elettrica principale, a monte della linea derivata, la protezione da 65 kA.

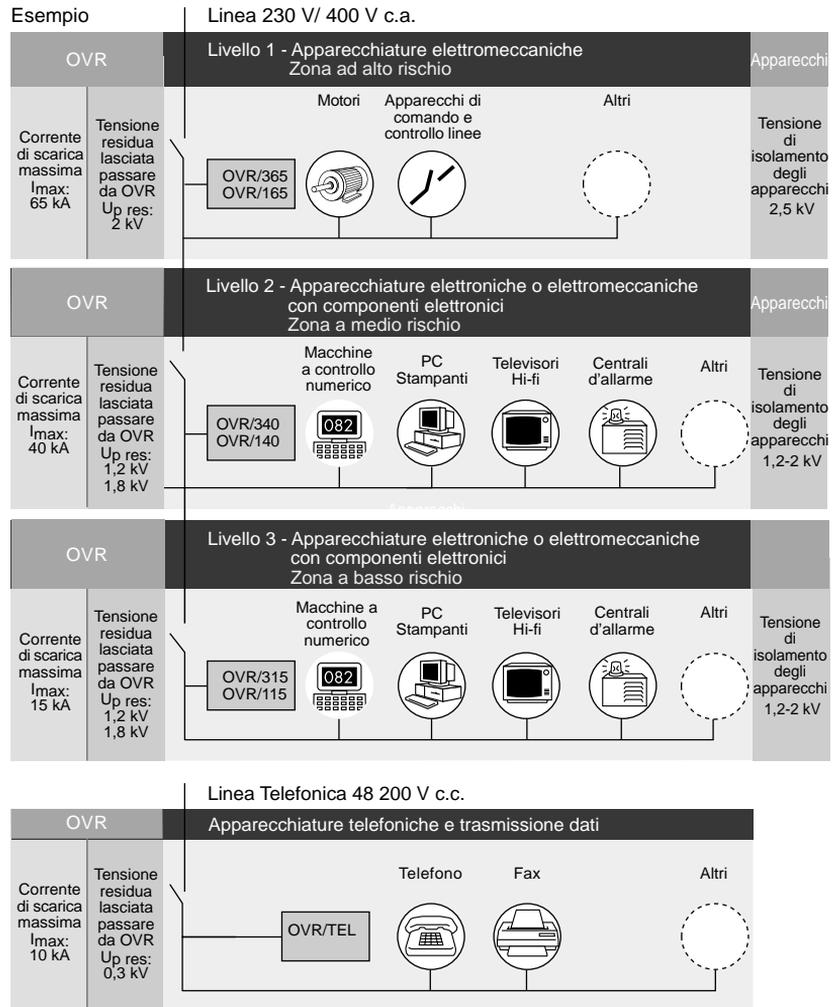
Per una protezione ancora più capillare ed efficace può risultare utile realizzare sistemi a cascata estesi su più livelli, ad esempio utilizzando protezioni da 65 kA, 40 kA e 15 kA.

La norma IEC 60364 stabilisce il livello minimo di tenuta ad impulso delle apparecchiature collegate ad un impianto BT, definendo quattro categorie di tenuta ad impulso, che per una rete alimentata a 230/400V sono:

- Categoria I: 1.5 kV per apparecchi particolarmente sensibili (apparecchiature elettroniche ecc.)
- Categoria II: 2.5 kV per apparecchi utilizzatori "normali" (elettrodomestici, utensili portatili ecc.)
- Categoria III: 4 kV per apparecchi facenti parte dell'impianto fisso (quadri di distribuzione, interruttori, prese a spina ecc.)
- Categoria IV: 6 kV per apparecchi installati a monte del quadro di distribuzione (contatori energia, sezionatori ecc.)

Nello schema che segue è riportato un esempio generale di protezione in cascata su tre livelli; è anche indicato, per completezza, un livello specifico per le apparecchiature telefoniche e di trasmissione dati. Ciascun livello può essere applicato anche singolarmente, in funzione delle effettive esigenze impiantistiche e in base alla pericolosità della zona: ad esempio il livello 2 e/o il livello 3 sono spesso sufficienti in applicazioni residenziali e di piccolo terziario in zone a rischio medio/basso.

La protezione contro le sovratensioni transitorie



N.B.: Per la collocazione delle apparecchiature nello schema si sono considerati valori di tensione di isolamento degli apparecchi indicativi, da rapportare alle tensioni residue in linea proprie di ciascun livello UP dello scaricatore OVR.

Nella pratica occorre di volta in volta riferirsi ai dati di targa (tensione di isolamento) specifici di ciascuna apparecchiatura da proteggere.

Analoghe considerazioni valgono in caso di utilizzo degli scaricatori a cartucce estraibili OVR/P.

La protezione contro le sovratensioni transitorie

Quando due OVR sono in cascata interagiscono tra di loro ripartendosi la corrente di scarica.

L'OVR con tensione residua superiore (che si trova a monte) lascia passare più corrente dell'altro; se la corrente però supera il valore I_{max} dell'OVR con U_p inferiore (a valle) succede che quest'ultimo si distrugge mentre il primo non lavora adeguatamente.

È indispensabile pertanto che tra i due OVR ci sia una opportuna impedenza di disaccoppiamento che ripartisca in modo corretto corrente ed energia.

Generalmente si sfrutta a tal fine la linea; in tabella si forniscono le distanze minime di collegamento tra due OVR (induttanza della linea considerata pari ad 1 μ H a metro).

N.B. La presente tabella può anche essere applicata ai corrispondenti modelli monofase (hanno la stessa sigla con "1" al posto di "3" es. OVR315 corrisponde a OVR115).

Tab. 18/1 – Coordinamento degli scaricatori

Tipo ABB OVR ...	Primo OVR			Secondo OVR				distanza minima d (m)
	U_{p1} tensione residua (kV)	I_{max1} corrente massima (kA)	I_{n1} corrente nominale (kA)	Tipo ABB OVR ...	U_{p2} tensione residua (kV)	I_{max2} corrente massima (kA)	I_{n2} corrente nominale (kA)	
365	2	65	20	315	1,2	15	5	10
365	2	65	20	340	1,2	40	10	10
365	2	65	20	315/P	1,2	15	5	10
365	2	65	20	340/P	1,2	40	15	10
365/P	1.5	65	20	315	1,2	15	5	5
365/P	1.5	65	20	340	1,2	40	10	5
365/P	1.5	65	20	315/P	1,2	15	5	5
365/P	1.5	65	20	340/P	1,2	40	15	5
340	1.2	40	10	315	1,2	15	5	1
340	1.2	40	10	315/P	1,2	15	5	1
340/P	1.2	40	15	315	1,2	15	5	1
340/P	1.2	40	15	315/P	1,2	15	5	1

La protezione contro le sovratensioni transitorie

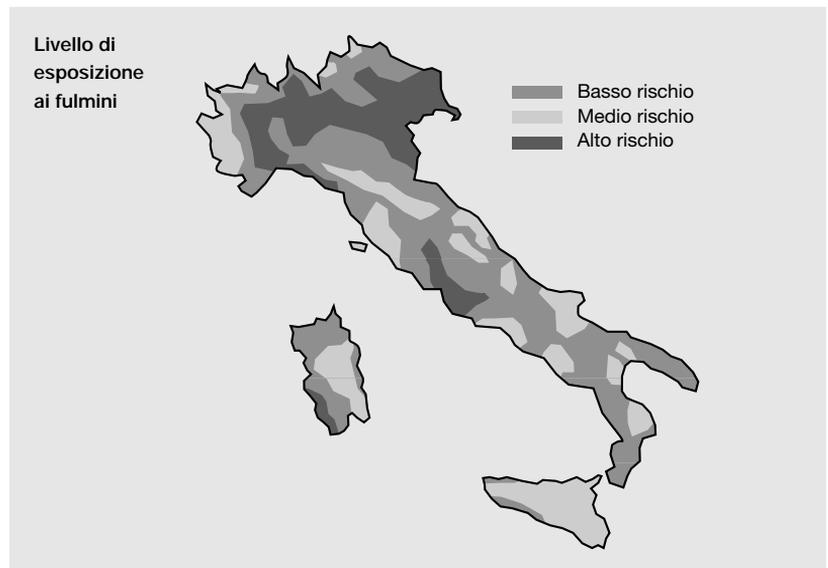
18.3 Definizione della pericolosità della zona

Il livello di esposizione ai fulmini è definito dal numero di fulmini per km² all'anno. Questo livello può essere fornito dai locali uffici meteorologici. In Europa il livello medio Ng è di 2,50 comunque in alcune aree (Alpi e zone montagnose) Ng può addirittura superare il valore di 10.

Il livello di rischio atmosferico, definito in base alla zona geografica, deve essere valutato ed eventualmente maggiorato in funzione di ulteriori parametri, quali ad esempio la presenza di parafulmini nelle vicinanze (il che rende obbligatoria l'installazione della protezione da 65 kA) o la presenza nell'impianto di apparecchi che possono generare sovracorrenti transitorie.

Va anche notato che una rete di alimentazione realizzata completamente sottoterra è meno sensibile alle sovracorrenti, comunque in presenza di conduttori di fulmini o di grandi oggetti collegati a terra deve essere considerato un maggiore livello di rischio.

In conclusione, maggiore è la pericolosità della zona, maggiore deve essere la I_{max} dell'OVR al 1° livello.



La protezione contro le sovratensioni transitorie

18.4 Valutazione del rapporto costo dell'apparecchiatura/pericolosità della zona

A titolo puramente indicativo, la tabella riporta il livello di importanza che un opportuno sistema di protezioni contro le sovratensioni assume in funzione di tre parametri: tipologia degli apparecchi da proteggere, loro valore, livello di rischio della zona.

Zone a basso rischio			
Tipo di apparecchiatura	Valore dell'apparecchiatura da proteggere (in milioni di lire)		
	>1	2...10	≥10
Elettromeccanici	Opzionale	Opzionale	Raccomandato
Elettromeccanici/elettronici	Opzionale	Raccomandato	Raccomandato
Elettronici	Raccomandato	Raccomandato	Raccomandato

Zone a medio rischio			
Tipo di apparecchiatura	Valore dell'apparecchiatura da proteggere (in milioni di lire)		
	>1	2...10	≥10
Elettromeccanici	Opzionale	Raccomandato	Raccomandato
Elettromeccanici/elettronici	Opzionale	Raccomandato	Molto raccomandato
Elettronici	Raccomandato	Molto raccomandato	Molto raccomandato

Zone ad alto rischio			
Tipo di apparecchiatura	Valore dell'apparecchiatura da proteggere (in milioni di lire)		
	>1	2...10	≥10
Elettromeccanici	Raccomandato	Raccomandato	Raccomandato
Elettromeccanici/elettronici	Raccomandato	Molto raccomandato	Molto raccomandato
Elettronici	Molto raccomandato	Molto raccomandato	Molto raccomandato

Fig. 18/3 – In ogni caso va ricordato che la scelta di un sistema, comprendente anche protezioni con caratteristiche tecniche più elevate (ad esempio da 65 kA) è giustificata in particolare dal costo delle apparecchiature nell'impianto, rapportato a quello di tali protezioni; in molti casi, infatti, utilizzando solo protezioni di caratteristiche inferiori (ad esempio da 15 kA) si corre il rischio di un deterioramento delle stesse in tempi brevi e, quindi, di un rapido calo di sicurezza per l'integrità degli apparecchi utilizzatori.

La protezione contro le sovratensioni transitorie

18.5 Installazione degli scaricatori OVR

È opportuno installare gli OVR tra i conduttori dove si possono venire a creare sovratensioni: modo comune tra i conduttori attivi e la terra, modo differenziale tra i conduttori attivi, funzioni, queste, entrambe svolte da ciascun apparecchio OVR di ABB.

Un'importante avvertenza è quella di limitare il più possibile la lunghezza dei collegamenti degli OVR alla linea (L_1) ed alla barra di equipotenzialità (L_2).

Questo perchè nel momento in cui transita una corrente impulsiva, l'induttanza di questi tratti di linea crea una caduta di tensione tutt'altro che trascurabile che rende molto meno efficace il livello di protezione offerto dall' OVR.

Indicativamente L_1+L_2 non dovrebbe superare i 50 cm.; qualora non fosse possibile si può ottenere beneficio creando una barra di equipotenzialità aggiuntiva più vicino agli OVR e/o attorcigliando tra di loro i tratti L_1 ed L_2 in modo da accoppiarli magneticamente ed ottenere un'induttanza complessiva ridotta.

La sezione dei cavi che collegano gli OVR deve essere almeno 4 mm².

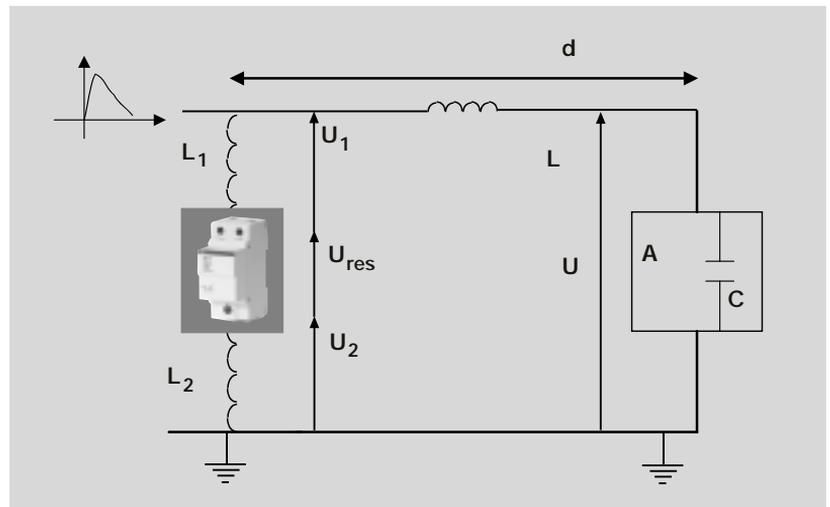


Fig. 18/4 – Attenzione alla distanza tra scaricatore e terra e tra scaricatore e apparecchio protetto

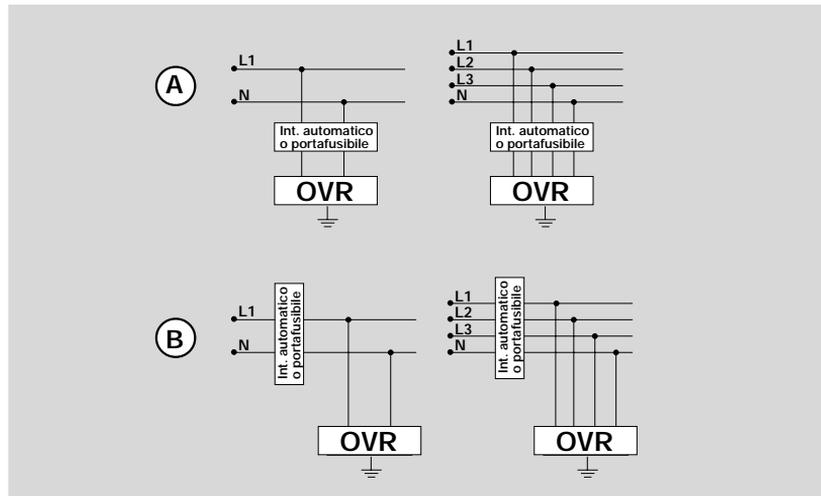
La protezione contro le sovratensioni transitorie

18.6 Coordinamento degli OVR con i dispositivi di protezione da sovracorrente

Occorre comunque prevedere in impianto la protezione contro le sovracorrenti a frequenza industriale che si possono verificare a seguito di una sovratensione impulsiva. In questi casi occorre garantire che l'OVR non si distrugga o che almeno il danno sia limitato all'OVR stesso.

Per altro nel scegliere le protezioni da sovracorrente occorre considerare le necessità di salvaguardare la continuità del servizio.

Gli schemi esemplificativi propongono alcune soluzioni che, secondo le necessità dell'utente, privilegiano la protezione (sicurezza) o la continuità (affidabilità) del servizio.



La connessione indicata nello schema A privilegia la continuità di servizio.

La connessione indicata nello schema B privilegia la funzione di protezione.

In entrambi i casi il collegamento tra l'interruttore automatico o il portafusibile e l'OVR deve essere il più corto possibile.

Le caratteristiche specifiche dell'interruttore automatico o porta-fusibile, al variare dello scaricatore OVR, sono riportate nelle Tabelle seguenti alla voce "Protezione OVR".

La protezione contro le sovratensioni transitorie

18.7 Le apparecchiature ABB



ABB ha disponibili tre diversi modelli a seconda delle capacità di corrente di scarica massima (65, 40 e 15 kA) è possibile realizzare una protezione totale installando un sistema di protezione a cascata.

Grazie alla segnalazione di fine vita degli OVR sia locale (sull'apparecchio stesso) che remota (tramite un accessorio) la protezione che si raggiunge è ancora più affidabile. Gli scaricatori OVR presentano il vantaggio di essere di ridotte dimensioni di ingombro (max 4 moduli) e di facile e rapido cablaggio, caratteristiche che permettono l'installazione anche nei centralini d'appartamento. Gli scaricatori OVR sono conformi alla Norma Internazionale IEC 61643-1.

Caratteristiche tecniche:

	OVR/365	OVR/165	OVR/340	OVR/140
Tensione nominale U_n [V]	230/400 c.a.	230 c.a.	230/400 c.a.	230 c.a.
Frequenza [Hz]	50	50	50	50
Corrente transitoria di scarica massima I_{max} (onda 8/20) [kA]	65	65	40	40
Numero di scariche [n°]	1	1	1	1
Corrente transit. aria di scarica nominale I_n (onda 8/20) [kA]	20	20	10	10
Numero di scariche [n°]	20	20	20	20
Protezione OVR – portafusibile – int. automatico curva C	22x58-80A da 25A	22x58-80A da 25A	14x51-50A 10-25A	14x51-50A 10-25A
Modo di protezione	F- $\frac{1}{2}$ e N- $\frac{1}{2}$	F- $\frac{1}{2}$ e N- $\frac{1}{2}$	F- $\frac{1}{2}$, N- $\frac{1}{2}$ e F-N	F- $\frac{1}{2}$, N- $\frac{1}{2}$ e F-N
Corrente transitoria di scarica massima I_{max} (onda 4/10) [kA]	100	100	–	–
Scariche [n°]	1	1	–	–
Tens. massima residua U_p [kV]	2	2	1,2/1,8	1,2/1,8
Tempo di risposta [ns]	≤25	≤25	≤25	≤25
Segnalazione fine vita	ottica sul prodotto, a distanza (ottica/acustica) con accessorio OVR/SIGN			
Morsetti F/N [mm ²]	16 (flessibili) 25 (rigidi)			
Terra [mm ²]	35 (flessibili) 50 (rigidi)			
Temperatura di funzionamento [°C]	-20...+40			
Temperatura di stoccaggio [°C]	-40...+70			
Moduli da 17,5 [n°]	4	2	4	2
Norme	NFC 61-740 (ed.1995) IEC 1643-1			

La protezione contro le sovratensioni transitorie

Protezioni per linee elettriche PRINCIPALI trifasi e monofasi



Segnalazione fine vita OVR/365, OVR/165

Sul fronte dell'apparecchio si trova un indicatore che segnala lo stato di funzionamento dello scaricatore:

- scaricatore in funzione



- scaricatore in riserva (sostituire rapidamente). In questo momento le prestazioni elettriche degli OVR sono ridotte ed è possibile che, a causa di una sovratensione il dispositivo non possa svolgere a pieno la sua funzione di protezione



- scaricatore guasto, da sostituire immediatamente



Codice	Tipo	Descrizione
EA 881 1	OVR/365	protezione trifase 65 kA (4 moduli)
EA 878 7	OVR/165	protezione monofase 65 kA (2 moduli)
EA 880 3	OVR/340	protezione trifase 40 kA (4 moduli)
EA 877 9	OVR/140	protezione monofase 40 kA (2 moduli)

Segnalazione fine vita OVR/340, OVR/140

Sul fronte dell'apparecchio si trova un indicatore che segnala lo stato di funzionamento dello scaricatore:

- scaricatore in funzione



- scaricatore guasto, da sostituire immediatamente



La protezione contro le sovratensioni transitorie



Protezioni per linee elettriche DERIVATE trifasi e monofasi

Caratteristiche tecniche:		OVR/315	OVR/115
Tensione nominale U_n	[V]	230/400	230
Frequenza	[Hz]	50	50
Corr. transit. di scarica massima I_{max} (onda 8/20)	[kA]	15	15
Numero di scariche	[n°]	1	1
Corrente transit. di scarica nominale I_n (onda 8/20)	[kA]	5	5
Numero di scariche	[n°]	20	20
Protezione OVR – portafusibile – int. automatico curva C		10,3x38 da 25A da 10A	
Modo di protezione		F- \perp , N- \perp e F-N	
Tens. massima residua U_p	[kV]	1,2/1,8	1,2/1,8
Tempo di risposta	[ns]	≤ 25	≤ 25
Segnalazione fine vita		ottica sul prodotto, a distanza (ottica/acustica) con accessorio OVR/SIGN	
Morsetti F/N	[mm ²]	16 (flessibili) 25 (rigidi)	
Terra	[mm ²]	35 (flessibili) 50 (rigidi)	
Temperatura di funzionamento	[°C]	-20...+40	
Temperatura di stoccaggio	[°C]	-40...+70	
Moduli da 17,5	[n°]	4	2
Norme		NFC 61-740 (ed.1995) IEC 1643-1	

Codice	Tipo	Descrizione
EA 877 9	OVR/315	protezione trifase 40 kA (4 moduli)
EA 876 1	OVR/115	protezione monofase 40 kA (2 moduli)

Segnalazione fine vita OVR/315, OVR/115

Sul fronte dell'apparecchio si trova un indicatore che segnala lo stato di funzionamento dello scaricatore:

– scaricatore in funzione



– scaricatore guasto, da sostituire subito



La protezione contro le sovratensioni transitorie



Protezioni per linee TELEFONICHE e TRASMISSIONE DATI

Caratteristiche tecniche:	
	OVR/TEL
Tensione nominale U_n [V]	da 48 c.c. a 200 c.c.
Corrente transitoria di scarica massima I_{max} (onda 8/20) [kA]	10
Numero di scariche [n°]	1
Corrente transit. di scarica I_n [kA]	5
Numero di scariche [n°]	10
Tens. massima residua U_p [kV]	0,3
Tempo di risposta [ns]	≤ 25
Segnalazione fine vita	ottica sul prodotto, (ottica/acustica) con accessorio OVR/SIGN
Morsetti [mm ²]	da 0,5 a 2,5
Temperatura di funzionamento [°C]	-20...+40
Temperatura di stoccaggio [°C]	-40...+70
Moduli da 17,5 [n°]	1
Norme	NFC 61-740 (ed.1995) IEC 1643-1

Codice	Tipo	Descrizione
EA 882 9	OVR/TEL	protezione per telefonia e trasmissione dati da 48 V cc fino a 200 V cc 10 kA (1 modulo)

Segnalazione fine vita OVR/TEL

Sul fronte dell'apparecchio si trova un indicatore che segnala lo stato di funzionamento dello scaricatore:

- scaricatore in funzione



- scaricatore guasto, da sostituire immediatamente



La protezione contro le sovratensioni transitorie

18.8 Scaricatori a cartucce estraibili

Gli scaricatori estraibili OVR/...P hanno lo stesso principio di funzionamento e gli stessi criteri di scelta degli scaricatori monoblocco ma, sono composti da una basetta, una cartuccia di neutro e una o più cartucce di fase: oggi è dunque possibile sostituire, una volta giunta a fine vita, solo la o le cartucce effettivamente esaurite.

I tempi di installazione sono quindi molto ridotti in quanto non è necessario scablare/ricablare l'apparecchio. Inoltre risultano migliorate le prestazioni tecniche: l'Up degli OVR/...P è ancora più bassa garantendo così una più ampia protezione per le utenze.

Le soluzioni offerte in versione a cartucce estraibili sono:

- 1) protezione per linee elettriche principali;
- 2) protezione per linee elettriche derivate.

Cambiano le cartucce, aumentano i vantaggi.

La fine vita della protezione può essere segnalata come segue:

- sul prodotto grazie ad un indicatore, presente su tutti gli apparecchi, che ne segnala lo stato;
- a distanza tramite accessorio OVR/SIGN, abbinabile sia agli scaricatori in versione monoblocco che in versione estraibile (controllo fino a 15 moduli)
- a distanza tramite contatto di segnalazione incorporato nelle basette. Infatti sono disponibili due tipi di basi porta cartucce, una unipolare + neutro (OVR/BASE1N) e una tripolare + neutro (OVR/BASE3N) equipaggiate con contatto di segnalazione che permette di attivare a distanza un allarme ottico o acustico conseguente alla fine vita di una o più cartucce. In questo caso il prodotto finito viene composto dall'installatore abbinando opportunamente base e cartucce.

La protezione contro le sovratensioni transitorie



Protezioni per linee elettriche PRINCIPALI trifasi e monofasi

Caratteristiche tecniche:

	OVR/365P	OVR/165P	OVR/340P	OVR/140P
Tensione nominale U_n [V]	230/400	230	230/400	230
Frequenza [Hz]	50	50	50	50
Corrente transitoria di scarica				
I_{max} (onda 8/20) [kA]	65	65	40	40
Numero di scariche [n°]	1	1	1	1
Corrente transitoria di scarica				
I_n (onda 8/20) [kA]	20	20	15	15
Numero di scariche [n°]	20	20	20	20
Protezione OVR/...P - portafusibile - int. automatico curva C	22x58-80A da 25A	22x58-80A da 25A	14x51-50A 10-25A	14x51-50A 10-25A
Modo di protezione	F - $\frac{1}{2}$ e N - $\frac{1}{2}$	F - $\frac{1}{2}$ e N - $\frac{1}{2}$	F- $\frac{1}{2}$, N- $\frac{1}{2}$, F- N	F- $\frac{1}{2}$, N- $\frac{1}{2}$, F- N
Tensione massima residua U_p [KV]	1,5	1,5	1,2	1,2
Tempo di risposta [ns]	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25
Segnalazione fine vita		- ottica sul prodotto - a distanza con accessorio OVR/SIGN o con BASE3N -1N		
Morsetti - F/N [mm ²] - Terra [mm ²]		16 (fless.) 25 (rigidi) 35 (fless.) 50 (rigidi)		
Temperatura di funzionamento [°C]		- 20 ... +40		
Temperatura di stoccaggio [°C]		- 40 ... +70		
Moduli da 17,5 mm [n°]	4	2	4	2
Norme	NFC 61.740 (ed. 1995) / IEC 1643-1			

Codice	Tipo	Descrizione	
EA 841 5	OVR/365P	Protezione trifase a cartucce estraibili	65 kA (4 moduli)
EA 840 7	OVR/165P	Protezione monofase a cartucce estraibili	65 kA (2 moduli)
EA 833 9	OVR/340P	Protezione trifase a cartucce estraibili	40 kA (4 moduli)
EA 838 1	OVR/140P	Protezione monofase a cartucce estraibili	40 kA (2 moduli)

N.B.: Questi codici sono forniti già completi di cartucce.

La protezione contro le sovratensioni transitorie

Segnalazione fine vita OVR/365P, OVR/165P

Sul fronte dell'apparecchio si trova un indicatore che segnala lo stato di funzionamento dello scaricatore:

- scaricatore in funzione (indicatore bianco)



- scaricatore in riserva (sostituire rapidamente). In questo momento le prestazioni elettriche degli OVR sono ridotte ed è possibile che, a causa di una sovratensione, il dispositivo non possa svolgere a pieno la sua funzione di protezione



- scaricatore guasto, da sostituire immediatamente (indicatore rosso)



Segnalazione fine vita OVR/340P, OVR/140P

Sul fronte dell'apparecchio si trova un indicatore che segnala lo stato di funzionamento dello scaricatore:

- scaricatore in funzione (indicatore bianco)



- scaricatore guasto, da sostituire immediatamente (indicatore rosso)



La protezione contro le sovratensioni transitorie



Protezioni per linee elettriche DERIVATE trifasi e monofasi

Caratteristiche tecniche:		OVR/315P	OVR/115P
Tensione nominale Un	[V]	230/400	230
Frequenza	[Hz]	50	50
Corrente transitoria di scarica			
Imax (onda 8/20)	[kA]	15	15
Numero di scariche	[n°]	1	1
Corrente transitoria di scarica			
In (onda 8/20)	[kA]	5	5
Numero di scariche	[n°]	20	20
Protezione OVR/...P portafusibile - int. automatico curva C		10,3x38-25A da 10A	
Modo di protezione		F- $\frac{1}{2}$, N- $\frac{1}{2}$, F- N	F- $\frac{1}{2}$, N- $\frac{1}{2}$, F- N
Tensione massima residua Up	[KV]	1,2	1,2
Tempo di risposta	[ns]	≤25	≤ 25
Segnalazione fine vita		- ottica sul prodotto a distanza con - accessorio OVR/SIGN o con BASE1N	
Morsetti - F/N	[mm ²]	16 (fless.) 25 (rigidi)	
- Terra	[mm ²]	35 (fless.) 50 (rigidi)	
Temperatura di funzionamento	[°C]	- 20 ... +40	
Temperatura di stoccaggio	[°C]	- 40 ... +70	
Moduli da 17,5 mm	[n°]	4	2
Norme		NFC 61.740 (ed. 1995) IEC 1643-1	

Codice	Tipo	Descrizione
EA 837 3	OVR/315P	Protezione trifase a cartucce estraibili 15 kA (4 moduli)
EA 836 5	OVR/115P	Protezione monofase a cartucce estraibili 15 kA (2 moduli)

N.B.: Questi codici sono forniti già completi di cartucce.

Segnalazione fine vita OVR/315P, OVR/115P

Sul fronte dell'apparecchio si trova un indicatore che segnala lo stato di funzionamento dello scaricatore:

- scaricatore in funzione (indicatore bianco)



- scaricatore guasto, da sostituire immediatamente (indicatore rosso)



La protezione contro le sovratensioni transitorie

18.9 Accessori per versioni a cartucce estraibili

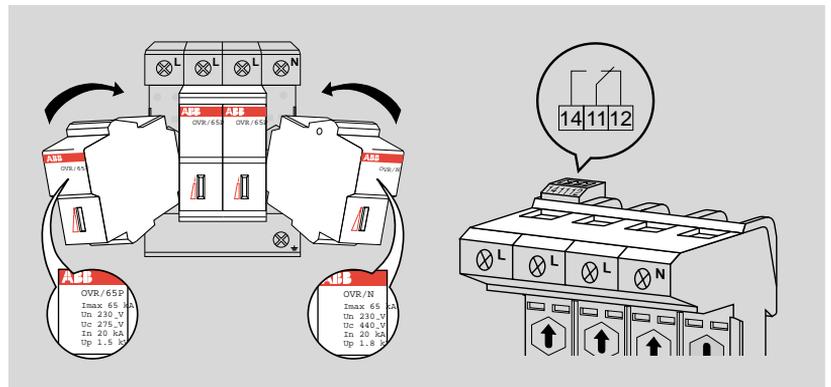


Le cartucce possono essere utilizzate come parti di ricambio per gli OVR/...P, oppure, opportunamente combinate alle basi OVR/BASE..., consentono di comporre uno scaricatore a cartucce estraibili completo di contatto di segnalazione incorporato.

Esempio: assemblando un OVR/BASE1N a un OVR/40P e a un OVR/N (cartuccia di fase 40 kA e cartuccia di neutro) si realizza uno scaricatore monofase da 40 kA completo di segnalazione a distanza incorporata che, per questo motivo, si differenzia dal corrispondente tipo OVR/140P.

L'operazione di sostituzione delle cartucce esaurite risulta particolarmente sicura:

- 1) la sostituzione della cartuccia richiede l'apertura del portello interno del quadro elettrico (personale qualificato);
- 2) in fase di estrazione i contatti in tensione non sono accessibili, grazie ad una paretina plastica laterale sulla cartuccia;
- 3) non è possibile scambiare una cartuccia di fase con una di neutro e viceversa, grazie ad un esclusivo sistema meccanico "a frecce" poste sulla base.



Segnalazione fine vita con basette BASE1N e BASE3N

Le basette BASE1N e BASE3N sono dotate di contatto ausiliario di segnalazione a distanza di fine vita del prodotto che consente, attraverso un contatto in commutazione, di attivare un allarme, ottico o acustico, a distanza conseguente alla fine vita di una o più cartucce su di essa installate.

Permane l'indicazione locale (indicatore bianco/rosso) sulla cartuccia.

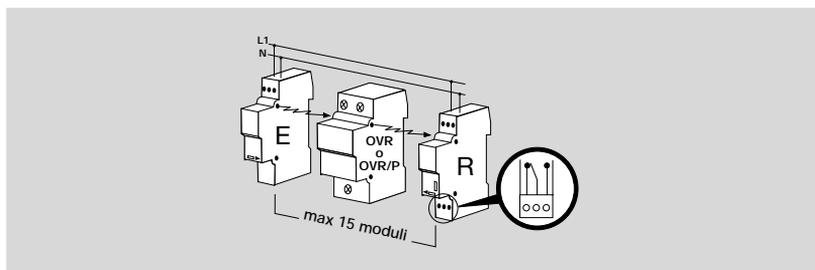
Codice	Tipo	Descrizione
Basi porta cartucce		
EA 858 9	OVR/BASE1N	base unipolare + neutro con contatti di segnalazione incorporata (per cartucce OVR/15P, OVR/40P, OVR/65P e OVR/N)
EA 859 7	OVR/BASE3N	base tripolare + neutro con contatti di segnalazione incorporata (per cartucce OVR/15P, OVR/40P, OVR/65P e OVR/N)
Cartucce		
EA 860 5	OVR/15P	cartuccia di fase 40 kA
EA 861 3	OVR/40P	cartuccia di fase 40 kA
EA 862 1	OVR/65P	cartuccia di fase 65 kA
EA 863 9	OVR/N	cartuccia di neutro 15 - 40- 65 kA

La protezione contro le sovratensioni transitorie



18.10 Segnalazione dello stato di funzionamento

OVR/SIGN è un accessorio complementare agli scaricatori OVR che consente la segnalazione dello stato di funzionamento (normale funzionamento o eventuale allarme locale/distanza) di uno o più scaricatori OVR, fino ad un massimo di 15 moduli. Questo accessorio si compone di 2 moduli: il modulo emettitore E, che deve essere installato a sinistra degli apparecchi da controllare, ed il modulo ricevitore R installato a destra. Quest'ultimo consente (con il contatto in commutazione) di attivare un eventuale allarme ottico o acustico a distanza qualora uno degli OVR sia guasto.

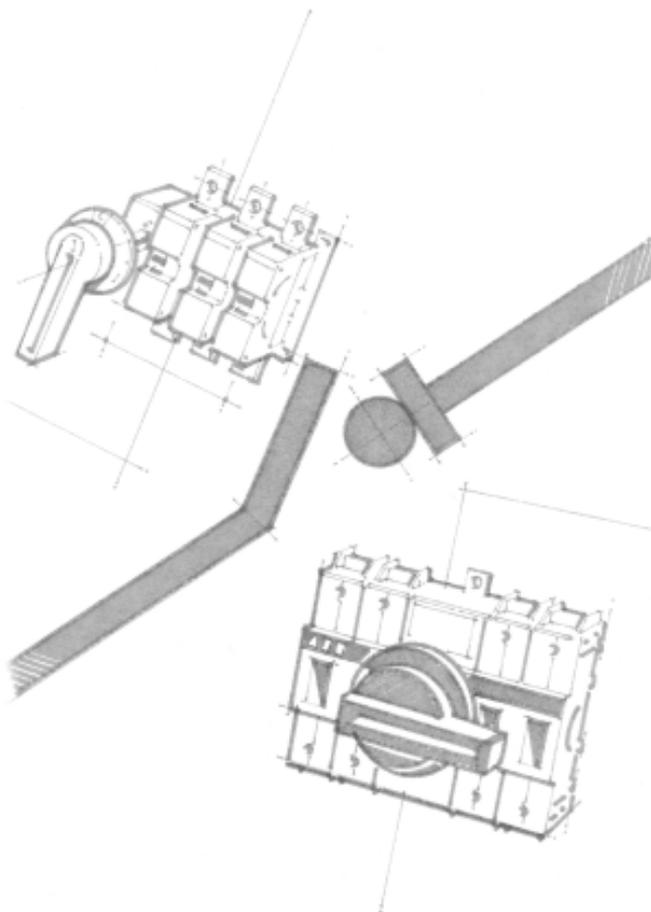


Caratteristiche tecniche:

		OVR/SIGN
Tensione nominale U_N	[V]	230 c.a.
Portata del contatto	[A]	5 (resistivi)
Tensione di isolamento tra contatto e contatto	[kV]	1
Tensione di isolamento tra contatto e bobina	[kV]	2,5
Contatto		NC 2-4 / NA 4-6
Morsetti	[mm ²]	2,5 rigidi
Temperatura di funzionamento	[°C]	-20...+40
Temperatura di stoccaggio	[°C]	-40...+70
Moduli	[n°]	1+1

Codice	Tipo	Descrizione
EA 883 7	OVR/SIGN	accessorio per la segnalazione a distanza fine vita OVR (1+1 moduli)

19.1 Sezionamento (CEI 64-8/28-1)	19/2
19.2 Interruzione per manutenzione non elettrica (CEI 64-8/28-2)	19/6
19.3 Dispositivi per il "sezionamento" e per l'"interruzione per manutenzione non elettrica"	19/7



Sezionamento e interruzione per manutenzione non elettrica

19.1 Sezionamento (CEI 64-8/28-1)

Per sezionamento si intende la manovra che interrompe e isola elettricamente un circuito o un apparecchio utilizzatore dal resto dell'impianto. Esso è destinato a garantire la sicurezza del personale incaricato di eseguire lavori, riparazioni, localizzazione di guasti, sostituzione di apparecchi, su o in vicinanza di parti attive (pericolo di contatto diretto).

La Norma CEI 64-8 stabilisce le misure da adottare relative al sezionamento; in particolare:

- ogni circuito principale deve poter essere sezionato dall'alimentazione mediante un dispositivo generale adeguato e deve essere previsto anche un sezionamento parziale su ciascun singolo circuito (Fig. 19/1);

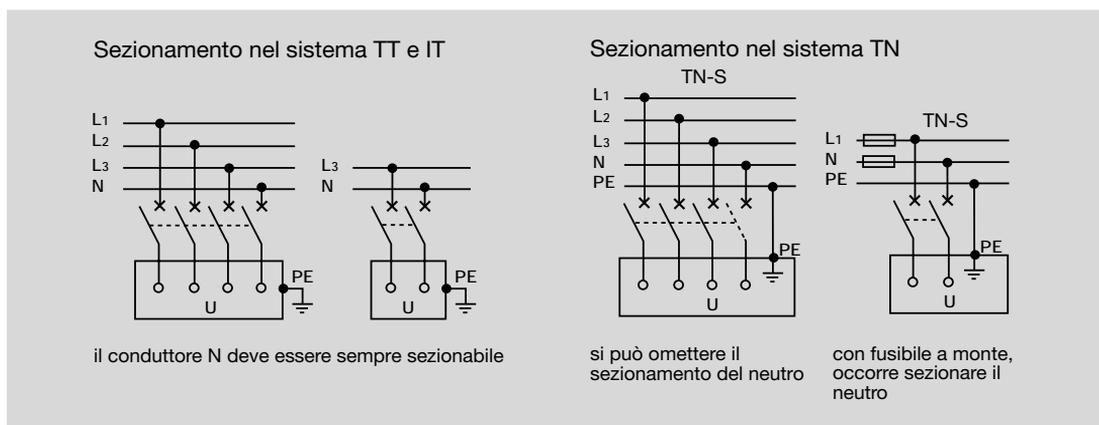


Fig. 19/1

- un dispositivo unico di sezionamento per più circuiti terminali è ammesso se le condizioni ed esigenze di servizio lo consentono;
- il sezionamento deve essere effettuato su tutte le possibili alimentazioni, interessanti la zona di lavoro, con particolare riferimento alle doppie alimentazioni e a quelle di riserva. In questo caso una scritta od altra segnalazione deve essere posta in posizione tale che qualsiasi persona che acceda alle parti attive sia avvertita della necessità di sezionare dette parti dalle diverse alimentazioni, salvo che non sia previsto un interblocco tale da assicurare che tutti i circuiti interessati siano sezionati;
- l'interruzione deve avvenire su tutti i conduttori attivi, neutro compreso (perché in caso di corto circuito fra fase e neutro, questo può andare in tensione, Fig. 19/2), fatta eccezione per il conduttore PEN nel sistema TN-C. Per i sistemi TN-S, non sono richiesti il sezionamento o l'interruzione del conduttore di neutro, salvo nei circuiti a due conduttori fase-neutro, quando tali circuiti abbiano a monte del sezionatore un dispositivo di interruzione unipolare sul neutro, ad esempio un fusibile (CEI 64-8/462.1 e 461.2) (Fig. 19/3). Difatti, la probabilità di intervento del dispositivo di protezione unipolare che interrompe il neutro (Fig. 19/3) o l'interruzione accidentale del neutro (Fig. 19/4), rappresentano un grosso rischio, non accettabile per chi esegue lavori sull'impianto, sezionato solamente sulla fase;

Sezionamento e interruzione per manutenzione non elettrica

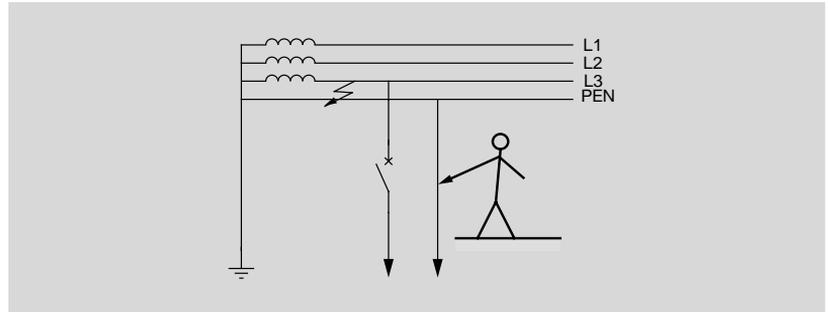


Fig. 19/2

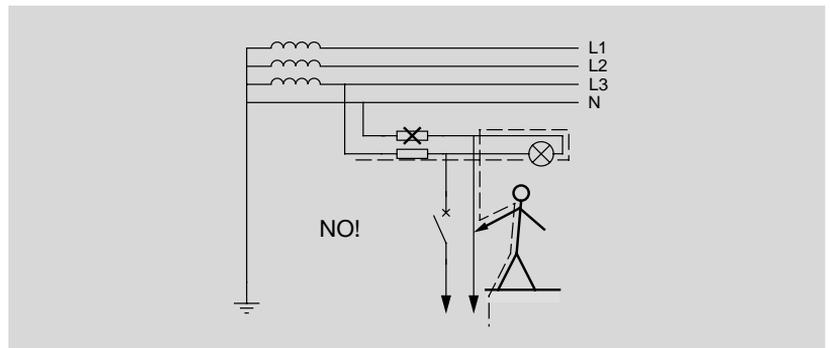


Fig. 19/3

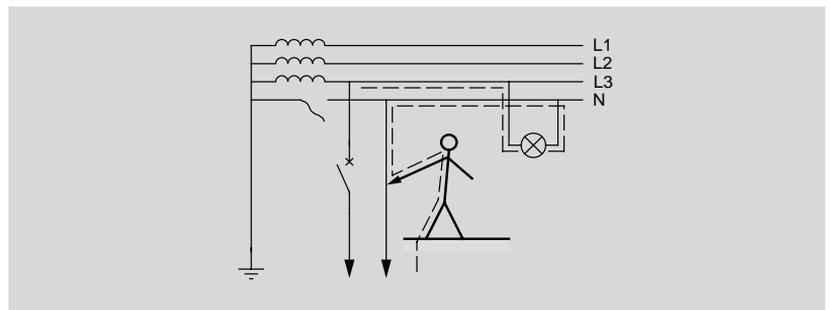
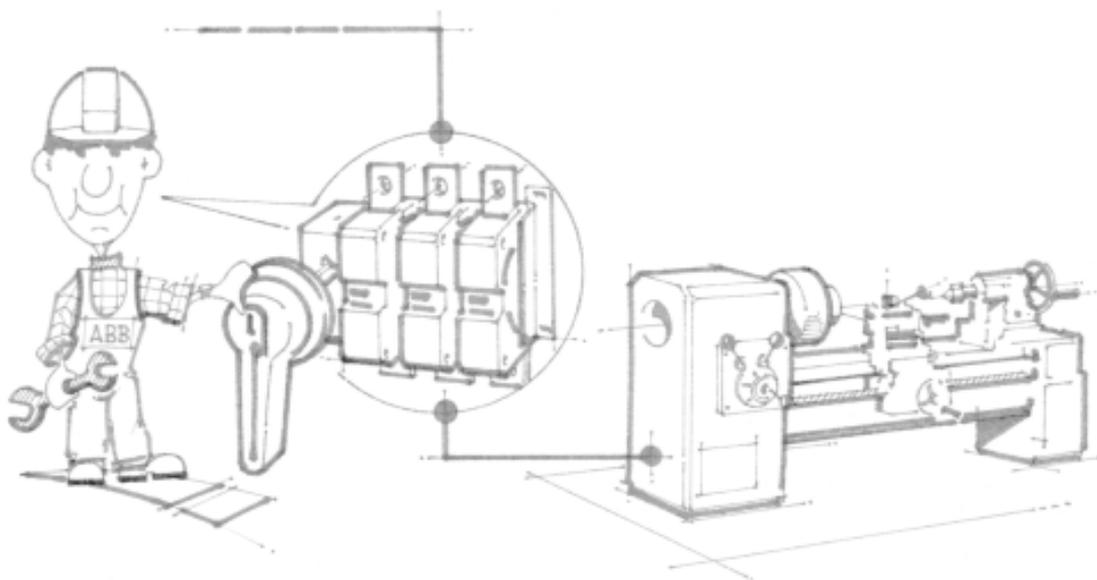


Fig. 19/4

Sezionamento e interruzione per manutenzione non elettrica

- i mezzi adottati per il sezionamento devono essere idonei per evitare che l'alimentazione possa essere ripristinata intempestivamente. Questo può essere realizzato impiegando uno o più dei seguenti metodi (CEI 64-8 462.2.):
 - blocco meccanico sul dispositivo di sezionamento (ad esempio tramite blocco a chiave o a lucchetto)⁽¹⁾;
 - scritte od altre opportune segnalazioni;
 - collocazione del dispositivo di sezionamento entro un locale o un involucro chiusi a chiave.



(1) Questi, secondo la necessità:

- impediscono la manovra di chiusura (o di apertura) del dispositivo di sezionamento;
- bloccano i dispositivi di tipo sezionabile in posizione di sezionato (o di inserito) o di solo sezionato in prova. Il blocco a chiave si realizza estraendo la chiave; per cui il dispositivo risulta manovrabile solo dalla persona che lo ha attivato.

Nel caso invece di blocco a lucchetto il blocco si realizza applicando uno o più lucchetti in apposite sedi previste dal costruttore sugli apparecchi. Il blocco a lucchetti multipli garantisce in particolare la sicurezza al personale quando, ad esempio, sull'impianto sono presenti due o più tecnici che si occupano rispettivamente della parte elettrica dell'impianto e meccanica e/o pneumatica. Ciascuno di essi ha la possibilità, mediante un proprio lucchetto, di garantirsi la posizione di aperto o di sezionato dell'apparecchio e quindi di operare con la massima sicurezza sull'impianto a valle. Il dispositivo potrà essere così richiuso, a lavori ultimati, solo dopo che ciascun tecnico avrà tolto il proprio lucchetto di blocco. Se non sono previsti per tale scopo occorre evitare aperture accidentali, cioè i dispositivi devono essere posti in luoghi o involucri chiusi a chiave oppure interbloccati con interruttore di manovra.

Sezionamento e interruzione per manutenzione non elettrica

Il sezionamento non sempre è sufficiente a garantire la protezione delle persone, in particolar modo nei casi seguenti in cui è necessario prendere anche altri provvedimenti:

- presenza di energia elettrica accumulata: caso di condensatori per i quali è indispensabile cortocircuitare gli stessi collegandoli a terra nel rispetto della Norma relativa;
- il sezionamento è effettuato lontano dal punto di lavoro ed esiste il pericolo di tensioni indotte (conduttori in parallelo ad altri mantenuti in servizio) oppure di scariche atmosferiche: è necessario procedere, anche se in bassa tensione, a cortocircuitare i conduttori e a collegarli a terra, in entrata sul luogo di lavoro;
- Il circuito è stato sezionato mediante un dispositivo che è lontano e fuori dal controllo dell'operatore
- sull'impianto sezionato operano più squadre di operatori distinte e non in comunicazione tra loro
- il circuito sezionato in **BT** alimenta o potrebbe alimentare una parte dell'installazione in **AT**: caso di un trasformatore sezionato sia sul lato **AT** che sul lato **BT** sulle cui sbarre rimangono inseriti altri trasformatori (Fig. 19/5).

Per evitare più gravi conseguenze, nel caso venisse a mancare il sezionamento sul lato **BT**, è opportuno cortocircuitare e mettere a terra su entrambi i lati i conduttori, o meglio ancora far sì che all'apertura e alla chiusura dell'interruttore lato **AT**, si apra e si chiuda, tramite asservimento, in modo automatico, anche quello lato **BT**.

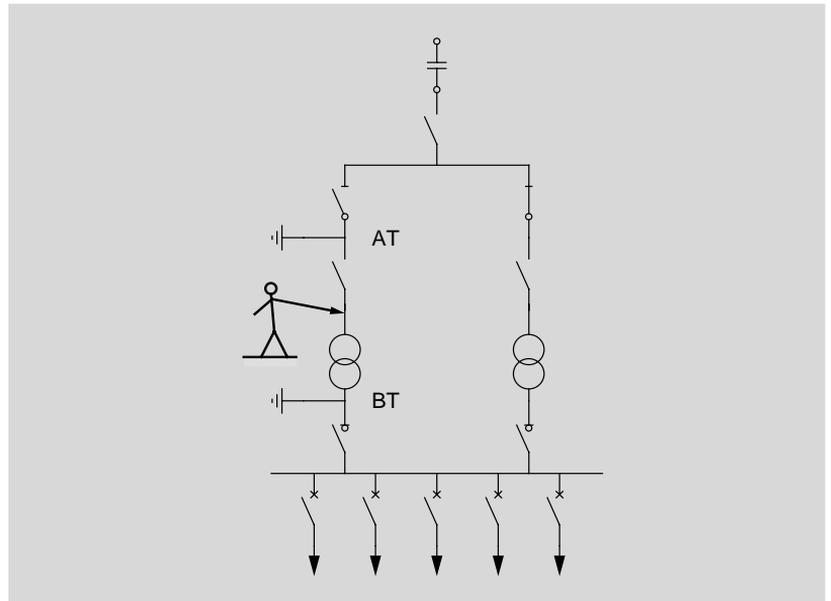


Fig. 19/5

Sezionamento e interruzione per manutenzione non elettrica

19.2 Interruzione per manutenzione non elettrica (CEI 64-8/28-2)

Per interruzione per manutenzione non elettrica, si intende la manovra destinata ad interrompere, in parte o totalmente, l'alimentazione elettrica di macchine o di altri apparecchi o parti di essi, avente lo scopo di prevenire pericoli diversi da quelli elettrici (di natura meccanica, chimica, termica ecc.) al personale incaricato di effettuare lavori di manutenzione non elettrica.

La Norma CEI 64-8 indica i provvedimenti da adottare in merito; in particolare:

- se la manutenzione non elettrica può implicare rischi per le persone, si devono prevedere dispositivi per l'interruzione dell'alimentazione;
- si deve evitare che l'alimentazione venga riattivata accidentalmente durante la manutenzione non elettrica. Ciò può essere evitato mediante l'adozione dei seguenti provvedimenti:
 - blocco meccanico sul dispositivo di interruzione;
 - scritte od opportune segnalazioni;
 - collocazione dei dispositivi di interruzione entro un locale o involucro, chiusi a chiave.

Esempi dove è richiesta l'interruzione per motivi non elettrici sono:

- gru
- ascensori e montacarichi
- scale mobili
- trasportatori
- macchine utensili
- macchine tessili
- rotative
- pompe
- convogliatori
- sistemi di riscaldamento
- apparecchiature elettromagnetiche.

Sezionamento e interruzione per manutenzione non elettrica

19.3 Dispositivi per il “sezionamento” e per l’“interruzione per manutenzione non elettrica”

a) Sezionamento

I dispositivi per il sezionamento devono:

- interrompere in condizioni di pieno carico⁽¹⁾, con dispositivi multipolari, tutti i conduttori attivi;
- indicare in modo ben visibile la posizione di aperto utilizzando i simboli “O” (aperto) e “I” (chiuso);
- essere concepiti e installati in modo da impedire la loro chiusura accidentale.

Il sezionamento può essere ottenuto, ad esempio, a mezzo di:

- sezionatori (Fig. 19/6) (CEI 17-11)
- interruttori di manovra - sezionatori (multipolari) (Fig. 19/7) (CEI 17-11)
- interruttori automatici (con o senza fusibili) (Fig. 19/8) (CEI 17-11)
- sezionatori portafusibili (Fig. 19/9)
- barrette
- prese a spina (Fig. 19/10)
- morsetti speciali che non richiedono la rimozione di un conduttore.

b) Interruzione per manutenzione non elettrica

I dispositivi di interruzione per manutenzione non elettrica devono:

- essere inseriti preferibilmente sul circuito di alimentazione principale;
- essere attivati mediante azione manuale, compreso i loro ausiliari di comando;
- interrompere, se per questa funzione sono previsti interruttori, le correnti di pieno carico relative alla parte di impianto alimentata.

L’interruzione per manutenzione non elettrica può essere ottenuta, ad esempio, mediante:

- sezionatori (Fig. 19/6) (CEI 17-11)
- interruttori di manovra - sezionatori multipolari (Fig. 19/7) (CEI 17-11)
- interruttori automatici (con o senza fusibili) (Fig. 19/8) (CEI 17-11)
- ausiliari di comando di contattori
- prese a spina (Fig. 19/10).

(1) Se non sono previsti per tale scopo occorre evitare aperture accidentali, pertanto i dispositivi devono essere posti in luoghi o involucri chiusi a chiave, oppure interbloccati con interruttori di manovra.

Sezionamento e interruzione per manutenzione non elettrica

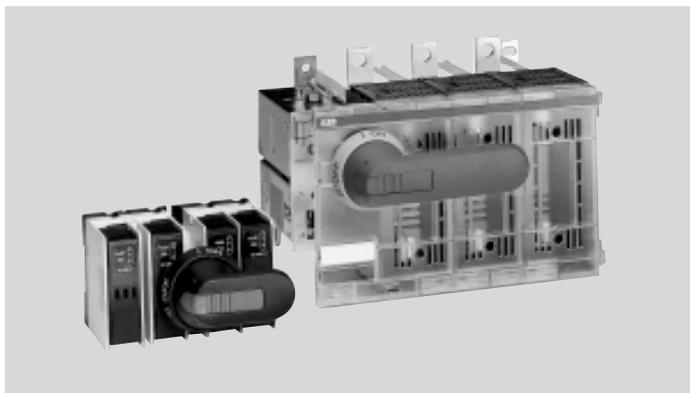


Fig. 19/6



Fig. 19/7



Fig. 19/8



Fig. 19/9

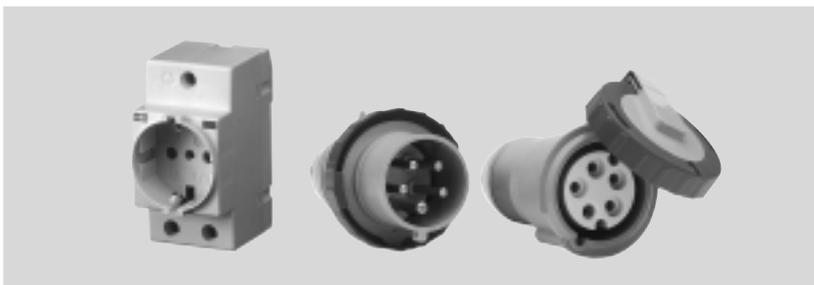
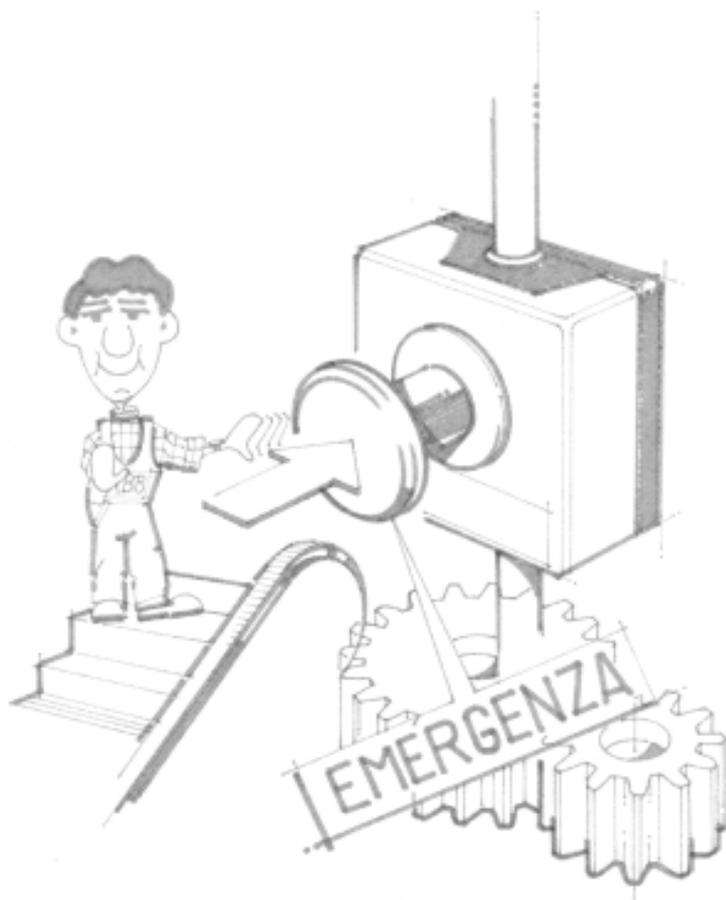


Fig. 19/10



20.1 Comando	20/2
20.2 Arresto di emergenza	20/4
20.3 Dispositivi per il comando e l'arresto di emergenza	20/4
20.4 Arresto d'emergenza con interruttori differenziali AE e DDA-AE	20/6



Comando funzionale d'emergenza

20.1 Comando

Il comando è quella funzione che permette all'operatore di intervenire volontariamente nei diversi punti dell'impianto elettrico, sia in condizioni di servizio ordinario che di emergenza.

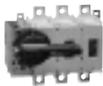
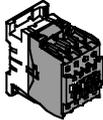
La Norma CEI 64-8/Cap. 28, definisce le varie funzioni di comando come segue:

a) Comando funzionale

Comando destinato alla chiusura, apertura o variazione dell'alimentazione di un componente elettrico o di una qualsiasi parte dell'impianto per il funzionamento ordinario.

La stessa Norma al Capitolo 46, articolo 465, stabilisce dove e quando prevedere un dispositivo di "comando funzionale"; in particolare:

- il dispositivo deve essere previsto e installato all'origine di ogni circuito che ha la necessità di essere comandato in modo indipendente dalle altre parti dell'impianto;
- il dispositivo può comandare più apparecchi che hanno la necessità di funzionare contemporaneamente;
- le prese a spina fino a 16 A possono essere usate come comando funzionale;
- i dispositivi intesi ad assicurare la commutazione dell'alimentazione da sorgenti diverse devono interrompere tutti i conduttori attivi e non devono consentire di porre in parallelo le alimentazioni suddette, a meno che l'impianto non sia progettato in modo specifico per queste condizioni.

Requisito	Sezionamento elettrico	Sezionamento non elettrico	Emergenza	Comando funzionale
			 Pulsante adatto alle operazioni di apertura di emergenza	
Interruttore onnipolare	N	C	N	F
Distanza sezionamento	N	F	C	F
Visibilità contatti	C	F	F	F
Affidabilità manovra	N	F	N	N
Accessibilità immediata	F	F	N	F
Manovra a carico	F	N	N	N

N= necessario

C= consigliato

F= facoltativo

Comando funzionale d'emergenza

I dispositivi idonei ad assicurare il comando funzionale sono:

- interruttori di manovra
- dispositivi a semiconduttori
- interruttori automatici
- contattori
- relé ausiliari
- prese a spina fino a 16 A.

b) Comando di emergenza

Comando che, tramite l'intervento manuale dell'operatore, interrompe rapidamente ed efficacemente l'alimentazione per eliminare pericoli inattesi relativi a componenti o impianti elettrici.

Il comando di emergenza può essere richiesto per esempio nei luoghi con pericolo di esplosione o di incendio o dove il rischio elettrico è più elevato, come nei laboratori di prova ecc.

I dispositivi per il comando di emergenza devono:

- interrompere tutti i conduttori attivi, quando esista pericolo di folgorazione, fatta eccezione per il conduttore PEN nel sistema TN-C;
- agire nel modo più diretto possibile per interrompere l'alimentazione, con una sola operazione;
- non provocare altri pericoli né interferire sul completamento dell'operazione in atto richiesta per eliminare il pericolo.



Fig. 20/1 – Anche il differenziale puro può essere usato come sezionatore, apparecchio di comando o di emergenza

Comando funzionale d'emergenza

20.2 Arresto di emergenza

Comando inteso ad arrestare movimenti pericolosi.

Quando i movimenti ottenuti tramite alimentazione elettrica possono essere pericolosi, occorre prevedere un dispositivo per l'arresto di emergenza che agisca nel modo più diretto nell'interrompere l'alimentazione.

Impianti dove possono essere richiesti arresti di emergenza, sono:

- scale mobili
- nastri trasportatori
- porte azionate elettricamente
- alcuni tipi di macchine utensili
- impianti di lavaggio auto.

(Per ascensori e montacarichi valgono, invece, le prescrizioni del DM 587/87, basate sulla Norma Europea CEI EN 81. A questo proposito si vedano le possibilità applicative dei differenziali ELETTRISTOP ABB, appositamente progettati per funzioni di arresto di emergenza in sicurezza positiva).

20.3 Dispositivi per il comando e l'arresto di emergenza

I dispositivi per il comando e l'arresto di emergenza possono essere ottenuti con:

- interruttori di manovra sul circuito principale
- pulsanti e simili dispositivi sul circuito di comando.

Essi possono agire sia in modo diretto, sia a distanza (tramite circuiti elettrici, trasmissioni meccaniche o pneumatiche, comandate con un'unica azione) e quelli per l'arresto di emergenza possono essere comuni a più circuiti; devono essere in grado di interrompere la corrente di pieno carico, compresa quella dei motori a rotore bloccato.

I dispositivi per il comando di emergenza devono assicurare l'interruzione del circuito principale e possono essere:

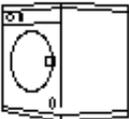
- a comando manuale diretto
- a comando elettrico a distanza (interruttori e contattori devono aprirsi per diseccitazione delle bobine o con altre tecniche a sicurezza positiva).

Le prese a spina non possono essere utilizzate per il comando di emergenza.

Gli organi di comando (maniglie, pulsanti ecc.) dei dispositivi di comando e di arresto di emergenza devono essere:

- facilmente riconoscibili, di preferenza mediante colore rosso su fondo di contrasto (ad esempio rosso su giallo Fig. 20/2)
- a portata di mano dell'operatore per un rapido intervento
- posti nelle immediate vicinanze di tutte quelle parti dell'impianto dove si presume possa insorgere un pericolo.

Comando funzionale d'emergenza

Apparecchio	Sezionamento elettrico	Sezionamento non elettrico	Emergenza	Comando funzionale
				
Sezionatore	SI	SI	NO	NO
Interruttore di manovra	SI	SI	SI	SI
Automatico	SI	SI	SI	SI
Estraibile/asportabile	SI	SI	SI	SI
Interruttore con fusibili	SI	SI	SI	SI
Pres a spina	SI	≥ 16 A	≥ 16 A	≥ 16 A
Solo fusibile	SI	NO	NO	NO

N= necessario C= consigliato F= facoltativo



Fig. 20/2 – Pulsante di emergenza

Comando funzionale d'emergenza

20.4 Arresto d'emergenza con interruttori differenziali AE e DDA-AE

Il differenziale AE (Fig. 20/4), associa alle protezioni fornite dai differenziali magnetotermici, la funzione di arresto di emergenza in sicurezza positiva per l'apertura a distanza.

In versione AE sono disponibili anche i blocchi differenziali della serie DDA - AE (Fig. 20/5).

Principio di funzionamento (Fig. 20/3)

Al normale trasformatore differenziale sono stati aggiunti due circuiti primari aggiuntivi, alimentati con la stessa tensione e dotati della stessa impedenza; in condizioni normali saranno pertanto percorsi dalla stessa corrente, ma, essendo avvolti con lo stesso numero di spire ed in senso opposto, i loro effetti si annullano e non producono nessun flusso risultante.

Uno di questi due avvolgimenti è inserito nel circuito di comando a distanza.

L'arresto di emergenza si ottiene interrompendo il passaggio di corrente in questo circuito.

Risulta pertanto evidente la sicurezza positiva: la rottura accidentale del circuito equivale all'azionamento di un pulsante di comando d'emergenza.

Vantaggi

Rispetto ai dispositivi comunemente utilizzati nei circuiti di emergenza, i blocchi DDA-AE offrono i seguenti vantaggi:

- sicurezza positiva
- assenza di scatti intempestivi in caso di diminuzione o interruzione momentanea della tensione di rete
- piena ed immediata funzionalità anche dopo lunghi periodi di messa in fuori servizio dell'impianto.

Impiego

L'applicazione dei blocchi DDA-AE è conforme a quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8 per tutte le necessità impiantistiche.

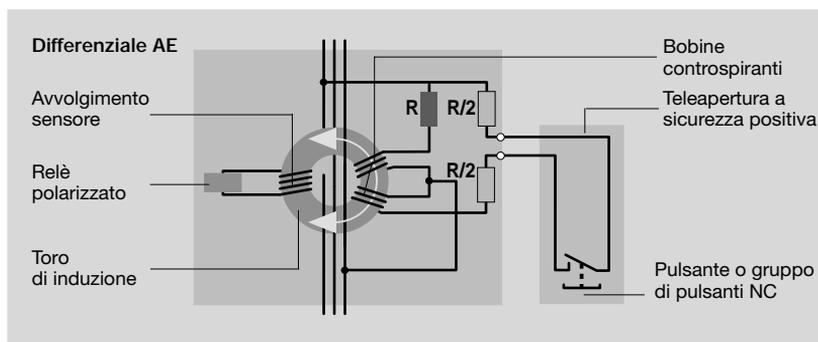


Fig. 20/3 – Circuiti interni del differenziale AE; non sono indicati i contatti di sgancio comandati dal relè polarizzato che rileva l'eventuale squilibrio del flusso

Comando funzionale d'emergenza

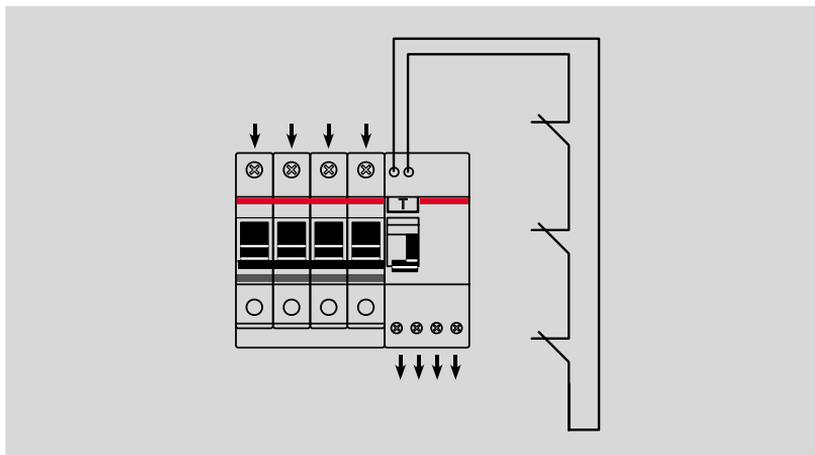


Fig. 20/4 – Il differenziale AE si distingue grazie ai due morsetti di collegamento della serie di pulsanti NC esterni dedicati allo sgancio d'emergenza

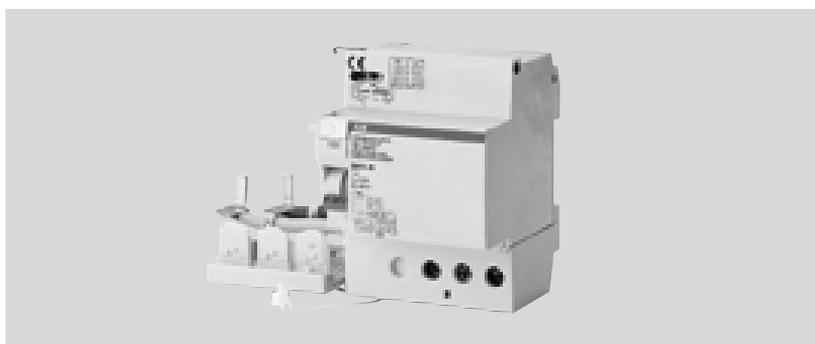
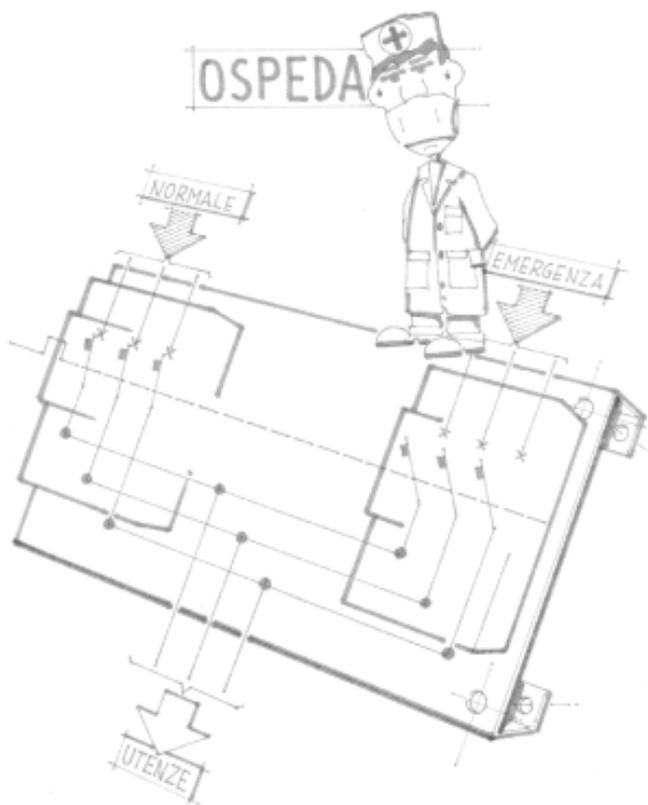


Fig. 20/5 – È disponibile anche il blocco differenziale separato con controllo AE accoppiabile ai relativi interruttori automatici

21.1 Le soluzioni ABB SACE	21/2
21.1.1 Dispositivi di blocco per gli interruttori automatici scatolati Isomax S	21/2
21.1.2 Dispositivi di blocco per gli interruttori automatici aperti SACE Emax	21/5
21.1.3 Interblocchi meccanici fra gli interruttori	21/6
21.2 Le soluzioni ABB	21/9



Blocchi e interblocchi meccanici

Per l'utilizzo degli interruttori, in campi d'impiego a volte particolarmente gravosi, è necessario equipaggiarli con accessori che li adeguino alle esigenze dell'impianto in cui andranno ad operare al fine di ottimizzare prestazioni e sicurezza. Tra gli accessori più usati vi sono i blocchi e gli interblocchi meccanici. I primi sono i dispositivi che generalmente vengono montati sul fronte dell'interruttore e ne impediscono la manovra; si tratta quasi sempre di dispositivi a chiave o a lucchetto, utili nelle operazioni di manutenzione ai fini della sicurezza del personale.

I dispositivi di interblocco invece garantiscono prefissate condizioni d'esercizio di taluni impianti: tipico è il caso dell'alimentazione di emergenza. In questi casi gli interruttori impegnati nella commutazione da alimentazione normale ad alimentazione di emergenza, devono poter essere interbloccati in modo da rispettare la logica di commutazione.

Nel seguito verrà mostrata l'ampia gamma di blocchi ed interblocchi offerti dagli interruttori della serie ABB SACE ed ABB.

21.1 Le soluzioni ABB SACE

21.1.1 Dispositivi di blocco per gli interruttori automatici scatolati Isomax S

Comando a maniglia rotante

Il comando a maniglia rotante (Fig. 21/1) agevola la manovra grazie all'impugnatura ergonomica. È sempre dotato di blocco a lucchetti in aperto che impedisce la chiusura dell'interruttore. L'asola del blocco può ricevere fino a 3 lucchetti - diametro dello stelo 6 mm.

A richiesta può essere corredato di blocco porta della cella o blocco a chiave in aperto.

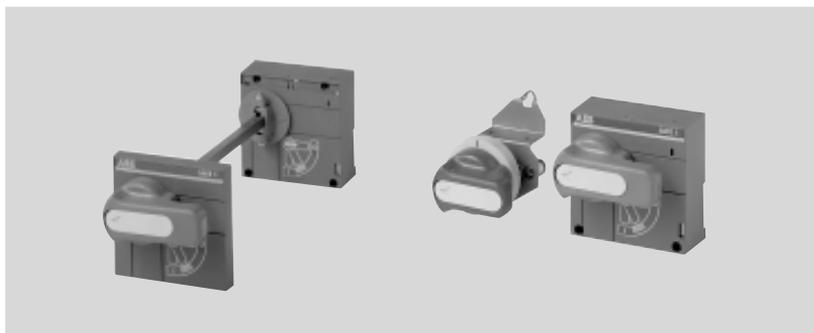


Fig. 21/1

Blocchi e interblocchi meccanici

Blocco a chiave in aperto (Fig. 21/2)

Permette di bloccare la manovra meccanica di chiusura dell'interruttore. Sono disponibili le versioni:

- blocco con chiave diversa per ogni interruttore
- blocco con chiave uguale per gruppi di interruttori.

Sono forniti blocchi diversi per comando a motore ad azione diretta, per comando a motore ad accumulo di energia, per maniglia rotante o frontale per comando a leva. Il blocco dell'interruttore in posizione di aperto assicura il sezionamento del circuito in conformità alla Norma IEC 947-2.

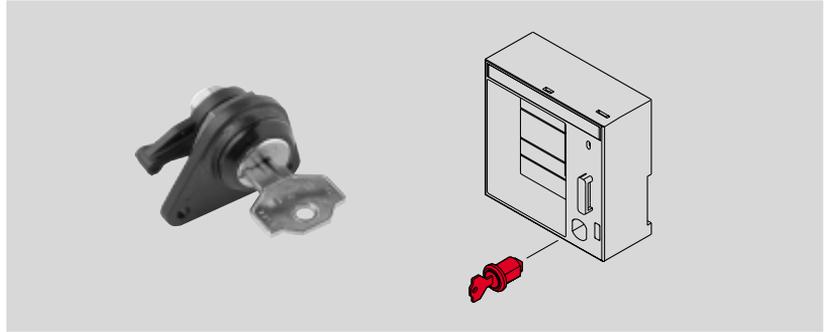


Fig. 21/2

Blocco a lucchetti per leva di manovra (Fig. 21/3)

Si applica al coperchio degli interruttori SACE S1-S2 per impedire il movimento della leva di manovra. Se attivato, l'interruttore rimane bloccato in aperto, garantendo il sezionamento del circuito in conformità alla Norma IEC 947-2.

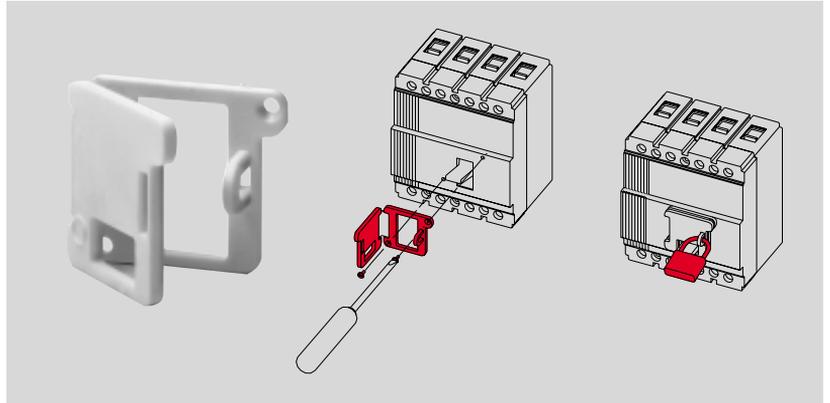


Fig. 21/3

Blocchi e interblocchi meccanici

Blocco porta della cella

Impedisce l'apertura della porta della cella ad interruttore chiuso. Può essere utilizzato con gli interruttori SACE S3, S4, S5, S6, S7 in esecuzione fissa, rimovibile o estraibile ed equipaggiati con comando a maniglia rotante o frontale per comando a leva. È costituito da due elementi: uno applicato al comando a maniglia rotante o al frontale per comando a leva, l'altro, costituito da un riscontro metallico (Fig. 21/4), da applicare sulla porta della cella. Per gli interruttori SACE S1-S2 è parte integrante del comando a maniglia rotante.

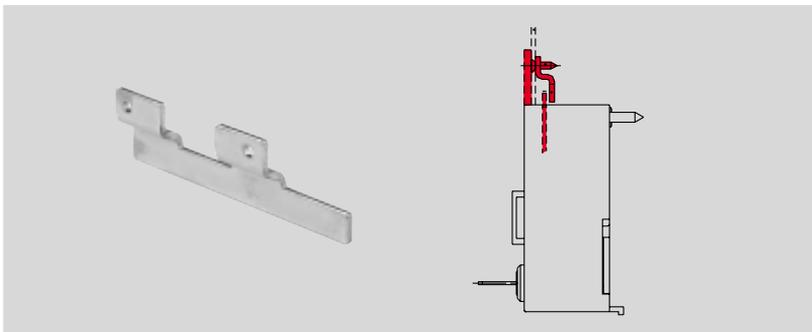


Fig. 21/4

Blocco antimanomissione (Fig. 21/5)

Si applica al coperchio degli interruttori SACE S2, S3 in corrispondenza del regolatore dell'elemento termico dello sganciatore termomagnetico e ne impedisce la manomissione.

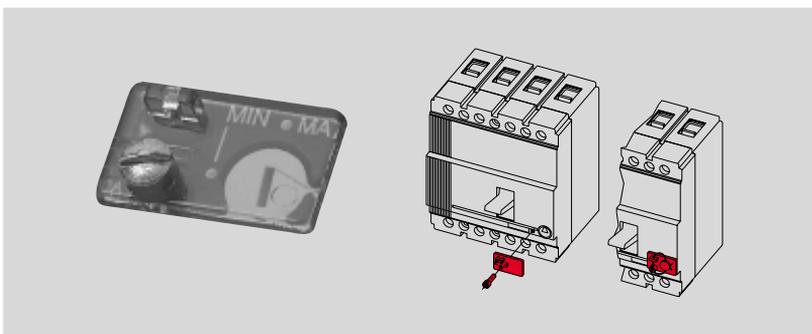


Fig. 21/5

Blocchi e interblocchi meccanici

21.1.2 Dispositivi di blocco per gli interruttori automatici aperti SACE Emax

Blocco in posizione di aperto

Sono disponibili differenti meccanismi che permettono di bloccare l'interruttore in posizione di aperto; questi dispositivi possono essere comandati da:

- chiave: una speciale serratura circolare (Fig. 21/6) con chiavi diverse (per un solo interruttore) o con chiavi uguali (per più interruttori). In quest'ultimo caso sono disponibili fino a quattro diverse numerazioni di chiavi;
- lucchetti: fino a 3 lucchetti Ø 4 mm.

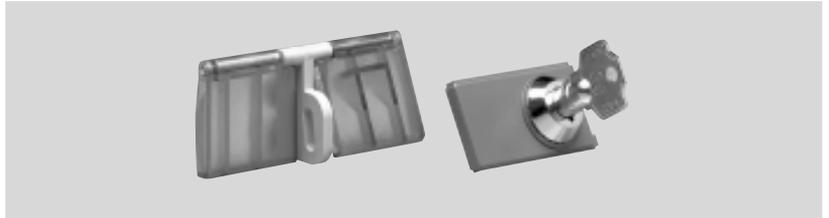


Fig. 21/6

Blocco interruttore in posizione inserito - sezionato prova - sezionato

Questo dispositivo (Fig. 21/7) può essere comandato da una speciale serratura circolare con chiavi diverse (per un solo interruttore) o con chiavi uguali (per più interruttori disponibili fino a quattro diverse numerazioni di chiavi) e da lucchetti (fino a 3 lucchetti Ø 4 mm) non forniti.

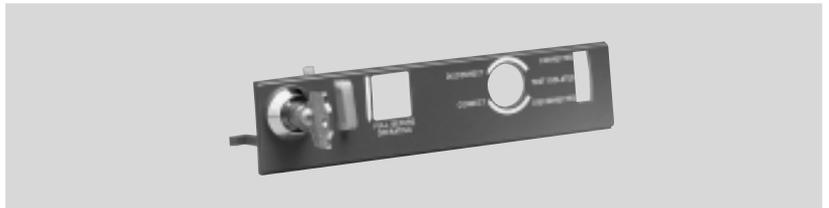


Fig. 21/7

Blocchi e interblocchi meccanici

Accessori per blocco in posizione sezionato - sezionato prova

In aggiunta al blocco interruttore in posizione inserito / sezionato / sezionato prova, permette il solo blocco nelle posizioni di sezionato o sezionato prova. Disponibile solo per interruttore in versione estraibile da installare sulla parte mobile.

Blocco antintroduzione per interruttori aventi calibri diversi

Disponibile solo per interruttore in versione estraibile, viene sempre fornito e permette l'inserimento della parte mobile di un interruttore nella sola parte fissa con caratteristiche elettriche analoghe.

Accessori per blocco lucchetti degli otturatori

Permettono di lucchettare gli otturatori (installati sulla parte fissa) in posizione di chiuso.

Disponibili solo per interruttori in versione estraibile da installare sulla parte fissa.

21.1.3 Interblocchi meccanici fra gli interruttori

Nel caso di interruttori in scatola isolante, il dispositivo di interblocco (Fig. 21/8) permette l'installazione di due interruttori su unico supporto e li rende, attraverso appositi leverismi, meccanicamente interdipendenti, impedendo il funzionamento in parallelo di due distinte sorgenti di alimentazione.

L'interblocco è disponibile in due versioni per interruttori affiancati e per interruttori sovrapposti.

Per gli interruttori di tipo aperto, l'innovativo sistema messo a punto per la serie SACE Emax consente l'interblocco di due o tre interruttori (anche di taglia diversa e in qualsiasi esecuzione fissa/estraibile) mediante cavo flessibile (Fig. 21/9). L'installazione degli interruttori può essere verticale oppure orizzontale.

Le tipologie di interblocchi disponibili sono riassunte nella Tabella 21/1.



Fig. 21/8

Blocchi e interblocchi meccanici

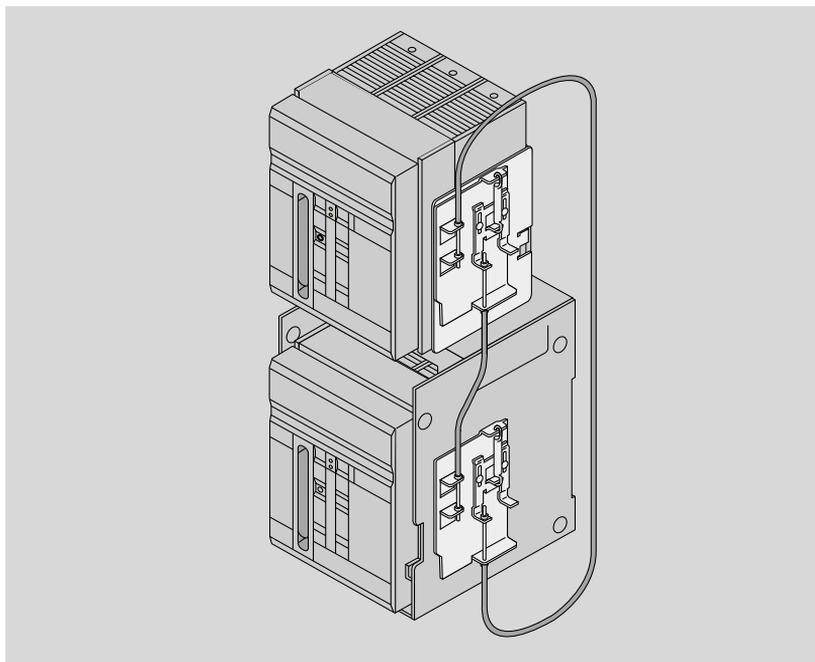


Fig. 21/9a – Interblocco tra due interruttori aperti in installazione verticale.

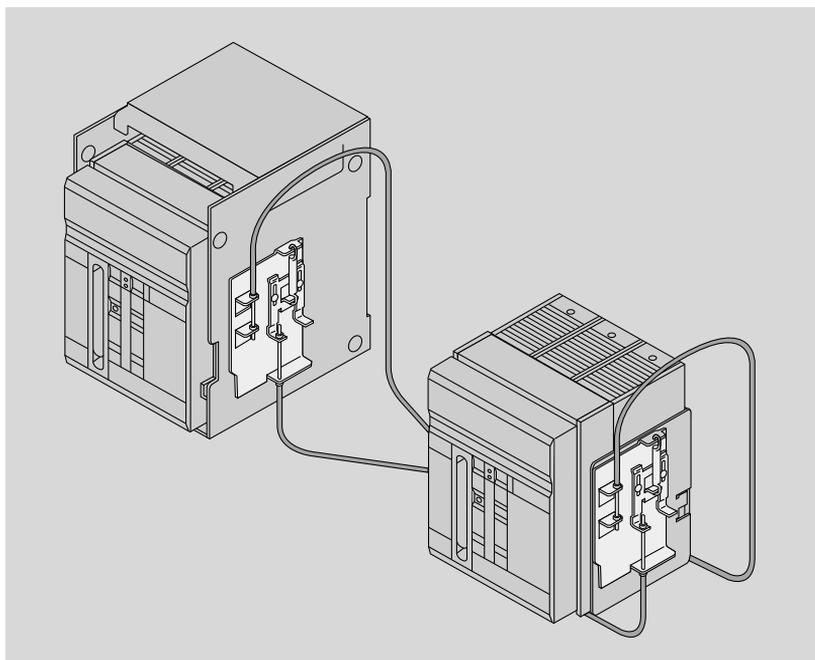
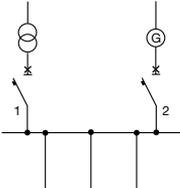
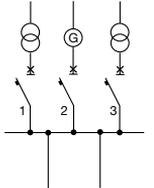
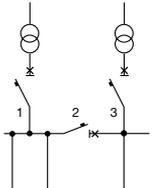
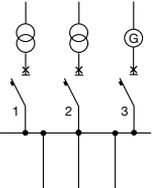


Fig. 21/9b – Interblocco tra due interruttori aperti in installazione orizzontale.

Blocchi e interblocchi meccanici

Tab. 21/1 – Tipologie di interblocchi disponibili in funzione del sistema di commutazione.

Tipo di interblocco	Schema tipico	Possibili interblocchi																								
<p>Tra due interruttori</p> <p>una alimentazione normale e una alimentazione di emergenza</p> <p>Tipo A</p>	 <p>O = Interruttore aperto I = Interruttore chiuso</p>	<p>L'interruttore 1 può essere chiuso solo se 2 è aperto o viceversa</p> <table border="1" data-bbox="998 456 1062 555"> <tr><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>O</td><td>O</td></tr> <tr><td>I</td><td>O</td></tr> <tr><td>O</td><td>I</td></tr> </table>	1	2	O	O	I	O	O	I																
1	2																									
O	O																									
I	O																									
O	I																									
<p>Tra tre interruttori</p> <p>due alimentazione normali e una alimentazione di emergenza</p> <p>Tipo B</p>	 <p>O = Interruttore aperto I = Interruttore chiuso</p>	<p>Gli interruttori T1 e T2 possono essere chiusi solo se A è aperto. A può essere chiuso solo se T1 e T2 sono aperti</p> <table border="1" data-bbox="985 743 1062 887"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>O</td><td>O</td><td>O</td></tr> <tr><td>I</td><td>O</td><td>O</td></tr> <tr><td>O</td><td>O</td><td>I</td></tr> <tr><td>I</td><td>O</td><td>I</td></tr> <tr><td>O</td><td>I</td><td>O</td></tr> </table>	1	2	3	O	O	O	I	O	O	O	O	I	I	O	I	O	I	O						
1	2	3																								
O	O	O																								
I	O	O																								
O	O	I																								
I	O	I																								
O	I	O																								
<p>Tra tre interruttori</p> <p>Le due semisbarre possono essere alimentate da un solo trasformatore (congiuntore chiuso) o contemporaneamente da entrambi (congiuntore aperto)</p> <p>Tipo C</p>	 <p>O = Interruttore aperto I = Interruttore chiuso</p>	<p>Possono essere chiusi contemporaneamente uno o due interruttori su tre.</p> <table border="1" data-bbox="985 1030 1062 1227"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>O</td><td>O</td><td>O</td></tr> <tr><td>I</td><td>O</td><td>O</td></tr> <tr><td>O</td><td>I</td><td>O</td></tr> <tr><td>O</td><td>O</td><td>I</td></tr> <tr><td>O</td><td>I</td><td>I</td></tr> <tr><td>I</td><td>I</td><td>O</td></tr> <tr><td>I</td><td>O</td><td>I</td></tr> </table>	1	2	3	O	O	O	I	O	O	O	I	O	O	O	I	O	I	I	I	I	O	I	O	I
1	2	3																								
O	O	O																								
I	O	O																								
O	I	O																								
O	O	I																								
O	I	I																								
I	I	O																								
I	O	I																								
<p>Tra tre interruttori</p> <p>Tre alimentazioni (generatori o trasformatori) sulla stessa sbarra, per le quali non sia consentito il funzionamento in parallelo</p> <p>Tipo D</p>	 <p>O = Interruttore aperto I = Interruttore chiuso</p>	<p>Può essere chiuso solo un interruttore su tre.</p> <table border="1" data-bbox="985 1370 1062 1496"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>O</td><td>O</td><td>O</td></tr> <tr><td>I</td><td>O</td><td>O</td></tr> <tr><td>O</td><td>I</td><td>O</td></tr> <tr><td>O</td><td>O</td><td>I</td></tr> </table>	1	2	3	O	O	O	I	O	O	O	I	O	O	O	I									
1	2	3																								
O	O	O																								
I	O	O																								
O	I	O																								
O	O	I																								

Blocchi e interblocchi meccanici

21.2 Le soluzioni ABB

Gli interruttori automatici modulari della vasta gamma System pro M possono essere accessoriati con:

- blocco per leva di commutazione;
- protezione coprivite che permette di isolare e piombare le viti dei morsetti rendendole inaccessibili ed elevando il grado di protezione a IP4X;
- basette estraibili (Fig. 21/10) per la rimozione facile e sicura dell'apparecchio;
- interblocco meccanico (Fig. 21/11) che provoca lo sgancio automatico dell'interruttore interessato quando viene aperto o rimosso il pannello o la portina del quadro elettrico. Lo sgancio è solo meccanico ed agisce sugli elementi di sgancio degli interruttori;
- interblocco meccanico con contatto di segnalazione. È un elemento ausiliario che, oltre ad eseguire le stesse funzioni del precedente interblocco, segnala lo sgancio tramite un apposito contatto.

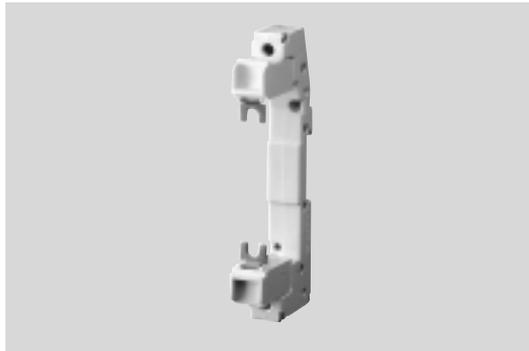


Fig. 21/10 - Basette estraibili

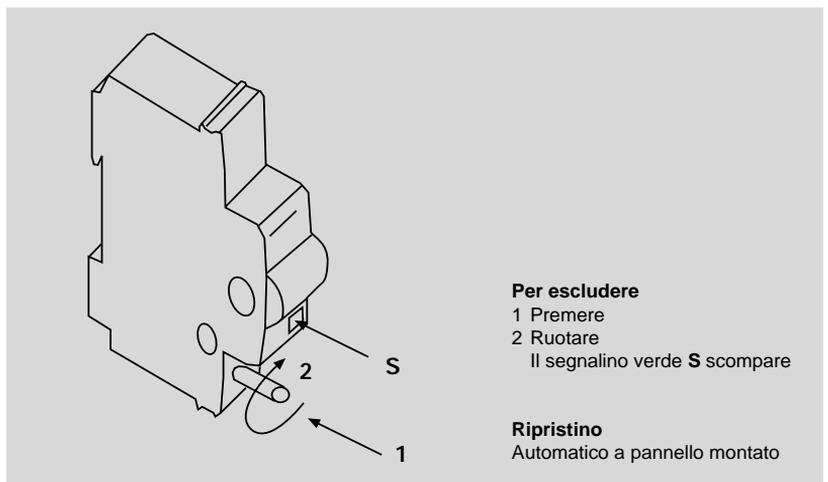
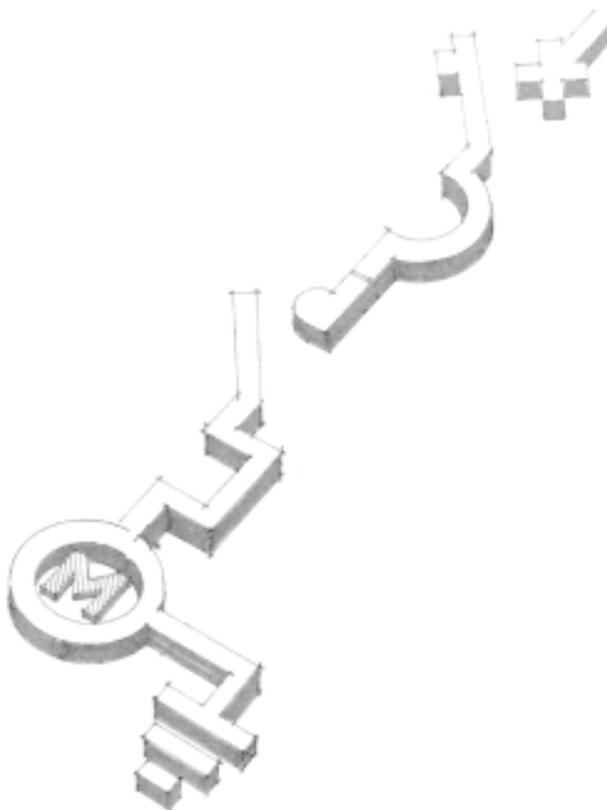


Fig. 21/11 - Modalità di inserzione e disinserione



22.1 Manovra	22/2
22.2 Protezione	22/4
22.3 Dispositivi di manovra e protezione	22/5
22.4 Tipi di coordinamento	22/12
22.5 Gli interruttori ABB SACE e i contattori ABB. Coordinamenti	22/13



Manovra e protezione del motore elettrico

22.1 Manovra

Per manovra si intende l'insieme delle operazioni di avviamento ed arresto del motore.

Nella manovra dei motori asincroni trifase⁽¹⁾ l'operazione di avviamento è da considerare con particolare attenzione in quanto durante tale fase la corrente assume l'andamento indicato in Fig. 22/1; andamento del quale bisogna tener conto nella scelta dei dispositivi di protezione onde evitare interventi intempestivi che impediscono l'avviamento del motore.

In un primo istante si verifica, per un tempo t_s , una corrente di picco I_p , detta corrente subtransitoria, seguita per un tempo t_a da una corrente transitoria simmetrica I_a , fino ad assumere il valore simmetrico della corrente nominale I_e del motore.

Il valore della I_p dipende sostanzialmente da due parametri:

- fattore di potenza del motore all'avviamento;
- istante di chiusura del circuito.

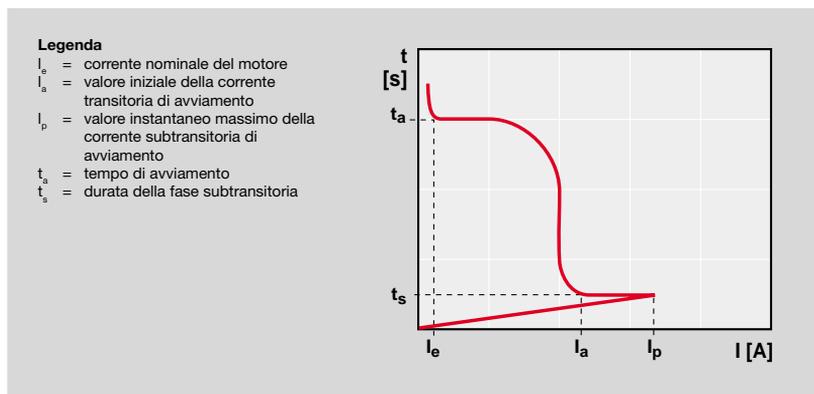


Fig. 22/1 – Curva tempo-corrente del motore durante l'avviamento diretto

(1) Esistono due categorie di motori asincroni trifase: con rotore a gabbia e con rotore avvolto. Dal punto di vista teorico i due motori non hanno differenze sostanziali; dal punto di vista costruttivo invece le differenze sono rilevanti. Nel motore con rotore a gabbia l'avvolgimento del rotore non è accessibile, mentre lo è nel motore con rotore avvolto, in quanto i terminali, tramite appositi anelli e spazzole possono essere portati all'esterno. In questo caso il collegamento del circuito rotorico ad un reostato esterno, consente la regolazione della resistenza rotorica, il che permette un avviamento più flessibile alle varie condizioni di carico.

Manovra e protezione del motore elettrico

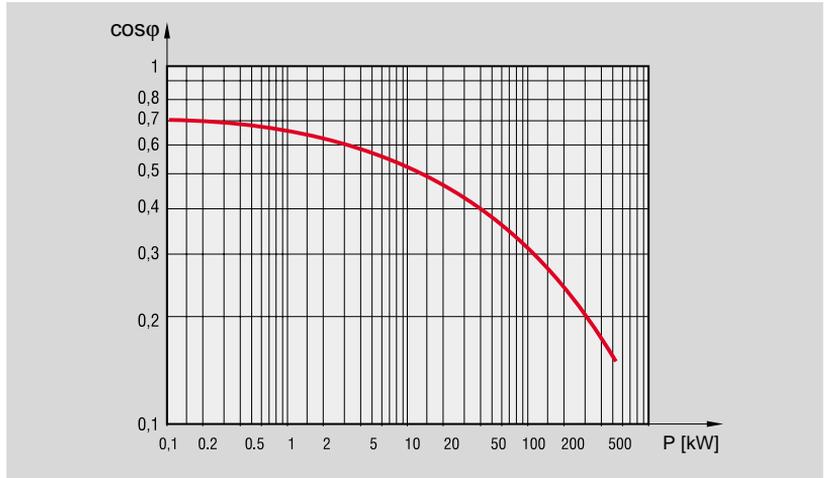


Fig. 22/2 – Fattore di potenza all'avviamento ($\cos \phi$) in funzione della potenza (P) nominale del motore

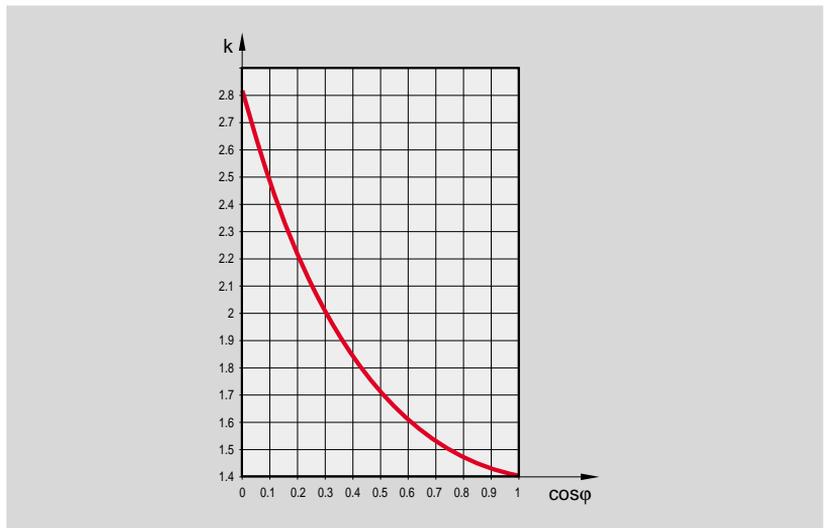


Fig. 22/3 – Coefficiente di moltiplicazione (k) della componente simmetrica per determinare la corrente di picco in funzione del fattore di potenza ($\cos \phi$)

Manovra e protezione del motore elettrico

Il fattore di potenza all'avviamento ($\cos \varphi$) è funzione della potenza del motore (P) e si può rilevare, in prima approssimazione, dal diagramma di moto Fig. 22/2. Definito il valore del $\cos \varphi$, dalla Fig. 22/3 si ricava il coefficiente k che, moltiplicato per la I_a (corrente simmetrica di avviamento), consente di determinare la I_p (massima corrente di picco subtransitoria di avviamento), cioè:

$$I_p = k \cdot I_a$$

Indicativamente la I_p può raggiungere valori fino a 15-20 volte la corrente I_e nominale del motore (in valore efficace), mentre I_a può assumere valori diversi a seconda del tipo di motore, del costruttore ecc. e può variare da 6 a 10 volte la I_e .

22.2 Protezione

La protezione dei motori elettrici, con particolare riferimento al motore asincrono trifase il cui impiego, in virtù della sua semplicità e robustezza, è largamente diffuso in tutto il mondo (sia per piccole che per grandi potenze), è di fondamentale importanza per la sicurezza delle persone e dei beni, nonché sotto il profilo economico.

I guasti che si presentano sui motori elettrici sono, nella maggioranza dei casi, dovuti a condizioni di sovraccarico e di cortocircuito i cui effetti termici (aumento eccessivo della temperatura) e elettrodinamici (sollecitazioni dinamiche e vibrazioni) possono danneggiare irrimediabilmente il motore stesso e/o coinvolgere l'ambiente circostante, con conseguente innesco d'incendio.

a) Sovraccarico

Il sovraccarico può essere dovuto alle seguenti particolari condizioni di funzionamento:

- marcia monofase
- eccessiva coppia resistente
- frequenza di manovra molto elevata
- tentativo di avviamento a rotore bloccato
- blocco del motore durante l'esercizio
- errori di avviamento.

b) Corto circuito

Il corto circuito può essere dovuto alle seguenti particolari condizioni che possono provocare guasti al motore o al circuito di alimentazione:

- cedimento dell'isolamento degli avvolgimenti del motore
- guasto ai conduttori di alimentazione (cedimento del dielettrico)
- accidentale contatto di corpi estranei con le parti attive.

22.3 Dispositivi di manovra e protezione

Per un corretto ed affidabile funzionamento del motore è necessario effettuare una scelta qualificata dei vari dispositivi di manovra e di protezione ed attenersi a precisi criteri installativi, come quelli proposti nel seguente capitolo che, dedotti da prove sperimentali, garantiscono la sicurezza degli impianti e delle persone. Il dispositivo che assolve pienamente la funzione di protezione contro il corto circuito e talvolta anche a quella di manovra, è l'interruttore automatico.

L'impiego di interruttori in scatola isolante è adottabile per motori di potenza inferiore a 400 kW con qualunque tipo di avviamento.

Per potenze superiori, fino a 630 kW, la soluzione più usata è quella dell'avviamento diretto con l'impiego di interruttori automatici di tipo aperto.

Per potenze superiori a 630 kW si preferisce normalmente alimentare i motori in media tensione.

Nelle Figg. 22/4, 22/6, 22/7 sono rappresentati gli schemi unifilare di tre possibili tipi di protezione e manovra diretta dei motori con l'impiego dell'interruttore automatico equipaggiato di sganciatore differenziale per la protezione di guasti verso massa. Dette soluzioni circuitali vengono descritte nei successivi punti: a), b), c).

a) Schema A - Avviamento con interruttore-avviatore - Fig. 22/4

L'interruttore solo magnetico effettua la protezione contro il corto circuito del circuito a valle; cioè: cavo, avviatore (contattore + relè termico) e motore.

Lo sganciatore termico dell'avviatore protegge il circuito ed il motore contro i sovraccarichi.

La manovra del motore è effettuata dal contattore.

Questa soluzione è tipica negli impianti in cui occorre effettuare un elevato numero di manovre (compito svolto dal contattore).

L'interruttore deve essere posto sempre a monte dell'avviatore e deve avere un potere di interruzione non inferiore al valore della corrente di corto circuito che si ha nel punto in cui è installato.

L'avviatore (contattore + relè termico) deve:

- garantire le prestazioni richieste dalla relativa categoria di impiego, cioè: AC2, AC3 e AC4 per la corrente alternata e DC3 e DC5 per la corrente continua, in accordo con la Norma IEC 947-4-1;
- sopportare le correnti di corto circuito per tutti i guasti che avvengono a valle dell'avviatore;
- interrompere, senza danni o alterazioni apprezzabili, una corrente non inferiore ai multipli della corrente nominale d'impiego (I_n) indicati nella Tab. 22/1. Essi rappresentano i valori limite di sovraccarico, in corrispondenza delle condizioni più gravose di apertura e di chiusura che il contattore deve garantire, previsti per le categorie d'impiego AC3 e AC4.

Correnti di valore più elevato devono essere interrotte dall'interruttore automatico.

Manovra e protezione del motore elettrico

b) Schema B - Avviamento con interruttore-contattore - Fig. 22/5

In alternativa all'avviamento interruttore-avviatore (schema "A"), si può realizzare l'avviamento del motore tramite l'impiego di interruttore-contattore dove:

- l'interruttore con sganciatore termomagnetico svolge la funzione di protezione contro i sovraccarichi ed il corto circuito;
- il contattore svolge unicamente la funzione di manovra.

I vantaggi di questa soluzione sono i seguenti:

- sganciatore termico incorporato nell'interruttore, già coordinato con lo sganciatore magnetico;
- facile coordinamento selettivo con gli interruttori automatici posti a monte;
- dimensioni d'ingombro inferiori a quella della soluzione interruttore-avviatore, per cui risulta particolarmente adatta per l'installazione nei cassettei dei quadri di controllo motori (MCC);
- il numero delle manovre può essere comunque elevato.

c) Schema C - Avviamento con solo interruttore automatico - Fig. 22/6

In questo tipo di avviamento l'interruttore automatico svolge il duplice ruolo del dispositivo di manovra e di protezione, senza l'ausilio del contattore.

Questa soluzione, peraltro molto economica, trova impiego quando non sono richieste frequenti manovre; inoltre grazie alle sue compatte dimensioni si adatta in modo particolare in impianti i cui spazi disponibili sono molto limitati. In questi casi spesso vengono utilizzati interruttori muniti di comando a distanza.

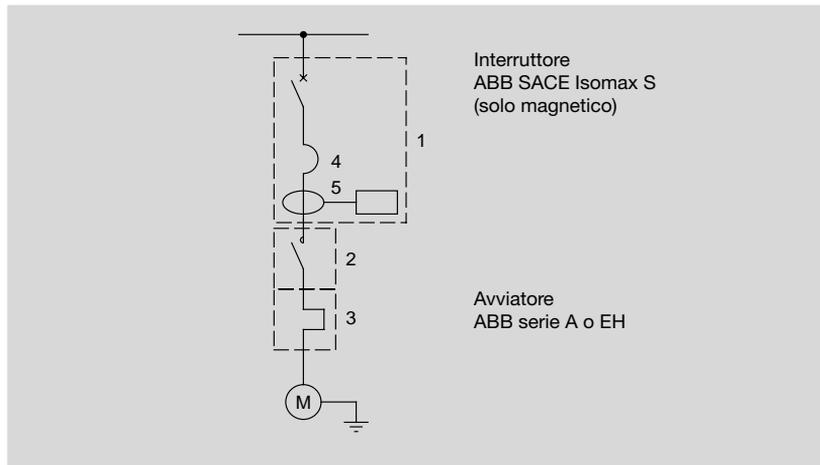


Fig. 22/4 - Schema A

Manovra e protezione del motore elettrico

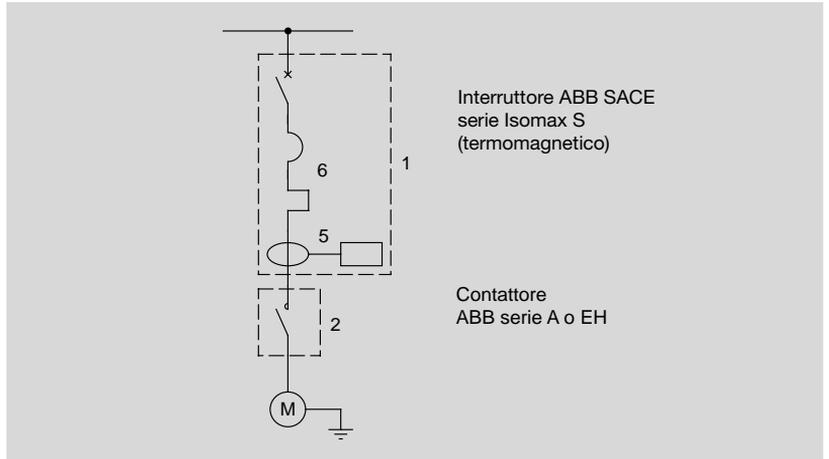


Fig. 22/5 – Schema B

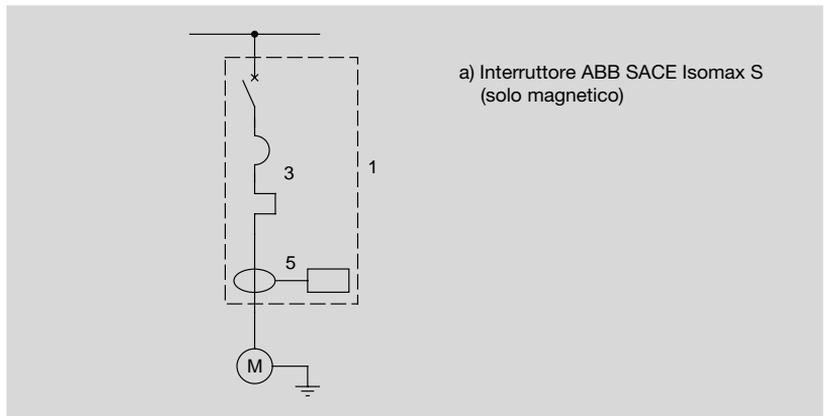


Fig. 22/6 – Schema C

Manovra e protezione del motore elettrico

d) Coordinamento fra sganciatore magnetico dell'interruttore, relé termico dell'avviatore e curva di avviamento del motore

Con riferimento alla Fig. 22/7 il coordinamento fra la curva tempo corrente (2) dello sganciatore magnetico dell'interruttore e quella del relé termico dell'avviatore (1), con la curva (3) di avviamento del motore, deve essere tale da:

- evitare interventi intempestivi nella fase di avviamento;
- assicurare la protezione dell'impianto contro le sovracorrenti che possono verificarsi in qualunque punto a valle dell'interruttore (compreso i guasti interni del motore).

La curva (1) e la curva (2) devono pertanto essere il più vicino possibile alla curva (3), senza però interferire. In caso di corto circuito il coordinamento fra interruttore e avviatore deve garantire che quest'ultimo non venga irrimediabilmente danneggiato a causa di sollecitazioni termiche e dinamiche dovute alla corrente di guasto, anche se limitata.

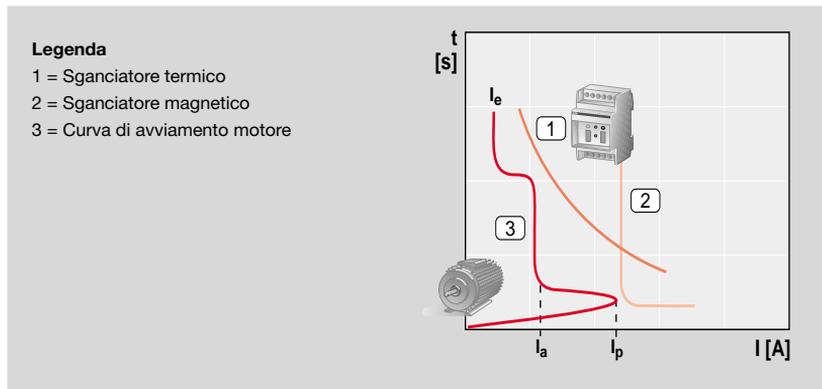


Fig. 22/7 - Curve tempo corrente

• Regolazione dello sganciatore magnetico dell'interruttore

Il valore della corrente di intervento I_m dello sganciatore magnetico, può essere stabilito, a livello teorico, uguagliando il valore di cresta della corrente di intervento dello sganciatore magnetico ($I_m \cdot 1,41$) a quella della massima corrente subtransitoria (I_p) assorbita dal motore allo spunto.

Considerando come esempio un impianto a 380 V con un motore da 55 kW, con $I_e = 103$ A e $\cos \varphi = 0,35$ (Fig. 22/2), a cui corrisponde un valore di k di 1,9 (Fig. 22/3) e una $I_a = 9 \cdot I_e$, si ha:

$$I_m \cdot 1,41 = I_e \cdot 9 \cdot k$$

da cui:

$$I_m = I_e \cdot 9 \cdot \frac{k}{1,41}$$

cioè:

$$I_m = 103 \cdot 9 \cdot \frac{1,9}{1,41} = 1249 \text{ A}$$

Per evitare interventi intempestivi si assume per la regolazione dello sganciatore magnetico il valore di 1300 A, leggermente superiore al valore teorico calcolato.

Manovra e protezione del motore elettrico

- Scelta dello sganciatore termico dell'interruttore o dell'avviatore

La scelta dello sganciatore termico (tenendo comunque presenti le prescrizioni del costruttore) deve essere fatta in modo da garantire che l'intervento dello sganciatore avvenga solo per correnti di sovraccarico o per mancanza di fase. In prima approssimazione è quindi possibile regolare lo sganciatore termico ad un valore pari a quello della corrente nominale del motore cioè $I_t = I_e$.

- Dati pratici

In mancanza di dati sperimentali, per garantire la protezione del motore, è opportuno verificare che il rapporto tra I_m e I_t risulti:

$$\frac{I_m}{I_t} = 12 \dots 15$$

cioè:

- maggiore o uguale a 12 per assicurare che nella fase di avviamento non si verifichi un intervento intempestivo dell'interruttore;
- minore o uguale a 15 (con I_t considerata alla massima regolazione) per assicurare l'autoprotezione dello sganciatore termico stesso.

Nell'esempio di cui sopra, tenendo conto della massima variazione d'intervento dello sganciatore termico, i due rapporti valgono rispettivamente:

$$\frac{I_m}{I_t} = \frac{1300}{130} = 12,6 \quad > 12, \text{ avviamento corretto}$$

$$\frac{I_m}{I_{t \max}} = \frac{1300}{110} = 11,8 \quad < 15, \text{ sicura protezione dell'impianto}$$

I valori di spunto considerati sono riferiti ai valori medi dei costruttori di motori più qualificati, comunque suscettibili di variazione da motore a motore.

Manovra e protezione del motore elettrico

e) Altri tipi di avviamento

Gli schemi di Figg. 22/8 e 22/9 possono essere utilizzati per altri tipi di avviamento (non diretto). A titolo di esempio, si illustrano i due tipi.

La Fig. 22/8 si riferisce all'avviamento di tipo stella-triangolo con l'impiego dell'interruttore automatico con sganciatore differenziale e magnetico, per la protezione contro il corto circuito del gruppo avviatore e del motore.

La Fig. 22/9 si riferisce all'avviamento di tipo rotorico con l'impiego dell'interruttore automatico con sganciatore termomagnetico e differenziale, per la protezione del contattore e del motore contro il sovraccarico ed il corto circuito.

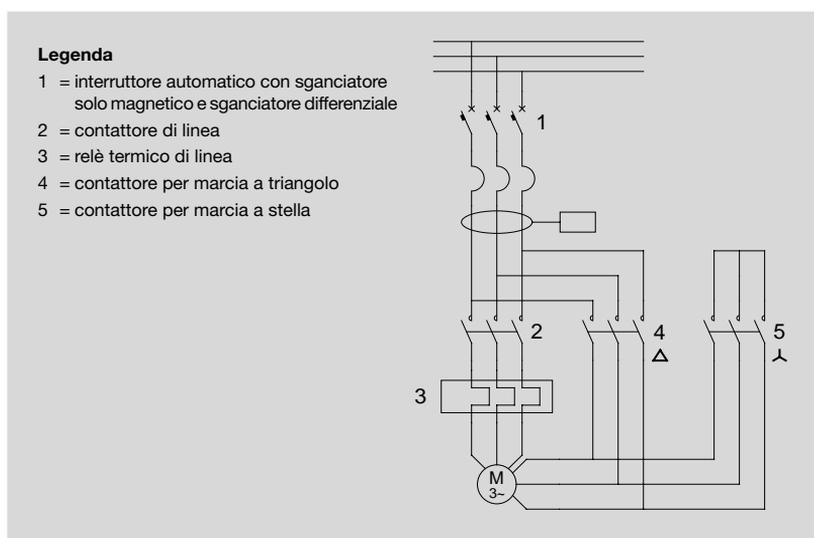


Fig. 22/8 – Schema di avviamento stella-triangolo di motore con interruttore automatico con sganciatore differenziale per la protezione contro i corto circuiti e i guasti verso massa

Manovra e protezione del motore elettrico

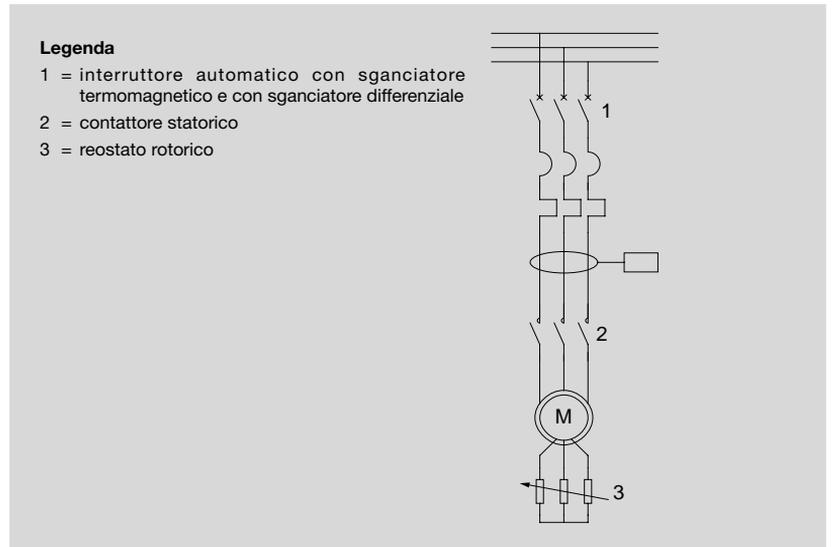
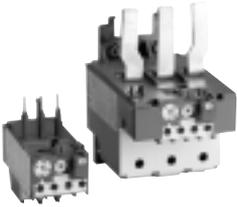


Fig. 22/9 – Schema di avviamento di motore tramite reostato con interruttore automatico con sganciatore differenziale per la protezione contro i sovraccarichi, i corto circuiti e i guasti verso massa

22.4 Tipi di coordinamento



Secondo le norme si possono avere almeno due modalità di coordinamento tra relè termici e contattori: il tipo 1 e il tipo 2.

Per il tipo 1, quello meno gravoso, il danno al contactore e/o al relè termico è accettabile, ma in presenza delle seguenti condizioni:

- nessun rischio per l'operatore
- non può essere sostituito nessun altro dispositivo tranne il contactore e il relè termico.

Per il tipo 2, quello più gravoso e dunque più restrittivo, l'unico rischio ammesso è la saldatura leggera dei contatti e inoltre dopo la prova di coordinamento:

- tutte le funzioni dei dispositivi di protezione devono essere pienamente operative
- il contactore è ancora operativo per altri 20 cicli di funzionamento a 2 volte la corrente nominale I_e (AC-3).

Adottando il primo coordinamento (tipo 1), si ottengono evidenti vantaggi economici, ma maggiori costi di manutenzione per la più frequente sostituzione dei componenti; questo coordinamento è pertanto consigliato nei casi di carico medio o leggero, con bassa frequenza di manovra e con funzionamento non continuo.

Col secondo metodo (tipo 2), si devono sostenere maggiori costi iniziali, ma si realizzano indubbi vantaggi di gestione e di continuità del servizio. In ogni caso è il costruttore che ha la responsabilità di provare mediante test di laboratorio la validità delle proprie tabelle di coordinamento.

Per quanto attiene alla scelta dei relè termici, la norma CEI 17-50 definisce delle classi di intervento (vedere Tab. 22/1) in funzione del tipo di avviamento del motore (classe 10: avviamento normale, classe 30: avviamento pesante).

Tab. 22/1 – Tempi di sgancio per i relè termici previsti alle diverse correnti di regolazioni secondo le relative classi di intervento

Classe	Tempi di intervento			
	$1,05 \cdot I_r$	$1,2 \cdot I_r$	$1,5 \cdot I_r$	$7,2 \cdot I_r$
10A	>2h	<2h	<2min	$2 < T_p < 10s$
10	>2h	<2h	<4min	$2 < T_p < 10s$
20	>2h	<2h	<8min	$2 < T_p < 20s$
30	>2h	<2h	<12min	$2 < T_p < 30s$

Manovra e protezione del motore elettrico

22.5 Gli interruttori ABB SACE e i contattori ABB. Loro coordinamento

Gli interruttori scatolati SACE Isomax S soddisfano tutte le esigenze per qualsiasi tipo di avviamento fino a 355 kW, rispondendo al coordinamento più gravoso di tipo 2 (Norma IEC 947-4-1), che prevede condizioni residue dell'avviatore dopo il corto circuito, tali da assicurarne le prestazioni nominali senza che sia necessario alcun intervento di manutenzione.

La Norma IEC 947-4-1 prevede, oltre alla prova in corrispondenza della massima corrente di corto circuito, per cui viene classificato il coordinamento, anche una prova supplementare ad un valore di corrente intermedio "r" (Tab. 22/2), funzione della corrente massima ammissibile in categoria AC3 dell'avviatore (Tab. 22/3).

Tab. 22/2 – Valori della corrente presunta di prova "r" in relazione alla corrente nominale di impiego

Corrente nominale di impiego in categoria AC3			Corrente presunta "r" in kA
[A]	[kA]		
0	$< I_e \leq$	16	1
16	$< I_e \leq$	63	3
63	$< I_e \leq$	125	5
125	$< I_e \leq$	315	10
315	$< I_e \leq$	630	18
630	$< I_e \leq$	1000	30
1000	$< I_e \leq$	1600	42
1600	$< I_e$		richiesto accordo fra costruttore ed utilizzatore

Tab. 22/3 – Multipli della corrente d'impiego (I_e) in relazione alla categoria d'impiego e al potere di interruzione e di chiusura minimi (IEC 947-1 - Tab. VII)

Categoria di impiego	AC-3	AC-4
Potere di interruzione minimo	$8 \cdot I_e$	$10 \cdot I_e$
Potere di chiusura minimo	$10 \cdot I_e$	$12 \cdot I_e$

Manovra e protezione del motore elettrico

Nelle Tabelle 22/4 e 22/5 sono riportati i coordinamenti tra salvamotori ABB serie MS, MO e contattori ABB serie A in corrispondenza di 400 V - 50 kA.

Nella Tab. 22/6 è riportato il coordinamento tra interruttori scatolati SACE Isomax S solo magnetici e i contattori con sganciatori termici (avviatore) di ABB serie "A" ed "EH" in corrispondenza di 400 V - 50 Hz - $\cos\phi = 0,2$, secondo la IEC 947-4-1.

Avviamento diretto - Schema A (Fig. 22/4).

Sono inoltre riportate altre tabelle di coordinamento realizzate nei laboratori ABB per l'intera catena motore-interruttore-contattore-relè termico nella condizione di tipo 2, alle diverse classi di intervento (dalla 10A alla 30) e alle tensioni di impiego da 400, 440, 500 e 690 V.

I motori sono elencati in funzione delle potenze standardizzate in commercio e delle relative correnti di pieno carico; nel caso l'interruttore di protezione ammetta dei campi di regolazione nell'intervallo delle correnti magnetiche, con una soglia minima e una massima, sono indicati a fianco i relativi valori preferenziali di settaggio; in alcune tabelle sono anche indicate le spire dei TA che si rendono necessari e per taluni relè termici al crescere delle correnti di carico.

Per aggiornamenti o ulteriori coordinamenti fare comunque riferimento alla sezione "Strumenti di lavoro" presente nel portale di "Business on Line" (<http://bol.it.abb.com>).

Manovra e protezione del motore elettrico

**Tab. 22/4 – Coordinamento tra salvamotori serie MS e avviatori ABB 400 V
- 50 kA - 50 Hz - $\cos\varphi$ 0,2 - IEC 947-4-1 - Tipo 2 - classe 10A -
Avviamento diretto**

Motore		Salvamotore		Contattore		Relè termico			Gruppo
Potenza nominale P_n [kW]	Corrente nominale I_n [A]	Tipo	Corrente di taratura sganciatore magnetico [A]	Tipo	Distanza di sicurezza [mm]	Tipo	Campo di regolazione della corrente [A] intervallo min max		I_{max} [A]
0,06	0,22	MS325-0,25	2,44	A9	25/5x15x5	-	0,16	0,25	0,25
0,09	0,33	MS325-0,4	3,9	A9	25/5x15x5	-	0,25	0,4	0,4
0,12	0,42	MS325-0,63	6,14	A9	25/5x15x5	-	0,40	0,63	0,63
0,18	0,72	MS325-1	11,5	A9	25/5x15x5	-	0,63	1	1
0,25	0,83	MS325-1	11,5	A9	25/5x15x5	-	0,63	1	1
0,37	1,2	MS325-1,6	18,4	A9	25/5x15x5	-	1	1,6	1,6
0,55	1,5	MS325-1,6	18,4	A9	25/5x15x5	-	1	1,6	1,6
0,75	2	MS325-2,5	28,7	A9	25/5x15x5	-	1,6	2,5	2,5
1,1	2,6	MS325-4	48	A9	25/5x15x5	-	2,5	4	4
1,5	3,5	MS325-4	48	A12	25/5x15x5	-	2,5	4	4
2,2	5	MS325-6,3	94,5	A12	25/5x15x5	-	4	6,3	6,3
3	6,6	MS325-9	135	A26	25/5x15x5	-	6,3	9	9
4	8,5	MS325-9	135	A26	25/5x15x5	-	6,3	9	9
5,5	11,5	MS325-12,5	187,5	A26	25/5x15x5	-	9	12,5	12,5
7,5	15,5	MS325-16	240	A26	25/5x15x5	-	12,5	16	16
7,5	15,5	MS450-20	240	A26	50/5x15x10	-	14	20	20
9	18,3	MS325-20	300	A26	25/5x15x5	-	16	20	20
11	22	MS325-25	375	A30	25/5x15x5	-	20	25	25
11	22	MS450-25	300	A30	50/5x15x10	-	18	25	25
15	30	MS450-32	384	A30	50/5x15x10	-	22	32	30
18,5	37	MS450-40	480	A40	50/5x15x10	-	28	40	40
22	44	MS450-50	600	A50	50/5x15x10	-	40	50	50
30	60	MS495-63	756	A63	70/5x15x10	-	45	63	63
37	72	MS495-75	900	A95	70/5x15x10	-	57	75	75
45	85	MS495-90	1080	A95	70/5x15x10	-	70	90	90
55	98	MS495-100	1200	A110	70/5x15x10	-	80	100	100

Manovra e protezione del motore elettrico

**Tab. 22/5 – Coordinamento tra salvamotori serie MO e avviatori ABB 400 V
- 50 kA - 50 Hz - $\cos\phi$ 0,2 - IEC 947-4-1 - Tipo 2 - classe 10A -
Avviamento diretto**

Motore		Salvamotore		Contattore		Relè termico			Gruppo
Potenza nominale	Corrente nominale	Tipo	Corrente di taratura sganciatore magnetico [A]	Tipo	Distanza di sicurezza [mm]	Tipo	Campo di regolazione della corrente [A] intervallo		I max [A]
P_n [kW]	I_n [A]						min	max	
0,06	0,22	MO325-0,25	2,44	A9	15	TA25DU 0,25	0,16	0,25	0,25
0,09	0,34	MO325-0,4	3,9	A9	15	TA25DU 0,4	0,25	0,4	0,4
0,12	0,44	MO325-0,63	6,14	A9	15	TA25DU 0,63	0,40	0,63	0,63
0,18	0,72	MO325-1	11,5	A9	15	TA25DU 1	0,63	1	1
0,25	0,83	MO325-1	11,5	A9	15	TA25DU 1	0,63	1	1
0,37	1,12	MO325-1,6	18,4	A9	15	TA25DU 1,4	1	1,4	1,35
0,55	1,45	MO325-1,6	18,4	A9	15	TA25DU 1,8	1,3	1,8	1,75
0,75	1,9	MO325-2,5	28,75	A9	15	TA25DU 2,4	1,7	2,4	2,35
1,1	2,6	MO325-2,5	28,75	A9	15	TA25DU 3,1	2,3	3,1	2,75
1,5	3,5	MO325-4	50	A12	15	TA25DU 4	2,8	4	3,75
		MO325-6,3	78,75	A12	15	TA25DU 5	3,5	5	4,75
2,2	4,8	MO325-6,3	78,75	A12	15	TA25DU 6,5	4,5	6,5	6,25
3	6,5	MO325-9	135	A26	15	TA25DU 8,5	6	8,5	8
4	8,5	MO325-12,5	187,5	A26	15	TA25DU 11	7,5	11	10,5
5,5	11,5	MO325-16	240	A26	15	TA25DU 14	10	14	13,5
7,5	15	MO325-20	300	A26	15	TA25DU 19	13	19	18,5
11	22	MO325-25	375	A26	15	TA25DU 25	18	25	24
15	28,5	MO450-32	384	A30	20	TA25DU 32	22	32	31
18,5	35	MO450-40	480	A50	20	TA25DU 42	29	42	38
22	41	MO450-50	600	A50	20	TA25DU 52	36	52	48,5
30	56	MO495-63	756	A63	20	TA25DU 63	45	63	61,5
37	68	MO495-75	900	A75	20	TA25DU 75	57	75	75
45	83	MO495-90	1080	A95	20	TA25DU 90	70	90	85
55	98	MO495-100	1200	A110	20	TA25DU 100	80	100	100

Manovra e protezione del motore elettrico

Tab. 22/6 – (Rif. ABB: Tab. N° RH0007.020) Coordinamento tra interruttori SACE Isomax S con sganciatori solo magnetici e avviatori ABB 400 V - 50 kA - 50 Hz - $\cos \phi$ 0,2 - IEC 947-4-1 - Tipo 2 - classe 10 A - Avviamento diretto

Avviamento diretto Tipo 2, classe 10 A 400 V - 50 Hz - 50 kA

Motore		MCCB			Contattore	Relè termico		Gruppo	
Potenza nominale	Corrente nominale	Tipo	Corrente di taratura sganciatore magnetico [A]	Corrente di taratura sganciatore magnetico [A]	Tipo	Campo di regolazione della corrente [A] intervallo		I max [A]	
P_n [kW]	I_n [A]					min	max		
0,37	1,1	S2x80 In1,6	21	21	A9	TA25DU1,4	1	1,4	1,4
0,55	1,5	S2x80 In2	26	26	A9	TA25DU1,8	1,3	1,8	1,8
0,75	1,9	S2x80 In2,5	33	33	A9	TA25DU2,4	1,7	2,4	2,4
1,1	2,8	S2x80 In4	52	52	A9	TA25DU3,1	2,2	3,1	3,1
1,5	3,5	S2x80 In5	65	65	A16	TA25DU4,0	2,8	4	4
2,2	5	S2x80 In6,5	84	84	A26	TA25DU6,5	4,5	6,5	6,5
3	6,6	S2x80 In8,5	110	110	A26	TA25DU8,5	6	8,5	8,5
4	8,6	S2x80 In11	145	145	A30	TA25DU11	7,5	11	11
5,5	11,5	S2x80 In16	210	210	A30	TA25DU14	10	14	14
7,5	15,2	S2x80 In20	260	260	A30	TA25DU19	13	19	19
11	22	S2x80 In32	415	415	A30	TA42DU25	18	25	25
15	28,5	S2x80 In32	415	415	A50	TA75DU32	22	32	32
18,5	36	S2x80 In42	540	540	A50	TA75DU42	29	42	42
22	42	S2x80 In52	680	680	A50	TA75DU52	36	52	52
30	56	S2x80 In63	820	820	A63	TA75DU63	45	63	63
37	68	S2x80 In80	1040	1040	A75	TA75DU80	60	80	75
45	83	S3H160 In125 *	1250	500-1500	A95	TA110DU90	66	90	90
55	98	S3H250 In160 *	1500	640-1920	A110	TA110DU110	80	110	110
75	135	S3H250 In200 *	2150	800-2400	A145	TA200DU150	110	150	145
90	158	S3H250 In200 *	2400	800-2400	A185	TA200DU175	130	175	175
110	193	S4H250 PR211-I In250	3000	375-3000	A210	T450DU235	165	235	210
132	232	S5H400 PR211-I In320	3840	480-3840	A260	T450DU310	220	310	310
160	282	S5H400 PR211-I In400	4800	600-4800	A300	T450DU310	220	310	300
200	349	S6S630 PR211-I In630	5040	945-7560	EH370	T450DU400	285	400	400
250	430	S6S630 PR211-I In630	6300	945-7560	EH550	T900DU500	355	500	500
290	520	S6S800 PR211-I In800	8000	1200-9600	EH550	T900DU650	465	650	550
315	545	S6S800 PR211-I In800	8000	1200-9600	EH700	T900DU650	465	650	650
355	610	S6S800 PR211-I In800	9600	1200-9600	EH700	T900DU650	465	650	650

Manovra e protezione del motore elettrico

Tab. 22/7 – (Rif. ABB: Tab. N° RH0007.030) Coordinamento tra interruttori SACE Isomax S con sganciatori solo magnetici e avviatori ABB 400 V - 50 kA - 50 Hz - $\cos \phi$ 0,2 - IEC 947-4-1 - Tipo 2 - classe 10 A

Motore		MCCB			Contattore	Relè termico			Gruppo
Potenza nominale	Corrente nominale	Tipo	Corrente di taratura sganciatore magnetico [A]	Corrente di taratura sganciatore magnetico [A]	Tipo	Tipo	Campo di regolazione della corrente [A] intervallo		I max [A]
P_e [kW]	I_n [A]						min	max	
0,37	1,1	S2x80 In1,6	21	21	A9	TA25DU1,4	1	1,4	1,4
0,37	1	S2X80 In1,6	21	21	A9	TA25DU1,4	1	1,4	1,4
0,55	1,4	S2X80 In2	26	26	A9	TA25DU1,8	1,3	1,8	1,8
0,75	1,7	S2X80 In2,5	33	33	A9	TA25DU2,4	1,7	2,4	2,4
1,1	2,2	S2X80 In3,2	42	42	A9	TA25DU3,1	2,2	3,1	3,1
1,5	3	S2X80 In4	52	52	A16	TA25DU4	2,8	4	4
2,2	4,4	S2X80 In6,5	84	84	A26	TA25DU5	3,5	5	5
3	5,7	S2X80 In8,5	110	110	A26	TA25DU6,5	4,5	6,5	6,5
4	7,8	S2X80 In11	145	145	A30	TA25DU11	7,5	11	11
5,5	10,5	S2X80 In16	210	210	A30	TA25DU14	10	14	14
7,5	13,5	S2X80 In16	210	210	A30	TA25DU14	10	14	14
11	19	S2X80 In25	325	325	A30	TA42DU25	18	25	25
15	26	S2X80 In32	415	415	A50	TA75DU32	22	32	32
18,5	32	S2X80 In42	540	540	A50	TA75DU42	29	42	42
22	38	S2X80 In52	680	680	A50	TA75DU52	36	52	52
30	52	S2X80 In63	820	820	A63	TA75DU63	45	63	63
37	63	S2X80 In80	1040	1040	A75	TA75DU80	60	80	70
45	75	S3H160 In100 *	1150	400-1200	A95	TA110DU90	65	90	90
55	90	S3H160 In125 *	1400	500-1500	A110	TA110DU110	80	110	110
75	120	S3H250 In160 *	1920	640-1920	A145	TA200DU135	100	135	135
90	147	S3H250 In200 *	2300	800-2400	A185	TA200DU175	130	175	175
110	177	S4H250 PR211-I In250	3000	375-3000	A210	T450DU235	165	235	210
132	212	S5H400 PR211-I In320	3200	480-3840	A260	T450DU235	165	235	235
160	260	S5H400 PR211-I In400	4000	600-4800	A300	T450DU310	220	310	310
200	320	S5H400 PR211-I In400	4800	600-4800	EH370	T450DU400	285	400	370
250	370	S6H630 PR211-I In630	6300	945-7560	EH550	T900DU500	355	500	500
290	448	S6H630 PR211-I In630	7560	945-7560	EH550	T900DU500	355	500	500
315	500	S6H800 PR211-I In800	8000	1200-9600	EH550	T900DU650	465	650	550
355	549	S6H800 PR211-I In800	8000	1200-9600	EH700	T900DU650	465	650	650

Manovra e protezione del motore elettrico

Tab. 22/8 – (Rif. ABB: Tab. N° RH0007.070) Coordinamento tra interruttori SACE Isomax S con sganciatori solo magnetici e avviatori ABB 440 V - 50 kA - 50 Hz - $\cos \varphi$ 0,2 - IEC 947-4-1 - Tipo 2 - classe 30

Motore		MCCB			Contattore	Relè termico			Gruppo	
Potenza [kW]	Corrente nominale P_e [A]	Tipo nominale I_e	Corrente [A]	Corrente di taratura sganciatore magnetico [A]	Tipo di taratura sganciatore magnetico	Tipo	N° spire primario del TA	Campo di regolazione della corrente [A]		I max [A]
								intervallo min	max	
0,37	1,1	S2x80 In1,6	21	21	A9	TA25DU1,4 ^	0	1	1,4	1,4
0,55	1,5	S2x80 In2	26	26	A9	TA25DU1,8 ^	0	1,3	1,8	1,8
0,75	1,9	S2x80 In2,5	33	33	A9	TA25DU2,4 ^	0	1,7	2,4	2,4
1,1	2,8	S2x80 In4	52	52	A9	TA25DU3,1 ^	0	2,2	3,1	3,1
1,5	3,5	S2x80 In5	65	65	A16	TA25DU4,0 ^	0	2,8	4	4
2,2	5	S2x80 In6,5	84	84	A26	TA25DU6,5 ^	0	4,5	6,5	6,5
3	6,6	S2x80 In8,5	110	110	A26	TA25DU8,5 ^	0	6	8,5	8,5
4	8,6	S2x80 In11	145	145	A30	TA25DU11 ^	0	7,5	11	11
5,5	11,5	S2x80 In16	210	210	A30	T450SU60	4	10	15	15
7,5	15,2	S2x80 In20	260	260	A30	T450SU60	3	13	20	20
11	22	S2x80 In32	415	415	A30	T450SU60	2	20	30	30
15	28,5	S2x80 In32	415	415	A50	T450SU80	2	23	40	32
18,5	36	S2x80 In42	540	540	A50	T450SU80	2	23	40	40
22	42	S2x80 In52	680	680	A50	T450SU60	1	40	60	52
30	56	S2x80 In63	820	820	A95	T450SU80	1	55	80	63
37	68	S2x80 In80	1040	1040	A95	T450SU80	1	55	80	80
45	83	S3H160 In125 *	1250	500-1500	A145	T450SU105	1	70	105	105
55	98	S3H250 In160 *	1500	640-1920	A145	T450SU140	1	95	140	140
75	135	S3H250 In200 *	2150	800-2400	A145	T450SU185	1	130	185	145
90	158	S3H250 In200 *	2400	800-2400	A210	T450SU185	1	130	185	185
110	193	S4H250 PR211-I In250	3000	375-3000	A210	T450SU235	1	165	235	210
132	232	S5H400 PR211-I In320	3840	480-3840	EH370	T450SU310	1	220	310	310
160	282	S5H400 PR211-I In400	4800	600-4800	EH370	T450SU310	1	220	310	400
200	349	S6S630 PR211-I In630	5040	945-7560	EH370	T450SU400	1	285	400	400
250	430	S6S630 PR211-I In630	6300	945-7560	EH550	T900SU500	1	355	500	500
290	520	S6S800 PR211-I In800	8000	1200-9600	EH550	T900SU650	1	465	650	550
315	545	S6S800 PR211-I In800	8000	1200-9600	EH700	T900SU650	1	465	650	650
355	610	S6S800 PR211-I In800	9600	1200-9600	EH700	T900SU650	1	465	650	650

Manovra e protezione del motore elettrico

Tab. 22/9 – (Rif. ABB: Tab. N° RH0007.080) Coordinamento tra interruttori SACE Isomax S con sganciatori solo magnetici e avviatori ABB 440 V - 50 kA - 50 Hz - $\cos \phi$ 0,2 - IEC 947-4-1 - Tipo 2 - classe 30

Motore		MCCB			Contattore	Relè termico			Gruppo	
Potenza [kW]	Corrente nominale P_e [A]	Tipo nominale I_e	Corrente [A]	Corrente di taratura sganciatore magnetico [A]	Tipo di taratura sganciatore magnetico	Tipo	N° spire primario del TA	Campo di regolazione della corrente [A]		I max [A]
								intervallo		
								min	max	
0,37	1	S2X80 In1,6	21	21	A9	TA25DU1,4 ^	0	1	1,4	1,4
0,55	1,4	S2X80 In2	26	26	A9	TA25DU1,8 ^	0	1,3	1,8	1,8
0,75	1,7	S2X80 In2,5	33	33	A9	TA25DU2,4 ^	0	1,7	2,4	2,4
1,1	2,2	S2X80 In3,2	42	42	A9	TA25DU3,1 ^	0	2,2	3,1	3,1
1,5	3	S2X80 In4	52	52	A16	TA25DU4 ^	0	2,8	4	4
2,2	4,4	S2X80 In6,5	84	84	A26	TA25DU5 ^	0	3,5	5	5
3	5,7	S2X80 In8,5	110	110	A26	TA25DU6,5 ^	0	4,5	6,5	6,5
4	7,8	S2X80 In11	145	145	A30	TA25DU11 ^	0	7,5	11	11
5,5	10,5	S2X80 In16	210	210	A30	TA25DU14 ^	0	10	14	14
7,5	13,5	S2X80 In16	210	210	A30	T450SU60	4	10	15	15
11	19	S2X80 In25	325	325	A30	T450SU80	3	18	27	25
15	26	S2X80 In32	415	415	A50	T450SU60	2	20	30	30
18,5	32	S2X80 In42	540	540	A50	T450SU80	2	28	40	40
22	38	S2X80 In52	680	680	A50	T450SU80	2	28	40	40
30	52	S2X80 In63	820	820	A95	T450SU60	1	40	60	60
37	63	S2X80 In80	1040	1040	A95	T450SU80	1	55	80	80
45	75	S3H160 In100 *	1150	400-1200	A145	T450SU105	1	70	105	100
55	90	S3H160 In125 *	1400	500-1500	A145	T450SU105	1	70	105	105
75	120	S3H250 In160 *	1920	640-1920	A145	T450SU140	1	95	140	140
90	147	S3H250 In200 *	2300	800-2400	A210	T450SU185	1	130	185	185
110	177	S4H250 PR211-I In250	3000	375-3000	A210	T450SU235	1	165	235	210
132	212	S5H400 PR211-I In320	3200	480-3840	A260	T450SU235	1	165	235	235
160	260	S5H400 PR211-I In400	4000	600-4800	EH370	T450SU310	1	220	310	310
200	320	S5H400 PR211-I In400	4800	600-4800	EH370	T450SU400	1	285	400	370
250	370	S6H630 PR211-I In630	6300	945-7560	EH550	T900SU500	1	355	500	500
290	448	S6H630 PR211-I In630	7560	945-7560	EH550	T900SU500	1	355	500	500
315	500	S6H800 PR211-I In800	8000	1200-9600	EH550	T900SU650	1	465	650	550
355	549	S6H800 PR211-I In800	8000	1200-9600	EH700	T900SU650	1	465	650	650

Manovra e protezione del motore elettrico

Tab. 22/10 – (Rif. ABB: Tab. N° RG0019.002) Coordinamento tra interruttori SACE Isomax S con sganciatori solo magnetici e avviatori ABB 500 V - 50 kA - 50 Hz - $\cos \phi$ 0,2 - IEC 947-4-1 - Tipo 2 - classe 10 A - Avviamento diretto

Motore		MCCB			Contattore	Relè termico			Gruppo
Potenza nominale	Corrente nominale	Tipo	Corrente di taratura sganciatore magnetico [A]	Corrente di taratura sganciatore magnetico [A]	Tipo	Tipo	Campo di regolazione della corrente [A] intervallo		I max [A]
P_n [kW]	I_n [A]						min	max	
0,37	0,88	S2X80 In1,6	21	21	A9	TA25DU1	0,63	1	1
0,55	1,2	S2X80 In1,6	21	21	A9	TA25DU1,4	1	1,4	1,4
0,75	1,5	S2X80 In2	26	26	A9	TA25DU1,8	1,3	1,8	1,8
1,1	2,2	S2X80 In3,2	42	42	A9	TA25DU2,4	1,7	2,4	2,4
1,5	2,8	S2X80 In4	52	52	A16	TA25DU3,1	2,2	3,1	3,1
2,2	4	S2X80 In5	65	65	A26	TA25DU5	3,5	5	5
3	5,2	S2X80 In6,5	84	84	A26	TA25DU6,5	4,5	6,5	6,5
4	6,9	S2X80 In8,5	110	110	A30	TA25DU8,5	6	8,5	8,5
5,5	9,1	S2X80 In11	145	145	A30	TA25DU11	7,5	11	11
7,5	12,2	S2X80 In16	210	210	A30	TA25DU14	10	14	14
11	17,5	S2X80 In25	325	325	A30	TA25DU19	13	19	19
15	23	S2X80 In32	415	415	A50	TA75DU25	18	25	25
18,5	29	S2X80 In42	540	540	A50	TA75DU42	29	42	42
22	34	S2X80 In42	540	540	A50	TA75DU42	29	42	42
30	45	S2X80 In52	680	680	A63	TA75DU52	36	52	52
37	56	S2X80 In63	800	800	A75	TA75DU63	45	63	63
45	67	S3L160 In100	1000	1000	A145	TA80DU80	60	80	90
55	82	S3L160 In125	1250	1250	A145	TA110DU90	65	90	90
75	110	S3L160 In160	1600	1600	A145	T200DU135	100	135	135
90	132	S3L250 In200	2000	2000	A145	T200DU150	110	150	145
110	158	S3L250 In250	2500	2500	A185	T200DU175	130	175	170
132	192	S4L250 PR211-I In250	3000	375-3000	A210	T450DU235	165	235	210
160	230	S5L400 PR211-I In320	3840	480-3840	EH370	T450DU310	220	310	240
200	279	S5L400 PR211-I In400	4000	600-4800	EH370	T450DU310	220	310	310
250	335	S6L630 PR211-I In630	5040	945-7560	EH370	T450DU400	285	400	370
290	394	S6L630 PR211-I In630	6300	945-7560	EH550	T900DU500	355	500	500
315	440	S6L630 PR211-I In630	6300	945-7560	EH550	T900DU500	355	500	500
355	483	S6L630 PR211-I In630	7560	945-7560	EH550	T900DU500	355	500	500

Manovra e protezione del motore elettrico

Tab. 22/11 – (Rif. ABB: Tab. N° RG0019.003) Coordinamento tra interruttori SACE Isomax S con sganciatori solo magnetici e avviatori ABB 500 V - 50 kA - 50 Hz - $\cos \varphi$ 0,2 - IEC 947-4-1 - Tipo 2 - classe 30 - Avviamento diretto

Motore		MCCB			Contattore	Relè termico			Gruppo
Potenza nominale	Corrente nominale	Tipo	Corrente di taratura sganciat. magnetico [A]	Corrente di taratura sganciatore magnetico [A]	Tipo	Tipo	N° spire primarie	Campo di regolazione della corrente [A]	I max [A]
P_e [kW]	I_e [A]							intervallo min [A] max [A]	
0,37	0,88	S2X80 In1,6	21	21	A9	TA25DU1 *		0,63 1	1
0,55	1,2	S2X80 In1,6	21	21	A9	TA25DU1,4 *		1 1,4	1,4
0,75	1,5	S2X80 In2	26	26	A9	TA25DU1,8 *		1,3 1,8	1,8
1,1	2,2	S2X80 In3,2	42	42	A9	TA25DU2,4 *		1,7 2,4	2,4
1,5	2,8	S2X80 In4	52	52	A9	TA25DU3,1 *		2,2 3,1	3,1
2,2	4	S2X80 In5	65	65	A26	TA25DU5 *		3,5 5	5
3	5,2	S2X80 In6,5	84	84	A26	TA25DU6,5 *		4,5 6,5	6,5
4	6,9	S2X80 In8,5	110	110	A30	TA25DU8,5 *		6 8,5	8,5
5,5	9,1	S2X80 In11	145	145	A30	TA25DU11 *		7,5 11	11
7,5	12,2	S2X80 In16	210	210	A30	T450SU60	4	10 15	15
11	17,5	S2X80 In25	325	325	A30	T450SU60	3	13 20	20
15	23	S2X80 In32	415	415	A50	T450SU60	2	20 30	30
18,5	29	S2X80 In42	540	540	A50	T450SU80	2	27,5 40	40
22	34	S2X80 In42	540	540	A50	T450SU80	2	27,5 40	40
30	45	S2X80 In52	680	680	A63	T450SU60	1	40 60	52
37	56	S2X80 In63	800	800	A95	T450SU60	1	40 60	60
45	67	S3L160 In100	1000	1000	A145	T450SU80	1	55 80	80
55	82	S3L160 In125	1250	1250	A145	T450SU105	1	70 105	105
75	110	S3L160 In160	1600	1600	A145	T450SU140	1	95 140	140
90	132	S3L250 In200	2000	2000	A145	T450SU185	1	130 185	145
110	158	S3L250 In250	2500	2500	A210	T450SU185	1	130 185	185
132	192	S4L250 PR211-I In250	3000	375-3000	A210	T450SU235	1	165 235	210
160	230	S5L400 PR211-I In320	3840	480-3840	EH370	T450SU310	1	220 310	310
200	279	S5L400 PR211-I In400	4000	600-4800	EH370	T450SU310	1	220 310	310
250	335	S6L630 PR211-I In630	5040	945-7560	EH370	T450SU400	1	285 400	370
290	394	S6L630 PR211-I In630	6300	945-7560	EH550	T900SU500	1	355 500	500
315	440	S6L630 PR211-I In630	6300	945-7560	EH550	T900SU500	1	355 500	500
355	483	S6L630 PR211-I In630	7560	945-7560	EH550	T900SU500	1	355 500	500

* Prevedere contattore di by-pass del rele termico di sovraccarico durante la fase di avviamento

Manovra e protezione del motore elettrico

Tab. 22/12 – (Rif. ABB: Tab. N° RH0007.180) Coordinamento tra interruttori SACE Isomax S con sganciatori solo magnetici e avviatori ABB 690 V - 50 kA - 50 Hz - $\cos \phi$ 0,2 - IEC 947-4-1 - Tipo 2 - classi 10 A, 10, 20, 30 - Avviamento diretto

Avviamento diretto (D.O.L.)

Tipo 2, classi 10A, 10, 20, 30

690 V - 50 Hz - 50 kA

Motore		Tipo	I_n [A]	MCCB				Contatt. Tipo	Gruppo I_{Max} [A]
Potenza nominale P_n [kW]	Corrente nominale I_n [A]			Campo di regolazione di I_l		Corrente di settaggio sganciatore magnetico [A]	Corrente di settaggio sganciatore magnetico		
				min [A]	max [A]				
45	49	S4X250 PR212-MP In100	100	50	100	600	600-1300	A145	100
55	60	S4X250 PR212-MP In100	100	50	100	600	600-1300	A145	100
75	80	S4X250 PR212-MP In100	100	50	100	900	600-1300	A145	100
90	95	S4X250 PR212-MP In160	160	80	160	1120	960-2080	A145	120
110	115	S4X250 PR212-MP In160	160	80	160	1280	960-2080	A185	160
132	139	S4X250 PR212-MP In160	160	80	160	1440	960-2080	A210	160
160	167	S4X250 PR212-MP In200	200	100	200	1800	1200-2600	A210	200
200	202	S6X400 PR212-MP In320	320	160	320	2240	1920-4160	EH370	320
250	242	S6X400 PR212-MP In320	320	160	320	2560	1920-4160	EH370	320
290	301	S6X400 PR212-MP In320	320	160	320	2880	1920-4160	EH370	320
315	313	S6X630 PR212-MP In400	400	200	400	3200	2400-5200	EH370	370
355	370	S6X630 PR212-MP In400	400	200	400	3600	2400-5200	EH370	370



23.1 Generalità	23/2
23.2 Sistemi SD-View	23/3
23.2.1 I livelli del sistema	23/4
23.3 Il pacchetto software SD-View 810	23/6
23.4 I pacchetti software SD-View 815 e 820	23/8
23.5 Componenti specifici del sistema SD-View	23/11

23.1 Generalità

La rapida e continua evoluzione della tecnologia ha portato grosse innovazioni nel settore dell'automazione industriale e nella gestione degli impianti elettrici. Accanto a sistemi di comando e controllo divenuti ormai classici (elettromeccanici e pneumatici) si sono prepotentemente affermati sistemi a microprocessore. In molti settori, quali ad esempio la produzione, apparecchi a microprocessore svolgono già da tempo delicati e complessi compiti di automazione, mentre, solo recentemente, tale tecnica si sta affermando nella distribuzione elettrica. La moderna tecnologia, basata sui dispositivi a microprocessore, consente oggi di realizzare sistemi integrati per il controllo e la supervisione degli impianti elettrici di B.T. e di M.T.

In questi impianti la tecnologia microelettronica ha consentito l'implementazione con dispositivi integrati delle funzioni svolte in precedenza da relè a logica cablata e convertitori analogici quali: il comando, la protezione, la supervisione, la trasmissione dei dati a distanza.

È stato inoltre possibile sviluppare nuove ed importanti funzioni:

- la memorizzazione degli eventi, che fornisce un elenco cronologico degli avvenimenti che hanno interessato l'impianto e l'andamento delle grandezze variabili (tensione, corrente ecc.);
- la diagnostica, che segnala lo stato di "affaticamento" dell'impianto e quindi lo stato di usura dei componenti, evidenziando la necessità di interventi per manutenzione e prevenendo l'insorgere di guasti;
- la comunicazione seriale dei dati, che consente l'impiego di unità intelligenti decentralizzate, ossia distribuite nei pressi delle utenze.

Attualmente i moderni sistemi integrati di controllo per gli impianti elettrici sono evoluti in sistemi ad intelligenza distribuita costituiti da componenti posti su più livelli logici che, sfruttando i vantaggi della capacità elaborativa dei microprocessori e quelli della trasmissione seriale dei dati via "bus", sono in grado di svolgere autonomamente un elevato numero di funzioni.

23.2 Sistemi SD-View

ABB SACE è in grado di fornire, tramite i sistemi SD-View (SD-View 810 per la bassa tensione, SD-View 815 e SD-View 820 per la media tensione), una soluzione, in termini di sistemi di supervisione e controllo, adattabile alle specifiche esigenze di ogni impianto, di utilizzo immediato e facile da configurare.

I sistemi SACE SD-View sono stati pensati per controllare la maggior parte dei sottosistemi presenti nei complessi industriali e del terziario, quali ad esempio:

- distribuzione energia elettrica (alta/media/bassa tensione)
- termomeccanici (condizionamento/riscaldamento)
- rilevazione e spegnimento incendi
- trasporti meccanici (ascensori / tapee roulant/ scale mobili)
- sicurezza (antiintrusione/TV cc) ecc.

Il sistema SD-View ha un'architettura, tipica dei sistemi aperti, che si articola su tre livelli (Fig. 23/1):

- primo livello, o di controllo centrale, costituito dal calcolatore principale (HOST) e da una o più interfacce uomo-macchina collegate alla rete locale.
- il secondo livello, o di isola di controllo, nel quale si distinguono due ulteriori sottolivelli:
 - livello di front-end che è la sede delle unità di controllo della comunicazione;
 - livello di campo dove hanno sede le unità periferiche intelligenti che costituiscono il sistema di protezione, allarme, comunicazione, calcolo e/o controllo delle singole utenze (ad esempio una linea o un motore) o di gruppi di utenze (ad esempio di un quadro elettrico).

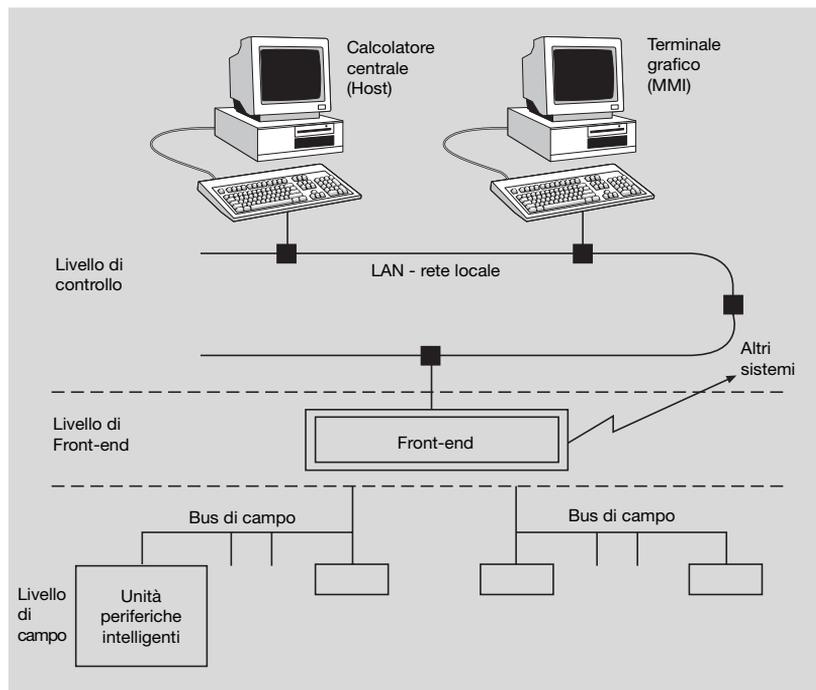


Fig. 23/1 – Architettura di un sistema integrato per la protezione, il controllo e la supervisione degli impianti elettrici B.T. e M.T.

23.2.1 I livelli del sistema

I componenti di un sistema integrato di supervisione e controllo identificabili ai vari livelli sono:

1) L'unità centrale

La parte hardware, che è dimensionata sulla base della complessità del sistema integrato da gestire, può essere costituita, nella configurazione minima, da un personal computer.

Per sistemi di grande entità vengono invece impiegate delle work station. Se la struttura hardware è indipendente dai programmi, in caso di ampliamento degli impianti, la sostituzione dell'unità elaborativa non presenta problemi.

2) L'unità di front-end o di controllo della comunicazione

L'unità di front-end è normalmente costituita da un computer per applicazioni industriali, dotato almeno di due interfacce seriali per le comunicazioni rispettivamente con le unità periferiche intelligenti e con il calcolatore principale. Il collegamento tra l'unità front-end e le apparecchiature periferiche avviene mediante uno o più bus di comunicazione seriale e l'ubicazione dell'unità può avvenire in un qualsiasi punto dell'impianto, anche a notevole distanza dal calcolatore principale.

Le funzioni svolte dall'unità di front-end, nel caso dei sistemi integrati, possono essere così sintetizzate:

- gestire la comunicazione verso le unità periferiche intelligenti e verso il calcolatore principale;
- fornire un tempo di lettura ridotto dello stato delle unità collegate;
- mantenere il corretto funzionamento anche quando viene interrotto il collegamento con il calcolatore principale. I parametri di configurazione rimangono memorizzati in una memoria non volatile; ciò significa che al ritorno dell'alimentazione, dopo una mancanza di tensione anche di lunga durata, l'unità riparte automaticamente e mantiene la precedente configurazione;
- consentire la configurazione a distanza e locale tramite terminale e la generazione di rapporti sullo stato delle apparecchiature mediante una stampante locale.

3) Le unità periferiche intelligenti

A livello di campo vi sono le unità periferiche che vengono distribuite nell'impianto in prossimità dei punti di acquisizione dei segnali e che, oltre a possedere una capacità di elaborazione locale, sono in grado di colloquiare con le unità di front-end.

Si tratta ovviamente di unità intelligenti di tipo modulare e quindi dotate di un microprocessore ed idonee alla gestione di segnali sia binari che analogici.

Le funzioni normalmente espletate dalle unità di campo sono:

- elaborazione locale per la protezione e la gestione del settore dell'impianto loro affidato;
- acquisizione di dati locali e loro trasmissione verso il posto centrale;
- calcolo delle grandezze relative all'impianto (per esempio: potenza, energia ecc.) e loro costante verifica;
- autodiagnosi.

Queste unità costituiscono l'aspetto maggiormente innovativo rispetto ai sistemi di controllo realizzati in passato.

Sistemi di supervisione e controllo

Esse si suddividono, per tipologia costruttiva, in unità di media tensione e unità di bassa tensione per interruttori di tipo aperto e unità di bassa tensione per controllo motori.

Tali unità, oltre ad espletare le funzioni sopra descritte, sorvegliano l'efficienza delle apparecchiature e del carico e consentono di migliorare notevolmente la sicurezza e l'affidabilità nella distribuzione dell'energia elettrica.

Nel paragrafo 23.3 viene sinteticamente presentato il pacchetto SD-View 810, espressamente dedicato agli impianti di bassa tensione; si rimanda il lettore ad altre pubblicazioni ABB per l'illustrazione dei pacchetti SD-View 815 e SD-View 820, esulando dagli scopi della presente guida le applicazioni dedicate alla media tensione.

23.3 Il pacchetto software SD-View 810

Il pacchetto software SD-View 810 rappresenta la risposta di base in termini di supervisione e controllo degli impianti per la distribuzione dell'energia elettrica in ambito industriale e nel terziario; è la taglia più piccola dei sistemi della famiglia SD-View e consente la gestione di impianti elettrici di dimensioni non eccessivamente ampie.

L'utilizzo e la configurazione di SD-View 810, a differenza dei pacchetti di taglia superiore, non presuppone una specifica conoscenza informatica o elettrotecnica, ma fornisce la possibilità di definire la propria applicazione in modo molto semplice e guidato, avendo come unico riferimento la sola conoscenza impiantistica in termini di dispositivi utilizzati e loro connessione al sistema. Ciò ha implicato l'effettuazione di scelte a priori e la configurazione di SD-View 810 come un pacchetto chiuso; presupposto, quest'ultimo, necessario per la realizzazione di un pacchetto di supervisione "auto configurante", pur con un approccio di alto livello.

L'architettura del sistema è quella di Fig. 23/2 e si articola, come detto, su tre livelli; in particolare, al livello 3 (livello di campo), i dispositivi che possono essere interfacciati a SD-View 810 sono interruttori automatici con o senza sganciatore a microprocessore.

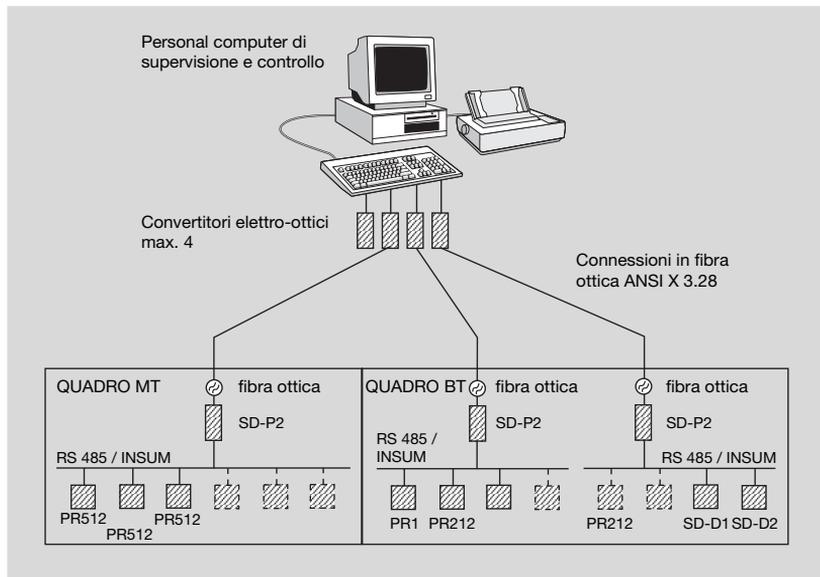


Fig. 23/2 – Esempio di architettura del sistema SD-View 810

Sistemi di supervisione e controllo

Per quanto riguarda le funzionalità del sistema si hanno le seguenti possibilità:

- 1) gestione fino a 4 linee seriali, ciascuna delle quali può controllare un massimo di 10 dispositivi di campo, per un totale di 40 dispositivi;
- 2) il collegamento tra i dispositivi ed il personal computer può essere realizzato sia con cavo in rame che in fibra ottica. La scelta è determinata dalla distanza da coprire; oltre i 15 metri si deve usare la fibra ottica e, in tal caso, si dovranno inserire nell'architettura hardware anche gli opportuni convertitori elettro-ottici;
- 3) gestione degli accessi autorizzati che possono variare dalla sola visualizzazione delle grandezze rappresentate sino all'invio comandi, alla modifica dei parametri di protezione ed all'eventuale riconfigurazione del sistema;
- 4) rappresentazione di pagine grafiche di sinottico realizzate utilizzando simboli già predisposti nel sistema, oppure costruiti dall'utente mediante appositi "tool" forniti per disegnare;
- 5) gestione degli allarmi;
- 6) dati storici archiviabili e rappresentabili mediante grafici e tabelle;
- 7) report che consente la configurazione di tabelle contenenti i dati del sistema e la definizione del layout preferito.

23.4 I pacchetti software SD-View 815 e 820

SD-View 815 e SD-View 820 sono pacchetti software che rappresentano rispettivamente il livello intermedio e avanzato della famiglia SD-View.

Entrambi i pacchetti non devono più essere visti in un'ottica di prodotto, bensì in quella di un progetto che contempla le tipiche attività di definizione delle specifiche e di realizzazione ad hoc.

Una possibile configurazione del sistema SD-View 815 è rappresentata in Fig. 23/3. Anche in questo caso l'architettura si articola su tre differenti livelli: un host computer, le unità di front end (nel caso in cui si gestisca la sola comunicazione) o le Control Station nel caso sia necessario eseguire funzioni di automazione ed infine i bus di campo, che collegano le unità di protezione e controllo, le unità PLC, le unità di remote di I/O per l'automazione locale e le linee di comunicazione provenienti dagli altri impianti tecnologici.

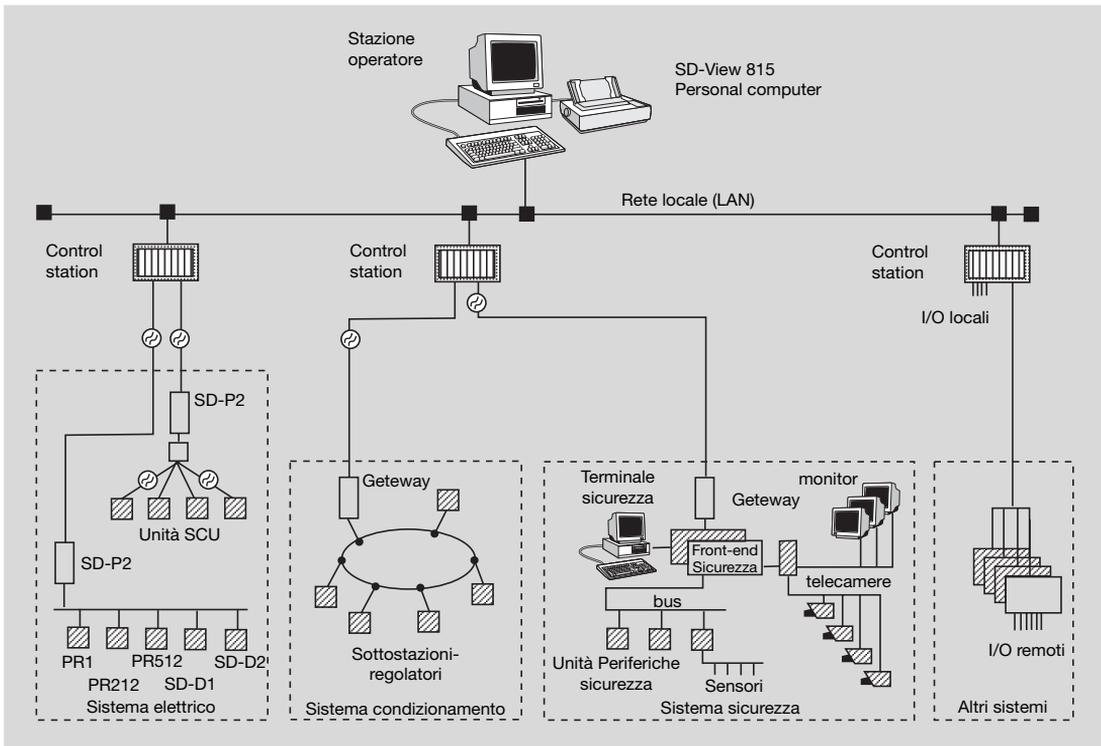


Fig. 23/3 – Esempio di architettura del sistema SD-View 815

Sistemi di supervisione e controllo

L'esempio di architettura illustrata trova la sua applicazione laddove la richiesta di automazione o l'estensione dell'impianto, sia dal punto di vista geografico sia come numero di unità di campo, richieda un sistema distribuito nel campo, ma concentrato a livello di supervisione e controllo.

Altre architetture sono ovviamente possibili in funzione dell'applicazione specifica richiesta.

Il nucleo centrale di SD-View 815 è il database di processo, composto da diversi moduli software (Fig. 23/4) aventi come contenuto:

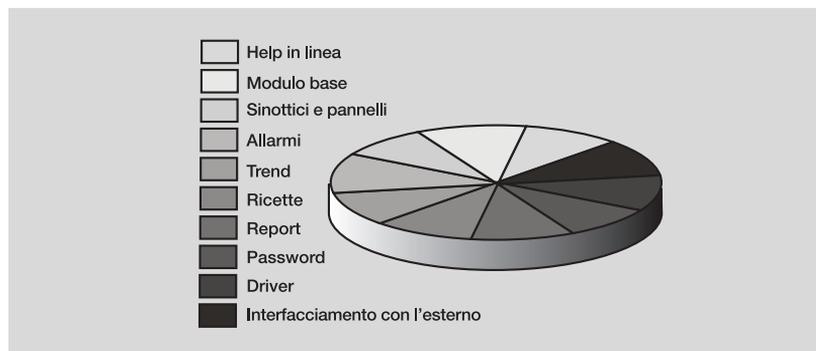


Fig. 23/4

- **Moduli di base:** dedicati alla gestione dell'ambiente SD-View 815, al database di processo, nonché all'esecuzione di algoritmi e di logiche;
- **Sinottici e pannelli di comando:** dedicati alla gestione dei sinottici grafici interattivi e dei pannelli ad uso operatore per l'invio di comandi verso la strumentazione;
- **Allarmi:** dedicato alla gestione degli allarmi real time e storici. Il modulo gestisce inoltre il log allarmi su stampante, l'archiviazione storica e la stampa degli allarmi storici;
- **Trend:** il modulo provvede all'acquisizione e all'archiviazione dei dati, alla presentazione a video delle curve di trend real time e storici, all'esportazione dei dati storici in un file formato ASCII per l'elaborazione con programmi esterni, alla realizzazione di stampe grafiche ed alfanumeriche;
- **Ricette:** dedicato alla gestione delle ricette e di sequenze di comandi, alla loro esecuzione sulla base di schedulazione temporale, oppure al verificarsi di un evento particolare, o su richiesta esplicita dell'operatore;
- **Report di valori istantanei:** dedicato alla realizzazione di report relativi a valori istantanei delle variabili presenti nel database di processo;
- **Password:** regola l'accesso al sistema da parte degli operatori;
- **Driver software di comunicazione:** gestisce la comunicazione con la strumentazione e con i sistemi esterni a SD-View 815;
- **Interfacciamento con l'esterno:** esegue in tempo reale l'interfacciamento con programmi applicativi esterni a Sd-View 815;
- **Help in linea:** guida on line all'utilizzo.

Il pacchetto software SD-View 820 è il prodotto di punta di ABB SACE per il controllo e l'automazione degli impianti elettrici e per la supervisione degli altri impianti tecnologici (condizionamento, sicurezza, movimentazione ecc.).

Sistemi di supervisione e controllo

Caratteristica peculiare di SD-View 820 è la possibilità di integrarsi con gli altri programmi software utilizzati nelle aziende. È progettato per essere conforme agli standard dei sistemi aperti che si sono affermati nell'industria informatica e quindi permette l'accesso a tutte le informazioni aziendali e consente alle applicazioni software di essere utilizzate su piattaforme hardware diverse. SD-View 820 rende disponibili i collegamenti con i più diffusi database relazionali (Oracle, Sybase, Informix, Ingres ed altri), consente di inviare in tempo reale dati relativi ai consumi energetici ad un software di controllo statistico del processo, garantendo un confronto immediato tra i costi di produzione previsti e quelli effettivamente sostenuti, mette in grado gli operatori di adottare decisioni sulla base di informazioni esaurienti e di reagire tempestivamente a situazioni critiche come corti circuiti sulla rete elettrica, incendi, intrusioni, fermi di produzione, che richiedono una conoscenza sia delle operazioni in tempo reale che dall'ambiente circostante; risulta addirittura necessario laddove la completezza e la tempestività delle informazioni sono requisito indispensabile per evitare situazioni rischiose per l'incolumità delle persone e la salvaguardia dell'ambiente (Fig. 23/5).

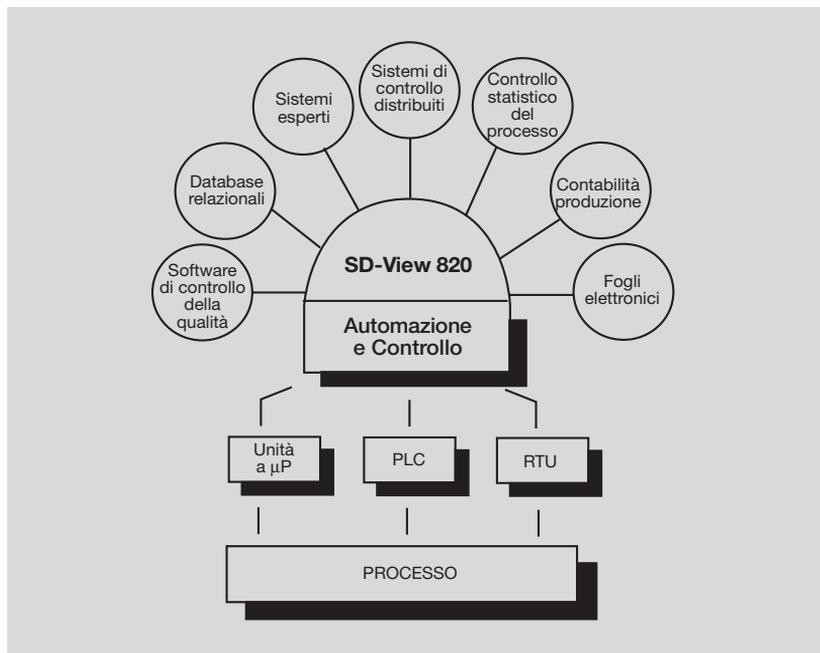


Fig. 23/5

L'architettura tipica del sistema basato sul pacchetto SD-View 820 è, ai livelli inferiori, analoga a quella di SD-View 815. Il livello gerarchico più elevato prevede invece l'impiego di uno o più Host computer e unità di MMI (Man Machine Interface es: X-Terminal), collegati da una rete locale (LAN) Ethernet con protocollo TCP/IP; a questa LAN sono collegate le unità di Terminal Server o di Control Station. A queste ultime, fanno capo i bus di campo che collegano le unità di protezione e controllo, le unità PLC, le unità Remote di I/O per l'automazione locale ed inoltre le linee di comunicazione provenienti dagli impianti tecnologici.

23.5 Componenti specifici del sistema SD-View

A conclusione del presente capitolo dedicato ai sistemi di supervisione e controllo, vengono presentati alcuni componenti e/o apparecchiature specifiche e caratterizzanti il sistema SD-View.

1) SD-P2 (Fig. 23/6) è stato realizzato per facilitare le interconnessioni di comunicazione per i sistemi di supervisione e controllo degli impianti elettrici e tecnologici. La sua collocazione nel sistema è tipicamente quella di un'unità di front-end; si tratta infatti di una piattaforma hardware di caratteristiche generali e flessibili, tali da permettere l'implementazione di eventuali future funzionalità attraverso aggiornamenti del software (es. implementazione di nuovi protocolli) e aggiunte modulari dell'hardware.



Fig. 23/6

Sistemi di supervisione e controllo

2) Unità di campo a microprocessore: trattasi di una completa serie di unità a microprocessore che, installate a livello di campo, sono in grado di svolgere autonomamente un determinato numero di funzioni e di interfacciarsi con i livelli gerarchicamente superiori. Trattasi in particolare di:

2.1- SCU (Fig. 23/7). È un'unità che realizza la completa gestione delle funzioni primarie e secondarie dei quadri di MT. Ciò significa che con l'SCU è possibile soddisfare tutte le esigenze relative a:

- protezione
- controllo degli organi di manovra
- interblocco fra gli organi di manovra
- monitoraggio
- misura
- diagnostica
- memorizzazione eventi
- comunicazione.

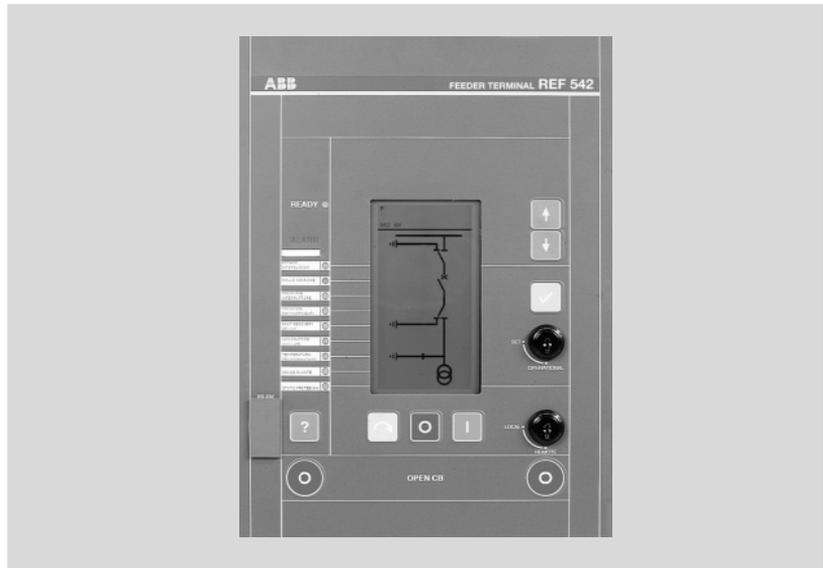


Fig. 23/7

Le funzioni di cui sopra vengono realizzate con un solo componente hardware e quindi l'unità SCU è unica per tutti gli impieghi. La personalizzazione è realizzata mediante un software grafico dedicato, che permette di configurare l'SCU, ottenendo le funzioni desiderate.

2.3 - PR010/K, PR212/D, PR212/T sono unità da abbinare allo sganciatore PR212P (riservato agli interruttori della serie SACE Isomax S) che realizzano rispettivamente le funzioni di: segnalazione, dialogo e attuazione (apertura e chiusura dell'interruttore).

In particolare:

– l'unità di segnalazione SACE PR010/K (Fig. 23/9) è in grado di convertire le segnalazioni digitali fornite dall'unità di protezione SACE PR212/P - LSIG in segnalazione elettriche tramite contatti elettrici normalmente aperti. È connessa al bus interno dell'unità di protezione tramite una linea seriale dedicata non accessibile dall'utente sulla quale transitano tutte le informazioni riguardanti lo stato di attivazione delle funzioni di protezione in base alle quali vengono chiusi i relativi contatti di potenza per segnalare:

- preallarme funzione di protezione L ($I > 0.9 \times I_1$)
- intervento funzioni di protezione L,S,I,G
- intervento dello sganciatore
- errore di comunicazione con l'unità di protezione.



Fig. 23/9

Sistemi di supervisione e controllo

- L'unità di dialogo SACE PR212/D (Fig. 23/10) consente la comunicazione dall'interruttore verso l'esterno e viceversa, tramite una linea di trasmissione seriale EIA RS 485 e secondo il protocollo di comunicazione ABB INSUM (velocità di trasmissione 150 19200 baud). Può essere adottata in presenza dell'unità di protezione SACE PR212/P - LSIG e viene realizzata con moduli esterni idonei all'installazione su profilato DIN per interruttori SACE S4, S5 oppure inserita direttamente nella scatola dello sganciatore per gli interruttori SACE S6, S7.



Fig. 23/10

- L'unità di attuazione SACE PR212/T (Fig. 23/11) permette l'apertura e la chiusura dell'interruttore tramite il comando motore montato sullo stesso. Viene sempre fornita in abbinamento all'unità di dialogo SACE PR212/D. Per il funzionamento dell'unità è richiesta una alimentazione ausiliaria con una tensione stabilizzata pari a 24 Vc.c (+- 20% con ondulazione massima - ripple +- 5%) ed isolata rispetto a terra.



Fig. 23/11

Sistemi di supervisione e controllo

2.4 - PR112/PD (Fig. 23/12) è lo sganciatore a microprocessore, completo dell'unità di dialogo, col quale vengono corredati gli interruttori SACE Emax. PR112/PD è in grado di comunicare con un sistema di supervisione e controllo utilizzando due differenti protocolli di comunicazione: ABB Insum LON e Modbus.

PR112/PD riceve e memorizza:

- le soglie di corrente delle funzioni di protezione
 - le curve delle funzioni di protezione
 - i parametri di configurazione dell'unità
- e trasmette a distanza le seguenti informazioni:
- grado di usura contatti
 - allarmi temperatura sganciatore (prima e seconda soglia)
 - malfunzionamento microprocessore
 - valori delle correnti sulle tre fasi e sul neutro (anche esterno)
 - condizione di interruttore aperto/chiuso
 - condizione di interruttore inserito/estratto
 - condizione di molle interruttore cariche-scariche
 - intervento protezione (differenziato L-S-I-G)
 - configurazione READ/EDIT e richieste di controllo locale.

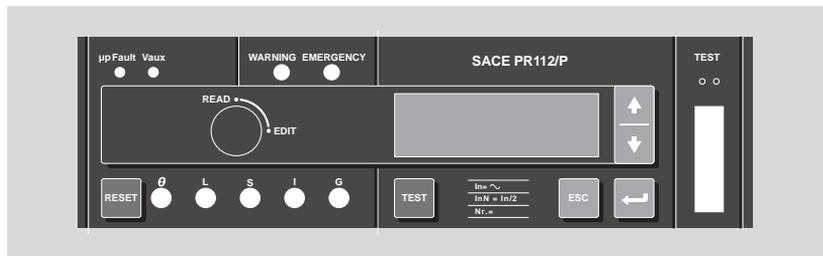


Fig. 23/12

2.5 - Famiglia dei dispositivi SD. È stata progettata e costruita per arricchire il numero delle unità a microprocessore ABB SACE e fornire così all'utente ulteriori soluzioni ai problemi di acquisizione delle informazioni dal campo. La versatilità della serie SD è tale da consentire l'utilizzo anche per problematiche di I/O remoto. Le apparecchiature della serie SD costituiscono perciò il reale complemento ai relè a microprocessore, permettendo di monitorare grandezze significative dell'impianto anche se non strettamente riferite agli interruttori. Nel dettaglio la serie di unità a microprocessore SC (Fig. 23/13) è costituita dai componenti:

- SD-D1/C ed SD-D1/CA
- SD-T1
- SD-M1
- SD-D2.



Fig. 23/13

Il dispositivo SD-D1, nelle due versioni /C e /CA, rende possibile la connessione di qualunque interruttore ABB SACE di bassa e media tensione, ad un sistema di gestione centralizzata dell'impianto.

All'SD-D1 è possibile associare l'unità opzionale SD-M1 (dispositivo di monitoraggio) che permette di visualizzare localmente le grandezze acquisite e di fornire, sempre localmente, i comandi di attuazione, resi operativi dal dispositivo attuatore a relè SD-T1 (anch'esso opzionale e direttamente associabile all'SD-D1).

Il dispositivo di I/O SD-D2 è invece più generico in quanto consente di acquisire segnali binari dal campo e di fornire comandi di attuazione.

Più precisamente, l'SD-D2 ha la possibilità di gestire 32 segnali di cui 24 ingressi e 8 configurabili singolarmente o come ingresso o come uscita.

Sistemi di supervisione e controllo

3) Control station. Nei sistemi di supervisione e controllo ABB SACE, il livello intermedio del sistema può essere costituito, oltre che dalle unità di front-end, dalle control station.

Queste ultime, a differenza delle unità di front-end che svolgono essenzialmente compiti di conversione del mezzo fisico e gestione della comunicazione, sono demandate ad assolvere ai seguenti compiti:

- interconnettersi alle Stazioni Operatore tramite linee di comunicazione seriale punto-punto o configurarsi come un nodo di rete Ethernet singolo o ridondante;
- concentrare le linee seriali RS232 con protocollo Modbus e/o i bus LON provenienti dagli SD-P2 o direttamente dalle unità di campo;
- eseguire sequenze di automazione anche complesse relative sia all'area di processo ad essa sottesa sia a più aree comunicando con le altre Control Station tramite LAN.

Il risultato è un computer industriale di elevata potenza di calcolo ma, al tempo stesso, estremamente flessibile adatto all'utilizzo in condizioni ambientali difficili quali, ad esempio, la cella strumenti dei quadri elettrici di media tensione.

In Fig. 23/14 viene mostrato uno scenario tipico nel quale la Control Station è interposta tra un computer host dotato di uno dei pacchetti della famiglia SD-View.

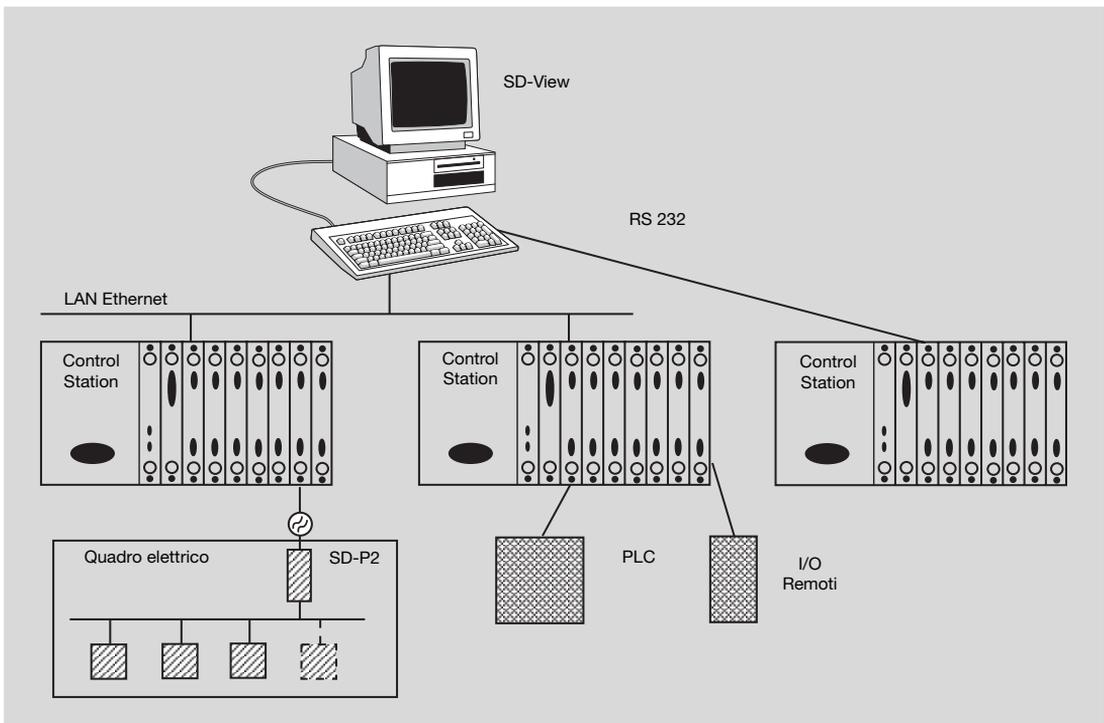


Fig. 23/14

Sistemi di supervisione e controllo

- Caratteristiche essenziali delle Control Station ABB SACE (Fig. 23/15) sono:
- struttura modulare in termini di numero di porte seriali EIA RS232 verso il campo, numero di connessioni alla LAN, ecc.
 - possibilità di espletare non solo la funzione di convertitore di protocollo ma anche di consentire l'esecuzione di sequenze di automazione. A tal fine la Control Station si comporta in tutto e per tutto come un PLC tramite un opportuno software installato nella CPU.
 - possibilità di sviluppare e testare le sequenze di automazione su un calcolatore (PC o Workstation), connesso alla Control Station con linea seriale RS232 o con LAN, tramite un opportuno CASE (Computer Aided Software Engineering) denominato IsaGRAF.
 - possibilità di configurarsi a tutti gli effetti come un nodo di rete Ethernet; con protocollo TCP/IP
 - possibilità di utilizzare direttamente schede di I/O o di collegare tramite bus unità di Remote I/O al fine di consentire interfacciamenti ed automazioni con dispositivi esterni.



Fig. 23/15



24.1 Premessa	24/2
24.2 La Norma CEI 17-13	24/3
24.3 Quadri di cantiere	24/12
24.3.1 Tipi di quadro previsti per i cantieri	24/15
24.4 I quadri ABB SACE	24/17

24.1 Premessa

La denominazione “Quadro Elettrico” deriva dalla forma delle prime realizzazioni dove le apparecchiature venivano montate a giorno su lastre di marmo che, per motivi strutturali, venivano contornate da vere e proprie cornici in bronzo o ferro battuto.

Sino alla fine degli anni sessanta, pur avendo la tecnologia fatto notevoli progressi che avevano profondamente modificato forma, struttura del quadro e apparecchiature contenute, venivano realizzati solo quadri su misura, con notevoli problemi sia in sede di definizione e progettazione sia nella fase di costruzione, ed ancor più in caso di successive modifiche e ampliamenti. Le maggiori difficoltà venivano incontrate nell'impostare una topografia ottimale del quadro elettrico che evitasse di predisporre forature, pannelli ed accessori necessari al montaggio di ciascuna apparecchiatura.

A partire dagli anni settanta si iniziò a cambiare radicalmente la tecnica di costruzione dei quadri elettrici, ricorrendo a strutture standardizzate, modulari e componibili che consentirono di realizzare quadri su misura, più sicuri ed affidabili, mediante il semplice assemblaggio di componenti standard.

Parallelamente allo sviluppo della quadristica si è avuto, anche se in ritardo rispetto ad altri componenti ed apparecchiature dell'impianto elettrico, uno sviluppo della Normativa.

Nel presente capitolo verranno dapprima esaminati gli aspetti normativi e di conformità alla legislazione vigente dei quadri elettrici; successivamente saranno proposte le soluzioni e le realizzazioni dei quadri elettrici di bassa tensione della ABB SACE.

Il quadro elettrico in BT

24.2 La Norma CEI 17-13

La prima Norma CEI relativa ai quadri è stata la 17-13, fascicolo 542 del 1980 ("Apparecchiature costruite in fabbrica - ACF") che ebbe il grande pregio di considerare per la prima volta il quadro elettrico come un prodotto (o un componente) in sè autonomo, e non un impianto in miniatura (Fig. 24/1).

La Norma, ristampata nel 1986, ha conservato la sua validità sino al 1° febbraio 1991 quando è entrata in vigore la nuova Norma CEI 17-13/1 "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Prescrizioni per apparecchiature di serie (AS) e non di serie (ANS)".

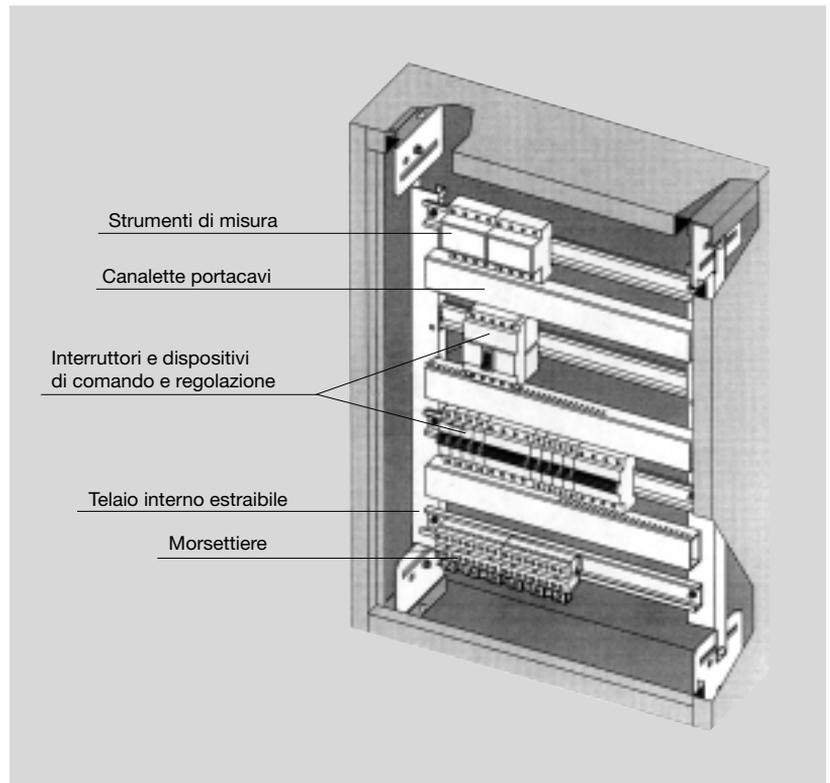


Fig. 24/1 – Architettura di un quadro elettrico

Il quadro elettrico in BT

Numerose ed importanti le novità introdotte:

- 1) È cambiata la filosofia normativa. La Norma CEI 17-13 segue la tendenza ormai diffusa in ambito normativo, sia nazionale che internazionale, di emettere una Norma che detti le “regole generali” valevoli per tutta la famiglia di prodotti trattati dallo stesso sottocomitato tecnico. Così la 17-13/1 è la struttura portante per tutte le altre Norme derivate che servono da completamento alla parte 1 (vedi Fig. 24/2).
- 2) Il campo di applicazione è esteso a tutti i tipi di apparecchiature e non più limitato alle sole “apparecchiature costruite in fabbrica (ACF)”. La Norma attuale prevede, sulla base delle prove a cui sono sottoposti, due tipi di quadri:
 - AS (apparecchiature costruite in serie) che sono prodotti standardizzati, costruiti conformemente ad un prototipo che ha superato le prove di tipo previste dalla Norma;
 - ANS (apparecchiature costruite non in serie) che sono prodotti che adottano sistemazioni non necessariamente verificate con prove di tipo, ma che possono essere derivate da soluzioni adottate nei quadri AS e verificate per estrapolazione.
- 3) Sono state definite quattro forme di segregazione interna del quadro mediante barriere o diaframmi.

La necessità di compartimentazione all'interno del quadro in funzione delle condizioni applicative è certamente una misura a favore della sicurezza, dell'affidabilità e della manutenibilità che il normatore ha doverosamente tenuto in debito conto, in relazione anche alle notevoli evoluzioni degli impianti attuali.
- 4) Sono state definite le condizioni elettriche assunte dalle parti estraibili nelle posizioni di inserito, prova, sezionamento ed asportato e, per la prima volta, vengono fornite prescrizioni per i circuiti di alimentazione di apparecchi elettronici.
- 5) Nell'appendice E, vengono elencate ben 26 caratteristiche del quadro che devono essere argomenti soggetti ad accordo tra costruttore ed utilizzatore a riprova dell'importanza del prodotto quadro, onde evitare malintesi tra costruttore ed acquirente.

Infine, il 1° marzo 1995 è entrata in vigore la terza e per ora definitiva edizione della Norma sui quadri elettrici di bassa tensione. La nuova edizione, che ribadisce nella sostanza quanto affermato nella precedente edizione del 1991, introduce alcune modifiche e/o ampliamenti che meritano qualche approfondimento.

Il quadro elettrico in BT

Quadri B.T.	CEI 17-13/1 (1990) IEC 439-1 (1985) CENELEC EN60439-1 (1989)	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.) Parte 1: prescrizioni per apparecchiature di serie (AS) e non di serie (ANS)
Condotti sbarre	CEI 17-13/2 EN60439-2* IEC 439-2 (1992) CENELEC EN60439-2*	Parte 2: prescrizioni particolari per i condotti sbarre
Quadri B.T. per luoghi con persone non addestrate	CEI 17-13/3 EN60439-3* (1992) IEC 439-3 (1990) CENELEC EN60439-3* (1992)	Parte 3: prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non qualificato ha accesso al loro uso - quadri di distribuzione (ASD)
Quadri di cantiere	CEI 17-13/4 EN60439-4* (1992) IEC 439-4 (1990) CENELEC EN60439-4* (1992)	Parte 4: prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate per cantiere (ASC)

Fig. 24/2 – Il “pacchetto” normativo CEI sui quadri elettrici

Il quadro elettrico in BT

Una prima differenza si riscontra già nel titolo ("Apparecchiature di serie (AS) soggette a prove di tipo e apparecchiature non di serie (ANS) parzialmente soggette a prove di tipo") che, con maggior incisione precisa la distinzione tra quadri (apparecchiature) AS e ANS: i primi devono essere sottoposti a tutte le prove di tipo (Tab. 24/1) e superarle; i secondi solo ad alcune (ad esempio la prova di tenuta al corto circuito), consentendo la norma di accertare tramite il calcolo se determinate sollecitazioni (ad esempio quelle dielettriche o quelle termiche) possono essere sopportate dal quadro in modo accettabile, ossia senza sostanziali scostamenti da un'apparecchiatura provata in laboratorio.

Tab 24/1 – Elenco delle verifiche e prove di tipo da eseguire sulle apparecchiature AS e ANS

No	Caratteristiche da controllare	Riferimento	AS	ANS
1	Limiti di sovratemperatura	8.2.1	Verifica dei limiti di sovratemperatura tramite prove (prova di tipo)	Verifica dei limiti di sovratemperatura tramite prove o estrapolazione da apparecchiature di serie (AS) che abbiano superato la prova di tipo
2	Proprietà dielettriche	8.2.2	Verifica delle proprietà dielettriche tramite prove (prova di tipo)	Verifica delle proprietà dielettriche tramite prove secondo 8.2.2 o 8.3.2, o verifica della resistenza di isolamento secondo 8.3.4 (vedere n° 11)
3	Tenuta al cortocircuito	8.2.3	Verifica della tenuta al cortocircuito tramite prove (prova di tipo)	Verifica della tenuta al corto circuito tramite prove o per estrapolazione da sistemazioni di apparecchiature di serie (AS) simili che abbiano superato la prova di tipo
4	Efficienza del circuito di protezione	8.2.4		
	Connessione fra le masse e il circuito di protezione	8.2.4.1	Verifica dell'effettiva connessione fra le masse ed i circuiti di protezione, tramite ispezione o misura della resistenza (prova di tipo)	Verifica dell'effettiva connessione fra le masse e il circuito di protezione tramite ispezione o misura della resistenza
	Tenuta al cortocircuito del circuito di protezione	8.2.4.2	Verifica della tenuta al cortocircuito del circuito di protezione tramite prova (prova di tipo)	Verifica della tenuta al corto circuito del circuito di protezione tramite prove o adeguato studio della sistemazione del conduttore di protezione (7.4.3.1.1 ultimo capoverso)
5	Distanze in aria e superficiali	8.2.5	Verifica delle distanze in aria e superficiali (prova di tipo)	Verifica delle distanze in aria superficiali
6	Funzionamento	8.2.6	Verifica del funzionamento meccanico (prova di tipo)	Verifica del funzionamento meccanico
7	Grado di protezione	8.2.7	Verifica del grado di protezione (prova di tipo)	Verifica del grado di protezione

Il quadro elettrico in BT

Oltre a questa prima distinzione se ne possono riscontrare altre due di particolare importanza:

- art. 5.1 Targhe: viene modificata la definizione di costruttore;
- art. 7.7 Suddivisioni interne: le quattro forme di segregazione sono diventate sette.

Sono stati inoltre aggiunti una serie di articoli che trattano argomenti non presenti nella precedente edizione della norma:

- art. 6.1.2.3 Grado d'inquinamento
- art. 7.1.2.3 Proprietà dielettriche
- art. 7.10 Compatibilità elettromagnetica.

Il quadro elettrico in BT

Esaminiamo nel dettaglio le varie novità.

Targhe

Ogni apparecchiatura assiemata deve essere provvista di targa recante:

a) nome o marchio di fabbrica del costruttore. La norma precisa che “come costruttore viene considerata quella organizzazione che si assume la responsabilità dell'apparecchiatura finita”. Nella precedente edizione invece era considerato costruttore dell'apparecchiatura “la ditta o l'impresa che ne cura il montaggio finale”.

La variazione favorisce l'utente finale perché la responsabilità del quadro viene necessariamente assunta da colui che vi pone la targa, che deve esistere obbligatoriamente, col nome o marchio di fabbrica.

È altresì opportuno aggiungere che la Direttiva CEE n° 374 del 27/07/85 sulla responsabilità da prodotto individua inequivocabilmente come produttore “il soggetto che appone il proprio nome o altro segno distintivo sul prodotto”.

Suddivisioni interne

La suddivisione in quattro forme (vedi Fig. 24/3 per la forma 4) è stata ampliata, divenendo ora cinque le forme possibili. In particolare la vecchia forma 3 è diventata la nuova forma 3a, che prevede la separazione delle sbarre delle unità funzionali e la separazione di tutte le unità funzionali l'una dall'altra, con l'eccezione dei loro terminali di uscita, senza richiedere la separazione dei terminali d'uscita dalle sbarre. Si è aggiunta la forma 3b che prevede i terminali d'uscita tra loro non separati, ma segregati dalle sbarre, oltre che dalle unità funzionali.

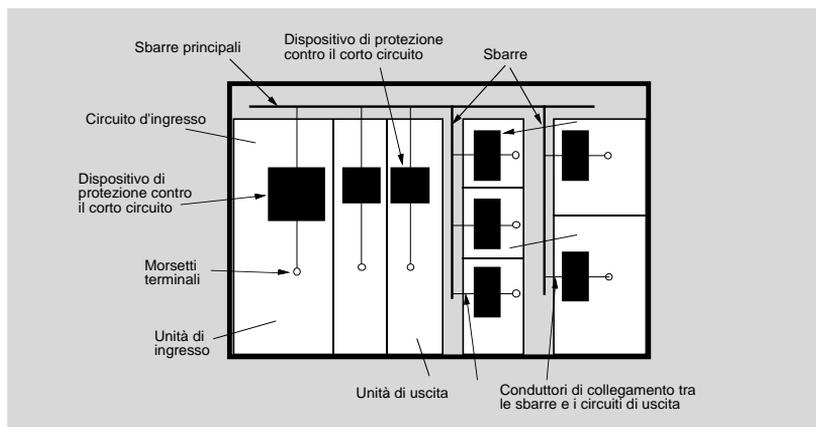


Fig. 24/3 – La forma 4 prevede il massimo di separazione tra elementi interni al quadro: le sbarre, le singole unità funzionali, gli stessi terminali ingresso-uscita sono collocati in volumi indipendenti.

Il quadro elettrico in BT

Grado di inquinamento

Sono state previste due tabelle per valutare le distanze superficiali ed in aria (ad esempio tra le sbarre), in funzione di quattro diversi gradi di inquinamento previsti:

- grado 1: non esiste inquinamento o, qualora presente, è di tipo secco e non conduttore;
- grado 2: vi è normale presenza di inquinamento non conduttore e, solo occasionalmente, è possibile il verificarsi di una conduttività temporanea provocata dalla condensazione;
- grado 3: vi è presenza di inquinanti in grado di condurre elettricità o di polvere secca non conduttrice, ma che diventa conduttrice in seguito a condensazione;
- grado 4: le sostanze inquinanti presenti nell'ambiente provocano una conduttività persistente causata, ad esempio, da polvere conduttrice, neve o pioggia.

Per quanto concerne l'aspetto applicativo, si tenga presente che, salvo impieghi specifici o gradi di inquinamento particolarmente gravosi, le apparecchiature destinate alle applicazioni industriali devono essere idonee per un grado d'inquinamento 3.

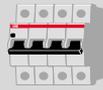
Proprietà dielettriche

L'art. 7.1.2 della precedente edizione, che trattava il problema delle distanze in aria, superficiali e di sezionamento, è stato rivisto in un'ottica più ampia che tiene conto delle proprietà dielettriche che devono essere possedute dal circuito principale, dai circuiti di comando e ausiliari nei confronti della tensione di tenuta ad impulso (Tab. 24/2).

La nuova serie di prescrizioni è basata sulle pubblicazioni CEI 28-6 (1997) ed ha lo scopo di coordinare l'isolamento dell'equipaggiamento con le condizioni incontrate nell'installazione.

Il quadro elettrico in BT

Tab. 24/2 – Corrispondenza tra la tensione del sistema e la tensione di tenuta ad impulso degli apparecchi. La categoria di tenuta all'impulso tiene conto del luogo di installazione del quadro elettrico: dalla cat. 4 a ridosso del trasformatore alla cat. 1 all'estrema periferia dell'impianto

Tensione nominale di tenuta ad impulso delle apparecchiature					
Tensione nominale di installazione* (V)		Tensione di tenuta ad impulso (kV) richiesta per			
Sistemi trifase	Sistemi monofase con punto centrale	1) Apparecchiatura all'origine dell'impianto  (categoria IV di tenuta ad impulso)	2) Apparecchiatura parte dell'impianto fisso  (categoria III di tenuta ad impulso)	3) Apparecchiatura da collegare all'impianto fisso  (categoria II di tenuta ad impulso)	4) Apparecchiatura con protezione speciale  (categoria I di tenuta ad impulso)
	120-240	4	2,5	1,5	0,8
230/400 277/480		6	4	2,5	1,5
400/690		8	6	4	2,5
1000		Valori proposti dai tecnici di sistema o, in mancanza di informazione, possono essere scelti i valori di cui alla riga sopra.			

* In conformità alla IEC 38

La categoria I è rivolta ai progettisti di apparecchiature particolari.

La categoria II è rivolta ai comitati di prodotto per le apparecchiature da collegare alla rete.

La categoria III è rivolta ai comitati di prodotto di materiale per installazione e ad alcuni comitati speciali di prodotto.

La categoria IV è rivolta ai fornitori di energia ed ai progettisti di sistemi.

La pubblicazione CEI sopra menzionata presuppone che le apparecchiature, che costituiscono un impianto elettrico, debbano rispondere a requisiti dielettrici che le classificano idonee ad essere installate nelle diverse zone in cui è stato concettualmente suddiviso l'impianto. Tali zone sono caratterizzate da situazioni di sovratensioni controllate, e cioè da valori massimi e statisticamente definiti di sovratensioni, di origine atmosferica o di altra natura trasmissibili dal lato M.T. dell'impianto, che possono sollecitare i componenti dell'impianto B.T.

Al contempo, le apparecchiature di manovra contenute nei quadri, se giudicate idonee a sostenere un determinato livello di sovratensione transitoria, non devono poter generare per proprio conto tensioni transitorie di manovra superiori alla loro tensione di tenuta.

Il parametro preso in considerazione è la tensione impulsiva $1,2/50 \mu s$ espressa in kV_p , già normalizzata e utilizzata come parametro di riferimento negli impianti M.T.

L'impianto elettrico è stato diviso concettualmente in quattro zone caratterizzate da diverse categorie di sovratensione numerate da I a IV per le quali, in funzione delle tensioni nominali e del tipo di sistema elettrico, viene prescritta la tenuta a diversi livelli di tensioni impulsive.

La categoria di sovratensione IV è quella generalmente indicata come origine dell'installazione e cioè quella nella quale si possono presentare i livelli di sovratensione più elevati.

Il quadro elettrico in BT

Seguono in ordine decrescente di sovratensioni, la categoria III (circuiti di distribuzione), la categoria II (apparecchi utilizzatori), la categoria I (circuiti particolarmente protetti per motivi in genere funzionali). La scelta dei circuiti e degli equipaggiamenti del quadro, da installare in un prefissato sistema elettrico, deve essere effettuata correlando la tensione nominale del sistema con la tensione nominale di tenuta all'impulso dell'apparecchiatura assiemata, sulla base delle indicazioni formulate nell'allegato G oppure con le tensioni alternate o continue corrispondenti, raccolte nella tabella 13 della Norma.

Compatibilità elettromagnetica

Il problema dei disturbi elettromagnetici, sia di tipo irradiato che di tipo condotto, è oggi sempre più presente nelle attenzioni dei progettisti e normatori, considerato anche il massiccio ingresso dell'elettronica nei vari dispositivi che costituiscono l'impianto.

Premesso che in presenza di disturbi elettromagnetici si parla solitamente di compatibilità elettromagnetica e/o di immunità alle interferenze elettromagnetiche, confondendo talvolta tra loro i termini, la norma CEI EN60439-1, terza edizione ha gettato le basi, uniformandosi ad altre norme di prodotto, per disciplinare anche questo delicato problema .

Precisato che per "compatibilità elettromagnetica" si intende la proprietà di un'apparecchiatura a funzionare regolarmente senza introdurre disturbi che pregiudichino il funzionamento per altre apparecchiature, mentre per "immunità elettromagnetica" si intende la proprietà di una apparecchiatura a funzionare regolarmente anche in presenza di disturbi elettromagnetici che l'ambiente d'installazione o il tipo di servizio possono generare, la nuova norma sui quadri precisa che:

- 1) non necessitano prove di immunità per apparecchiature assiemate che non incorporano equipaggiamenti elettronici;
- 2) le apparecchiature contenute nei quadri possono generare disturbi elettromagnetici solo durante occasionali operazioni di interruzioni la cui durata è di pochi millisecondi e che, pertanto, le prescrizioni per l'emissione elettromagnetica sono considerate soddisfatte;
- 3) qualora vi siano equipaggiamenti elettronici facenti parte del quadro, devono essere soddisfatte le prescrizioni di immunità ed emissione previste dalle corrispondenti Pubblicazioni IEC.

(Si rammenta che in questo ambito le pubblicazioni di riferimento sono quelle della serie 1000).

24.3 Quadri di cantiere

Una notazione particolare, vista l'importanza che vanno via via assumendo, deve essere fatta in merito ai quadri di cantiere. Gli impianti elettrici nei cantieri edili, già regolamentati dalla Norma CEI 64-8 alla sezione 704, hanno acquisito nell'ultimo periodo una rilevanza particolare grazie al D.L. 494/96 (attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e salute da attuare nei cantieri mobili e temporanei), perché il guasto elettrico è tra le fonti statisticamente più rilevanti di incidente. Quadro per cantiere si definisce un quadro costituito da uno o più dispositivi di trasformazione o di interruzione e dai relativi apparecchi di comando, misura, segnalazione, protezione e regolazione, completi di tutte le connessioni elettriche e meccaniche e di tutte le parti strutturali progettate e costruite sia per uso interno che esterno a fabbricati in costruzione.

Tutti i quadri per cantieri devono essere di tipo AS (o meglio ASC) ossia quadri che abbiano superato le prove di tipo (Tab. 24/3) e, di conseguenza, non sono ammessi quadri ANS (ossia quadri che in sostituzione di alcune prove di tipo abbiano sistemazioni verificate ad esempio mediante calcoli matematici) che viceversa sono largamente usati in tutti gli ambienti civili, industriali e del terziario.

Il quadro elettrico in BT

Tab. 24/3 – Prove di tipo per quadri di cantiere ASC secondo la CEI 17-13/4 (viene aggiunta ex novo la prova alla corrosione e si rilevano sostanziali modifiche nelle prove meccaniche, che qui richiedono anche la tenuta all’impatto e all’urto)

N°	Caratteristiche da controllare	Riferimento	Prova
1	Limiti di sovratemperatura	8.2.1	Verifica dei limiti di sovratemperatura tramite prove (prova di tipo)
2	Tenuta alla tensione applicata	8.2.2	Verifica della tenuta alla tensione applicata tramite prova (prova tipo)
3	Tenuta al cortocircuito	8.2.3	Verifica della tenuta al cortocircuito tramite prove (prova di tipo)
4	Efficienza del circuito di protezione	8.2.4	
	Connessione effettiva fra le masse dell'apparecchiatura ed il circuito di protezione	8.2.4.1	Verifica dell'effettiva connessione tra le masse dell'apparecchiatura ed il circuito di protezione con esame a vista o con misura della resistenza (prova di tipo)
	Tenuta al cortocircuito del circuito di protezione	8.2.4.2	Verifica della tenuta al cortocircuito del circuito di protezione tramite prova (prova di tipo)
5	Distanze in aria e superficiali	8.2.5	Verifica delle distanze in aria e superficiali (prova di tipo)
6	Funzionamento meccanico	8.2.6	Verifica del funzionamento meccanico (prova di tipo)
7	Grado di protezione	8.2.7	Verifica del grado di protezione (prova di tipo)
8	Resistenza meccanica	8.2.8	Verifica della resistenza meccanica tramite prova (prova di tipo)
9	Resistenza alla corrosione	8.2.9	Verifica della resistenza alla corrosione tramite prova (prova di tipo)
10	Cablaggio, funzionamento elettrico	8.3.1	Esame a vista dell'apparecchiatura compreso l'esame a vista del cablaggio e, se necessario, prova del funzionamento elettrico (prova individuale)
11	Isolamento	8.3.2	Prova di tensione applicata (prova individuale)
12	Misure di protezione	8.3.3	Verifica delle misure di protezione e della continuità elettrica dei circuiti di protezione (prova individuale)

Il quadro elettrico in BT

Ciascun quadro deve essere corredato da una o più targhe indelebili, visibili a quadro in opera, sulle quali devono essere riportate le seguenti informazioni:

- il nome del costruttore o il marchio di fabbrica del quadro (salvo appaiano già sul quadro stesso);
- il tipo o il numero di identificazione o altro mezzo di riconoscimento;
- la norma CEI EN 60439-4 di riferimento;
- il valore nominale della corrente e la sua natura;
- le tensioni nominali di funzionamento e di impiego;
- il peso (se superiore a 50 kg).

Eventuali altre informazioni quali: dimensioni, grado di protezione, tenuta al corto circuito, condizioni di servizio ecc., se non riportate sulla targa, devono essere contenute nella documentazione specifica fornita assieme al quadro. La Norma 17-13/4 obbliga inoltre il costruttore a specificare, per ciascun quadro, gli altri tipi di quadro che ad esso possono essere collegati, al fine di conservare le necessarie caratteristiche di compatibilità dell'impianto, compatibilità che si basa sul tipo di sistema di messa a terra utilizzato o sulla necessità di un coordinamento delle protezioni elettriche. Per quanto concerne gli aspetti costruttivi, la norma prevede che i quadri per cantiere abbiano tutti gli apparecchi posti all'interno di un involucro munito di pannelli asportabili, di pannelli di copertura o di portine tali da consentire la connessione dei cavi e la manutenzione, con la sola eccezione di eventuali prese a spina, manopole e pulsanti di comando che possono essere accessibili senza l'uso di una chiave o di un attrezzo. Il grado minimo di protezione deve essere non inferiore ad IP43 a quadro chiuso e non inferiore ad IP21 a porta aperta, quando si accede ai comandi. I dispositivi per l'entrata dei cavi devono essere specificati dal costruttore e le uscite dei cavi devono essere ubicate ad una distanza minima dal suolo compatibile con il raggio di curvatura del cavo più grande che possa essere collegato. I terminali per conduttori esterni devono consentire che tutte le connessioni siano effettuabili più volte oppure devono essere costituiti da prese a spina, con corrente nominale di almeno 16 A.

Le spine aventi valori di corrente o tensione nominale diversi tra loro non devono essere intercambiabili, onde evitare errori, e le connessioni per le prese a spina trifase devono essere realizzate in modo da rispettare lo stesso ordine delle fasi. La sezione di ogni conduttore di protezione all'interno del quadro, che non faccia parte di un cavo o di un involucro di cavo, non deve essere inferiore a 2,5 mm². In uno stesso involucro possono essere installati solo apparecchi aventi la medesima sorgente di alimentazione.

Il quadro elettrico in BT

24.3.1 Tipi di quadro previsti per i cantieri

Le tipologie di quadri elettrici previste per l'installazione nei cantieri, edili e non, sono le seguenti:

1) Quadro di alimentazione di entrata

È destinato alla connessione con la rete pubblica ed in esso sono contenuti gli strumenti per la misura dell'energia consumata.

È concettualmente diviso in due scomparti: entrata e uscita. Il primo contiene i mezzi di collegamento e, se richiesto dall'Ente distributore, può contenere anche un dispositivo di sezionamento e/o di protezione contro le sovracorrenti; il secondo contiene i dispositivi per l'attacco e lo stacco del carico, il sezionamento, la protezione contro le sovracorrenti e contro i contatti indiretti. È necessario, in questi quadri, che il sezionamento sia garantito con sistemi (ad esempio lucchetti) che ne impediscono la manomissione.

2) Quadro di distribuzione principale

È il quadro posto immediatamente a valle di quello di alimentazione ed è costituito da un'unità di entrata (provvista di un dispositivo di sezionamento) e da una o più unità di uscita che, a loro volta, possono essere costituite da uno o più circuiti.

La corrente nominale dev'essere di almeno 630 A.

3) Quadro di distribuzione

Può essere derivato sia direttamente dal quadro di alimentazione di entrata sia da quello di distribuzione principale. È anch'esso composto da un'unità di entrata e da più unità di uscita alle quali vanno collegati i conduttori di distribuzione per l'illuminazione e per la forza motrice agli altri quadri secondari e/o alle macchine. La corrente nominale del quadro di distribuzione dev'essere compresa tra 125 e 630 A.

4) Quadro di trasformazione

È composto da uno scomparto contenente l'unità di trasformazione bassa/bassissima tensione (BT/FELV o BT/SELV) e da una o più unità di trasformazione bassa/bassa tensione.

In queste unità generalmente il trasformatore è conforme alla pubblicazione IEC 742 (trasformatore d'isolamento); detto trasformatore può non essere d'isolamento se il punto di neutro è collegato mediante cavo o morsetto di terra all'esterno dell'involucro e se il cavo è identificato da un'etichetta posta all'interno dell'involucro.

5) Quadro di distribuzione finale

È il quadro collegato a valle di un quadro più grande ed al quale vanno collegati gli utensili elettrici portatili e le altre apparecchiature di cantiere.

Peculiarità di questi quadri:

- nelle unità di uscita, a differenza dei quadri di distribuzione non è possibile deliberatamente ritardare il funzionamento dei dispositivi di protezione;
- la protezione supplementare contro i contatti indiretti deve essere assicurata da un dispositivo a corrente residua con corrente nominale differenziale di intervento non superiore a 30 mA e che non protegga più di sei prese a spina;
- la corrente nominale deve essere inferiore a 125 A.

Il quadro elettrico in BT

6) Quadro di prese a spina

È un quadro che può essere mobile o trasportabile e in cui tutte le unità sono costituite da sole prese a spina.

L'entrata del quadro si realizza collegando il cavo flessibile ad una spina (o ad un dispositivo di connessione che realizzerà il collegamento con una presa a spina); nelle unità di uscita è necessario che ciascuna presa a spina sia protetta contro il sovraccarico.

Le prese a spina devono essere protette da un dispositivo a corrente residua che non possa ritardare oltre i limiti imposti rispettivamente dalle Norme CEI 23-42 e 23-44.

In ogni caso, va precisato che detto dispositivo non può proteggere più di sei prese a spina.

24.4 I quadri ABB SACE

La nuova gamma di quadri di distribuzione ArTu comprende quadri e sistemi in kit per la realizzazione di quadri elettrici di distribuzione primaria e secondaria, che risponde alle esigenze del mercato in termini di tipo di installazione, grado di protezione, caratteristiche elettriche e meccaniche e riferimenti normativi (EN 60439-1).

I quadri ArTu consentono la realizzazione, con un'unica gamma di accessori, di un'ampia serie di configurazioni partendo sempre da semplici kit di montaggio: quadro di distribuzione terminale a parete con soli interruttori modulari, quadri di distribuzione secondaria a pavimento, quadri con presenza di interruttori scatolati, quadri di distribuzione primaria (tipo "Power Center") con prevalenza di interruttori scatolati ed eventuali segregazioni interne fino alla Forma 4.

L'obiettivo è di offrire all'utilizzatore di apparecchi ABB e ABB SACE un sistema completo e integrato di carpenterie in kit che consentono la massima facilità di montaggio e cablaggio delle apparecchiature.

L'integrazione con le apparecchiature ha consentito di standardizzare una serie di kit dedicati all'installazione di tutta la gamma di interruttori System Pro-M ABB, SACE Isomax S (in tutte le possibili esecuzioni) e SACE Emax (E1, E2, E3), costituiti da piastre e pannelli preforati che non richiedono alcuna operazione supplementare di foratura o adattamento all'utilizzatore.

La standardizzazione dei componenti è stata estesa fino alla segregazione interna del quadro, che sempre più viene prescritta dai progettisti per consentire l'accesso al quadro cablato per operazioni di manutenzione, mantenendo la continuità del servizio sui vari circuiti in uscita.

La segregazione interna dei quadri ArTu è quindi un'operazione che avviene utilizzando i kit standardizzati e non richiede né la realizzazione di quadri "su misura", né alcuna lavorazione supplementare di taglio, piegatura o foratura di lamiera (vedi Fig. 24/4).

Le caratteristiche tecnico-funzionali più importanti dei quadri ArTu sono le seguenti:

- gamma di carpenterie modulari fino a 3.200 A con accessori comuni;
- possibilità di soddisfare tutte le esigenze applicative in termini di installazione (parete, pavimento monoblocco e armadi in kit) e grado di protezione (IP30, IP40, IP55);
- struttura in lamiera zincata a caldo 12/10 mm nella versione monoblocco parete (serie M);
- completa integrazione tra componenti ABB;
- ridotto tempo di montaggio del quadro, grazie alla semplicità dei kit, all'unificazione della minuteria e alla presenza di chiari riferimenti per il montaggio delle piastre e dei pannelli;
- unico collegamento di messa a terra sullo zoccolo e conseguente inutilità dei cavallotti di messa a terra delle restanti masse (vedi fig. 24/5);
- segregazioni in kit fino alla Forma 4 (vedi Fig. 24/6).

Il quadro elettrico in BT

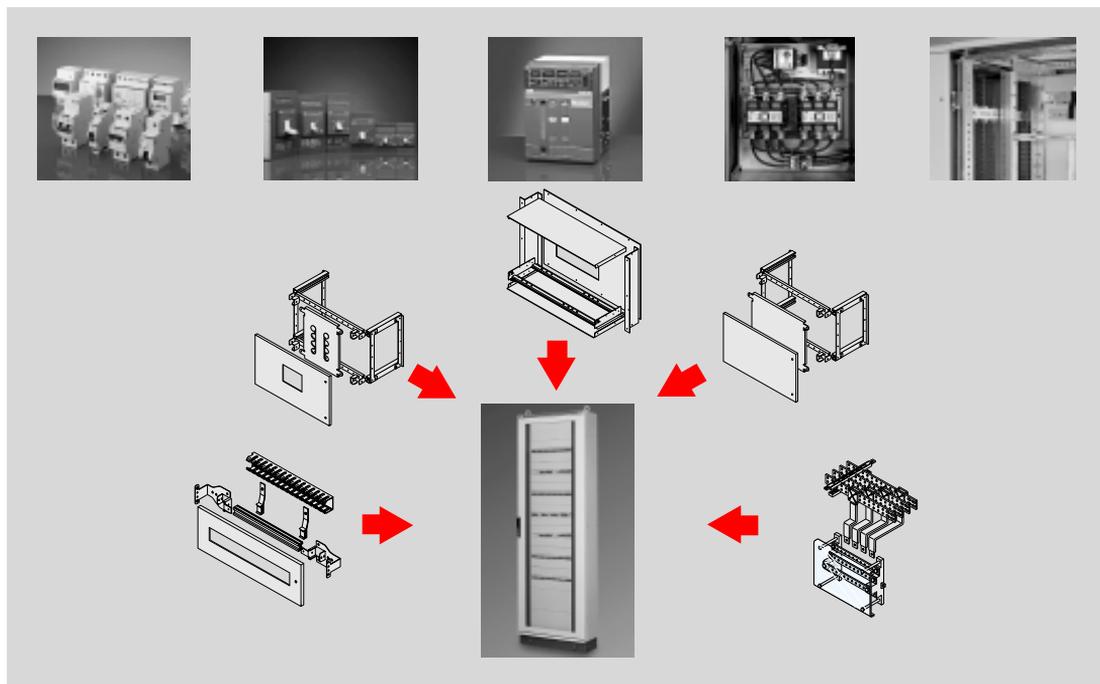


Fig. 24/4 – Il concetto di sistema costruttivo prestabilito



Il quadro elettrico in BT

Caratteristiche tecniche

- Tensione nominale di impiego U_e fino a 690 V
- Tensione nominale di isolamento U_i fino a 1000 V
- Tensione nominale di tenuta impulso U_{imp} 8 kV
- Frequenza nominale 50-60 Hz
- Corrente nominale fino a 3200 A
- Corrente nominale di corto circuito di breve durata I_{cw} fino a 105 kA
- Corrente di corto circuito di picco I_{pk} fino a 254 kA
- Segregazioni interne Forma 3-4
- Grado di protezione IP 30/40/55

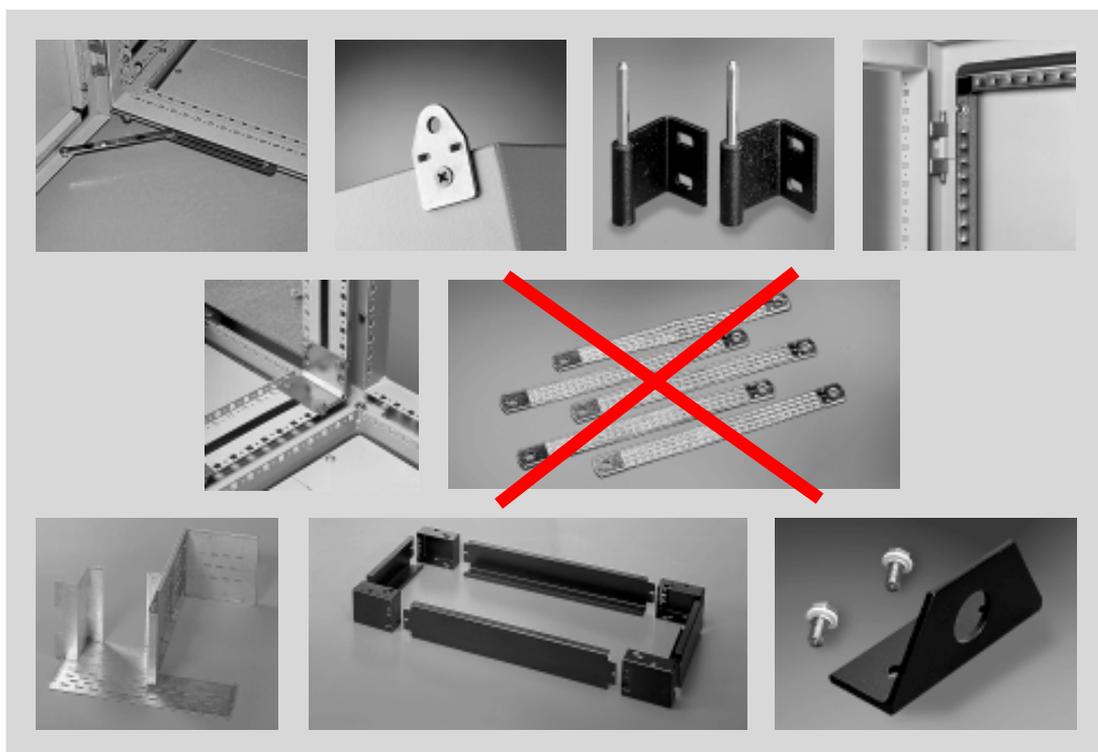


Fig. 24/5 – Nelle moderne carpenterie elettriche non sono più necessari i vecchi cavallotti di terra

Il quadro elettrico in BT



Fig. 24/6 – Kit per la realizzazione di Forme 3 e 4

La gamma di quadri ArTu si suddivide in due serie di prodotti che mantengono lo stesso tipo di accessori (vedi Fig. 24/7):

- ArTu serie M è costituita da una gamma modulare di quadri monoblocco per installazione a parete (nelle profondità 150 e 200 mm fino al grado di protezione IP55) o a pavimento (di profondità 200 mm e con grado di protezione IP30 o IP55) e consentono l'installazione degli apparecchi modulari System Pro-M e degli interruttori SACE Isomax S1 e S2 su guida DIN (serie M a parete) e S1...S5 (serie M a pavimento);
- ArTu serie K è costituita da una gamma in kit di quadri componibili per installazione a pavimento con tre diverse profondità (350, 600 e 800 mm) e con grado di protezione IP30 (senza porta frontale), IP 40 (con porta frontale e pannelli laterali aerati) o IP55 (con porta frontale e pannelli laterali ciechi); essi consentono l'installazione degli apparecchi modulari System Pro-M, di tutta la gamma di interruttori SACE Isomax S (in tutte le possibili configurazioni) e degli interruttori SACE Emax E1, E2 e E3.

I quadri ArTu dispongono di due larghezze funzionali: la larghezza 200 mm rappresenta la dimensione base per l'installazione di tutte le apparecchiature; la larghezza 800 mm, disponibile sui quadri a pavimento, consente la realizzazione, all'interno della struttura, del vano cavi laterale.

I pannelli per apparecchi modulari hanno modularità verticale 200 mm, mentre i kit per interruttori SACE Isomax S e Emax hanno modularità 100 mm. Lo spazio utile interno in altezza varia da 600 mm (serie M a parete) fino a 2000 mm (serie M a pavimento e serie K) e la gamma dimensionale è tale da offrire soluzioni per le più diverse esigenze applicative.

Tutti i pannelli, utilizzabili indifferentemente con o senza porta frontale, sono dotati di cerniera (non visibile dall'esterno) e sono reversibili.

Il quadro elettrico in BT

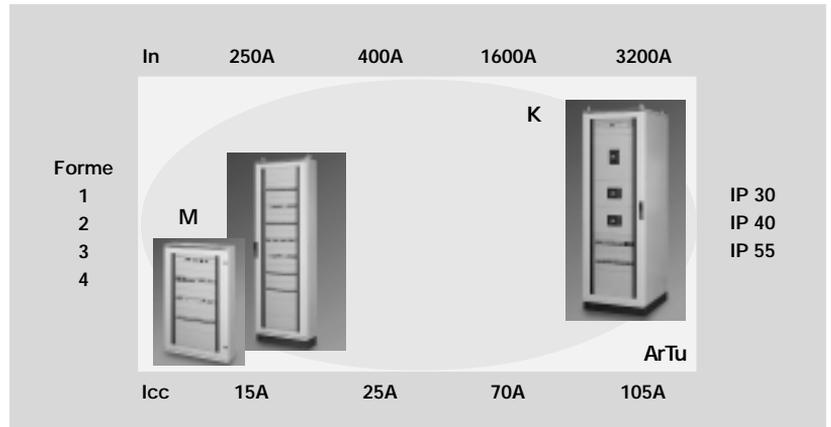


Fig. 24/7 – Il sistema ArTu copre ogni possibile esigenza delle utenze in BT

Il quadro elettrico in BT

ArTu serie M



ArTu serie K

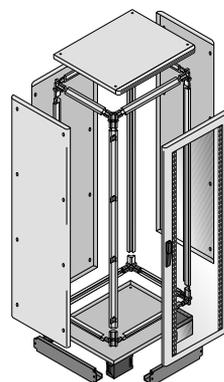


ABB System Pro-M

ABB System Pro-M



SACE Isomax S1-S2

SACE Isomax S1...S5

SACE Isomax S1...S7

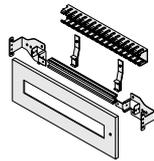


SACE Emax E1 - E2 - E3

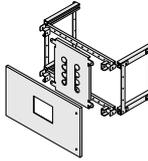
Struttura	Monoblocco	Monoblocco affiancabile	Kit componibile
Profondità	150/200 mm	250 mm	350/600/800 mm
Grado di protezione	IP 55	IP 30/IP 55	IP30/IP40/IP55
Installazione	Parete/Incasso	Pavimento	Pavimento
Larghezza funzionale	600 mm (24 moduli DIN)	600 mm (24 moduli DIN) 800 mm (24 mod. DIN + Vano Cavi / 36 mod. DIN senza vano cavi)	600 mm (24 moduli DIN) 800 mm (24 mod. DIN + Vano Cavi / 36 mod. DIN senza vano cavi)
Numero moduli verticali (altezza 200 mm)	3/4/5/6	7/8/9/10	9/10
In massima quadro	160 A	400 A	3200 A
Icw di breve durata	15 kA	25 kA	105 kA
Predisposizione passaggio cavi	Base e Testata	Base e Testata	Base oppure Testata

Il quadro elettrico in BT

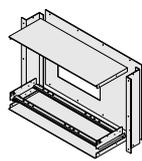
ABB
System Pro-M



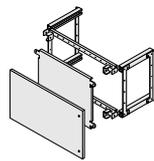
SACE Isomax S



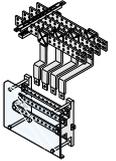
SACE Emax



Apparecchi
non modulari



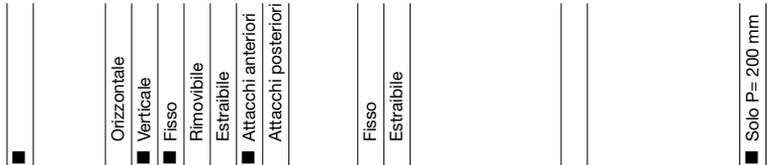
Accessori
di cablaggio



ArTu serie M



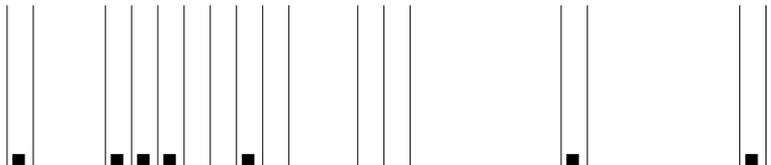
SACE Isomax S1 - S2 SACE Emax E1-E2-E3



Parete



SACE Isomax S1 ... S5

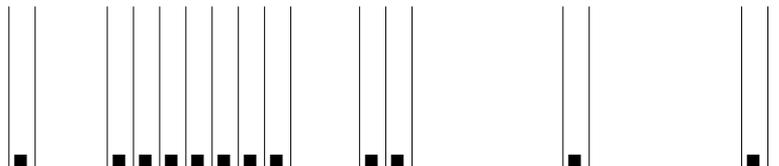


Pavimento

ArTu serie K



SACE Isomax S1 ... S7



Pavimento

Il quadro elettrico in BT

Gli armadi ArTu serie K consentono la realizzazione di un'ampia varietà di configurazioni (da quadri di distribuzione secondaria fino ai Power Center segregati) offrendo la massima facilità di gestione (movimentazione, stoccaggio e montaggio) grazie alla semplice componibilità dei kit che li costituiscono.

Nei quadri ArTu il kit base e testata include anche lo zoccolo di altezza 100 mm, costituito da quattro angolari e da quattro flange di copertura, sempre nell'ottica dell'intero progetto ArTu di ridurre al minimo il numero di codici.

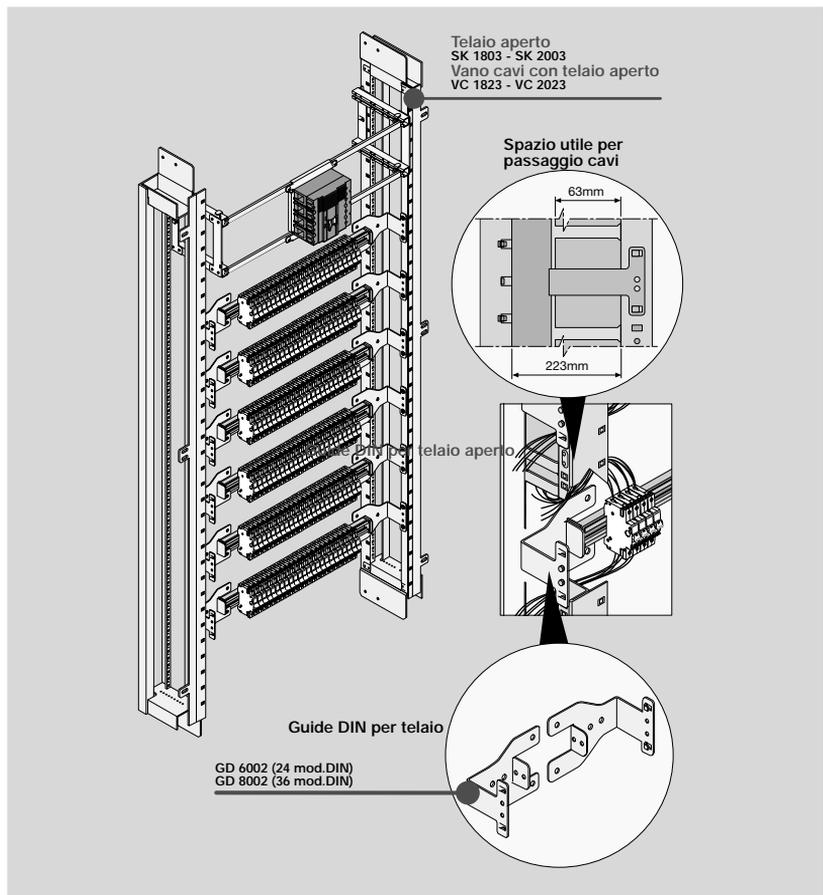
I quattro montanti in lamiera zincata si ordinano a parte e sono disponibili nelle due altezze 1800 e 2000 mm.

I kit di montaggio per gli apparecchi si fissano sui telai, che riportano i riferimenti per il corretto posizionamento.

I telai sono disponibili in due versioni:

quadri non segregati: telaio aperto

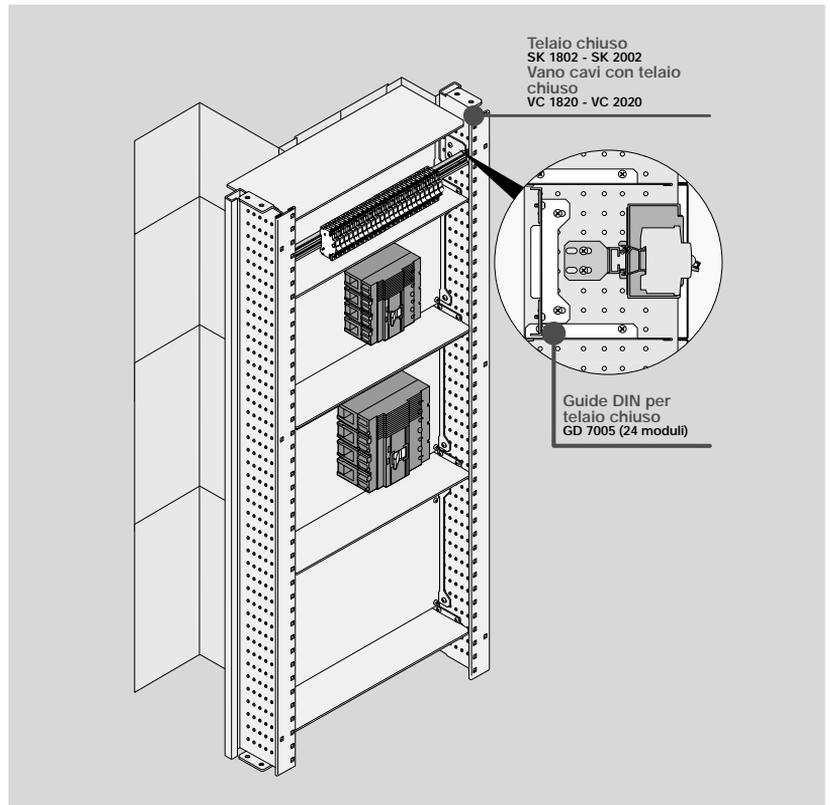
consigliato nei casi in cui non è richiesta nessuna forma di segregazione;



Il quadro elettrico in BT

quadri segregati: telaio chiuso

consigliato nei casi in cui siano richieste forma di segregazione 2-3-4.





25.1	Esempio N. 1:	
	protezione del motore contro il sovraccarico e il corto circuito	25/2
25.1.1	Considerazioni di ordine pratico	25/5
25.1.2	Scelta del contattore	25/5
25.1.3	Scelta del cavo	25/6
25.2	Esempio N. 2:	
	scelta degli apparecchi di protezione e manovra	25/7
25.2.1	Protezione del cavo	25/10
25.3	Esempio N. 3:	
	fornitura e distribuzione dell'energia elettrica mediante due trasformatori in parallelo da 630 kVA	25/11

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

A completamento della guida sulla scelta e l'installazione delle apparecchiature di bassa tensione, vengono forniti esempi di dimensionamento e progettazione di impianti elettrici tipici di molteplici realtà industriali.

Nei primi due esempi verranno esaminate le problematiche relative all'avviamento ed alla protezione dei motori asincroni; nel terzo esempio viene proposta una soluzione di fornitura e distribuzione dell'energia elettrica mediante due trasformatori in parallelo da 630 kVA.

25.1 Esempio N° 1: protezione del motore contro il sovraccarico e il corto circuito

Con riferimento allo schema di avviamento mediante interruttore automatico - contattore (schema B - paragrafo 22.3) verrà nel seguito sviluppato l'esempio schematizzato in Fig. 25/1.

Trattasi di un impianto avente una tensione nominale di 380 V (valore efficace), con motore da 30 kW, che riceve l'alimentazione da un MCC (motor control center), mediante una linea in cavo lunga 70 m.

Ulteriori dati relativi al motore sono:

- tempo di avviamento $t_A = 3$ s
- corrente di avviamento $I_A = 6 \times I_n$
- n° di manovre/ora $N/h = 15$

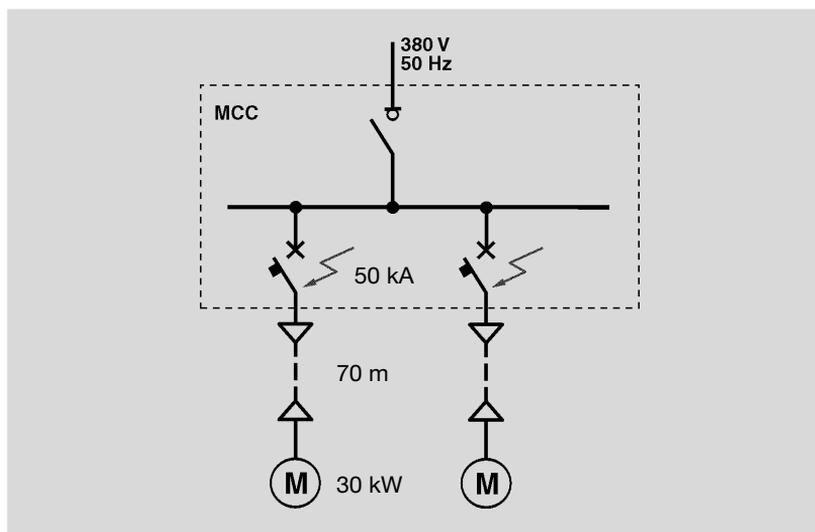


Fig. 25/1

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

Relativamente al motore, sulla base delle considerazioni svolte nel capitolo 22, si determina:

1) corrente nominale del motore

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos\varphi} = \frac{30.000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 56 \text{ A}$$

2) corrente di avviamento

$$I_A = 6 \times I_n = 6 \times 56,9 = 336 \text{ A}$$

3) fattore di potenza all'avviamento e determinazione del coefficiente k.

Il fattore di potenza è funzione della potenza $P = 30 \text{ kW}$ del motore e lo si ricava dal diagramma di Fig. 22/2; analogamente, dal diagramma di Fig. 22/3 si ricava il coefficiente k per il calcolo della massima corrente di picco all'avviamento; pertanto:

$$P = 30 \text{ kW} \rightarrow \cos\varphi_A = 0,42$$

$$\cos\varphi_A = 0,42 \rightarrow k = 1,8$$

4) massima corrente di picco

$$I_p = I_A \times k = 336 \times 1,8 = 604,8 \text{ A}$$

5) scelta dell'interruttore dello sganciatore termomagnetico.

I calcoli e la scelta dell'apparecchiatura devono garantire:

- il comando del motore per il numero di manovre previsto
- la protezione contro il corto circuito e il sovraccarico di tutte le apparecchiature a valle dell'interruttore, compreso il cavo di alimentazione del motore
- la selettività dell'impianto.

In base alle caratteristiche dell'impianto e del motore, vengono operate le seguenti scelte:

interruttore: SACE Isomax S tipo S3L ⁽¹⁾

sganciatore termomagnetico: tipo R80

Per lo sganciatore magnetico, con particolare riferimento a quanto detto al paragrafo 22.3 - lettera d), è necessario che la corrente d'intervento sia tale da:

- evitare che l'interruttore si apra durante la fase di avviamento del motore
- garantire la protezione dell'impianto contro i guasti dovuti a corto circuito che possono verificarsi in un qualunque punto a valle dell'interruttore (compresi i guasti interni del motore).

⁽¹⁾ La scelta del tipo S3L, oltre ad avere il vantaggio di essere un interruttore limitatore di corrente e quindi in grado di diminuire fortemente l'energia specifica passante, è condizionata dall'aver una $I_{cs} \sim 64 \text{ kA}$ e quindi maggiore dei 50 kA indicati come valore presunto della corrente di corto circuito. Per altro, si ritiene che anche l'interruttore SACE Isomax S3H possa essere indicato come idoneo, anche se a livello puramente teorico la sua I_{cs} indicata a catalogo è di circa 49 kA con una I_{cn} di 65 kA). Si consideri inoltre che i valori delle correnti presunte di corto circuito, indicate nei vari punti di un impianto, sono frutto di valutazioni teoriche che, prudenzialmente, mantengono margini di sicurezza rispetto ai reali valori che si possono incontrare in caso di guasto, laddove l'esistenza di impedenze trascurate nel calcolo teorico fanno sì che i valori di I_{cc} siano inferiori rispetto a quelli calcolati.

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

Il valore della corrente di intervento dello sganciatore magnetico (I_m) può essere stabilita, a livello teorico, uguagliando tra loro i valori di picco della corrente di intervento dello sganciatore stesso ($I_m \times 1,41$) e della massima corrente di picco assorbita dal motore allo spunto (calcolata tenendo presente che il coefficiente moltiplicativo è funzione del fattore di potenza all'avviamento del motore).

Nel caso in esempio si ha:

$$I_m \times 1,41 = I_A \times k \quad I_m = \frac{I_A \times k}{1,41} \quad I_m = \frac{336 \times 1,8}{1,41} = 428,9 \text{ A}$$

La speciale regolazione dello sganciatore magnetico che può essere prevista per un valore di corrente I_m fino a 800 A, superiore quindi al valore teorico calcolato, è tale da evitare intempestivi interventi dell'interruttore nella fase di avviamento del motore.

La scelta della regolazione dello sganciatore termico deve invece essere fatta in modo da consentire il regolare funzionamento del motore e garantire che l'intervento dello sganciatore avvenga solo per correnti di sovraccarico o per mancanza di fase.

In prima approssimazione è quindi possibile regolare lo sganciatore termico a un valore corrispondente a quello della corrente nominale del motore, $I_t = I_n$

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

25.1.3 Scelta del cavo

Essendo il motore installato a una certa distanza dal quadro di controllo contenente le apparecchiature, è opportuno verificare che la scelta dello sganciatore magnetico sia tale da realizzare la protezione del cavo contro i guasti dovuti a corto circuito su tutta la sua lunghezza.

Questa verifica può essere facilmente effettuata utilizzando il programma DOC messo a disposizione da ABB SACE agli uffici tecnici ed ai progettisti.

Inserendo nel programma, come dati di partenza:

- lunghezza del cavo 70 m
- tipo di isolamento PVC
- corrente di impiego della linea 56A
- tipo di posa e temperatura ambiente (45 °C)

si ottengono le caratteristiche del cavo come indicato nella tabella 25/1.⁽¹⁾

Tab. 25/1 – Caratteristiche del cavo di alimentazione

sezione conduttore rame	mm ²	16
portata	I _z (A)	68
caduta di tensione al carico nominale	%	2,1
potenza dissipata	W/m	10,1
massimo valore di intervento dello sganciatore magnetico per la protezione del cavo	A	822
massima energia specifica passante "I ² t" ammissibile dal cavo	A ² s	3,38 · 10 ⁶

⁽¹⁾ In alternativa, volendo sviluppare manualmente tutti i calcoli si consideri che:

- la portata può essere ricavata direttamente dalle tabelle CEI-UNEL riportate nel capitolo 13 della presente guida;
- la caduta di tensione al carico nominale può essere ricavata dalla relazione

$$\Delta U = \sqrt{3} (R_0 \cos \varphi + X_0 \sin \varphi)$$

dove R₀ e X₀ sono riportate nella tabella UNEL 35023-70 (vedasi Tab. 13/20), oppure direttamente dedotte dalla tabella CEI-UNEL citata. Nel caso in esame

$$\Delta V = 8,1 \text{ V pari al } 2,1\% \text{ della tensione } V = 380 \text{ V}$$

- la potenza complessivamente dissipata dalla linea è ricavabile dalla nota relazione:

$$P = \frac{\rho \ell}{s} I^2 = 0,0173 \cdot \frac{70}{16} \times 56^2 = 237,35 \text{ W}$$

dal che si ricava la potenza dissipata per metro lineare (10,1 W/m)

- il massimo valore di intervento dello sganciatore magnetico per la protezione del cavo è facilmente deducibile dalla formula semplificata fornita dalla Norma CEI 64-8 (art. 434.3-2) per la protezione contro i corti circuiti:

$$I = \frac{KS}{\sqrt{t}} = \frac{115 \cdot 16}{\sqrt{5}} = 822,87 \text{ A}$$

ed in modo analogo, con riferimento alla relazione

$$(I^2 t) \leq K^2 S^2$$

si ricava la massima energia specifica passante ammissibile del cavo

$$K^2 S^2 = 115^2 \cdot 16^2 = 3,38 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \text{ s}$$

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

25.2 Esempio N° 2: scelta degli apparecchi di protezione e di manovra

La protezione dei motori elettrici di B.T. contro il corto circuito è assoluta, in modo corretto, dagli interruttori automatici equipaggiati con solo sganciatore magnetico. La combinazione ottenuta impiegando l'interruttore (con sganciatore solo magnetico), il contattore e lo sganciatore termico, rappresenta la soluzione ideale per la manovra e la protezione motori:

- l'interruttore automatico equipaggiato con sganciatore solo magnetico esplica la funzione di protezione contro il corto circuito
- il contattore (o più contattori, a seconda del tipo di avviamento adottato) esplica la funzione di manovra
- lo sganciatore termico, abbinato al contattore, esplica la funzione di protezione contro il sovraccarico.

L'esempio schematizzato in Fig. 25/3, riferito ad una sezione di impianto rappresentativa di molte realtà industriali, navali e servizi di centrale, propone l'impiego di tre motori installati in diversi reparti:

- reparto A, motore di potenza nominale 3 kW
- reparto B, motore di potenza nominale 55 kW
- reparto C, motore di potenza nominale 200 kW

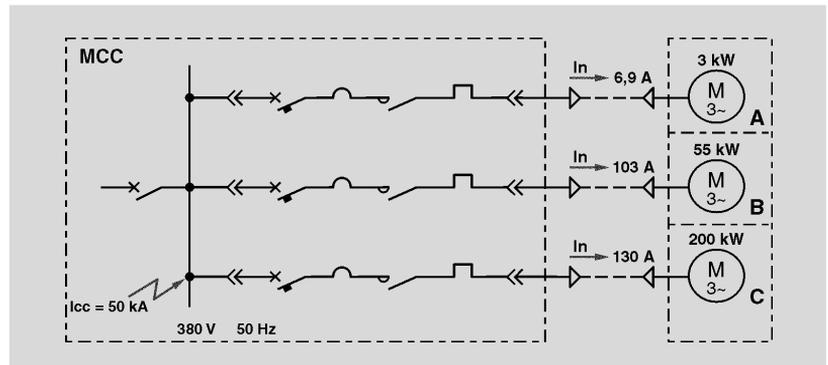


Fig. 25/3

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

L'impianto è caratterizzato da:

- tensione nominale 380 V
- corrente di corto circuito simmetrica 50 kA.

Ulteriori dati riguardanti i motori sono:

	Motore A	Motore B	Motore C
tempo di avviamento [s]	1	4	10
corrente di avviamento [$x I_n$]	10	9	8
n° di manovre/ora [N/h]	15	10	1

I calcoli necessari per la scelta dell'apparecchiatura devono garantire:

- il comando dei motori, evitando interventi intempestivi durante la fase di avviamento
- la protezione contro il corto circuito ed il sovraccarico di tutte le apparecchiature
- la selettività di intervento delle protezioni anche per guasti che potrebbero verificarsi sull'utenza.

Dalle tabelle di coordinamento e dai cataloghi, seguendo le indicazioni di cui ai paragrafi 22.1 e 22.3 della presente guida (per altro già dettagliate nell'esempio precedente), è possibile ricavare, per ogni utenza, le caratteristiche dei componenti elettrici che la costituiscono.

La Tabella 25/2 riassume, per ogni utenza, i calcoli e/o le scelte effettuate.

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

Tab. 25/2 – Scelta degli apparecchi di protezione e manovra

Motore		A	B	C
Corrente nominale I_n	[A]	6,9	103	350
Avviamento	Tipo	diretto		
Corrente di avviamento	I_A	69	927	2800
Coefficiente per il calcolo della corrente massima di cresta	K	1,6	1,9	2,1
Corrente massima di cresta	[A]	110,4	1761,3	5908

Interruttore	Serie	Sace Isomax S		
Interruttore	Tipo	S2S160 ⁽¹⁾	S3 H 160 ⁽²⁾	S5 H 400
Corrente ininterrotta nominale	[A]	150	160	400
Potere di interruzione nominale a 380/415 V (I_{cu})	[kA]	50	65	65
Potere di interruzione nominale di servizio in c.to c.to (I_{cs})	[kA]	38	49	49
Sganciatore magnetico	Tipo	R16	R125	PR211
Corrente massima continuativa dello sganciatore	[A]	16	125	400
Corrente di intervento dello sganciatore I_m	[A]	78	1245	4177

Contattore	Serie	ABB		
Contattore	Tipo	A 9-30-10	A 110-30-00	EH 370-30-11
Corrente nominale di impiego I _n in AC3 a 380/415 V	[A]	9	110	370

Sganciatore termico	Serie	ABB		
Sganciatore	Tipo	TA 25 DU	TA 110 DU	T 900 SU
Campo di regolazione dello sganciatore termico	[A]	6-8,5	80-110	265-375
Corrente regolata I_r	[A]	6,9	103	350

(1) La scelta di un interruttore di taglia S2 anziché S1 è determinata in questo caso dall'elevata corrente di corto circuito (50 kA)

(2) Valgono in questo caso le considerazioni già espresse nell'esempio precedente; ossia si è optato per un'interruttore la cui I_{cs} (e non I_{cu}) fosse di valore adeguato alla corrente di corto circuito teorica presunta.

Ragionevolmente però anche un' interruttore S2 S160 è da ritenersi adeguato.

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

Nota: in mancanza di dati sperimentali, per garantire la protezione del motore, è opportuno verificare che:

- il rapporto tra I_m e I_t risulti ≥ 12 per assicurare che nella fase di avviamento non ci sia un intempestivo intervento dell'interruttore automatico
- il rapporto tra I_m e $I_{t\max}$ (considerata con il massimo valore previsto dal campo di regolazione) risulti ≤ 15 per assicurare l'autoprotezione dello sganciatore termico.

Con riferimento, come esempio, al solo motore del reparto B e tarato lo sganciatore magnetico ad un valore $I_m = 1300$ A (leggermente superiore a quello calcolato) si ha:

$$\frac{I_m}{I_t} = \frac{1300}{103} = 12,6 (\geq 12, \text{avviamento corretto})$$

$$\frac{I_m}{I_{t\max}} = \frac{1300}{110} = 11,8 (\leq 15, \text{sicura protezione dell'impianto})$$

25.2.1 Protezione del cavo

Essendo i motori generalmente installati ad una certa distanza dal relativo quadro di controllo (tipo MCC) in cui sono installate le apparecchiature, è opportuno verificare che la scelta dello sganciatore magnetico sia tale da realizzare la protezione del cavo, contro i guasti dovuti a corto circuito, su tutta la sua lunghezza.

La verifica può essere facilmente effettuata mediante il programma di calcolo DOC, che permette di individuare le caratteristiche del cavo.

Inserendo, a titolo di esempio, come dati di partenza:

- lunghezza del cavo 103 m
- tipo di isolamento del cavo EPR
- corrente di impiego della linea 103 A
- tipo di posa in cunicolo
- tipo di cavo unipolare
- temperatura ambiente 40 °C

Il programma definisce le caratteristiche del cavo come riportato in Tab. 25/3.

Tab. 25/3 – Caratteristiche del cavo

Numero di conduttori per fase	1
Sezione del conduttore	35 mm ²
Portata del cavo I_t	107 A
Resistenza per fase a 20 °C	52,86 mΩ
Reattanza per fase a 20 °C	10,34 mΩ
Caduta di tensione a 90 °C	12,0 V - 3,2%
Potenza dissipata	22,9 W/m
Massima energia specifica passante "I ² t" ammissibile dal cavo	0,26E+08 A ² s
Massimo valore di regolazione dello sganciatore elettromagnetico dell'interruttore per garantire la protezione del cavo	1663 A

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

25.3 Esempio N° 3: fornitura e distribuzione dell'energia elettrica mediante due trasformatori in parallelo da 630 kVA

Lo schema generale dell'impianto da dimensionare è indicato in Fig. 25/4.

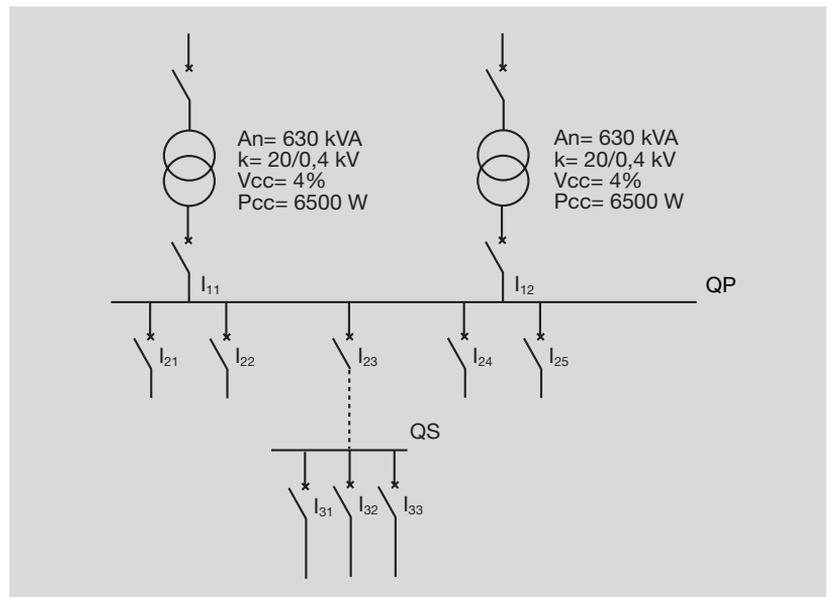


Fig. 25/4 – Schema generale dell'impianto

L'energia viene fornita da una coppia di trasformatori uguali, posti tra loro in parallelo, da 630 kVA con rapporto di trasformazione 20/0,4 kV. Ogni macchina dispone di un proprio apparecchio di sezionamento e protezione (I_{11} e I_{12}) di cui si dovrà determinare le caratteristiche.

Dalle sbarre di parallelo principali, che dovranno essere in grado di sopportare eventuali guasti, si dipartono le linee dorsali che vanno ai primi quadri dei reparti a valle. Delle linee, che si installano in ambienti nei quali viene assunta la temperatura di riferimento $T = 40\text{ °C}$, si conoscono le seguenti caratteristiche:

- linee alimentate da I_{21} , I_{22}
impianti trifase con lunghezza di 30 metri, composti da cavi multipolari in EPR su passerella orizzontale con due circuiti attivi vicini (posa 13)
- linee alimentate da I_{24} , I_{25}
impianti trifase con lunghezza 20 metri, composti da cavi multipolari in EPR su passerella orizzontale con due circuiti attivi vicini (posa 13)
- linea alimentata da I_{23}
impianto trifase con lunghezza 100 metri, composto da cavi unipolari in EPR su passerella verticale con due circuiti attivi vicini (posa 13)
- linea alimentata da I_{31}
impianto trifase con lunghezza 30 metri, composto da cavi multipolari in PVC su mensola in fascio di sei cavi (posa 14)

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

- linea alimentata da I_{32}
impianto trifase di lunghezza 30 metri, composto da cavi multipolari in PVC su mensola in fascio di sei cavi (posa 14)
- linea alimentata da I_{33}
impianto monofase di lunghezza 40 metri, composto da cavi multipolari in PVC su mensola in fascio di sei cavi (posa 14).

La corrente nominale dei trasformatori a pieno carico (lato secondario BT) si ottiene dalla formula:

$$I_{11} = I_{12} = P / \sqrt{3} V = 630.000 / \sqrt{3} \times 400 = 909 \text{ A}$$

Dalle tre correnti di carico (I_b) alimentate dalla linea di I_{23} , conoscendo (o ipotizzando ragionevolmente il valore di ciascuna in base a considerazioni sul modo, durata, tempo di vita dell'impianto) e considerando un fattore di contemporaneità tra esse di 0,85 (deciso liberamente in base ad analisi contingenti sul progetto o ricavabile anche dalla guida alle cabine CEI 11-35) si ha:

$$I_{23} = \sum I_{bi} \times 0,85 = (I_{31} + I_{32} + I_{33}) \times 0,85 = (100 + 80 + 200) \times 0,85 = 320 \text{ A}$$

Dal tipo di posa delle condutture, consultando le tabelle relative ai parametri di riduzione delle portate secondo la temperatura ambiente (vedasi Tab. 13/7) che in questo caso è di 40 °C, si ottengono i seguenti valori di K_1 :

- 0,91 per la posa di cavi in EPR
- 0,87 per la posa di cavi in PVC.

Per quanto attiene alla riduzione della portata secondo il tipo di posa, in relazione anche al numero di cavi, si ha (Tab. 25/4):

- per il cavo C_{23} in passerella verticale con due circuiti vicini (vedasi Tab. 13/11) $K_2 = 0,84$
- per i cavi C_{21} , C_{22} , C_{24} e C_{25} in passerella orizzontale/verticale, con due circuiti vicini (vedasi Tab. 13/10) $K_2 = 0,88$
- per i cavi C_{31} , C_{32} e C_{33} su mensole con sei cavi vicini (vedasi Tab. 13/9) si ha $K_2 = 0,79$

Tab. 25/4 – Lunghezze, tipo di posa, correnti d'impiego e coefficienti di riduzione delle portate

UtENZE	I_{11}	I_{12}	I_{21}	I_{22}	I_{23}	I_{24}	I_{25}	I_{31}	I_{32}	I_{33}
I_b	909	909	340	350	320	330	140	100	80	200
I_n										
I_{cc}										
I			30	30	100	20	20	30	30	40
K_1			0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,87	0,87	0,87
K_2			0,88	0,88	0,84	0,88	0,88	0,79	0,79	0,79
POSA			13	13	13	13	13	14	14	14
I'_z										
I_z										
S										
Δu										

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

Si perviene quindi al calcolo delle sezioni necessarie. A tale scopo si divide per i fattori di riduzione appena ricavati i già noti valori di corrente di impiego I_b (carichi).

Si ottengono così le portate teoriche minime. Da queste si risale alle portate effettive per eccesso e, conseguentemente, alle sezioni commerciali dei conduttori di rame (Tab. 25/5).

$$\begin{aligned}
 I_{z\text{teorica}21} &= I_b / K_1 K_2 = 340 / (0,91 \times 0,88) = 424 \text{ A} \\
 I_{z\text{teorica}22} &= I_b / K_1 K_2 = 350 / (0,91 \times 0,88) = 437 \text{ A} \\
 I_{z\text{teorica}23} &= I_b / K_1 K_2 = 320 / (0,91 \times 0,84) = 418 \text{ A} \\
 I_{z\text{teorica}24} &= I_b / K_1 K_2 = 330 / (0,91 \times 0,88) = 412 \text{ A} \\
 I_{z\text{teorica}25} &= I_b / K_1 K_2 = 140 / (0,91 \times 0,88) = 175 \text{ A} \\
 I_{z\text{teorica}31} &= I_b / K_1 K_2 = 100 / (0,87 \times 0,79) = 145 \text{ A} \\
 I_{z\text{teorica}32} &= I_b / K_1 K_2 = 80 / (0,87 \times 0,79) = 116 \text{ A} \\
 I_{z\text{teorica}33} &= I_b / K_1 K_2 = 200 / (0,87 \times 0,79) = 291 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{dalla } I_{z\text{teorica}21} = 424 &\rightarrow I_{z\text{commer}21} = 456 \text{ A} \rightarrow S = 185 \text{ mm}^2 \\
 I_{z\text{teorica}22} = 437 &\rightarrow 456 \text{ A} \rightarrow S = 185 \text{ mm}^2 \\
 I_{z\text{teorica}23} = 418 &\rightarrow 464 \text{ A} \rightarrow S = 150 \text{ mm}^2 \\
 I_{z\text{teorica}24} = 412 &\rightarrow 456 \text{ A} \rightarrow S = 185 \text{ mm}^2 \\
 I_{z\text{teorica}25} = 175 &\rightarrow 192 \text{ A} \rightarrow S = 50 \text{ mm}^2 \\
 I_{z\text{teorica}31} = 145 &\rightarrow 153 \text{ A} \rightarrow S = 50 \text{ mm}^2 \\
 I_{z\text{teorica}32} = 116 &\rightarrow 126 \text{ A} \rightarrow S = 35 \text{ mm}^2 \\
 I_{z\text{teorica}33} = 291 &\rightarrow 319 \text{ A} \rightarrow S = 150 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

successivamente, moltiplicando per i relativi coefficienti si calcola la $I_{z\text{reale}}$

Tab. 25/5 – Le portate teoriche e quelle commerciali con le relative sezioni

Utenze	I_{11}	I_{12}	I_{21}	I_{22}	I_{23}	I_{24}	I_{25}	I_{31}	I_{32}	I_{33}
I_B	909	909	340	350	320	330	140	100	80	200
I_N										
I_{CG}										
I			30	30	100	20	20	30	30	40
K_1			0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,87	0,87	0,87
K_2			0,88	0,88	0,84	0,88	0,88	0,79	0,79	0,79
POSA			13	13	13	13	13	14	14	14
I'_z			424	437	418	412	175	145	116	291
$I_{z\text{commer}}$			456	456	464	456	192	153	126	319
$I_{z\text{reale}}$			364	364	354	364	153	105	86	219
S			185	185	150	185	50	50	35	150
Δu										

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

Per quanto riguarda la caduta di tensione (ΔV), si deve verificare che si mantenga entro il 4% rispetto alla tensione di partenza lungo tutti i circuiti alimentati. Consultando le opportune tabelle (Cap. 13, Tab. 13/20) si ottengono i sottoriportati valori, tutti largamente accettabili anche se sommati in serie, come dimostra la situazione peggiore, corrispondente alla serie del cavo C_{23} con il cavo $C_{33} = 2,46 + 0,59 = 3,05 \%$

$$\Delta u_{21} \% = \frac{\Delta u'_{21} I_B I}{V} = \frac{0,25 \cdot 340 \cdot 30}{400 \cdot 1000} \cdot 100 = 0,64\%$$

$$\Delta u_{22} \% = \frac{\Delta u'_{22} I_B I}{V} = \frac{0,25 \cdot 350 \cdot 30}{400 \cdot 1000} \cdot 100 = 0,66\%$$

$$\Delta u_{23} \% = \frac{\Delta u'_{23} I_B I}{V} = \frac{0,308 \cdot 320 \cdot 100}{400 \cdot 1000} \cdot 100 = 2,46\%$$

$$\Delta u_{24} \% = \frac{\Delta u'_{24} I_B I}{V} = \frac{0,25 \cdot 330 \cdot 20}{400 \cdot 1000} \cdot 100 = 0,41\%$$

$$\Delta u_{25} \% = \frac{\Delta u'_{25} I_B I}{V} = \frac{0,75 \cdot 140 \cdot 20}{400 \cdot 1000} \cdot 100 = 0,52\%$$

$$\Delta u_{31} \% = \frac{\Delta u'_{31} I_B I}{V} = \frac{0,75 \cdot 100 \cdot 30}{400 \cdot 1000} \cdot 100 = 0,56\%$$

$$\Delta u_{32} \% = \frac{\Delta u'_{32} I_B I}{V} = \frac{0,988 \cdot 80 \cdot 30}{400 \cdot 1000} \cdot 100 = 0,59\%$$

$$\Delta u_{33} \% = \frac{\Delta u'_{33} I_B I}{V} = \frac{0,295 \cdot 200 \cdot 40}{400 \cdot 1000} \cdot 100 = 0,59\%$$

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

Tab. 25/6 – Cadute di tensione percentuali sulle linee

	I_{11}	I_{12}	I_{21}	I_{22}	I_{23}	I_{24}	I_{25}	I_{31}	I_{32}	I_{33}
UtENZE										
I_B	909	909	340	350	320	330	140	100	80	200
I_N										
I_{CC}										
Cavi apparecchiature										
I			30	30	100	20	20	30	30	40
K_1			0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,87	0,87	0,87
K_2			0,88	0,88	0,84	0,88	0,88	0,79	0,79	0,79
POSA			13	13	13	13	13	14	14	14
I'_Z			424	437	418	412	175	145	116	291
$I_{Zcommer}$			456	456	464	456	192	153	126	319
I_{Zreale}			364	364	354	364	153	105	86	219
S			185	185	150	185	50	50	35	150
Δu			0,64	0,66	2,46	0,41	0,52	0,56	0,59	0,59

Il calcolo delle correnti di corto circuito inizia con lo studio del problema a ridosso dei trasformatori.

Dai valori della potenza dei trasformatori (630 kVA) e dalla Tab. 15/1, si ricava il valore della tensione di corto circuito percentuale $V_{CC\%}$ (per 630 kVA è del 4%) e quindi il valore dell'impedenza Z_e .

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

$$V_{cc} = \sqrt{3} Z_e I_{2n} \quad \text{da cui}$$

$$Z_e = V_{cc} / \sqrt{3} I_{2n} = 400 \times 0,04 / \sqrt{3} \cdot 909 = 0,0102 \, \Omega$$

$$P_{cu} = 3 R_e I_{2n}^2$$

$$R_e = P_{cu} / 3 I_{2n}^2 = 6500 / 3 \cdot 909^2 = 0,0026 \, \Omega$$

$$X_e = \sqrt{(Z_e^2 - R_e^2)} = \sqrt{(0,0102^2 - 0,0026^2)} = 0,0099 \, \Omega$$

Per la rete di media tensione a monte, ipotizzando una potenza convenzionale di $500 \cdot 10^6$ VA, si calcola la reattanza equivalente (trascurando la resistenza)

$$X_r = V^2 / P_r = 400^2 / 500 \cdot 10^6 = 0,00032 \, \Omega$$

Corrente di corto circuito al livello A (I_{CCA}).

$$R_a = R_e = 0,0026 \, \Omega \text{ (del solo trasformatore)}$$

$$X_a = X_e + X_r = 0,0099 + 0,00032 = 0,01 \, \Omega \text{ (trasformatore + rete)}$$

$$Z_a = \sqrt{(R_e^2 + X_e^2)} = 0,01 \, \Omega$$

La corrente ai morsetti secondari di ciascuna macchina è data dalla relazione:

$$I_{cca} = V / \sqrt{3} Z_a = 23094 \, \text{A}$$

Corrente di corto circuito I_{CCB} al livello B.

$$R_b = R_e / 2 = 0,0013 \, \Omega \text{ (equivalente dei due trasformatori)}$$

$$X_b = X_r + X_e / 2 = 0,0053 \, \Omega \text{ (linea + i due trasformatori)}$$

$$Z_b = \sqrt{(R_b^2 + X_b^2)} = 0,0054 \, \Omega \text{ (equivalente ai capi dei due trasformatori)}$$

$$I_{ccb} = V / \sqrt{3} Z_b = 42.767 \, \text{A}$$

La corrente che ciascun apparecchio da I_{21} a I_{25} "sente" e deve interrompere è praticamente il doppio della corrente di corto circuito ai capi delle macchine a monte che sono interrotte dai rispettivi apparecchi lato BT.

Corrente di cortocircuito I_{CCC} al livello C.

A valle della linea C_{23} la corrente di corto circuito si sarà ridotta per effetto dell'impedenza di linea.

Si devono reperire i valori di resistenza e reattanza del cavo trifase (vedasi tabelle CEI-UNEL); che andranno poi sommati alle corrispondenti quote di resistenza e reattanza precedenti, ottenuto in tal modo il valore equivalente della Z_c che consentirà il calcolo della I_{CC} trifase simmetrica nel punto C.

$$R_{cavo} = 0,0153 \, \Omega \text{ (tabelle CEI-UNEL 35023-70)}$$

$$X_{cavo} = 0,00928 \, \Omega \text{ (tabelle CEI-UNEL-35023-70)}$$

$$R_c = R_b + R_{cavo} = 0,0166 \, \Omega$$

$$X_c = X_b + X_{cavo} = 0,0146 \, \Omega$$

$$Z_c = \sqrt{(R_c^2 + X_c^2)} = 0,022 \, \Omega$$

$$I_{ccc} = V / \sqrt{3} Z_c = 10.509 \, \text{A}$$

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

Tab. 25/7 – Correnti di corto circuito nei diversi nodi di derivazione e controllo

Utenze	I_{11}	I_{12}	I_{21}	I_{22}	I_{23}	I_{24}	I_{25}	I_{31}	I_{32}	I_{33}
I_B	909	909	340	350	320	330	140	100	80	200
I_N										
I_{CC}	23	23	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	10,5	10,5	10,5
I			30	30	100	20	20	30	30	40
K_1			0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,87	0,87	0,87
K_2			0,88	0,88	0,84	0,88	0,88	0,79	0,79	0,79
POSA			13	13	13	13	13	14	14	14
I'_z			424	437	418	412	175	145	116	291
$I_{zcommer}$			456	456	464	456	192	153	126	319
I_{zreale}			364	364	354	364	153	105	86	219
S			185	185	150	185	50	50	35	150
Δu			0,64	0,66	2,46	0,41	0,52	0,56	0,59	0,59

Al calcolo appena svolto, che tiene conto analiticamente di tutte le variabili impiantistiche pertinenti la corrente di guasto, si può affiancare un altro procedimento di calcolo più semplice e immediato che fa uso di tabelle derivate dalle variabili caratteristiche dei trasformatori standard MT/BT (Tab. 25/8).

Tab. 25/8 – Caratteristiche di corto circuito dei trasformatori standard MT/BT

Pn (kVA)	63	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
Vcc (%)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
In (A)	91	144	180	231	289	361	455	577	722	910	1156	1445	1806
Icc (kA)	2	3,6	4,5	5,8	7,2	9	11,4	14,4	18	22,7	23,1	28,9	36,1

La tabella elenca, in base alla potenza della macchina, da i valori indicativi di:

- tensione di corto circuito $V_{CC\%}$, che sono uguali a 4 fino a 630 kVA e poi lievemente crescenti all'aumentare della potenza
- correnti di pieno carico
- corrente di corto circuito trifase simmetrico ai morsetti secondari.

Nel nostro caso essendo le due macchine uguali e di 630 kVA ciascuna si ricava:

$$I_{CCA} = 22,7 \text{ kA}$$

$$I_{CCB} = 2 \times I_{CCA} = 45,4 \text{ kA}$$

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

Il possibile punto di guasto C si ricava utilizzando l'abaco delle impedenze (Fig. 25/6):

$$I_{ccB} = 45,4 \text{ kA}$$

$$Z_s = 5,1 \text{ m}\Omega \text{ (si determina moltiplicando il valore 5 del diagramma a } 380 \text{ V per } 1,05 \text{ essendo } V = 400 \text{ V)}$$

FORNIRE
TABELLA DI
CONVERSIONE

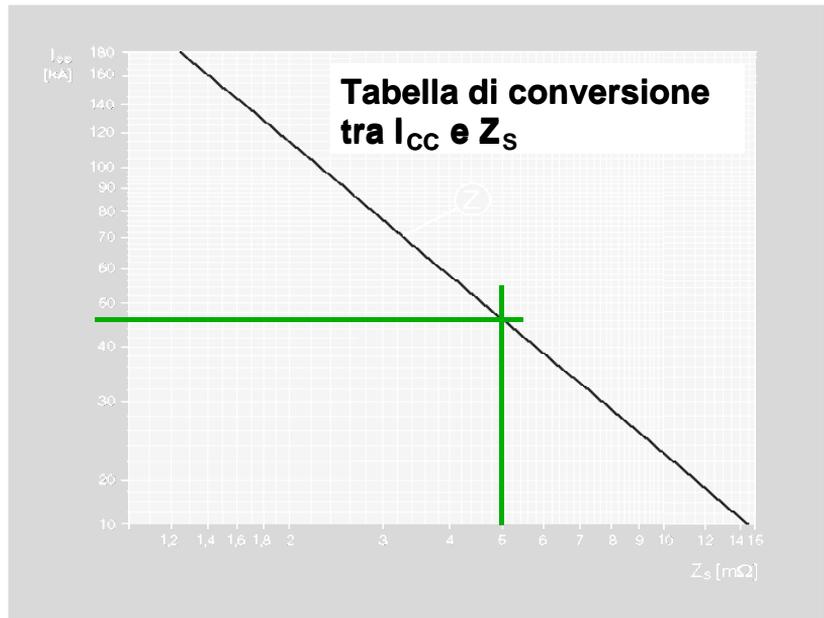


Fig. 25/6 – Diagramma di correlazione tra impedenze e correnti di guasto trifase simmetriche

Per quanto riguarda il cavo di collegamento al quadro QS si calcola la relativa impedenza consultando la consueta Tab. 25/9 che fornisce, nel caso in esame, il $Z_c = 15,1 \Omega$.

Nota: il valore dedotto dalla tabella (14,7) è stato moltiplicato per 1,03 essendo la sezione del cavo di 150 mm².

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

Tab. 25/9 – Caratteristiche di corto circuito dei trasformatori standard MT/BT

L	Sezione cavi (mm ²)																
	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	32	50	70	95	120	150	185	240	300
1	19	12,7	7,6	4,7	3,2	1,9	1,2	0,8	0,5	0,4	0,36	0,2	0,17	0,15	0,13	0,11	0,9
3	57	38	22,8	14,2	9,5	5,7	3,6	2,3	2,6	1,2	0,84	0,64	0,53	0,44	0,38	0,33	0,29
5	95	63,3	38	23,8	25,3	15,2	9,5	6,1	4,4	3	2,2	1,7	1,4	1,2	1	0,87	0,79
8	152	101,3	60,8	38	25,3	15,2	9,5	6,1	4,4	3	2,2	1,7	1,4	1,2	1	0,87	0,79
10	190	126,7	76	47,5	31,7	19	11,9	7,6	5,5	3,9	2,8	2,1	1,8	1,5	1,3	1	0,98
15	285	190	114	71,3	47,5	28,5	17,9	11,5	8,2	5,8	4,2	3,2	2,6	2,2	2,9	1,6	1,5
20	380	253,3	152	95	63,4	38	23,8	15,3	11	7,7	5,6	4,3	3,5	2,9	2,5	2,2	1,9
25	475	316,7	190	118,8	79,2	47,6	29,8	19,1	13,7	9,7	7	5,3	4,4	3,7	3,2	2,7	2,4
30	570	380	228	142,5	95	57	35,7	22,9	16,5	11,6	8,4	6,4	5,3	4,4	3,8	3,3	2,9
35	665	443	266	166,3	110,9	66,6	41,7	26,7	19,2	13,6	9,9	7,5	6,1	5,1	4,4	3,8	3,4
40	760	506	304	190	126,7	76	47,6	30,6	21,9	15,5	11,3	8,5	7	5,9	5	4,4	3,9
60	1140	760	456	285	190	114	71,4	45,9	32,9	23,2	16,9	12,8	10,5	8,8	7,6	6,5	5,9
100	1900	1266	760	475	316,8	190,2	119	76,4	54,9	38,7	28,2	21,4	17,5	14,7	12,7	10,9	9,8

Impedenza cavo Z_c in mΩ (cavi tripolari in CU)

NOTA Per cavi unipolari con sezione:
 - 1-35 mm² > moltiplicare Z_c per 0,973
 - 120-185 mm² > moltiplicare Z_c per 1,03

$$I_{cc} = V / \sqrt{3} Z_{tot} = 400 / \sqrt{3} (15,1 + 5,1) = 11.320 \text{ A}$$

Confrontando questo valore di corrente con il precedente si constata una differenza percentuale del 7,7% che, in prima approssimazione può essere ritenuta accettabile. Esasperare il calcolo, per determinare le singole grandezze elettriche (resistenze, induttanze ecc), comporta, a volte, un eccessivo impiego di tempo e non sempre produce una reale convenienza tecnica; anche perché il calcolo delle correnti di corto circuito presunte viene utilizzato per scegliere il potere d'interruzione degli apparecchi, che in genere le supera largamente (20-30 %).

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

Note le correnti di corto circuito presunte in tutti i punti notevoli di guasto franco, si passa alla scelta degli interruttori in grado di interrompere tali guasti.

Di seguito si riporta, per l'esempio trattato, l'elenco di apparecchi in grado di svolgere questo compito (Tab. 25/10).

$I_{11} = I_{12} =$ ISOMAX S7S + PR212	con $I_n = 1000$ A	$I_{cu} = 50$ kA
$I_{21} = I_{22} = I_{23} = I_{24} =$ ISOMAX S5H + PR212	con $I_n = 400$ A	$I_{cu} = 65$ kA
$I_{25} =$ ISOMAX S2S + R160	con $I_n = 160$ A	$I_{cu} = 50$ kA
$I_{31} =$ ISOMAX S1B + R100	con $I_n = 100$ A	$I_{cu} = 16$ kA
$I_{32} =$ ISOMAX S1B + R125	con $I_n = 80$ A	$I_{cu} = 16$ kA
$I_{33} =$ ISOMAX S3N + R250	con $I_n = 200$ A	$I_{cu} = 35$ kA

Tab. 25/10 – Caratteristiche degli interruttori automatici scelti

Utenze	I_{11}	I_{12}	I_{21}	I_{22}	I_{23}	I_{24}	I_{25}	I_{31}	I_{32}	I_{33}
I_B	909	909	340	350	320	330	140	100	80	200
I_N	1000	1000	400	400	400	400	160	125	125	250
I_{CC}	23	23	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	10,5	10,5	10,5
Cavi apparecchiature	I		30	30	100	20	20	30	30	40
	K_1		0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,87	0,87	0,87
	K_2		0,88	0,88	0,84	0,88	0,88	0,79	0,79	0,79
	POSA		13	13	13	13	13	14	14	14
	I'_z		424	437	418	412	175	145	116	291
	$I_{Zcommer}$		456	456	464	456	192	153	126	319
	I_{Zreale}		364	364	354	364	153	105	86	219
	S		185	185	150	185	50	50	35	150
	Δu		0,64	0,66	2,46	0,41	0,52	0,56	0,59	0,59

La verifica dell'energia specifica passante su ogni combinazione di cavo e interruttore relativo fornisce esito positivo (Tab. 25/11), nel senso che per qualsiasi sovracorrente nell'impianto, il relativo cavo che la trasporta non deve sopportare un'energia passante superiore al suo massimo K^2S^2 ammissibile. A titolo d'esempio si propone la verifica della combinazione tra l'interruttore di protezione I_{23} , che è un Isomax S5, e il relativo cavo che è di sezione 150 mm^2 . La tenuta è positiva con un ampio margine di sicurezza (nel diagramma non si arriva neppure a considerare sezioni di cavo in EPR oltre i 95 mm^2 - Fig. 25/7).

Tab. 25/11 – Verifica della protezione garantita dagli interruttori rispetto alle energie specifiche passanti: $i^2dt < K^2S^2$

$$\begin{aligned}
 I_{21} = I_{22} = I_{23} = I_{24} &= S_{\min} \text{ protetta } 25 \text{ mm}^2 \\
 I_{25} &= S_{\min} \text{ protetta } 16 \text{ mm}^2 \\
 I_{31} &= S_{\min} \text{ protetta } 10 \text{ mm}^2 \\
 I_{32} &= S_{\min} \text{ protetta } 10 \text{ mm}^2 \\
 I_{33} &= S_{\min} \text{ protetta } 25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}
 \rightarrow \text{OK}$$



Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

FORNIRE
GRAFICO

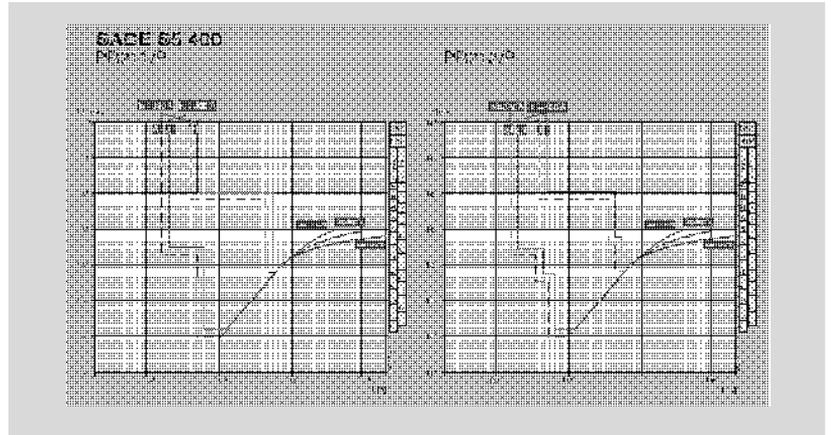


Fig 25/7 – Confronto grafico sul piano $I^2t - I_{cc}$ tra interruttori e cavi protetti

Per quanto riguarda la selettività, si devono confrontare le curve tempo-corrente e $I^2t - I_{cc}$ per gli interruttori reciprocamente in cascata, oppure le tabelle di selettività proposte da ABB per i propri apparecchi.

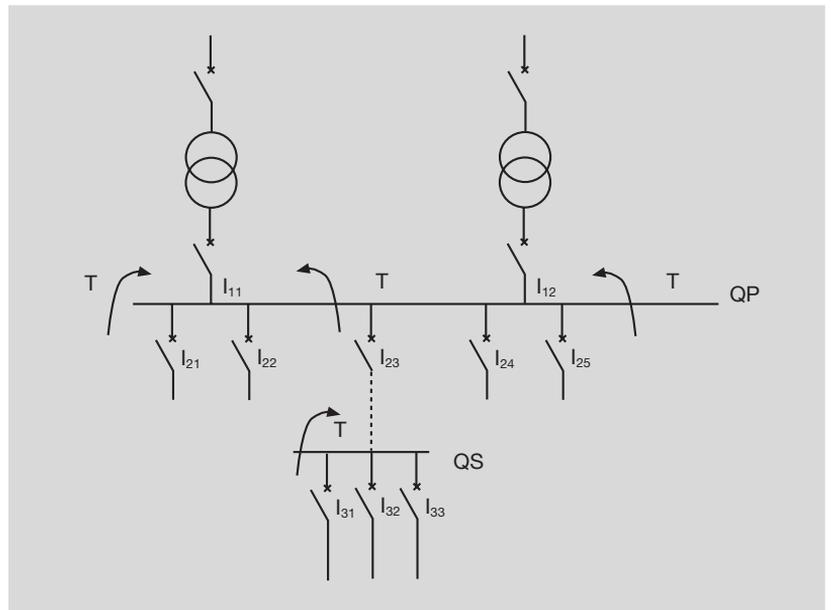


Fig 25/8 – Nell'esempio considerato si arriva ad alti livelli di selettività tra le apparecchiature

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

Tab. 25/12 – Esempio di tabella di selettività tra apparecchi ABB in cascata. Si rilevano i valori di corrente limite di selettività della combinazione espressi in kA; la casella con T indica selettività totale cioè fino al potere di interruzione più alto della coppia di interruttori considerata

Interruttore a monte			S4N-H-L PR212			S5N-H-L PR212		S6N-H-L PR212		S7S-H-L PR212						
Int. a valle	In		100	160	250	320	400	630	800	1000	1250	1600				
	Im		1000	1600	2500	3200	4000	6300	8000	10000	12500	16000				
S1B	10	500	*	*	*	T	T	T	T	T	T	T				
S1N	12,5	500	*	*	*	T	T	T	T	T	T	T				
S2B	16	500	*	*	*	T	T	T	T	T	T	T				
S2N	20	500	*	*	*	T	T	T	T	T	T	T				
S2S	25	500	*	*	*	T	T	T	T	T	T	T				
	32	500	*	*	*	T	T	T	T	T	T	T				
	40	500	*	*	*	T	T	T	T	T	T	T				
	50	500	*	*	*	T	T	T	T	T	T	T				
	63	630	*	*	*	T	T	T	T	T	T	T				
	80	800		*	*	T	T	T	T	T	T	T				
	100	1000		*	*	T	T	T	T	T	T	T				
	125	1250			*	T	T	T	T	T	T	T				
	160	1600			*	T	T	T	T	T	T	T				
	S3N S3H S3L	32	500	13	13	13	17,5	17,5	35-65	T	T	T	T			
50		500	13	13	13	17,5	17,5	35-65	T	T	T	T				
80		800		13	13	17,5	17,5	35-65	T	T	T	T				
100		1000		13	13	17,5	17,5	35-65	T	T	T	T				
125		1250			13	17,5	17,5	35-65	T	T	T	T				
160		1600			13	17,5	17,5	35-65	T	T	T	T				
200		2000				17,5	17,5	35-65	T	T	T	T				
250		2500					17,5	35-65	T	T	T	T				

Esempi di dimensionamento di impianti elettrici di BT

Si rileva una ottima situazione globale di selettività che si evince ad esempio dalla combinazione dei due apparecchi ABB SACE: a monte l'S5H con taratura 400 A ed a valle l'S1B con taratura 100 A (Fig. 25/9).

Si ricorda inoltre, che gli sganciatori a microprocessore PR211/P e PR212/P consentono molteplici regolazioni sia cronometriche che amperometriche; a tal fine si consiglia l'uso del software DOC per uno studio più fine e affidabile del coordinamento delle protezioni.

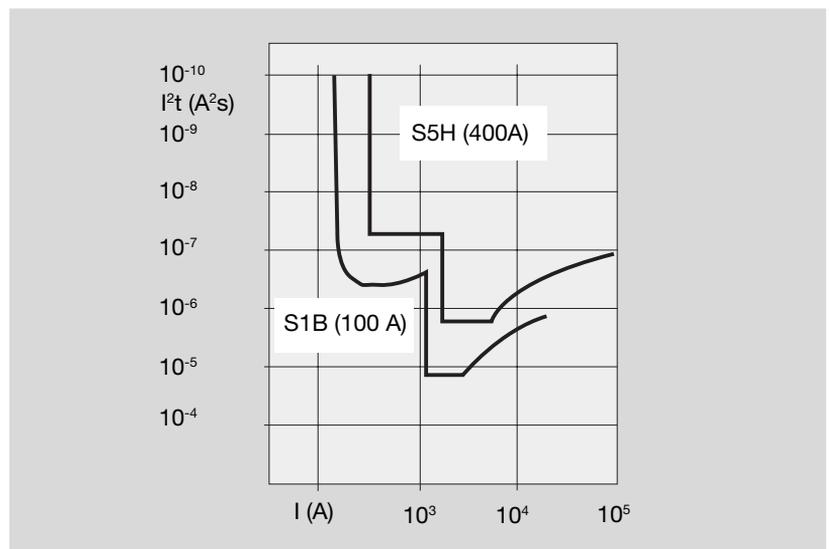
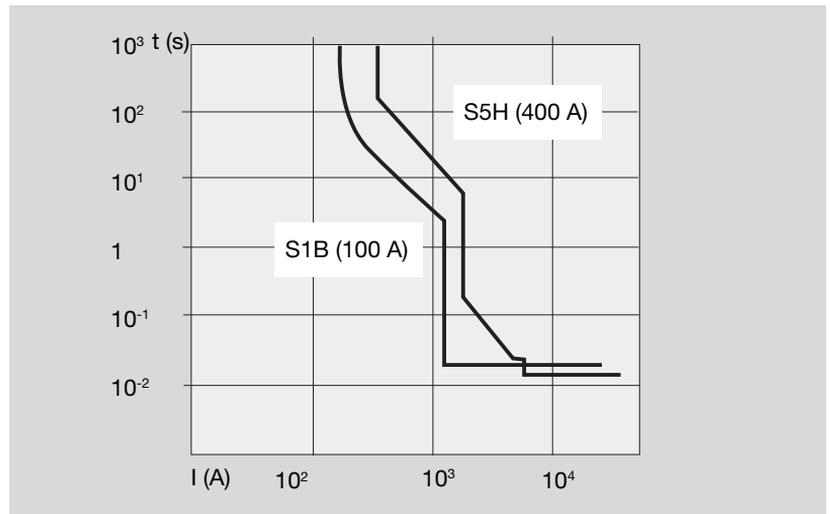


Fig 25/9 – Curve tempo-corrente e I^2t_{cc} dei due interruttori ABB SACE serie Isomax in cascata tra loro