

Volume 1

Guida all'installazione dell'impianto elettrico

Criteri generali d'impianto

1SDC007071E0901



ABB



**Guida all'installazione
dell'impianto elettrico
Volume 1**

L'impianto elettrico

1

**Le leggi e le norme
preposte per la sicurezza**

2

Classificazione dei sistemi elettrici

3

Pericolosità della corrente elettrica

4

**Protezione contro i contatti
accidentali**

5

**Progettazione degli impianti elettrici
di bassa tensione**

6

Cavi e condutture

7

Appendice A1: Definizioni

A1

**Appendice A2: Cortocircuito e
energia specifica passante**

A2

Oggetto della presente guida è l'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."*

Di fatto l'impianto elettrico è l'impianto utilizzatore che, normalmente, comprende i circuiti di distribuzione, i circuiti terminali, le apparecchiature di protezione, sezionamento e comando, i quadri elettrici, le prese a spina per l'allacciamento degli utilizzatori mobili. Sempre con riferimento alla Norma CEI 64-8, l'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.

Quanto sopra viene assolto mediante una attenta progettazione ed una corretta installazione che prevede, tra l'altro, l'impiego di prodotti di qualità e pienamente rispondenti alle relative norme e/o certificazioni.

Più precisamente, con l'entrata in vigore della Legge 46/90 le competenze dei soggetti coinvolti (committente, progettista, installatore), sono state chiaramente definite. Il committente è tenuto a rivolgersi a una impresa abilitata e ad un progettista regolarmente iscritto nel rispettivo Albo. Il progetto deve essere definito in tutte le sue parti ed il progettista risulta inequivocabilmente coinvolto per la parte di sua responsabilità.

Una corretta progettazione deve avvenire nel rispetto della Guida CEI 0-2 che indica, in funzione del tipo di impianto elettrico, la documentazione di progetto necessaria (Tab. 1.1).



L'impianto elettrico

Tab. 1.1 - Consistenza della documentazione di progetto elettrico in relazione alla destinazione d'uso dell'opera

a	DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO	DESTINAZIONE D'USO DELLE OPERE				
		Edifici civili		Altre opere		Progetto per opere pubbliche ai sensi della legge 109/94 e D.P.R. 554/99
		Impianti elettrici al di sotto dei limiti dimensionali della legge 46/90 e del D.P.R.447/91	Impianti elettrici al di sopra dei limiti dimensionali della legge 46/90 e del D.P.R. 447/91	Impianti elettrici al di sotto dei limiti dimensionali della legge 46/90 e del D.P.R. 447/91	Impianti elettrici al di sopra dei limiti dimensionali della legge 46/90 e del D.P.R. 447/91	
b	c	d	e	f	g	
3.3	Documentazione del progetto preliminare					
3.3.1	Relazione illustrativa	NO	SI	NO	SI	SI
3.3.2	Relazione tecnica	NO	NO	NO	NO	SI
3.3.3	Planimetria generale e schema elettrico generale	NO	F	NO	F	SI
3.3.4	Piano di sicurezza	NO	NO	NO	NO	SI
3.3.5	Calcolo sommario delle spese	NO	NO	NO	NO	SI
3.4	Documentazione del progetto definitivo					
3.4.1	Relazione illustrativa	NO	F	NO	SI	SI
3.4.2	Relazione tecnica	NO	SI	NO	SI	SI
3.4.3	Elaborati grafici	NO	SI	NO	SI	SI
3.4.4	Calcoli preliminari (relazione illustrativa)	NO	SI	NO	SI	SI
3.4.5	Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici	NO	F	NO	F	SI
3.4.6	Computo metrico	NO	SI	NO	SI	SI
3.4.7	Computo metrico-estimativo	NO	F	NO	F	SI
3.4.8	Quadro economico	NO	NO	NO	NO	SI
3.5	Documentazione del progetto esecutivo					
3.5.1	Relazione generale	NO	F	NO	SI	SI
3.5.2	Relazione specialistica	NO	SI	NO	SI	SI
3.5.3	Schema (descrizione) dell'impianto elettrico	SI	NO	SI	NO	NO
3.5.4	Elaborati grafici	F	SI	F	SI	SI
3.5.5	Calcolo esecutivi (relazione illustrativa) tabelle e diagrammi di coordinamento delle protezioni	NO	SI	NO	SI	SI
3.5.6	Piano di manutenzione	NO	F	NO	F	SI
3.5.7	Elementi per il piano di sicurezza e di coordinamento (D.Lgs. 494/96 e s.m.i.)	NO	F	NO	F	SI
3.5.8	Computo metrico	NO	SI	NO	SI	SI
3.5.9	Computo metrico estimativo	NO	SI	NO	SI	SI
3.5.10	Quadro economico	NO	NO	NO	F	SI
3.5.11	Cronoprogramma	NO	F	NO	F	SI
3.5.12	Quadro dell'incidenza della manodopera	NO	NO	NO	NO	SI
3.5.13	Capitolato speciale d'appalto	NO	SI	NO	SI	SI
3.5.14	Schema di contratto	NO	F	NO	F	SI

SI: Documento previsto nella generalità dei casi.

NO: Documento non necessario.

F: Documento facoltativo, da redigere quando ritenuto necessario dal progettista, in base alle caratteristiche e complessità del progetto.

Per quanto riguarda l'installatore, e sempre facendo riferimento alla legge 46/90, l'art. 7 della stessa obbliga al "rispetto della regola dell'arte" stabilendo 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;
- 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 dotarli di impianto di messa a terra e di interruttori differenziali.

Per quanto concerne gli impianti domestici e simili (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, la legge ha consentito⁽¹⁾, onde rendere meno grave e costoso l'adeguamento dell'impianto alla legge, l'aggiunta di soli interruttori differenziali, con $I_{dn} \leq 30$ 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 (Figg. 1/1, 1/2 1/3) nei quali si illustra:

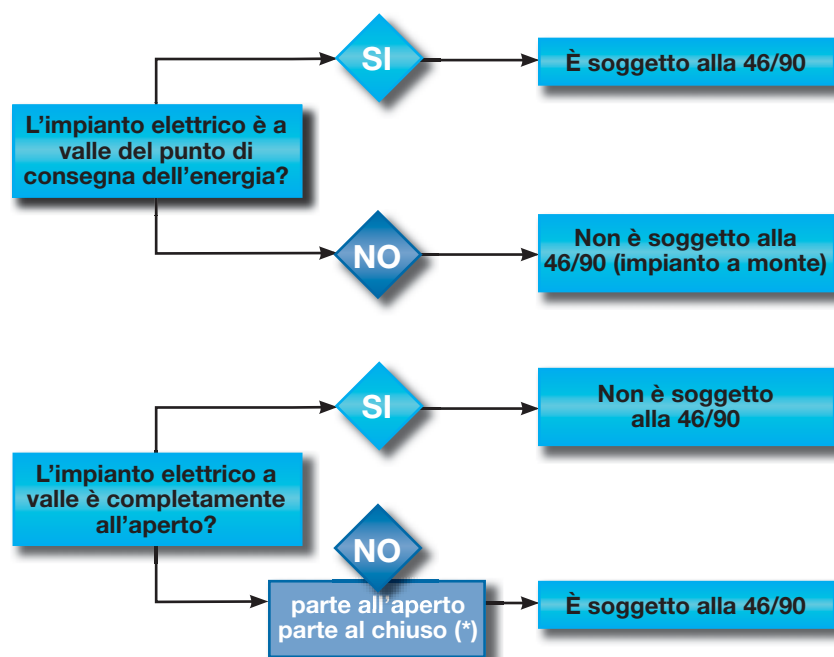
- dove si applica la legge 46/90;
- quando si deve rilasciare la dichiarazione di conformità;
- quando occorre il progetto dell'impianto.

Da ultimo, un cenno al D.P.R. 392/94 meglio conosciuto come decreto Cassese che 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 dalla legge. La Camera di Commercio, che è demandata a svolgere attività di verifica delle competenze, rilascerà il Certificato di Riconoscimento dei Requisiti. 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 può essere la stessa persona); un'altra copia della Dichiarazione dovrà essere consegnata da parte dell'impresa alla Camera di Commercio.

L'art. 4 del decreto affronta il problema delle verifiche, demandando all'autorità comunale (nei Comuni con più di 10.000 abitanti) l'obbligo 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.

(1) Il termine ultimo per l'adeguamento è scaduto il 31/12/98.



* Impianto all'aperto, contatore al chiuso.

Fig. 1/1 - Ambito di applicazione della legge 46/90

L'impianto elettrico

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.

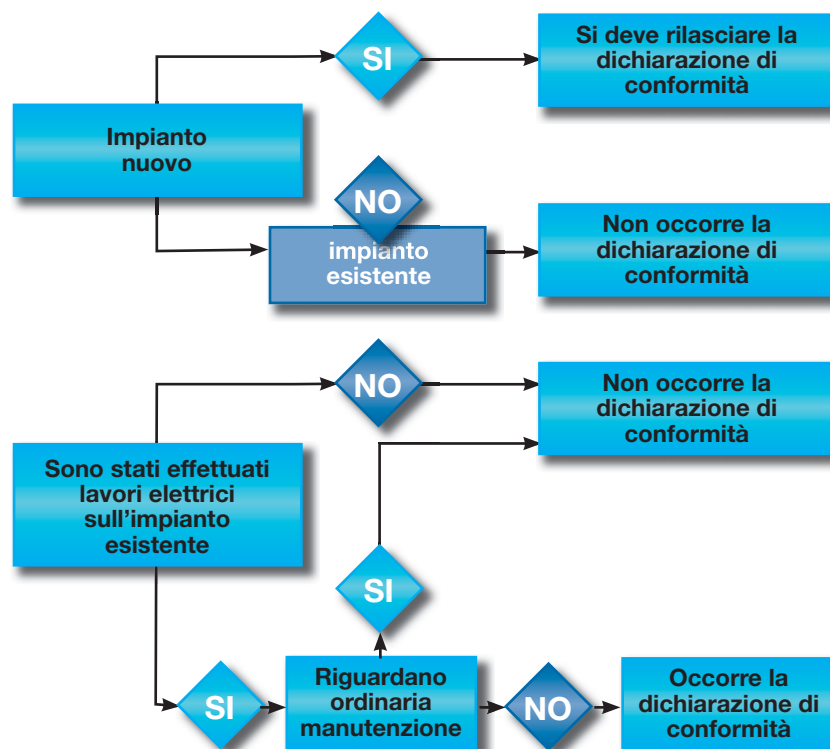


Fig. 1/2 - Quando si deve rilasciare la dichiarazione di conformità

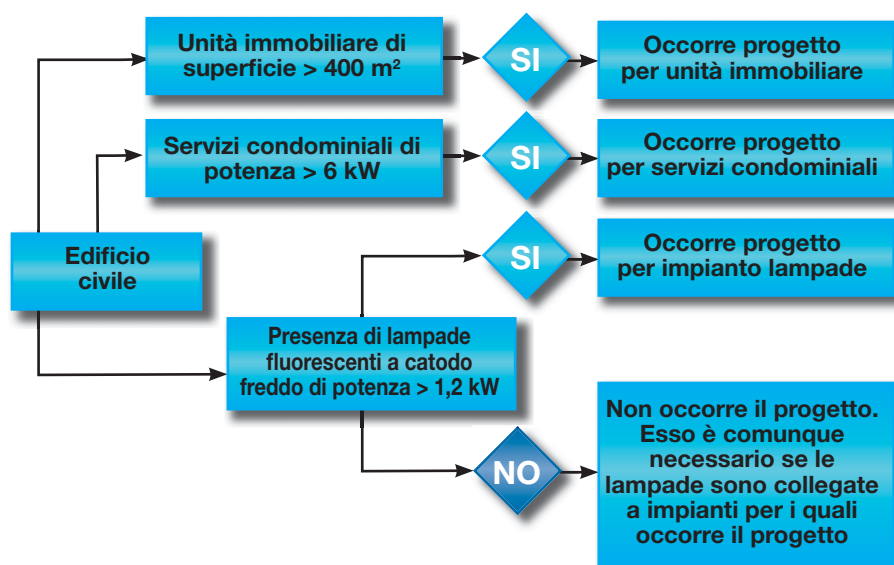


Fig. 1/3 - Quando occorre il progetto dell'impianto

Indice

Norme giuridiche	2/2
Norme tecniche	2/3
Disposizioni legislative nel settore elettrico.....	2/3
La normativa tecnica	2/5
Norme e Guide CEI di carattere generale	2/5
Norme e Guide CEI per impianti elettrici utilizzatori.....	2/5
Norme e Guide CEI per impianti elettrici di distribuzione	2/6
Norme CEI per i materiali elettrici, le apparecchiature e le macchine.....	2/6
Norme CEI per la protezione contro i fulmini	2/7
Tabelle CEI UNEL	2/7
Marcatura CE e marchi di conformità	2/7



1SDXC07002F0001

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).

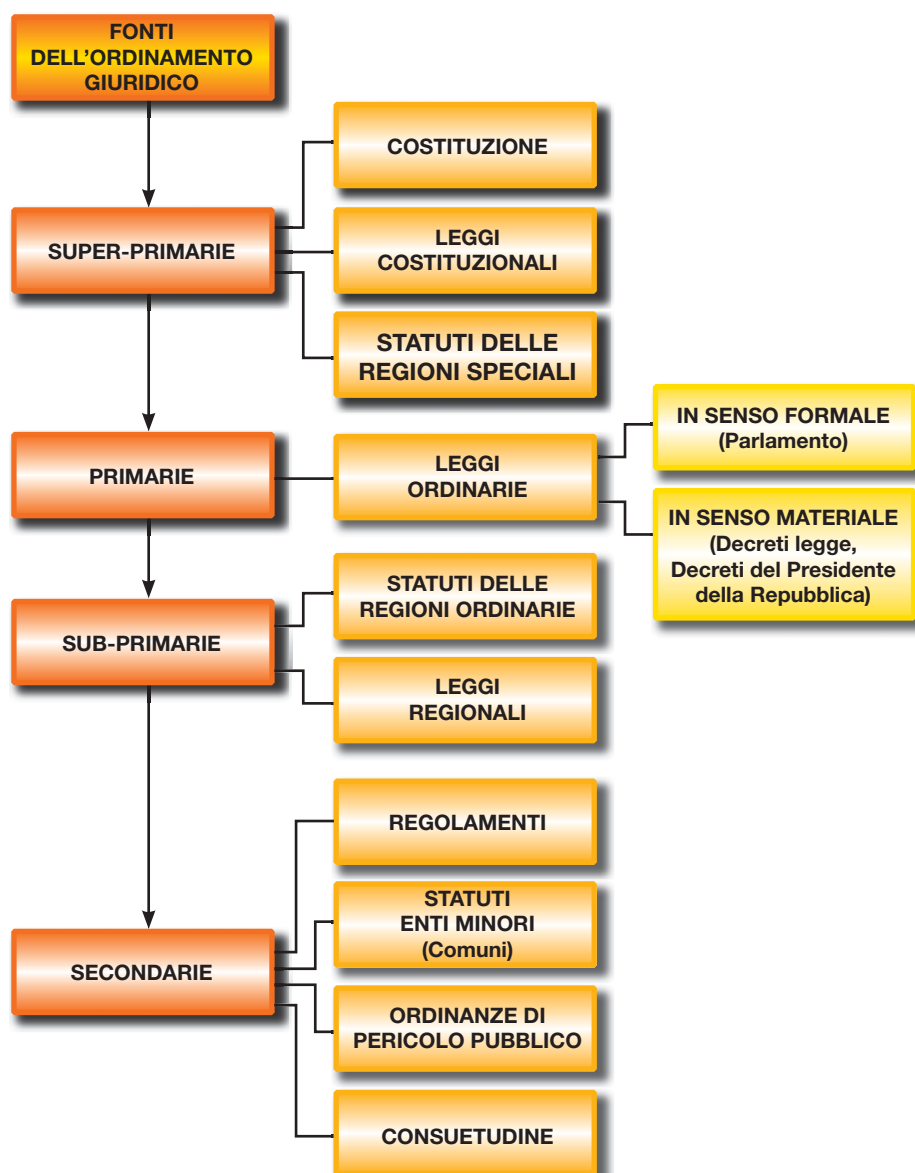


Fig. 2/1 - Le fonti dell'ordinamento giuridico

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.

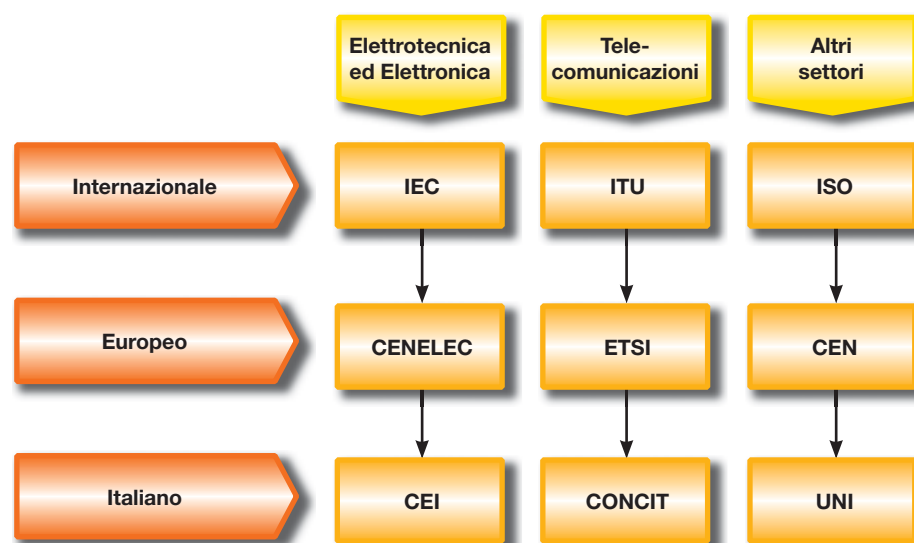


Fig. 2/2 - Enti normativi nazionali ed internazionali

2.3 Disposizioni legislative nel settore elettrico

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

- D.P.R. n. 547 del 27/4/1955
"Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro"
- D.P.R. n. 302 del 19/3/1956
"Norme generali per l'igiene del lavoro"
- Legge n. 1341 del 13/12/1964
"Linee elettriche aeree Esterne"
- Legge n. 186 dello 01/03/1968
"Disposizioni concernenti materiali e impianti elettrici"
- Legge n. 791 del 18/10/1977
"Attuazione della direttiva del Consiglio delle Comunità Europee (n. 72/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione"
- D.M. del 15/12/1978
"Designazione del Comitato Elettrotecnico Italiano di Normalizzazione Elettrotecnica ed Elettronica"
- D.M. del 5/10/1984
"Attuazione della direttiva (CEE) n. 47 del 16/1/1984 che adegua al progresso tecnico la precedente direttiva (CEE) n. 196 del 6/2/1979 concernente il materiale elettrico destinato ad essere impiegato in atmosfera esplosiva già recepito con il Decreto del Presidente della Repubblica 21/7/1982 n. 675"

Le leggi e le norme preposte per la sicurezza

- Legge n. 818 del 7/12/1984
"Nulla osta provvisorio per le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi, modifica agli Articoli 2 e 3 della Legge 4/3/1982 n. 66 e norme integrative all'ordinamento del corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco"
- D.M. dell'8/3/1985
"Direttive sulle misure più urgenti ed essenziali di prevenzione incendio ai fini del rilascio del Nulla osta provvisorio di cui alla Legge 7/12/1984 n. 818"
- D.M. del 27/3/1985
"Modificazioni al decreto Ministeriale 16/2/1982, contenente l'elenco dei depositi e industrie pericolosi soggetti alle visite e controlli di prevenzione incendi"
- Legge n. 46 del 5/3/1990
"Norme per la sicurezza degli impianti"
- D.P.R. 447 del 6/12/1991
"Regolamento d'attuazione della legge 46/1990"
- D.M. del 20/2/1992
"Modello di dichiarazione di conformità dell'impianto alla regola d'arte"
- Direttiva 93/68 CEE del 22-7-93
Riguardante la marcatura CE del materiale elettrico
- DPR 392 del 18-4-94
"Emendamenti alla legge 46/90 e al DPR 447"
- DPR n. 459 del 24/07/1996
- Regolamento per l'attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti di riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relativi alle macchine
- D.LGS n. 615 del 12/11/1996
Attuazione della direttiva 89/336/CEE del Consiglio del 3 maggio 1989 in materia di riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica, modificata e integrata dalle direttive 92/31/CEE, 93/68/CEE, 93/97/CEE
- D.LGS n. 626 del 25/11/1996
Attuazione della direttiva 93/68/CEE (che notifica la direttiva 73/23/CEE) in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato all'essere utilizzato entro taluni limiti di tensione
 - D.LGS n. 277 del 31/07/1997
Modificazioni al decreto legislativo 25 novembre 1996, n. 626 recante attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione
 - D.M. del 5/05/1998
Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne
 - D.LGS n. 79 del 16/03/1999
Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica
 - Legge n. 36 del 22/02/2001
Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
 - D.P.R. n. 462 del 22/10/2001
Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi.



1SD0007003F0001



15DC007024F0001

2.4 La normativa tecnica

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.

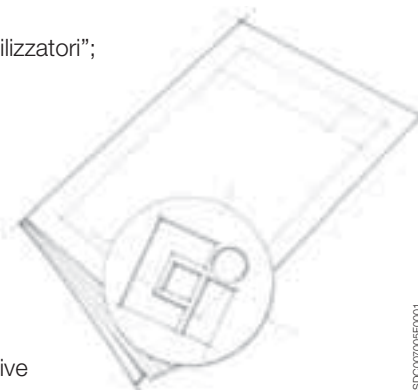
2.5 Norme e Guide CEI di carattere generale

- CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”
- CEI 0-3 “Guida alla Legge 46/90 per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati”
- CEI 0-4/1 “Documenti CEI normativi e non normativi. Parte 1: Tipi, definizioni e procedure”
- CEI 0-5 “Dichiarazione CE di conformità. Guida all'applicazione delle Direttive Nuovo Approccio e della Direttiva Bassa Tensione”.

2.6 Norme e Guide CEI per impianti elettrici utilizzatori

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

- CEI 64-8 V edizione: “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua”;
- 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 - criteri generali”;
- CEI 64-51 “Centri commerciali”;
- CEI 64-52 “Edifici scolastici”;
- CEI 64-53 “Edilizia residenziale - criteri particolari”;
- CEI 64-54 “Locali di pubblico spettacolo”;
- CEI 64-55 “Strutture alberghiere”;
- CEI 64-56 “Locali ad uso medico”;
- CEI 31-30 “Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Classificazione dei luoghi pericolosi”;
- CEI 31-35 “Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30). Classificazione dei luoghi pericolosi”.



15DC007024F0001

2.7 Norme e Guide CEI per impianti elettrici di distribuzione

Le principali Norme e Guide 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 aree 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 cortocircuito nelle reti fisse trifase a corrente alternata”;
- CEI 11-27/1 “Requisiti minimi di formazione per lavori non sotto tensione su sistemi di Categoria 0, I, II e III e lavori sotto tensione su sistemi di Categoria 0 e I”;
- 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 aria”;
- CEI 11-48 “Esercizio degli impianti elettrici”.

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

Le principali Norme CEI relative ai 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 EN 60439-5 “Cassette per distribuzione in cavo (CDC)”;
- 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 20-38 “Cavi isolati con gomma 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”;
- CEI EN 61008-1-2; 61009-1-2 (CEI 23-45) “Interruttori differenziali per uso domestico”;
- CEI 23-9 “Apparecchi di comando non automatici”;
- CEI 23-48, 23-49, 23-51 “Quadri e quadretti per installazioni fisse per usi domestici e similari”;
- CEI 23-50 “Prese a spina 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”.

2.9 Norme CEI per la 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”.

2.10 Tabelle CEI UNEL

Oltre alle norme, il CEI ha pubblicato le seguenti tabelle sulle portate dei conduttori:

- 35024/1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico e 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.

2.11 Marcatura CE e marchi di conformità

Il Decreto Legislativo 25 novembre 1996, n. 626 relativo all'attuazione della direttiva 93/68/Cee ha introdotto anche in Italia l'obbligo della marcatura CE del materiale elettrico destinato a essere utilizzato entro taluni limiti di tensione, generando talvolta confusione tra marcatura e marchiatura.

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. 2/3).

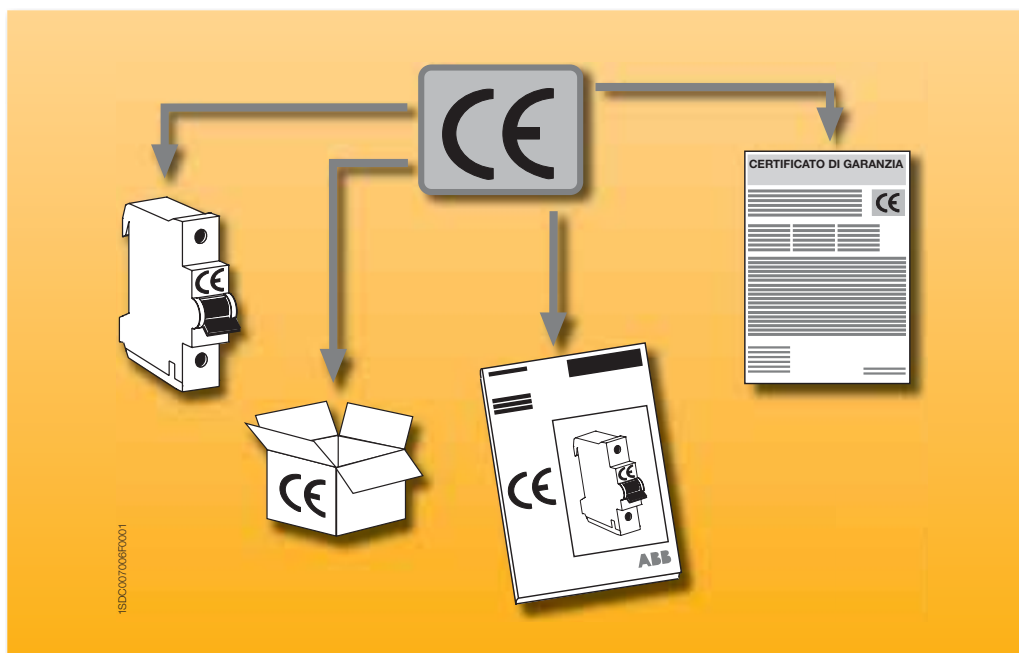


Fig. 2/3 - Modalità di collocazione della marcatura CE

Le leggi e le norme preposte per la sicurezza

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 marchiatura invece, può essere richiesta dal costruttore, per alcuni prodotti di grande serie, a specifici enti (in Italia all'Istituto per il Marchio di Qualità IMQ).

Il marchio IMQ è previsto per materiale elettrico destinato ad utenti non addestrati e, per fornire ad essi la massima garanzia, viene concesso a determinate condizioni (vedi Fig. 2/4); in particolare:

- 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.



Fig. 2/4 - Iter per la concessione del marchio di qualità

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, 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 prevalentemente all'autorità di controllo e/o giudiziaria.

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 3.1.

Tab.3.1 - 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	$50 < U_n \leq 1.000$ c.a. $120 < U_n \leq 1.500$ c.c.
II	$1.000 < U_n \leq 30.000$ c.a. $1.500 < U_n \leq 30.000$ c.c.
III	$U_n > 30.000$

3

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. 3.2)
- del loro modo di collegamento a terra (Fig. 3/1).

(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.

Tab. 3.2 - Sistema di distribuzione definito in funzione dei conduttori attivi

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



Classificazione dei sistemi elettrici

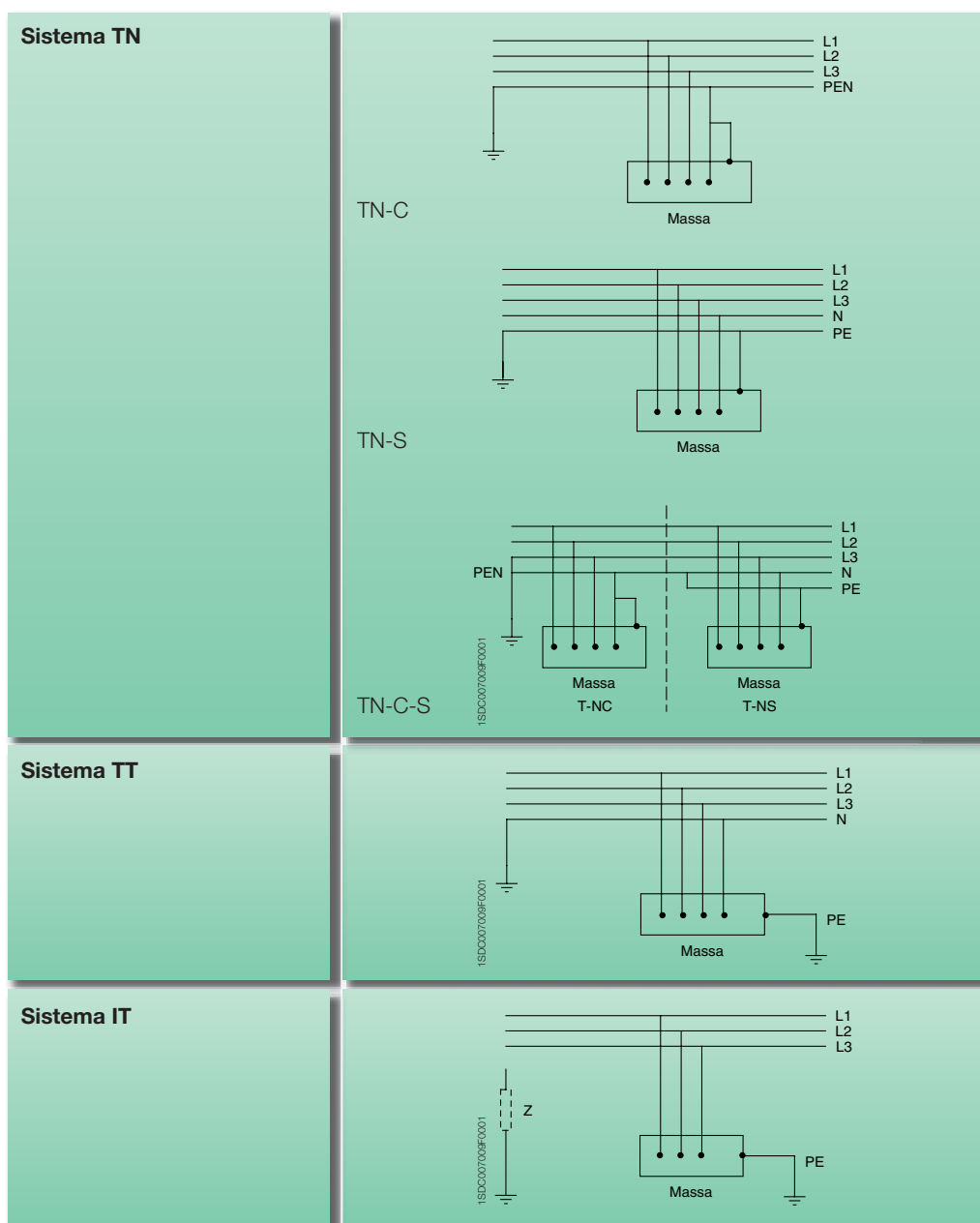


Fig. 3/1 - Sistema di distribuzione definito in funzione del modo di collegamento a terra del neutro e delle masse

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.

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 (Fig. 3/2).

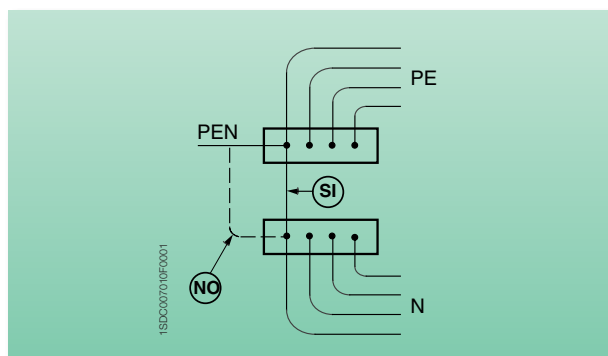


Fig. 3/2 - Collegamento del PEN al giunto di separazione.

Il contatto di una o più parti 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.

La pericolosità della corrente in funzione del tempo durante il quale circola all'interno del corpo umano, è stata riassunta dalle Norme nei diagrammi di Fig. 4/1 e Fig. 4/2, 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 al 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.

(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.

Pericolosità della corrente elettrica

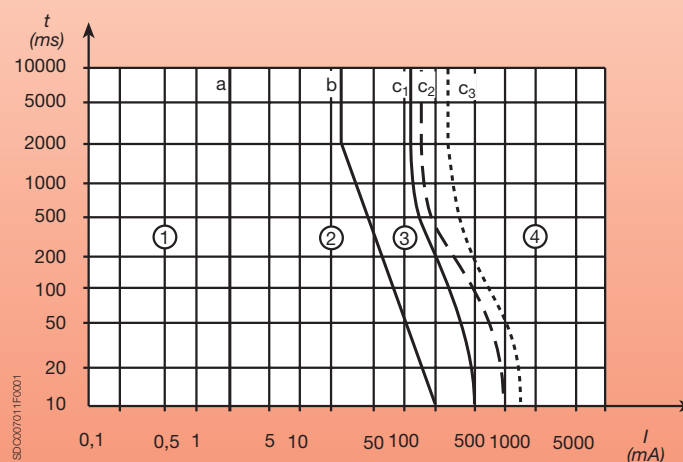


Fig. 4/1 - Zone di pericolosità della corrente continua

- 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 e 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%.

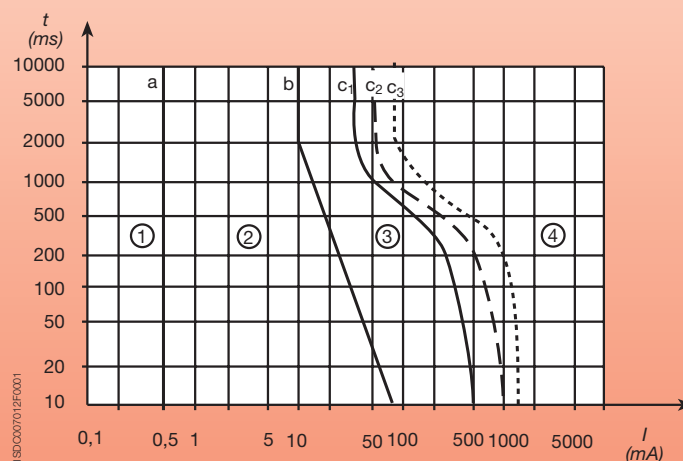


Fig. 4/2 - Zone di pericolosità della corrente elettrica alternata (15÷100 Hz)

- 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 temporanei del cuore, ma senza fibrillazione ventricolare.
- 4) Probabile fibrillazione ventricolare, arresto del cuore, arresto della respirazione, gravi bruciature. Le curve c_2 e c_3 corrispondono a una probabilità di fibrillazione ventricolare rispettivamente del 5% e 50%.

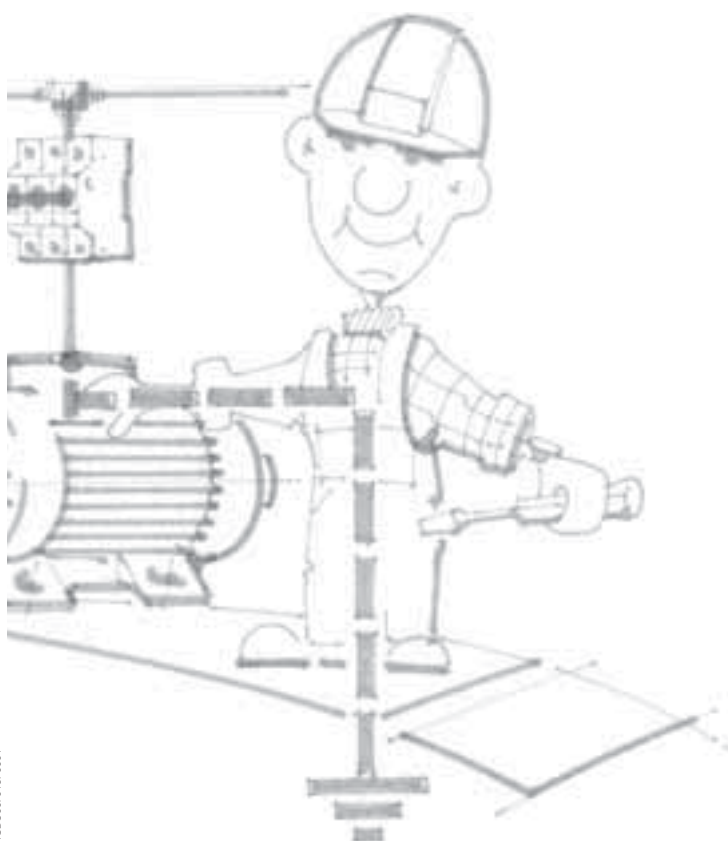
Il CEI ha fissato i fattori di percorso **F** della corrente attraverso il corpo; più elevato è il valore di **F**, maggiore è il pericolo. Prendendo come riferimento (ossia **F** = 1) il percorso mano piede di uno stesso lato del corpo (ad esempio mano destra - piede destro) si hanno, per i percorsi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

Contatti diretti e indiretti	5/2
Messa a terra.....	5/3
La protezione differenziale.....	5/5
Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi IT	5/6
Caso del 1° guasto a terra.....	5/7
Caso del 2° guasto a terra.....	5/7
Protezione passiva	5/9
Bassissima tensione.....	5/9
Doppio isolamento.....	5/11
Protezione per mezzo di luoghi non conduttori.....	5/12
Protezione per mezzo di collegamento equipotenziale locale non connesso a terra...	5/13
Protezione per separazione elettrica	5/13
Protezione contro i contatti diretti	5/13
Misure di protezione totali	5/13
Gradi di protezione degli involucri	5/15
Misure di protezioni parziali.....	5/16
Misura di protezione addizionale mediante interruttori differenziali	5/17



1SD007013F0001

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.

5.1 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. 5/1).

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. 5/2).

I metodi di protezione contro i contatti diretti e indiretti, esaminati analiticamente nei paragrafi successivi, possono essere riassunti nello schema di Fig. 5/3.

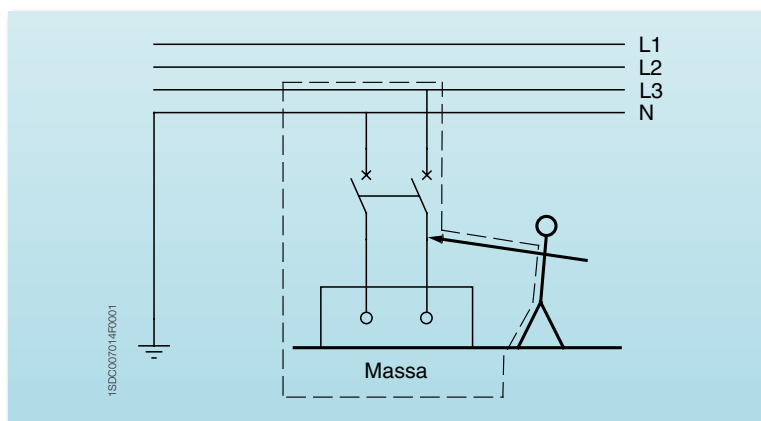


Fig. 5/1 - Contatto diretto

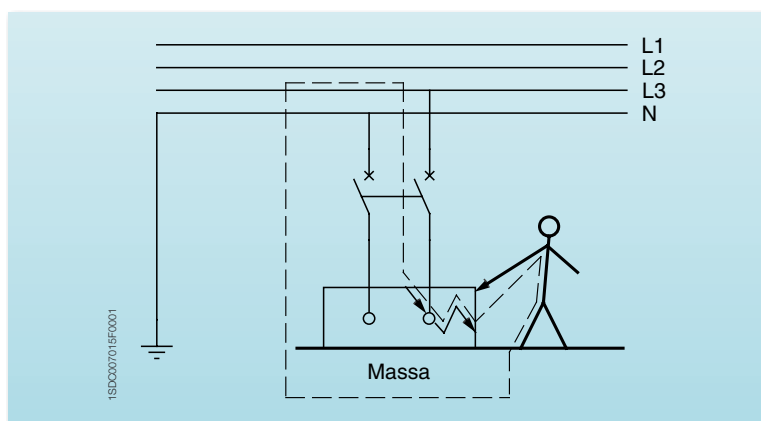


Fig. 5/2 - Contatto indiretto

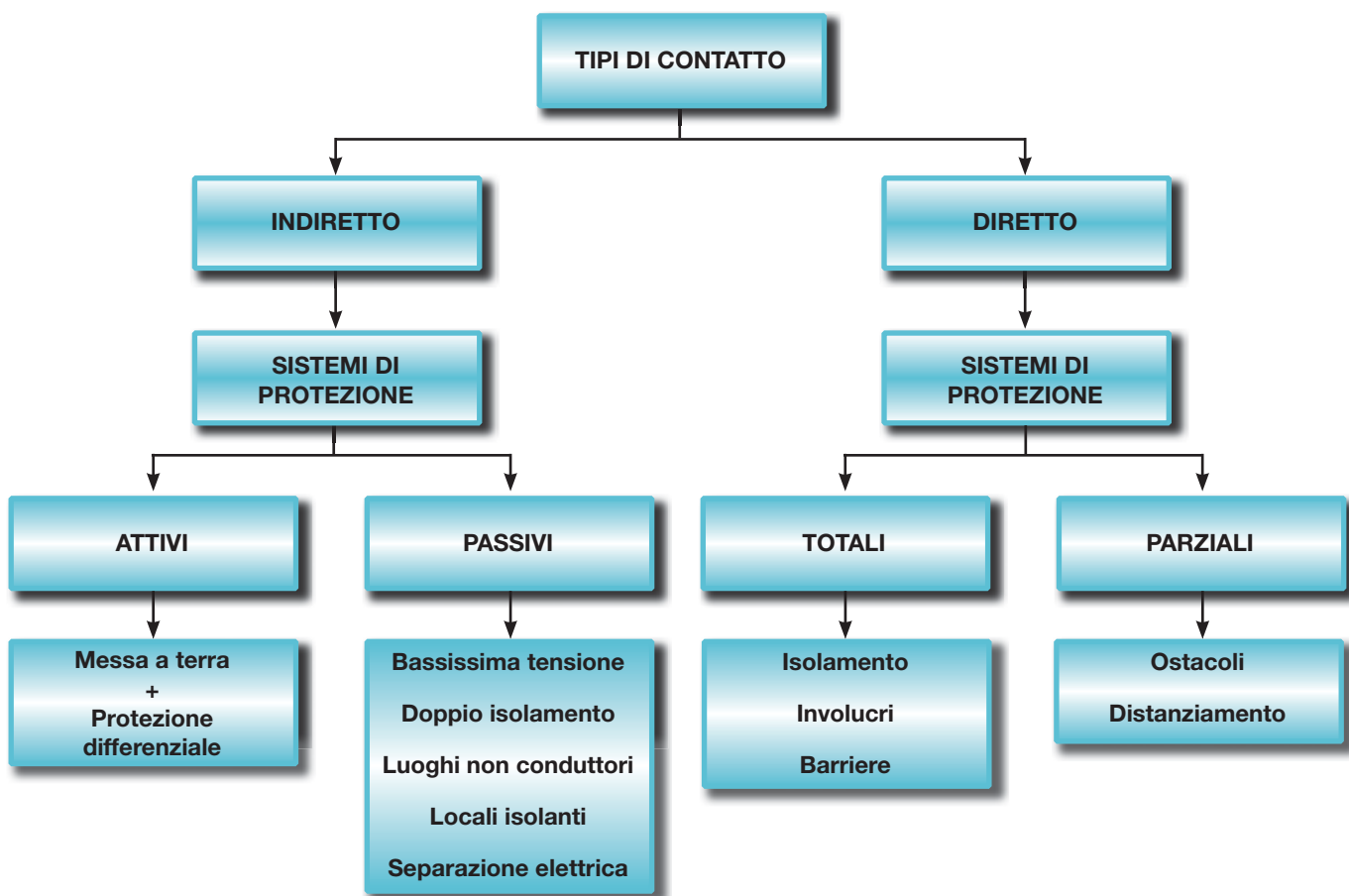


Fig. 5/3 - Classificazione dei contatti accidentali e dei sistemi di protezione

5.2 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 serve pertanto a stabilire un contatto elettrico efficiente con il terreno, allo scopo di condurre a terra le correnti elettriche.

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 cortocircuito 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 cortocircuito tra le fasi.

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

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 cortocircuito fase-neutro.



1SD000701#0001

Protezione contro i contatti accidentali



Poiché tuttavia, i guasti a terra hanno origine con moderate correnti di dispersione prima di evolvere in cortocircuiti, 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 è 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:

$$R_A I_A \leq 50$$

dove:

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

I_A = la corrente che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione, in ampere⁽¹⁾.

- (1) Quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, I_A è la corrente nominale differenziale $I_{\Delta n}$.
- (2) 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 5.1.

Tab. 5.1 - Tempi massimi di interruzione per i sistemi TN

U_o (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. 5.1, 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. 5.1 sono collegati al quadro di distribuzione o al circuito di distribuzione che alimenta quel circuito terminale, sia soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- a) 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 $50/U_o \cdot Z_s$ [Ω];
- b) esista un collegamento equipotenziale che collega localmente al quadro di distribuzione gli stessi tipi di masse estranee indicati per il collegamento equipotenziale principale e soddisfi le prescrizioni riguardanti il collegamento equipotenziale principale.

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.

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

$$Z_s I_A \leq U_o$$

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;

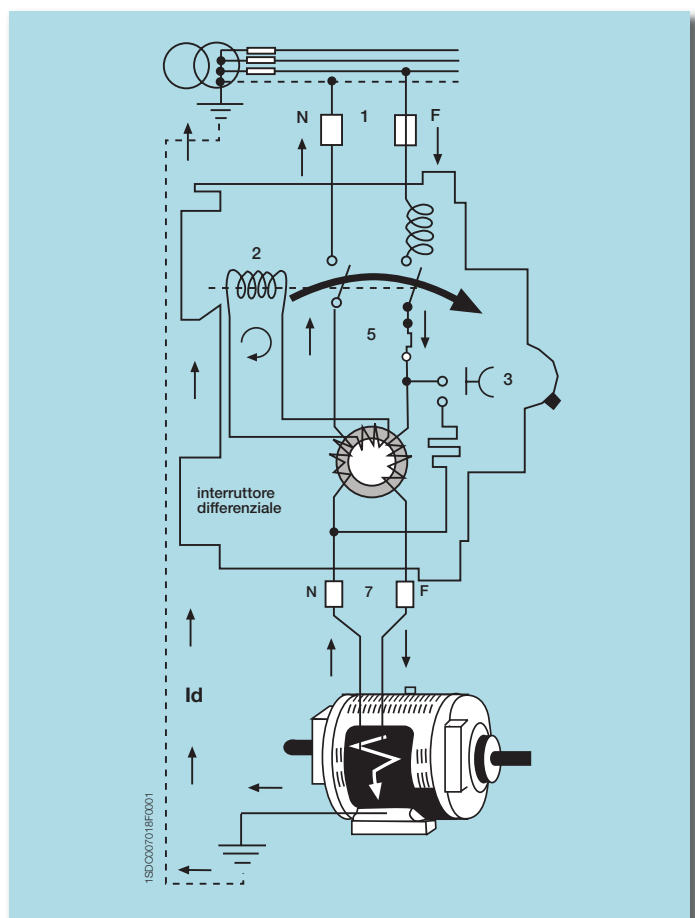
I_A = la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro un tempo definito dalla Norma in funzione delle diverse situazioni impiantistiche⁽²⁾;

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

L'esperienza dice che una corrente di 0,1÷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.

5.3 La protezione differenziale

L'interruttore differenziale (Fig. 5/6) 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.



(3) Legenda

- 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

Fig. 5/6 - Schema elettrico di un interruttore differenziale bipolare⁽³⁾



Fig. 5/4 - Gamma differenziali ABB modulari



Fig. 5/5 - Gamma differenziali RCQ da quadro

Protezione contro i contatti accidentali

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.

ABB SACE mette a disposizione una gamma completa di apparecchi per la protezione differenziale: differenziali magnetotermici compatti, blocchi differenziali e differenziali "puri" modulari System pro M, nonché relè differenziali da quadro RCQ da abbinare agli interruttori scatolati e aperti.

5.4 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. 5/7). 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.

(4) Nel caso dei dispositivi differenziali la I_{Δ} 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.

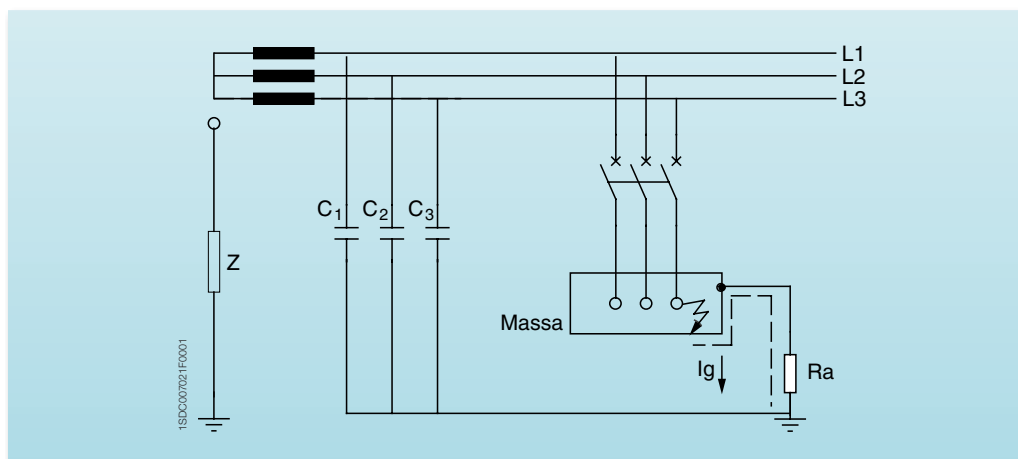


Fig. 5/7 - Sistema elettrico isolato da terra (**IT**). Il circuito di guasto ha un'impedenza notevolmente elevata, per consentire la continuità del servizio in caso di 1° guasto a terra. Nessuna parte attiva è collegata a terra se non tramite impedenza **Z**. Le masse dell'impianto sono collegate a terra.



5.4.1 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 .

5.4.2 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. 5.8a) 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:

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

dove:

U = tensione nominale fase-fase, in V

U_o = tensione nominale fase-terra, in V

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, in ampere, che provoca l'interruzione del circuito entro il tempo indicato in Tab. 5/2, colonne (a) e (c), quando applicabile (circuiti terminali) o entro 5 s, quando permesso (circuiti di distribuzione).

b) se sono messe a terra per gruppi o individualmente (Fig. 5/8 b e 5/8c) si applicano le prescrizioni relative al sistema TT e i tempi di interruzione massimi rimangono quelli indicati nella tabella 5/2. 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. 5/2, colonne (b) e (d).

Protezione contro i contatti accidentali

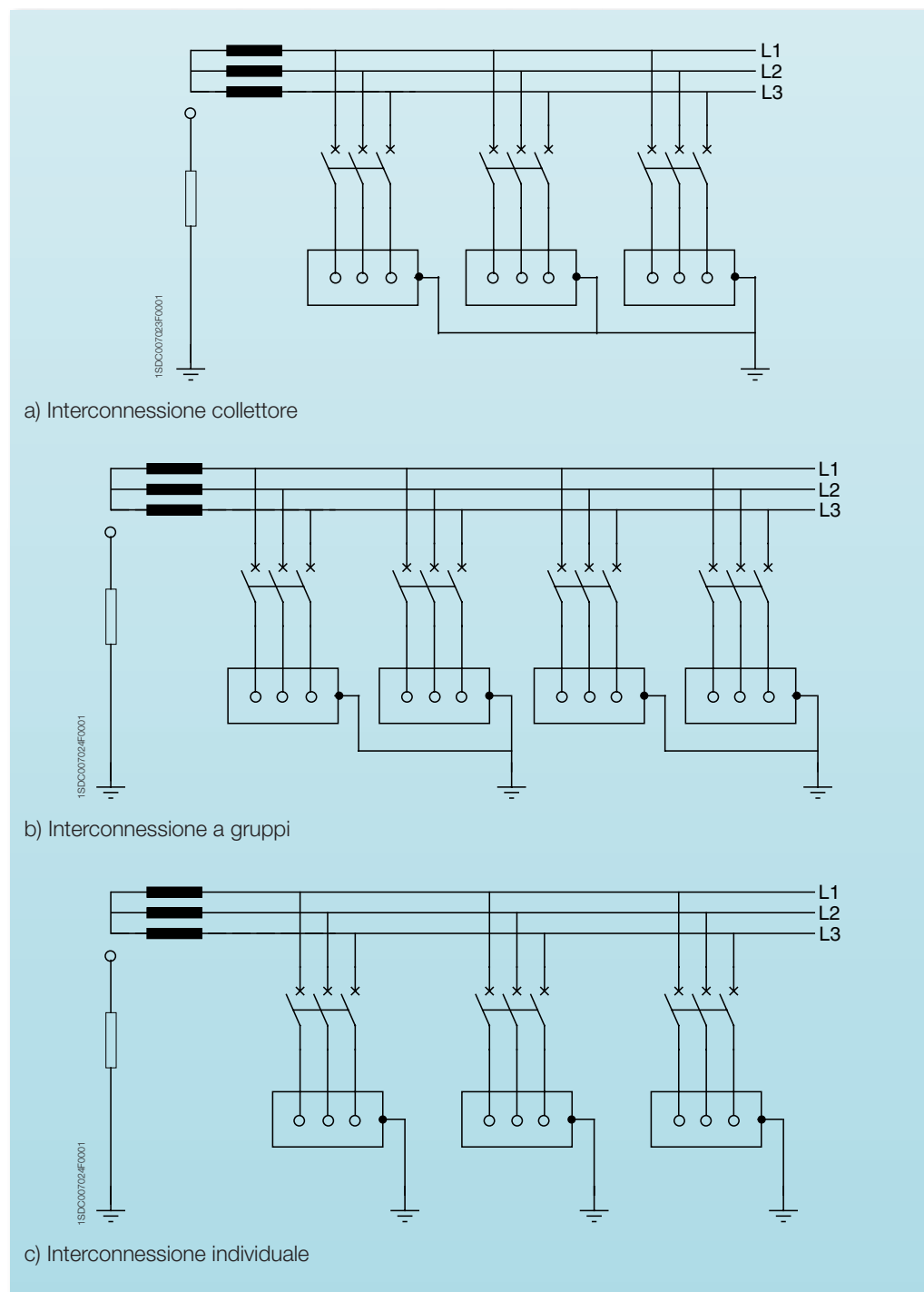


Fig. 5/8 - Interconnessione delle masse

Tab. 5.2 - Tempi di interruzione massimi ammessi. Caso di 2° guasto a terra.

Tensione nominale dell'impianto U _o /U (V)	Tempo di interruzione t (s) ⁽⁵⁾			
	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 ⁽⁷⁾	0,4	0,2 ⁽⁷⁾
580/1000	0,1 ⁽⁶⁾	0,02	0,2 ⁽⁶⁾	0,06

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

(6) In condizioni ordinarie.

(7) In condizioni particolari.

Prescrizioni da rispettare affinché sia assicurata la protezione

- Le masse devono essere messe a terra singolarmente, per gruppi o collettivamente (Fig. 5/8). 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).

5.5 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.

5.5.1 Bassissima tensione⁽⁸⁾

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.

(8) 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.

SELV e PELV sono acronimi di:

- Safety Extra Low Voltage
- Protective Extra Low Voltage

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

Protezione contro i contatti accidentali

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; al contrario 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:

• 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.

5.5.2 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. 5/9) è classificata di classe II⁽⁹⁾.

(9) 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.

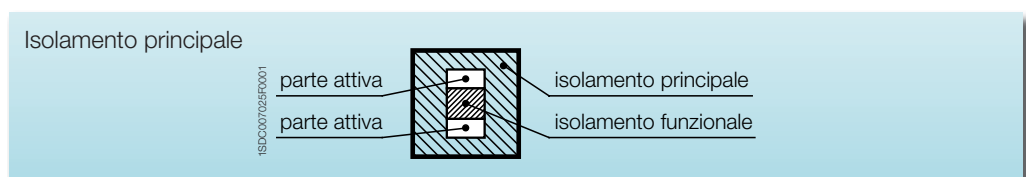


Fig. 5/9 a - Isolamento delle parti attive

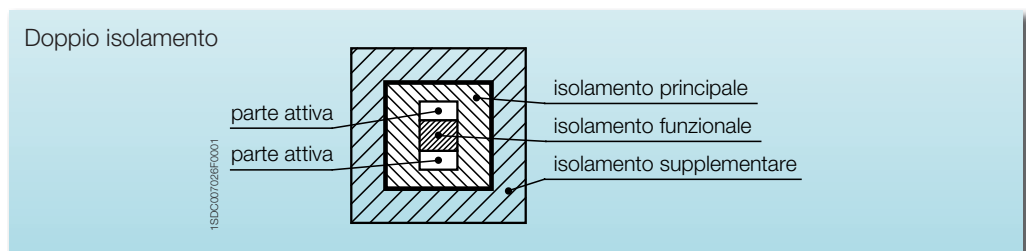


Fig. 5/9 b - Insieme dell'isolamento principale e dell'isolamento supplementare

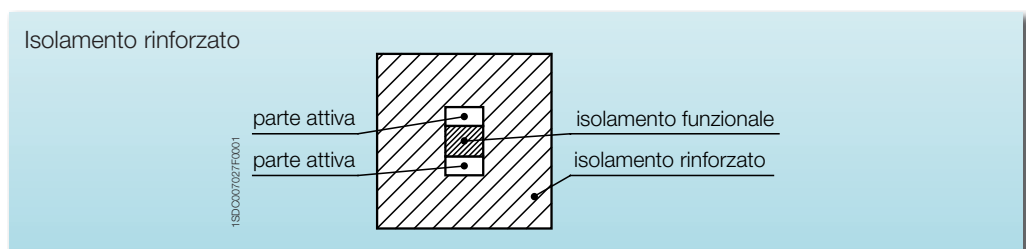


Fig. 5/9 c - Unico isolamento al posto dei due isolamenti, principale e supplementare, che abbia proprietà elettriche e meccaniche tali da formare lo stesso grado di protezione del doppio isolamento

5.5.3 Protezione per mezzo di luoghi non conduttori

Questa misura di protezione viene applicata quando si vogliono 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 inapplicabile negli edifici civili e similari, dove, di fatto, non esistono locali in grado di soddisfare le condizioni richieste per la sua applicazione, 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 finì 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. 5/10), 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 isolati, 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 1 A, 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;

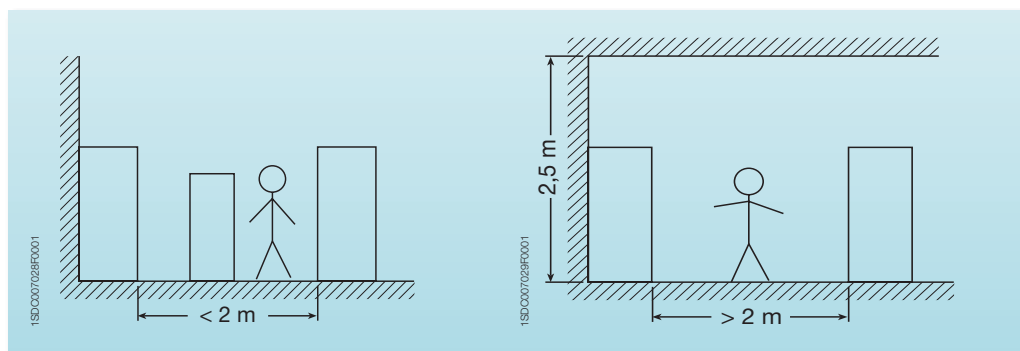


Fig. 5/10 - Distanziamento delle masse tra loro e dalle masse estranee

- 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).

5.5.4 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.

5.5.5 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 però essere > 500 m.

5.6 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)⁽¹⁰⁾.

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

5.6.1 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.

(10) Le Norme CEI danno la seguente definizione di persone addestrate:
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.

Protezione contro i contatti accidentali

• involucri o barriere

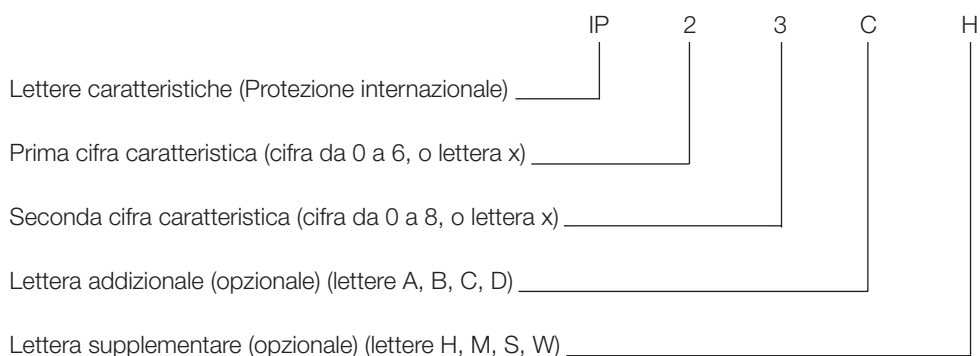
Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- parti attive contenute entro involucri o dietro barriere con grado di protezione almeno IP2X o IPXXB⁽¹¹⁾;
- 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.

(11) Il grado di protezione degli involucri delle apparecchiature elettriche viene identificato mediante un codice la cui struttura viene indicata dalla Norma CEI EN 60519 (vedasi il successivo paragrafo 5.6.2).

5.6.2 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 addizionali 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.

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)	
Significato per la protezione dell'apparecchiatura contro la penetrazione di corpi solidi estranei		Significato per la protezione dell'apparecchiatura contro la penetrazione di acqua con effetti dannosi		Significato per la protezione delle persone contro l'accesso a parti pericolose		
Significato per la protezione delle persone contro l'accesso a parti pericolose		Informazioni supplementari per la protezione dell'apparecchiatura				
0	Non protetto	Non protetto	0	Non protetto	A	Protetto contro l'accesso con il dorso della mano
1	Protetto contro corpi solidi di diametro > 50 mm	Protetto contro l'accesso con il dorso della mano	1	Protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua	B	Protetto contro l'accesso con un dito
2	Protetto contro corpi solidi di diametro > 12,5 mm	Protetto contro l'accesso con un dito	2	Protetto contro la caduta di gocce d'acqua con inclinazione massima di 15°	C	Protetto contro l'accesso con un attrezzo
3	Protetto contro corpi solidi di diametro > 2,5 mm	Protetto contro l'accesso con un attrezzo	3	Protetto contro la pioggia	D	Protetto contro l'accesso con un filo
4	Protetto contro corpi solidi di diametro > 1 mm		4	Protetto contro gli spruzzi d'acqua	(*) Utilizzata solo nei seguenti casi: a) la protezione effettiva contro l'accesso a parti pericolose è superiore a quella indicata dalla prima cifra caratteristica; b) va indicata solo la protezione con l'accesso a parti pericolose; in tal caso la prima cifra caratteristica viene sostituita con una X	
5	Protetto contro la polvere in quantità nociva	Protetto contro l'accesso con un filo	5	Protetto contro i getti d'acqua potenti		
6	Totalmente protetto contro la polvere		6	Protetto contro i getti d'acqua potenti		
			7	Protetto contro gli effetti della immersione temporanea		
			8	Protetto contro gli effetti della immersione continua		
					H	Apparecchiatura ad alta tensione
					M	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso di acqua con la apparecchiatura in moto
					S	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso di acqua con la apparecchiatura non in moto
					W	Adatto all'uso in condizioni atmosferiche specifiche

Fig. 5/11 - Gradi di protezione degli involucri

Protezione contro i contatti accidentali

5.6.3 Misure di protezioni parziali

Sono destinate 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 impedire la rimozione accidentale.

• Distanziamento

Il distanziamento delle parti simultaneamente accessibili deve essere tale che esse non risultino a portata di mano (Fig. 5/12).

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

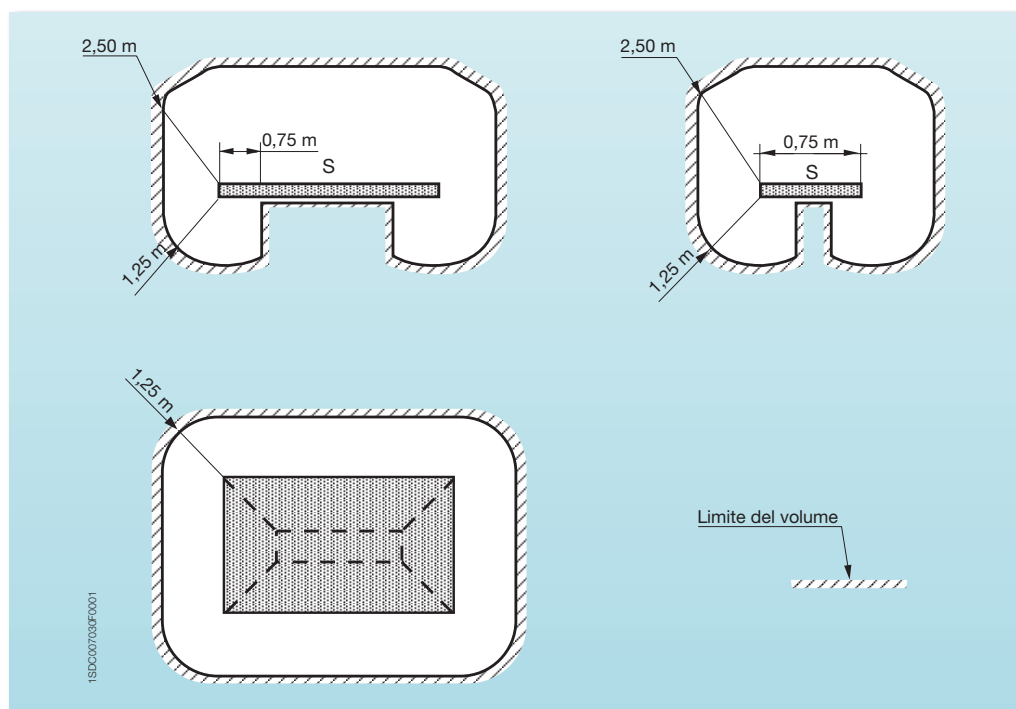


Fig. 5/12 - Parti ritenute "a portata di mano" secondo la Norma CEI 64-8

5.6.4 Misura di protezione aggiuntiva mediante interruttori differenziali

La protezione con interruttori differenziali con $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$, pur eliminando gran parte dei rischi dovuti ai contatti diretti, non è riconosciuta quale elemento unico di protezione completa e richiede l'abbinamento con una delle misure di protezione di cui ai precedenti paragrafi 5.6.1 e 5.6.3.

L'uso dell'interruttore differenziale da 30 mA permette per altro 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 punti dell'impianto elettrico (quadri di distribuzione primaria e secondaria, cassette di distribuzione, motori, cavi ecc) 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 una "debole corrente di dispersione" è sufficiente ad innescare un focolaio di incendio se viene interessato un volume ridotto di materiale combustibile. Ad 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 d'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, ossia con gli interruttori differenziali.



Indice

Premessa.....	6/2
La distribuzione	6/2
La corrente di impiego I_B	6/3
I carichi e le portate	6/4
Le sovracorrenti.....	6/8
Condizioni di sovraccarico	6/9
Condizioni di cortocircuito	6/11
Dimensionamento degli impianti	6/13
Calcolo della corrente minima e massima di cortocircuito	6/14
Coordinamento tra la protezione contro i sovraccarichi e la protezione contro i cortocircuiti	6/16
Omissioni delle protezioni	6/17
Prescrizioni particolari	6/20
Protezione dei conduttori di fase.....	6/20
Protezione del conduttore di neutro	6/20
Interruzione del neutro.....	6/21

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

6.1 Premessa

Gli obiettivi principali del progetto di un impianto elettrico sono:

- la sicurezza
- la funzionalità
- l'affidabilità
- la durata
- l'economicità.

Per raggiungerli si richiedono scelte tecniche precise, che possono favorire taluni aspetti e contrastarne altri.

Il progetto interessa i componenti e i materiali collocati tra il contatore (o il trasformatore) ed i carichi; parte dalla conoscenza del numero e del tipo di utilizzatori installati e della loro collocazione nella struttura.

Il progetto deve sottostare alla legge 46/90 ed alla regola dell'arte.

Questo aspetto è particolarmente delicato qualora il progetto si occupi di un rifacimento o del restauro di una struttura esistente. L'intervento deve in questo caso tener conto delle mutate condizioni e della nuova regola d'arte. Se sarà necessario, si interverrà anche profondamente sulla struttura fino a raggiungere il nuovo e più elevato grado di sicurezza accettabile.

La figura professionale che deve occuparsi del progetto e che ha avuto un riconoscimento legale ufficiale con la Legge 46/90 è il progettista.

Egli deve essere un tecnico iscritto al rispettivo ordine o collegio professionale ed è il solo a poter affrontare la progettazione di impianti che per dimensioni o potenze superino i valori minimi imposti dalla legge o che vengono installati in ambienti pericolosi (esplosione, uso medico, maggior rischio in caso di incendio, ecc).

6.2 La distribuzione

Note le condizioni al contorno (sistemi elettrici, tensioni, frequenza rete, numero e collocazione dei carichi) al progettista spetta decidere inizialmente il tipo di distribuzione.

Sono disponibili due alternative: la radiale e la dorsale.

La **radiale** consiste nell'alimentazione di ogni singola utenza con una linea specifica e dedicata. È ideale per utilizzatori di grande potenza e con funzionamento continuo (compressori, grosse presse, ascensori) perché in tali condizioni viene esattamente dimensionata la linea in relazione al carico, conseguendo un ottimo livello di affidabilità e selettività.

La distribuzione radiale, intesa come linea diretta al carico, è di semplice progettazione, in virtù della completa e relativamente facile disponibilità dei dati riguardanti le utenze di volta in volta alimentate.

Un limite della distribuzione radiale è il suo costo: richiede infatti l'impiego di molto rame e di tanti interruttori quante sono le linee.

La **dorsale** si oppone concettualmente alla radiale. Su una sola linea vanno a confluire tutte le correnti degli utilizzatori senza alcun ordine o sequenza prestabiliti.

Non c'è selettività né controllo particolare sulle singole linee e il calcolo delle correnti di impiego è assai delicato e necessariamente probabilistico.

Per contro il costo è contenuto per il limitato impiego di rame e la presenza di un solo interruttore generale.

Le tipiche utenze allacciate su dorsali sono quelle a basso contenuto di potenza o con funzionamento discontinuo o addirittura saltuario (prese, lampade, elettrodomestici).

6.3 La corrente di impiego I_B

Decisa l'architettura dell'impianto, si passa allo studio delle singole linee e dapprima se ne calcola la variabile elettrica fondamentale: la corrente di impiego I_B , su cui si costruirà l'intero progetto secondo le Norme CEI.

I_B è la quantità di corrente (in ampere) che la linea è destinata a trasportare, per soddisfare la necessità del o dei carichi alimentati.

Nel calcolo della I_B , il massimo impegno è richiesto nel caso delle grosse e lunghe dorsali, dove l'aleatorietà delle situazioni, le urgenze improvvise, l'aumento imprevisto e a volte permanente degli utilizzatori, possono determinare correnti I_B notevoli e per lungo tempo.

Non è disponibile a tutt'oggi alcuna formula di validità generale per quantificare esattamente la I_B e pertanto sono soprattutto l'esperienza e la lungimiranza le doti del progettista che servono per affrontare il problema.

Neppure la norma CEI 64-8, la norma impianti per eccellenza, fornisce direttive o consigli per il calcolo della I_B ; i coefficienti di contemporaneità e/o di utilizzazione (in passato tabellati nelle norme 11-11 e 64-3) non sono riportati.

Per quanto difficile e rischioso possa essere, la corrente I_B deve essere fissata nel modo più preciso possibile e su tutti i rami dell'ideale impianto dorsale o ad albero-radiale (Fig. 6/1).

Se questo primo e delicato problema è affrontato e risolto "a regola d'arte", il resto sarà una relativamente semplice ricerca sequenziale di dati.

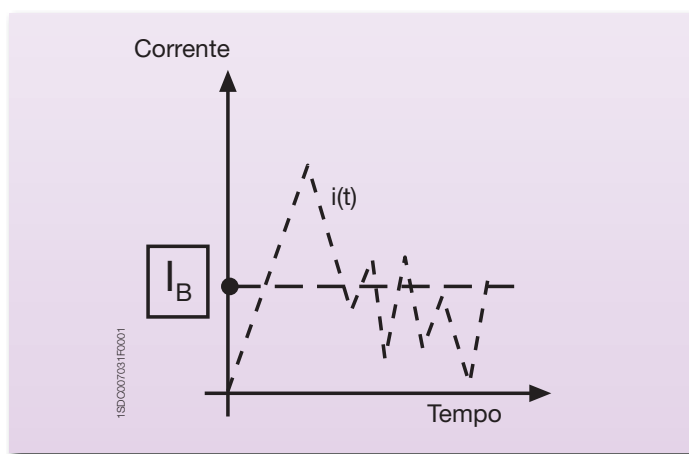


Fig. 6/1 - La corrente I_B non è quasi mai la somma delle singole correnti di carico uscenti dalla dorsale, né il più alto valore che può assumere la corrente istantanea, ma è il valore medio equivalente rispetto agli effetti termici che la corrente effettiva produce sulla conduttura.

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

6.4 I carichi e le portate

Fissata la corrente di impiego I_B , il passo successivo riguarda il corretto dimensionamento della linea.

La soluzione scaturisce dall'analisi di tre diversi fenomeni fisici: il termodinamico, l'elettrico e il meccanico.

Temperatura, caduta di tensione e resistenza meccanica sono parametri da valutare; è indifferente quale dei tre affrontare per primo.

Per consuetudine e per il fatto che in bassa tensione si ha a che fare con linee relativamente corte, dove la caduta di tensione è debole, si sceglie il primo valore approssimato di sezione dallo studio termodinamico del fenomeno.

S'immagina il cavo come un corpo fisico, al cui interno si produce continuamente calore; nel caso in esame il calore è prodotto per effetto Joule (RI^2) dalla resistenza del rame del conduttore, assunta costante, percorsa dalla corrente I (Fig. 6/2).

Con corrente generica, ma sinusoidale con valore efficace costante, dopo una prima fase transitoria di immagazzinamento del calore e conseguente riscaldamento, nella quale la temperatura del cavo sale, si ha una successiva condizione di regime termico.

A questo punto la temperatura del cavo, giunta al massimo, si stabilizza e il calore prodotto, sempre dovuto a RI^2 , è interamente dissipato (Fig. 6/3).

Il regime termico con temperatura costante nel tempo è l'evoluzione finale del fenomeno (Fig. 6/4). Esso dipende essenzialmente, oltre che dalla quantità di calore da dissipare, dalla conduttanza termica del cavo, che è funzione a sua volta della superficie esterna dissipante, dalla ventilazione, dalla temperatura ambiente, dal tipo di isolante ecc.

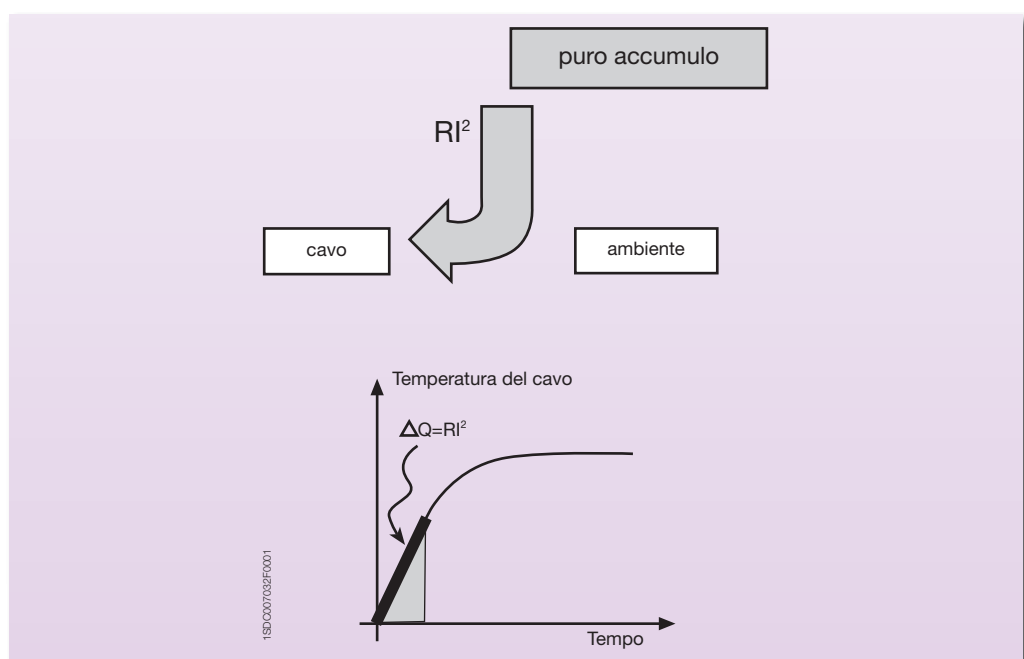


Fig. 6/2 - Appena la corrente fluisce nel conduttore si producono le perdite Joule RI^2 . Il calore, a causa della intrinseca lentezza termica dei fenomeni di trasmissione del calore, non riesce ad uscire subito dal cavo ma vi si immagazzina, elevandone all'inizio linearmente la temperatura

Dei due materiali a rischio termico, rame e isolante, che raggiungono alla fine la medesima temperatura, è sicuramente l'isolante il più indifeso contro gli effetti del calore e l'innalzamento della temperatura. Il rame infatti fonde a oltre mille gradi, mentre gli isolanti in commercio (PVC, butile, neoprene, ecc.) presentano temperature di liquefazione e fusione dell'ordine dei $150 \div 250$ °C. Per questo dall'isolante dipende la massima sfruttabilità dei cavi sotto carico e, in particolare, dalla sua

massima temperatura ammissibile a regime, che rimane un dato intrinseco e viene fissata dalle norme con opportuni criteri di sicurezza.

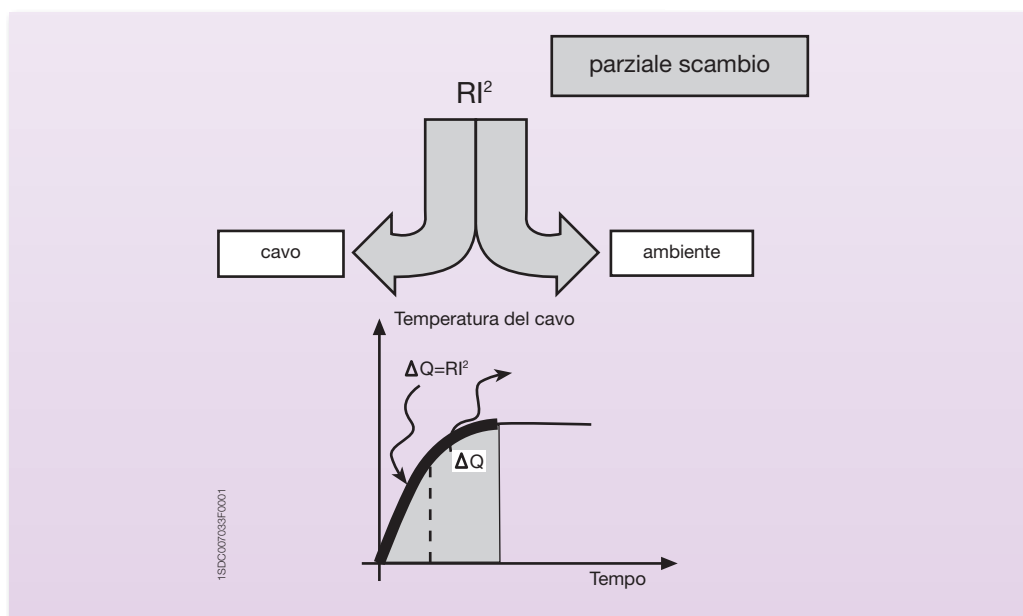


Fig. 6/3 - Al passare del tempo, dopo qualche minuto, parte del calore prodotto per effetto Joule (RI^2) comincia ad uscire dalle pareti esterne del conduttore di rame, entra nel primo strato attiguo dell'isolante che, come il rame, ne immagazzina una parte, salendo anch'esso in temperatura. Infine il flusso di calore oltrepassa l'intero isolante e sfoga nell'ambiente. La curva di temperatura del cavo da rettilinea ascendente tende a deflettere, incurvandosi verso l'orizzontale

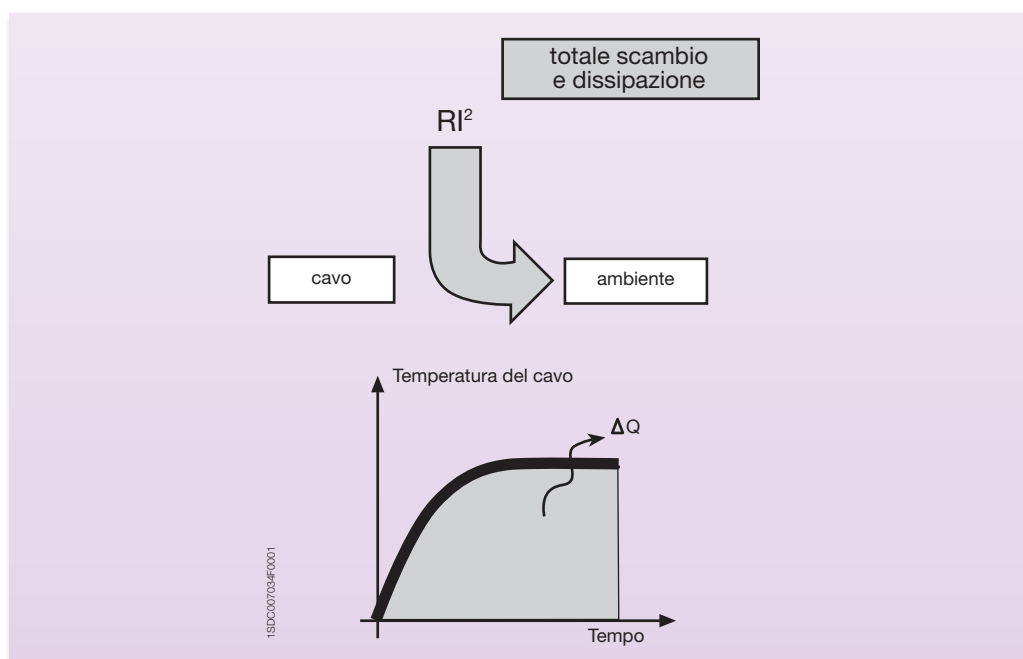


Fig. 6/4 - Dopo aver sfruttato l'intera capacità termica del cavo, che è la somma di quella del rame e dell'isolante, il flusso di calore, che è rimasto e rimarrà costante a parità di corrente circolante, esce interamente dall'ultimo strato dell'isolante e si disperde nell'ambiente circostante

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

Nota la temperatura massima ammissibile dell'isolante è necessario limitare ad essa la salita massima e finale della funzione $\theta(t)$ che rappresenta l'andamento della temperatura nel tempo. Si può perciò desumere, per così dire a ritroso, tra gli infiniti valori disponibili di RI^2 (al variare della corrente) proprio quello che ne è stato teoricamente responsabile. Da esso, tolto il valore "R" della resistenza, che è nota, possiamo determinare la corrente I che è fluita durante il fenomeno e che sarà perciò la massima sopportabile in quelle condizioni.

Attraverso un'indagine prevalentemente termodinamica si è così arrivati ad evidenziare una corrente che, visto il significato, si definisce: portata in regime permanente I_z (Norma CEI 64-8 paragrafo 25.5).

Ai fini del dimensionamento, questa corrente ha un significato particolare, estremamente semplice e pratico e si presta a facili tabellazioni che agevolano i progettisti.

Il legame che si deve assicurare tra I_B e I_z è il seguente:

$$I_B \leq I_z \quad (83)$$

Da tale disequazione si ricava il cavo, inteso sia come sezione (necessaria, ma ancora non sufficiente), sia come isolante (Fig. 6/5).

Si osservi che sin qui non ha avuto alcun ruolo la lunghezza delle linee, perché il fenomeno termico considerato vale qualitativamente e puntualmente per l'intera lunghezza di ciascuna linea. Qualora la stessa linea (stesso isolante e sezione) avesse diversi modi di installazione (es. prima tubo poi passerella) le considerazioni precedenti vanno fatte ovviamente lungo il tratto termicamente più sollecitato.

Dalle tabelle CEI-UNEL (vedasi ad esempio la tabella 6.1 che ne rappresenta un estratto) sulla scelta delle portate, si deducono alcune utili informazioni che vengono qui anticipate e precisamente:

- 1) le condizioni di posa più difficili sono, a scalare partendo dalla peggiore:
 - I) cavi sotto traccia o in cunicoli chiusi;
 - II) cavi in tubi o canalette ventilate;
 - III) cavi a parete o a soffitto ventilati;
 - IV) cavi in aria, su passerelle o a funi portanti;
 - V) cavi interrati o in tubo interrato;
- 2) i cavi interrati, in tubo o direttamente, sono in condizioni operative migliori rispetto agli altri;
- 3) all'aumentare della temperatura ambiente le portate si riducono più che proporzionalmente;
- 4) la densità di corrente (A/mm^2) diminuisce all'aumentare della sezione; ciò significa che hanno una portata maggiore due cavi in parallelo su una stessa fase, ciascuno da $25 mm^2$ che un singolo cavo da $50 mm^2$.

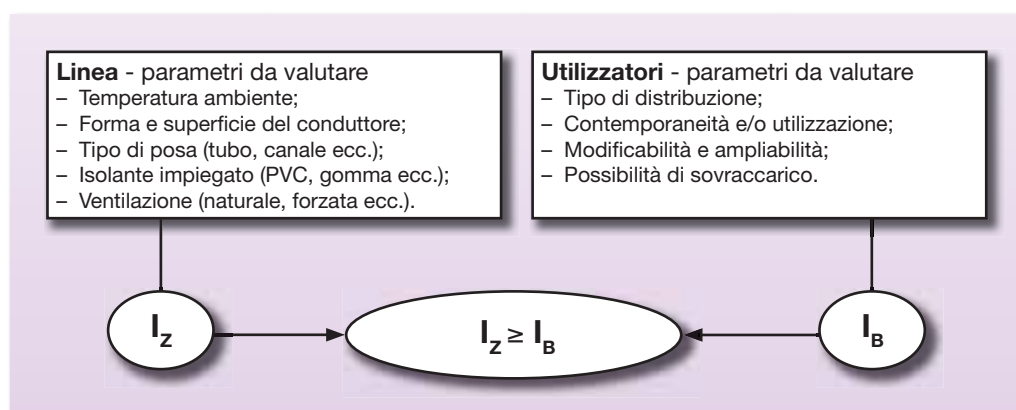


Fig. 6/5 - Nota la corrente d'impiego I_B , si consultano opportune tabelle sulle portate per decidere attraverso la disequazione $I_B \leq I_z$, quale sia la I_z sufficiente e da essa la sezione e l'isolante appropriati

Tab. 6.1 - Tabella CEI-UNEL 35011-72 per la scelta delle portate (A) dei cavi multipolari in rame, posati in aria distanziati, per impianti in bassa tensione

Sezione (mm ²)	PVC o gomma comune			Gomma G5 o polietilene		
	Bipolari	Tripolari	Tetrapolari	Bipolari	Tripolari	Tetrapolari
1,5	19,5	17,5	15,5	24	22	19,5
2,5	26	24	21	33	30	26
4	35	32	25	45	40	35
6	46	41	36	58	52	46
10	63	57	50	80	71	63
16	85	76	68	107	96	85
25	112	101	89	142	127	112
35	138	125	111	175	157	138
50	168	151	134	212	190	168
70	213	192	171	270	242	213
95	258	232	207	327	293	258
120	299	269	239	379	339	299

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

6.5 Le sovracorrenti

La scelta iniziale della sezione del cavo, in funzione delle esigenze termiche (temperatura ammissibile) e degli isolanti impiegati, deve essere verificata secondo gli ulteriori parametri fisici in gioco che sono di tipo elettrico (massima caduta di tensione ammissibile) e meccanico (sezione minima prescritta dalle Norme e adeguata resistenza meccanica durante le operazioni di posa).

A questo punto è necessario affrontare il delicato, ma vitale problema della protezione dei cavi dalle sovracorrenti.

Sovracorrente è una qualsiasi corrente superiore alla portata I_z che può circolare nel cavo.

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 cortocircuito).

La protezione contro i sovraccarichi e i cortocircuiti 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 cortocircuito, interrompendo, nel secondo caso, tutte le correnti di cortocircuito 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. 6/6).

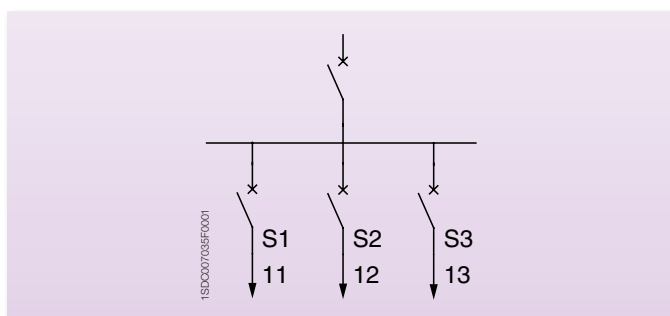


Fig. 6/6 - Punto di installazione dei dispositivi di protezione

6.5.1 Condizioni di sovraccarico

Per quanto concerne le condizioni di sovraccarico:

- il dispositivo può essere installato lungo il percorso della conduttura invece che all'origine (tratto A-B, Fig. 6/7), purché 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;

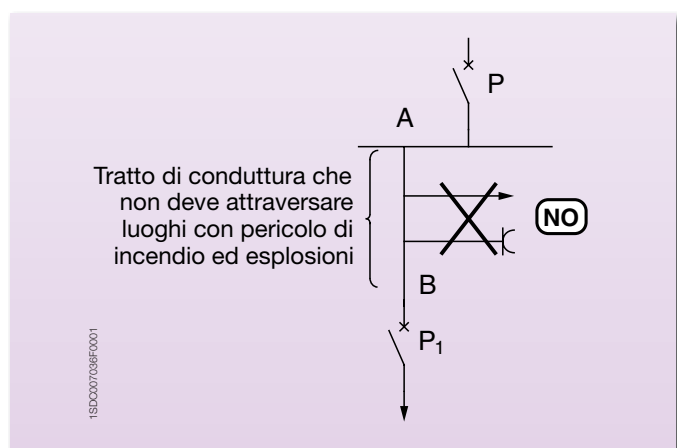


Fig. 6/7 - Divieti normativi in presenza di luoghi con pericolo di incendio ed esplosioni

- 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 la 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

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

Le condizioni di coordinamento sopra citate sono raffigurate in Fig. 6/8. 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.

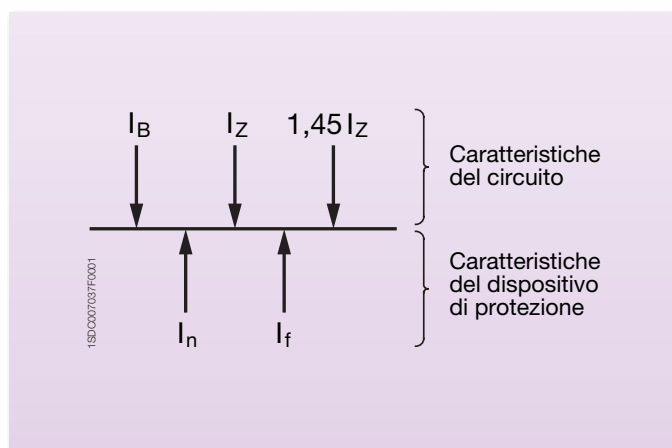


Fig. 6/8 - Condizioni per il corretto coordinamento contro il sovraccarico

Se uno stesso dispositivo di protezione alimenta diverse condutture (Fig. 6/9 a) od una conduttura principale (Fig. 6/9 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. 6/10), si considera per I_z la somma delle portate dei singoli conduttori ($I_z = I_{z1} + \dots + I_{zn}$), a condizione però che i conduttori stessi portino sostanzialmente le stesse correnti (uguale sezione, stesso tipo di isolamento, stesso modo di posa) e che non siano interessati da derivazioni.

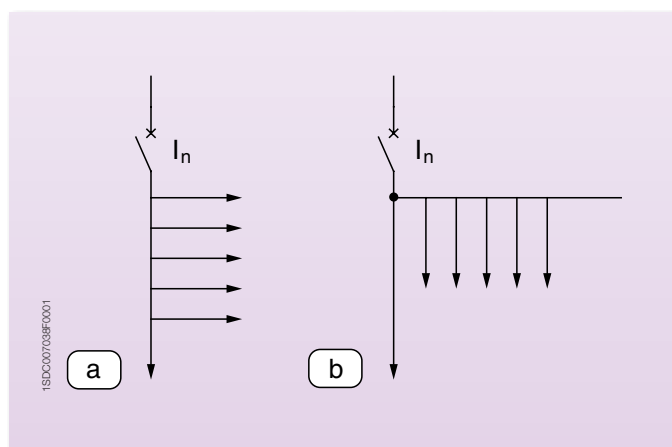


Fig. 6/9 - Esempi di protezione mediante un unico dispositivo:
a) unico dispositivo a monte di diverse condutture
b) protezione della conduttura principale dalla quale sono derivate condutture secondarie

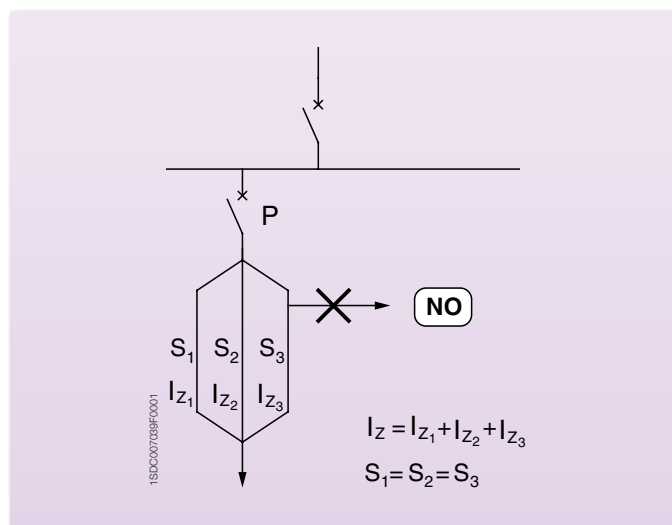


Fig. 6/10 - Esempio nel quale un unico dispositivo protegge diversi conduttori tra loro in parallelo

6.5.2 Condizioni di cortocircuito

Per quanto concerne le condizioni di cortocircuito (la cui trattazione teorica è riportata nell'appendice A2), il dispositivo di protezione:

- può essere installato lungo la condotta ad una distanza dall'origine non superiore a 3 m (Fig. 6/11), purché questo tratto sia rinforzato in modo da ridurre al minimo il rischio di cortocircuito⁽¹⁾;
- non deve essere posto vicino a materiale combustibile o in luoghi con pericolo di esplosione.

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

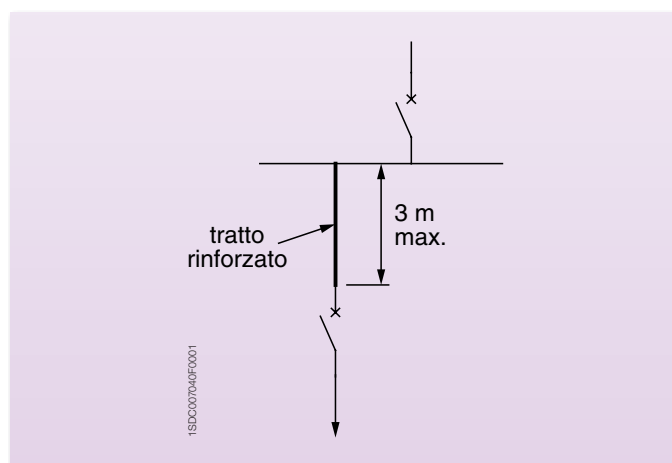


Fig. 6/11 - Divieto di installazione del dispositivo di protezione contro il cortocircuito ad una distanza maggiore di 3 m dall'origine della condotta

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

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

- avere un potere di interruzione non inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto in cui è installato (Fig. 6/12 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. 6/12 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.

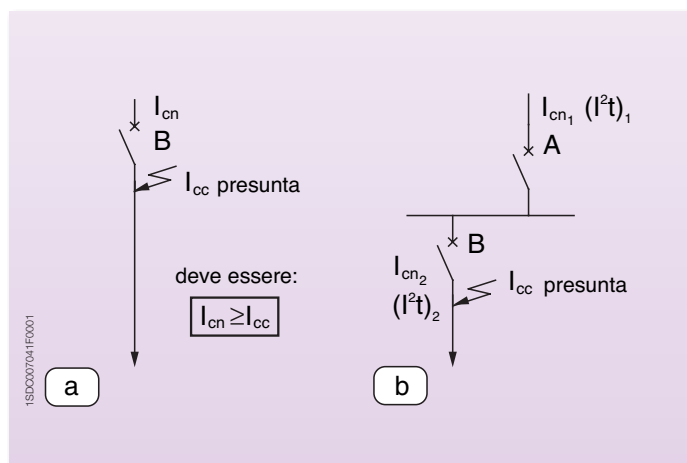


Fig. 6/12 - Condizioni che devono essere soddisfatte per assicurare la protezione contro il cortocircuito

- 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 conduttura interessata al cortocircuito, la condizione:

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

Per cortocircuiti di durata non superiore a 5 s, il tempo necessario affinché una data corrente di cortocircuito porti i conduttori dalla temperatura massima ammissibile in servizio ordinario alla temperatura limite, può essere calcolato in prima approssimazione con la formula (derivata dalla precedente):

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

(2) L'energia specifica passante, rappresentata dall'integrale di Joule assume 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:

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

dove con I si intende il valore efficace della componente simmetrica. La trattazione teorica ed i necessari approfondimenti sull'energia specifica passante sono riportati nell'appendice A2.

dove:

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

I = corrente di cortocircuito in ampere in valore efficace

K = fattore dipendente dal tipo di conduttore (Cu o Al) e isolamento che per una durata di cortocircuito ≤ 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.

6.6 Dimensionamento degli impianti

Dopo aver individuato le grandezze elettriche che devono essere prese in esame in fase di progettazione di un impianto elettrico, è possibile passare al suo dimensionamento che, sotto il profilo logico, può seguire lo schema a blocchi di Fig. 6/13.

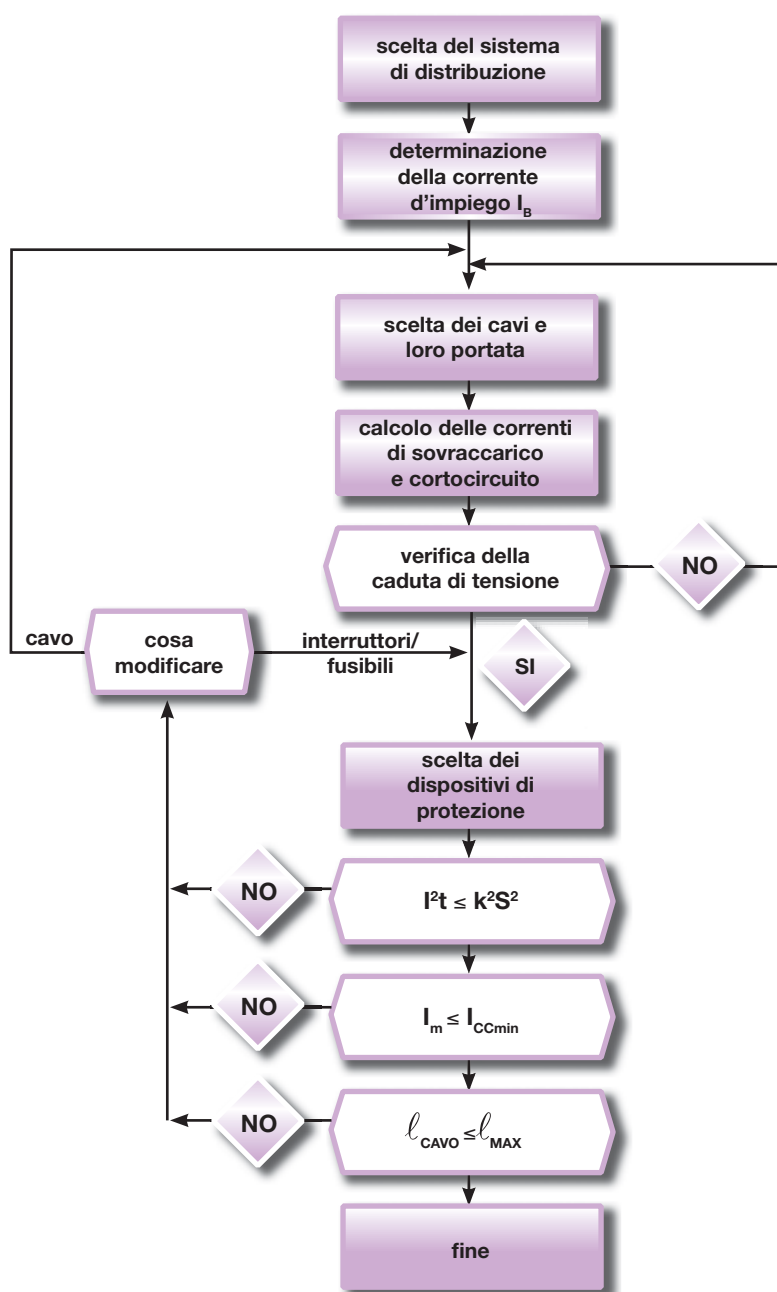


Fig. 6/13

Mentre per i primi due blocchi (sceita della distribuzione e determinazione delle corrente d'impiego I_B) valgono le considerazioni sin qui svolte, esamineremo nel seguito gli aspetti specifici della verifica di congruità delle correnti di cortocircuito minima e della lunghezza massima della conduttura per la quale è garantita la protezione delle persone, mentre il capitolo 7 è dedicato alla sceita ed alle modalità di posa dei cavi.

Per quanto riguarda infine la corretta sceita e installazione dei dispositivi di protezione ed il loro coordinamento, si rimanda il lettore agli specifici fascicoli (vol. 2 e vol. 3 della presente Guida).

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

6.6.1 Calcolo della corrente minima e massima di cortocircuito

Il valore della corrente minima di cortocircuito presunta può essere calcolato tramite le seguenti formule semplificate dedotte dalla norma CEI 64-8.

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

$$I_{cc_{min}} = \frac{0,8 \cdot U_o \cdot S}{1,5 p (1+m) \cdot 2L} \quad \text{nel caso di neutro distribuito}$$

Assumendo il valore minimo della corrente di cortocircuito 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.

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

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

dove:

U = tensione concatenata di alimentazione

U_o = tensione di fase di alimentazione

r = lunghezza della conduttura protetta in metri

S = sezione del conduttore in mm²

Per S > 95 mm² si può tenere conto della rettanza della conduttura applicando ai valori della corrente di cortocircuito 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 cortocircuito 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 cortocircuito presunta può essere calcolato conoscendo i parametri della rete di alimentazione e della parte situata a monte del dispositivo di protezione.

Se il dispositivo di protezione, interruttore o fusibile, risponde alle condizioni di cui ai paragrafi 6.5.1 e 6.5.2, non è necessario effettuare la verifica in corrispondenza della corrente minima di cortocircuito. Pertanto le curve di confronto per la verifica di cui alla Fig. 6/14 (interruttore) e Fig. 6/15 (fusibile), assumono la configurazione illustrata rispettivamente nelle Figg. 6/16 a e 6/16 b.

Nel caso però di sovraccarico dove siano necessari tempi di intervento non compatibili con la sollecitazione termica del cavo (I²t tollerabile), occorre verificare la protezione in corrispondenza della corrente minima di cortocircuito, determinando la lunghezza massima protetta della linea, tramite le formule sopra menzionate.

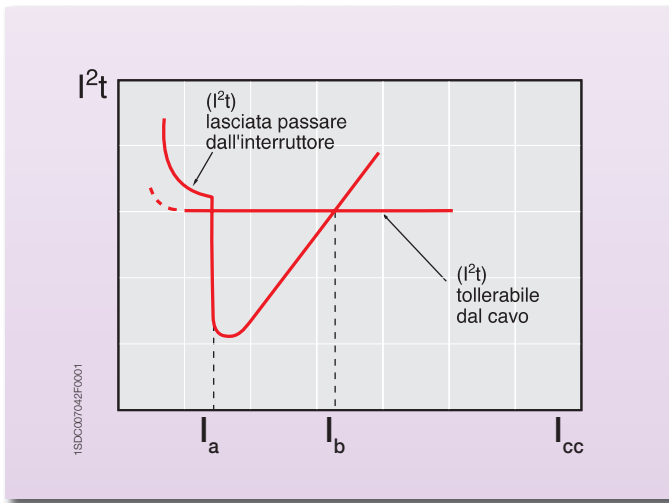


Fig. 6/14

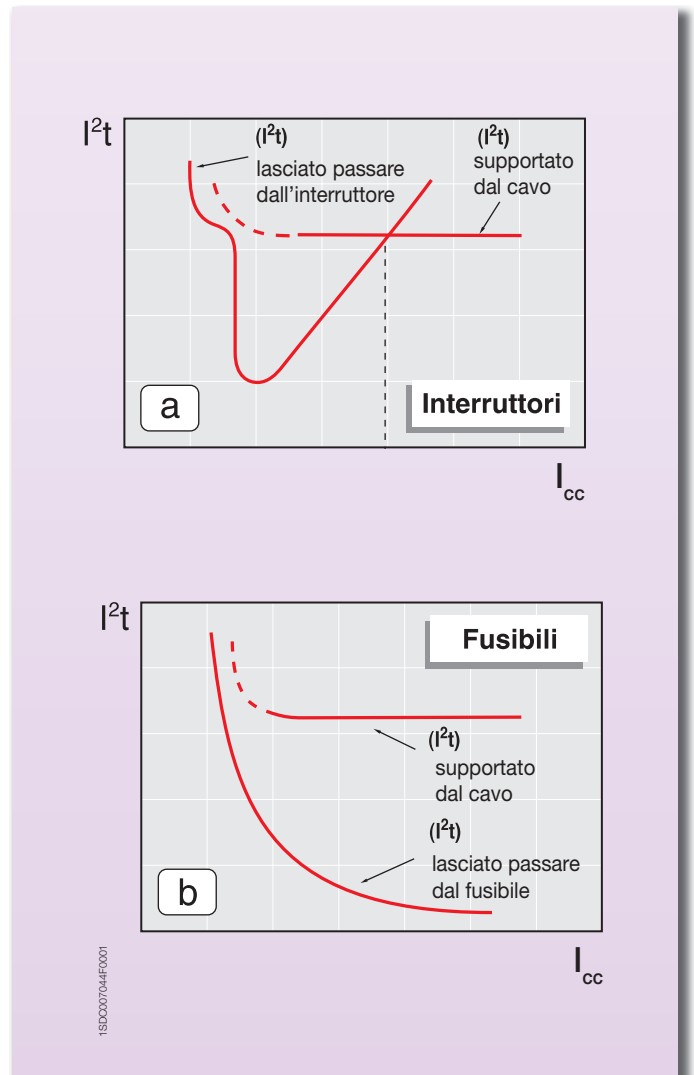


Fig. 6/16

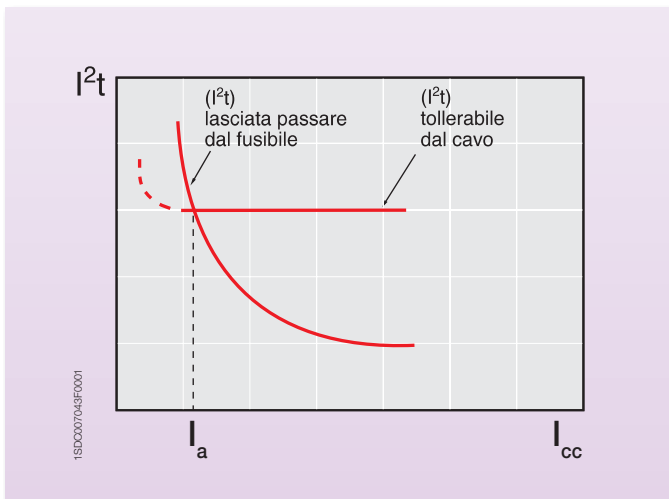


Fig. 6/15

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

6.6.2 Coordinamento tra la protezione contro i sovraccarichi e la protezione contro i cortocircuiti

Sono possibili due soluzioni:

- 1) protezione assicurata da dispositivi distinti
- 2) protezione assicurata da un unico dispositivo.

Nel primo caso si applicano separatamente le prescrizioni di cui al paragrafo 6.5.1, relative alla corrente di impiego ed alla portata del cavo ($I_B \leq I_n \leq I_z$ e $I_f \leq 1,45 I_z$) per quanto riguarda il dispositivo di protezione contro i sovraccarichi e quelle relative all'energia specifica passante per quanto riguarda il dispositivo di protezione contro i corti circuiti.

Se viceversa, il dispositivo è unico, quest'ultimo deve essere coordinato con il conduttore nel rispetto delle relazioni: $I_B \leq I_n \leq I_z$ e $I_f \leq 1,45 I_z$ ed avere interruzione almeno uguale alle correnti di cortocircuito nel punto in cui è installato.

Si ricorda inoltre che:

- per la scelta dei dispositivi di protezione contro i sovraccarichi devono essere soddisfatte le seguenti due condizioni:
 - la corrente nominale deve essere scelta in accordo con quanto indicato al paragrafo 6.5.1;
 - 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 cortocircuiti, l'applicazione delle prescrizioni di cui ai paragrafi 6.5.1 e 6.5.2, per la durata del guasto sino a 5 s, deve tenere conto delle correnti minime e massime di cortocircuito (Fig. 6/17 e 6/18).

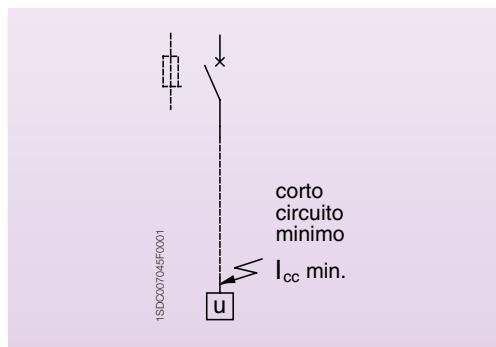


Fig. 6/17

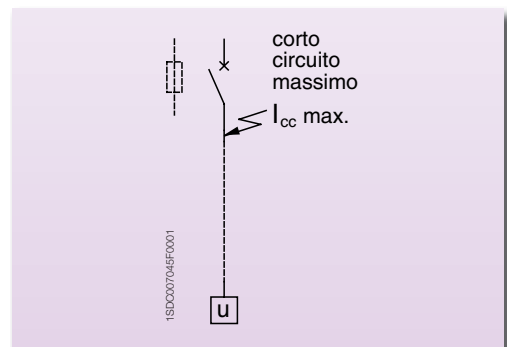


Fig. 6/18

Da ultimo, i dispositivi di protezione devono soddisfare le seguenti condizioni, rispettivamente valide per gli interruttori automatici e per i fusibili:

A) 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. 6/14.

Occorre verificare che:

- la corrente di cortocircuito che si produce per un guasto a fondo linea ($I_{cc \min}^{(3)}$), Fig. 6/17, non sia inferiore al valore indicato con I_a in figura 6/14, cioè:

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

- la corrente di cortocircuito che si produce per un guasto franco all'inizio della linea, Fig. 6/18, non sia superiore al valore indicato con I_b in figura 6/14, cioè:

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

(3) Essa corrisponde ad un cortocircuito fase-neutro e fase-fase (neutro non distribuito) nel punto più lontano della condotta protetta (Fig. 6/17).

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

La caratteristica dell'energia specifica (I^2t) lasciata passare, ha un andamento del tipo indicato in Fig. 6/15.

Occorre verificare che:

- la corrente di cortocircuito che si produce per un guasto a fondo linea ($I_{cc\ min}$), Fig. 6/17, non sia inferiore a I_a , cioè:

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

6.7 Omissioni delle protezioni

Vi sono casi particolari in cui le protezioni contro i sovraccarichi e i cortocircuiti 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 ⁽⁴⁾

La protezione può essere omessa:

- se il dispositivo di protezione P posto a monte della condotta derivata (tratto B-C, Fig. 6/19) è in grado di proteggere la condotta stessa, di sezione S_1 , contro i sovraccarichi e i cortocircuiti;
- 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. 6/20), a condizione che la condotta sia protetta contro i cortocircuiti dal dispositivo P;

(4) 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.

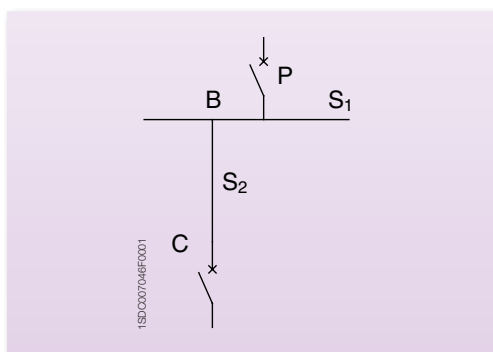


Fig. 6/19

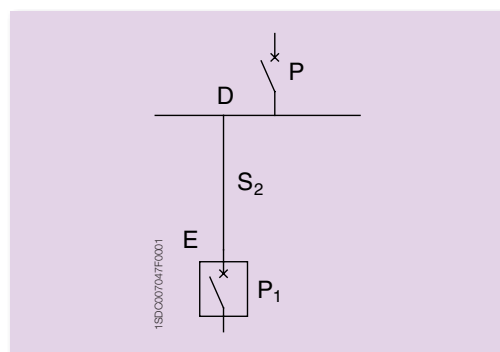


Fig. 6/20

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

- se la condotta alimenta due o più derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi (Fig. 6/21) 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 cortocircuiti la condotta stessa;
- se le condutture (tratti L-M e N-O, Fig. 6/22) alimentano apparecchi utilizzatori che non possono provocare correnti di sovraccarico⁽⁵⁾ e che non sono protetti contro il sovraccarico, 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 cortocircuiti le condutture stesse.

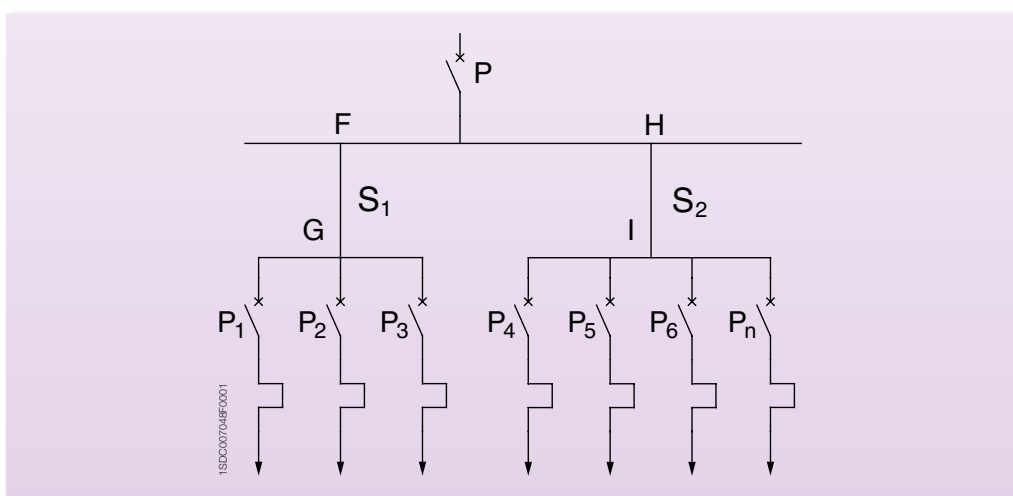


Fig. 6/21

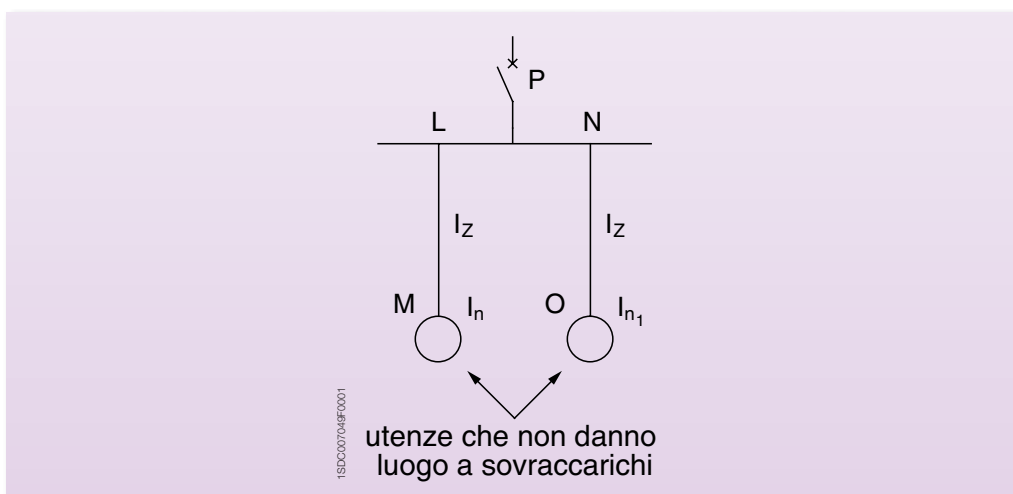


Fig. 6/22

(5) 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.

a1) Casi in cui l'omissione della protezione contro i sovraccarichi è raccomandata per ragioni di sicurezza

Trattasi di circuiti che alimentano utenze in cui l'apertura intempestiva dell'apparecchio di protezione 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 cortocircuito minima, come indicato al paragrafo 6.6.1.

b) Caso del cortocircuito

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 quali ad esempio:
 - 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
- alcuni circuiti di misura, a condizione che:
 - la condotta sia realizzata in modo da ridurre al minimo il rischio di cortocircuito;
 - la condotta non sia posta in vicinanza di materiali combustibili.

Progettazione degli impianti elettrici di bassa tensione

6.8. Prescrizioni particolari

6.8.1 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 6.8.2.

Nei sistemi TN e TT tuttavia, per circuiti alimentati tra le fasi e nei quali il conduttore di neutro non è distribuito, può non essere prevista la rilevazione delle sovracorrenti su una fase a condizione che siano soddisfatte contemporaneamente le due seguenti condizioni:

- vi sia 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 sopracitato.

6.8.2 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 cortocircuiti dal dispositivo di protezione dei 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)⁽⁶⁾.

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 cortocircuiti da un dispositivo posto a monte, ad esempio all'origine dell'impianto, oppure se il circuito è protetto da un dispositivo differenziale con $I_{\Delta} \leq 0,15$ volte la portata (I_n) del conduttore di neutro corrispondente. Il dispositivo deve interrompere tutti i conduttori attivi, neutro compreso.

(6) Questa condizione è soddisfatta se la potenza trasportata è divisa nel modo più equo possibile tra le diverse fasi.

6.8.3 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 prima o contemporaneamente di quella del conduttore di fase.

La Tab. 6.2 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; esso peraltro non è vietato
 no = è vietato inserire un dispositivo di protezione che interrompa il conduttore PEN

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.
- (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 cortocircuiti o ci sia una protezione differenziale situata a monte.

Tab. 6.2

Sistemi	Circuiti				
	Trifase	2 Fasi	Fase + Neutro	Trifase con neutro	
	F F F	F F	F N	$S_N \geq S_F$ F F F N	$S_N < S_F$ 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 ⁽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⁾



Indice

Definizioni	7/2
Designazione dei cavi.....	7/4
Codici di individuazione e colori dei cavi	7/5
Modalità di posa.....	7/6
Portata dei cavi	7/9
Caduta di tensione	7/17

Cavi e condutture

7.1 Definizioni

Cavo: si definisce cavo l'insieme dei conduttori, degli isolanti, delle guaine e delle armature di protezione o di schermatura specificatamente costruito per convogliare la corrente sia ai fini del trasporto dell'energia che della trasmissione dei segnali.

I cavi in uso negli impianti elettrici utilizzatori in BT sono caratterizzati fondamentalmente dalla tensione nominale, dal materiale isolante, dalla guaina protettiva, dalla flessibilità, dal numero delle anime e dalla sezione del conduttore di ciascuna anima (vedere esempi di Fig. 7/1).

Tensione nominale U _o /U in volt	
300/300	
	H03-A03 Collegamenti mobili
300/500	
	H05-A05-N05 Posa fissa interna
450/750	
	H07-A04-FROR Posa fissa anche esterna
600/1000	
	FG07-NIIV-K Posa fissa anche interrata(*)
(*) se autorizzata dal costruttore	

Fig. 7/1 - Esempio di designazione dei cavi

Conduttura: è l'insieme costituito da uno o più conduttori elettrici e dagli elementi che assicurano l'isolamento, il fissaggio e la protezione necessaria.

La conduttura è completata dagli elementi di giunzione e di derivazione atti a realizzare l'insieme dei circuiti di distribuzione e dei circuiti terminali che costituiscono la rete di distribuzione dell'energia elettrica dell'impianto utilizzatore.

In una conduttura principalmente si distinguono: i cavi, i tubi protettivi, le cassette di giunzione e derivazione, i morsetti di giunzione e derivazione, i canali, nonché il sistema di protezione meccanica e di fissaggio. Un esempio elementare di conduttura è rappresentato nella Fig. 7/2.

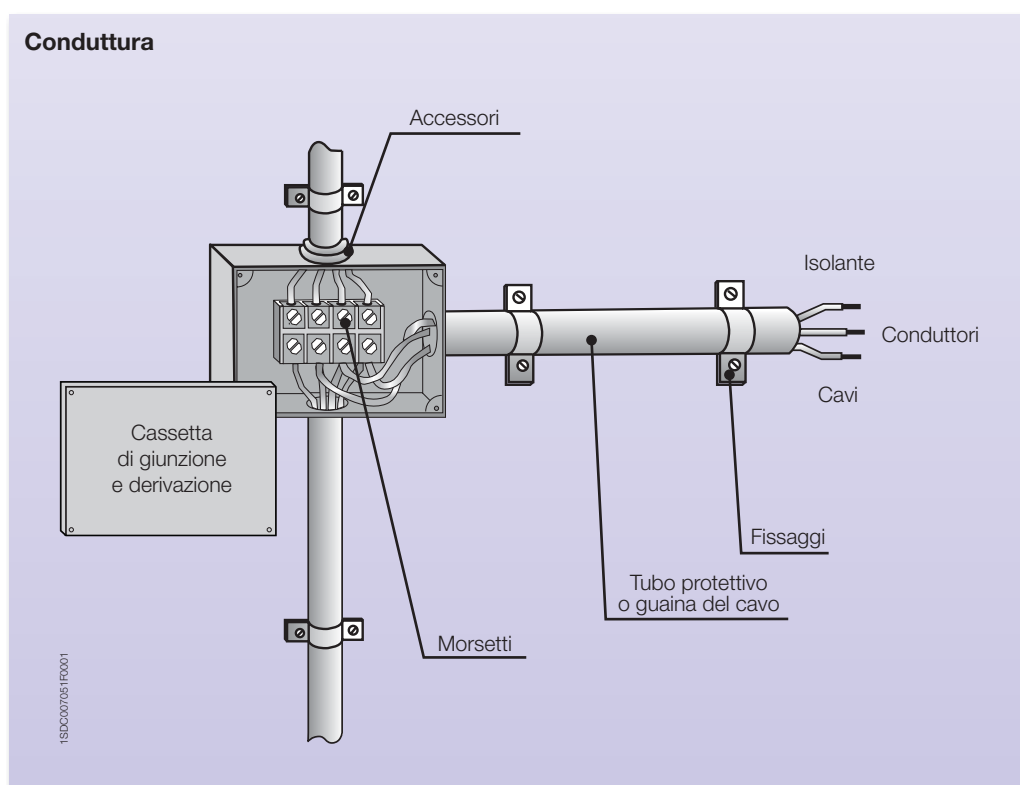


Fig. 7/2 - Esempio di conduttura

7.3 Codici di individuazione e colori dei cavi

L'individuazione dei conduttori tramite colori o codici numerici è disciplinata dalla norma CEI EN 60446 (CEI 16-4) che prevede:

- il colore giallo/verde va usato unicamente per indicare il conduttore di protezione e per nessun altro scopo; i conduttori di messa a terra funzionale che non sono idonei a realizzare la messa a terra di sicurezza e, conseguentemente, fanno capo a distinto dispersore, non devono essere di colore giallo-verde.
- Il colore blu-chiaro è destinato al conduttore neutro o al conduttore mediano. Se un circuito comprende il neutro è obbligatorio ed esclusivo l'uso del colore blu chiaro.
- Il colore nero è raccomandato per tutti gli altri conduttori che non siano il conduttore di protezione o il neutro.
- Il colore marrone può essere usato in alternativa al nero o come colore addizionale per individuare particolari circuiti o sezioni di circuito.

Non è vietato l'uso di altri colori laddove necessari per individuare particolari funzioni; per i cavi unipolari senza guaina, oltre ai colori di cui sopra vengono validati i seguenti ulteriori colori: grigio, arancione, rosa, rosso, turchese, violetto, bianco.

Per quanto riguarda invece l'individuazione dei conduttori mediante codici alfanumerici si veda la Tab. 7.2.

Tab. 7.2 - Codici di individuazione dei conduttori

Designazione dei conduttori		Individuazione			
				Colore	
		Notazione alfanumerica normalizzata	Simbolo grafico normalizzato	Normalizzato	Consigliato
Sistema di alimentazione in corrente alternata	Fase 1	L1		Non specificato	Nero o marrone
	Fase 2	L2		Non specificato	Nero o marrone
	Fase 3	L3		Non specificato	Nero o marrone
	Neutro	N		Blu chiaro	Blu chiaro
Apparecchio in corrente alternata	Fase 1	U		Non specificato	Nero o marrone
	Fase 2	V		Non specificato	Nero o marrone
	Fase 3	W		Non specificato	Nero o marrone
Sistema in corrente continua	Positivo	L+	+	Non specificato	Rosso
	Negativo	L-	-	Non specificato	Nero
	Conduttore mediano	M		Blu chiaro	Blu chiaro
Conduttore di protezione terra		PE		Giallo verde	Giallo verde
Terra		E		Non specificato	Bianco ⁽²⁾
Terra senza disturbi		TE	-	Non specificato	Bianco ⁽²⁾
Ritorni o altri circuiti diversi dai suddetti		Libera (con esclusione delle sigle sopra indicate)			Grigio, arancione, rosa, turchese, violetto

(2) Il colore bianco può essere utilizzato quando la terra non è idonea alla protezione contro i contatti indiretti ed è perciò vietato utilizzare il colore giallo verde.

Cavi e condutture

7.4 Modalità di posa

La parte 5 della norma CEI 64-8 si occupa della scelta ed installazione dei componenti elettrici; in particolare, nel capitolo 52, viene definita la scelta e la messa in opera delle condutture in funzione dei cavi e dei tipi di posa ammessi.

La Tab. 7.3 riporta le varie tipologie di condutture prescritte dalla norma, mentre la Tab. 7.4 pone in relazione il tipo di condutture con le modalità di posa.

Tab. 7.3 (1ª parte) - Tipologie di posa ammesse dalla Norma CEI 64-8

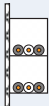
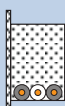
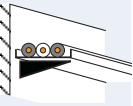
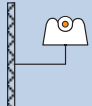
Esempio	Descrizione	Riferimento	Esempio	Descrizione	Riferimento
	Cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolanti	1		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle perforate con percorso orizzontale o verticale	13
	Cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolanti	2		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su mensole	14
	Cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti	3		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, fissati da collari	15
	Cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti	3A		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle a traversini	16
	Cavi senza guaina in tubi protettivi non circolari posati su pareti	4		Cavi unipolari con guaina (o multipolari) sospesi o incorporati in fili o corde di supporto	17
	Cavi multipolari in tubi protettivi non circolari posati su pareti	4A		Conduttori nudi o cavi senza guaina su isolatori	18
	Cavi senza guaina in tubi protettivi annegati nella muratura	5		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in cavità di strutture	21
	Cavi multipolari in tubi protettivi annegati nella muratura	5A		Cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture	22
	Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, posati su o distanziati da pareti	11		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture	22A
	Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, fissati su soffitti	11A		Cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari posati in cavità di strutture	23
	Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle non perforate	12		Cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura	24

Tab. 7.3 (2ª parte) - Tipologie di posa ammesse dalla Norma CEI 64-8

Esempio	Descrizione	Riferimento	Esempio	Descrizione	Riferimento
	Cavi multipolari (o unipolari con guaina), in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura	24A		Cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati direttamente nella muratura senza protezione meccanica aggiuntiva	52
	Cavi multipolari (o unipolari con guaina) posati in – controsoffitti – pavimenti sopraelevati	25		Cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati nella muratura con protezione meccanica aggiuntiva	53
	Cavi senza guaina e cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali posati su parete con percorso orizzontale	31		Cavi unipolari con guaina e multipolari in tubi protettivi interrati od in cunicoli interrati	61
	Cavi senza guaina e cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali posati su parete con percorso verticale	32		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) interrati senza protezione meccanica aggiuntiva	62
	Cavi senza guaina posati in canali incassati nel pavimento	33		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) interrati con protezione meccanica aggiuntiva	63
	Cavi multipolari posati in canali incassati nel pavimento	33A		Cavi senza guaina posati in elementi scanalati	71
	Cavi senza guaina in canali sospesi	34		Cavi senza guaina (o cavi unipolari con guaina o cavi multipolari) posati in canali provvisti di elementi di separazione: – circuiti per cavi per comunicazione e per elaborazione dati	72
	Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali sospesi	34A		Cavi senza guaina in tubi protettivi o cavi unipolari con guaina (o multipolari) posati in stipiti di porte	73
	Cavi senza guaina e cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) in tubi protettivi circolari posati entro cunicoli chiusi, con percorso orizzontale o verticale	41		Cavi senza guaina in tubi protettivi o cavi unipolari con guaina (o multipolari) posati in stipiti di finestre	74
	Cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati entro cunicoli ventilati incassati nel pavimento	42		Cavi senza guaina, cavi multipolari o cavi unipolari con guaina in canale incassato	75
	Cavi unipolari con guaina e multipolari posati in cunicoli aperti o ventilati con percorso orizzontale e verticale	43		Cavi multipolari immersi in acqua	81
	Cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati direttamente entro pareti termicamente isolanti	51			

Cavi e condutture

Tab. 7.4 - Tipo di cavi ammessi in funzione del tipo di posa

Modalità di posa	Esempio	Tipo di conduttore			
		conduttori nudi	cavi unipolari senza guaina	cavi unipolari con guaina	cavi multipolari
senza fissaggio		non ammessa	non ammessa	non applicabile o non utilizzato nella pratica	ammessa
fissaggio diretto su parete		non ammessa	non ammessa	ammessa	ammessa
entro tubi protettivi circolari		non ammessa	ammessa	ammessa	ammessa
entro canali		non ammessa	ammessa se i canali sono IP4X o IPXXD (o con grado di protezione inferiore ma fuori portata di mano)	ammessa	ammessa
entro tubi protettivi non circolari		non ammessa	ammessa	ammessa	ammessa
su passerelle o mensole		non ammessa	non ammessa	ammessa	ammessa
su isolatori		ammessa	ammessa	non applicabile o non utilizzato nella pratica	non applicabile o non utilizzato nella pratica

7.5 Portata dei cavi

La portata di un cavo dipende dalla sezione, dal tipo di conduttore e dall'isolante, ma anche dalla temperatura ambiente e dalle condizioni di posa.

Secondo la tabella CEI-UNEL 35024/1 (fascicolo 3516), per determinare la portata effettiva di un cavo si deve tener conto, oltre che dei valori tabellati della portata I_0 , anche di due fattori di correzione k_1 e k_2 che dipendono dalla temperatura ambiente se diversa da 30 °C e dalle modalità di installazione.

In particolare, l'effettiva portata I_z del cavo è data dalla relazione:

$$I_z = I_0 \times k_1 \times k_2$$

Per facilitare il compito di determinare la portata dei cavi, sono state predisposte le tabelle che seguono, nelle quali si può leggere direttamente la portata I_z dei cavi a 30 °C, nelle condizioni di posa più usuali.

Tab. 7.5 (1ª parte) - Cavi unipolari senza guaina posati in tubo o in canale

Sezione [mm²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di circuiti																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
		PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	17,5	23	14	18,5	12,5	16	11,5	15	10,5	14	10	13	9,5	12,5	9	12	9	11,5	8,5	11
	3	15,5	20	12,5	16	11	14	10	13	9,5	12	9	11,5	8,5	11	8	10,5	8	10	7,5	9,5
2,5	2	24	31	19	25	17	22	15,5	20	14,5	18,5	13,5	17,5	13	16,5	12,5	16	12	15,5	11,5	15
	3	21	28	17	22	14,5	19,5	13,5	18	12,5	17	12	16	11,5	15	11	14,5	10,5	14	10	13,5
4	2	32	42	26	34	22	29	21	27	19	25	18	24	17,5	23	16,5	22	16	21	15,5	20
	3	28	37	22	30	19,5	26	18	24	17	22	16	21	15	20	14,5	19	14	18,5	13,5	18
6	2	41	54	33	43	29	38	27	35	25	32	23	31	22	29	21	28	21	27	19,5	26
	3	36	48	29	38	25	34	23	31	22	29	21	27	19,5	26	18,5	25	18	24	17,5	23
10	2	57	75	46	60	40	53	37	49	34	45	32	43	31	41	30	39	29	38	27	36
	3	50	66	40	53	35	46	33	43	30	40	29	38	27	36	26	34	25	33	24	32
16	2	76	100	61	80	53	70	49	65	46	60	43	57	41	54	40	52	38	50	36	48
	3	68	88	54	70	48	62	44	57	41	53	39	50	37	48	35	46	34	44	33	42
25	2	101	133	81	106	71	93	66	86	61	80	58	76	55	72	53	69	51	67	48	64
	3	89	117	71	94	62	82	58	76	53	70	51	67	48	63	46	61	45	59	43	56
35	2	125	164	100	131	88	115	81	107	75	98	71	93	68	89	65	85	63	82	60	79
	3	110	144	88	115	77	101	72	94	66	86	63	82	59	78	57	75	55	72	53	69
50	2	151	198	121	158	106	139	98	129	91	119	86	113	82	107	79	103	76	99	72	95
	3	134	175	107	140	94	123	87	114	80	105	76	100	72	95	70	91	67	88	64	84
70	2	192	253	154	202	134	177	125	164	115	152	109	144	104	137	100	132	96	127	92	121
	3	171	222	137	178	120	155	111	144	103	133	97	127	92	120	89	115	86	111	82	107
95	2	232	306	186	245	162	214	151	199	139	184	132	174	125	165	121	159	116	153	111	147
	3	207	269	166	215	145	188	135	175	124	161	118	153	112	145	108	140	104	135	99	129
120	2	269	354	215	283	188	248	175	230	161	212	153	202	145	191	140	184	135	177	129	170
	3	239	312	191	250	167	218	155	203	143	187	136	178	129	168	124	162	120	156	115	150
150	2	309	402	247	322	216	281	201	261	185	241	176	229	167	217	161	209	155	201	148	193
	3	275	355	220	284	193	249	179	231	165	213	157	202	149	192	143	185	138	178	132	170
185	2	353	472	282	378	247	330	229	307	212	283	201	269	191	255	184	245	177	236	169	227
	3	314	417	251	334	220	292	204	271	188	250	179	238	170	225	163	217	157	209	151	200
240	2	415	555	332	444	291	389	270	361	249	333	237	316	224	300	216	289	208	278	199	266
	3	369	490	295	392	258	343	240	319	221	294	210	279	199	265	192	255	185	245	177	235

Cavi e condutture

Tab. 7.5 (2ª parte) - Cavi unipolari senza guaina posati in tubo o in canale

Sezione [mm²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di circuiti																			
		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	
		PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	8	11	8	10,5	7,8	10	7,5	10	7,5	9,5	7	9,5	7	9	7	9	7	9	6,5	8,5
	3	7,5	9,5	7	9	7	9	6,5	8,5	6,5	8,5	6,5	8	6	8	6	8	6	8	6	7,5
2,5	2	11,5	14,5	11	14	10,5	13,5	10,5	13,5	10	13	10	12,5	9,5	12,5	9,5	12,5	9,5	12	9	12
	3	10	13	9,5	12,5	9	12,5	9	12	9	12	8,5	11,5	8,5	11	8,5	11	8	11	8	10,5
4	2	15	19,5	14,5	19	14	18,5	14	18	13,5	17,5	13	17	13	17	13	17	12,5	16,5	12	16
	3	13	17,5	12,5	16,5	12,5	16,5	12	16	12	15,5	11,5	15	11	15	11	15	11	14,5	10,5	14
6	2	19,5	25	18,5	24	18	24	17,5	23	17	23	17	22	16,5	22	16,5	22	16	21	15,5	21
	3	17	23	16	22	16	21	15,5	21	15	20	15	19,5	14,5	19	14,5	19	14	18,5	13,5	18
10	2	27	35	26	34	25	33	25	32	24	32	23	31	23	30	23	30	22	29	22	29
	3	24	31	23	30	22	29	22	28	21	28	21	27	20	26	20	26	19,5	26	19	25
16	2	36	47	34	45	33	44	33	43	32	42	31	41	30	40	30	40	30	39	29	38
	3	32	41	31	40	30	39	29	38	29	37	28	36	27	35	27	35	27	34	26	33
25	2	47	63	45	60	44	59	43	57	42	56	41	55	40	53	40	53	39	52	38	51
	3	42	55	40	53	39	51	38	50	37	49	36	48	36	47	36	47	35	46	34	44
35	2	59	77	56	74	55	72	54	71	53	69	51	67	50	66	50	66	49	64	48	62
	3	52	68	50	65	48	63	47	62	46	60	45	59	44	58	44	58	43	56	42	55
50	2	71	93	68	89	66	87	65	85	63	83	62	81	60	79	60	79	59	77	57	75
	3	63	82	60	79	59	77	58	75	56	74	55	72	54	70	54	70	52	68	51	67
70	2	90	119	89	114	84	111	83	109	81	106	79	104	77	101	77	101	75	99	73	96
	3	80	104	77	100	75	98	74	95	72	93	70	91	68	89	68	89	67	87	65	84
95	2	109	144	104	138	102	135	100	132	97	129	95	125	93	122	93	122	90	119	88	116
	3	97	126	93	121	91	118	89	116	87	113	85	110	83	108	83	108	81	105	79	102
120	2	126	166	121	159	118	156	116	152	113	149	110	145	108	142	108	142	105	138	102	135
	3	112	147	108	140	105	137	103	134	100	131	98	128	96	125	96	125	93	122	91	119
150	2	145	189	139	181	136	177	133	173	130	169	127	165	124	161	124	161	121	157	117	153
	3	129	167	124	160	121	156	118	153	116	149	113	146	110	142	110	142	107	138	105	135
185	2	166	222	159	212	155	208	152	203	148	198	145	194	141	189	141	189	138	184	134	179
	3	148	196	141	188	138	183	135	179	132	175	129	171	126	167	126	167	122	163	119	158
240	2	195	261	187	250	183	244	178	239	174	233	170	228	166	222	166	222	162	216	158	211
	3	173	230	166	221	162	216	159	211	155	206	151	201	148	196	148	196	144	191	140	186

La Tab. 7.5 vale per i seguenti tipi di posa⁽³⁾, estrapolati dalla tabella 52.C della Norma CEI 64-8:

3 - Tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti

4 - Tubi protettivi non circolari posati su pareti

5 - Tubi protettivi annegati nella muratura

22 - Tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture

23 - Tubi protettivi non circolari posati in cavità di strutture

24 - Tubi protettivi non circolari annegati nella muratura

31 - Canali posati su parete con percorso orizzontale

32 - Canali posati su parete con percorso verticale

33 - Canali incassati nel pavimento

34 - Canali sospesi

41 - Tubi protettivi circolari posati entro cunicoli chiusi, con percorso orizzontale o verticale

42 - Tubi protettivi circolari posati entro cunicoli ventilati incassati nel pavimento

72 - Canali provvisti di elementi di separazione

(3) Il numero corrisponde al tipo di posa identificato dalla Norma CEI 64-8.

Tab. 7.6 (1ª parte) - Cavi multipolari posati in tubo o in canale

Sezione [mm²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di cavi multipolari																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
		PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	16,5	22	13	17,5	11,5	15,5	10,5	14,5	10	13	9,5	12,5	9	12	8,5	11,5	8,5	11	8	10,5
	3	15	19,5	12	15,5	10,5	13,5	10	12,5	9	11,5	8,5	11	8	10,5	8	10	7,5	10	7	9,5
2,5	2	23	30	18,5	24	16	21	15	19,5	14	18	13	17	12,5	16	12	15,5	11,5	15	11	14,5
	3	20	26	16	21	14	18	13	17	12	15,5	11,5	15	11	14	10,5	13,5	10	13	9,5	12,5
4	2	30	40	24	32	21	28	19,5	26	18	24	17	23	16	22	15,5	21	15	20	14,5	19
	3	27	35	22	28	19	25	17,5	23	16	21	15,5	20	14,5	19	14	18	13,5	17,5	13	17
6	2	38	51	30	41	27	36	25	33	23	31	22	29	21	28	20	27	19	26	18	24
	3	34	44	27	35	24	31	22	29	20	26	19,5	25	18,5	24	17,5	23	17	22	16,5	21
10	2	52	69	42	55	36	48	34	45	31	41	30	39	28	37	27	36	26	35	25	33
	3	46	60	37	48	32	42	30	39	28	36	26	34	25	32	24	31	23	30	22	29
16	2	69	91	55	73	48	64	45	59	41	55	39	52	37	49	36	47	35	46	33	44
	3	62	80	50	64	43	56	40	52	37	48	35	46	33	43	32	42	31	40	30	38
25	2	90	119	72	95,6	63	83	59	77	54	71	51	68	49	64	47	62	45	60	43	57
	3	80	105	64	84	56	74	52	68	48	63	46	60	43	57	42	55	40	53	38	50
35	2	111	146	89	117	78	102	72	95	67	88	63	83	60	79	58	76	56	73	53	70
	3	99	128	79	102	69	90	64	83	59	77	56	73	53	69	51	67	50	64	48	61
50	2	133	175	106	140	93	123	86	114	80	105	76	100	72	95	69	91	67	88	64	84
	3	118	154	94	123	83	108	77	100	71	92	67	88	64	83	61	80	59	77	57	74
70	2	168	221	134	177	118	155	109	144	101	133	96	126	91	119	87	115	84	111	81	106
	3	149	194	119	155	104	136	97	126	89	116	85	111	80	105	77	101	75	97	72	93
95	2	201	265	161	212	141	186	131	172	121	159	115	151	109	143	105	138	101	133	96	127
	3	179	233	143	186	125	163	116	151	107	140	102	133	97	126	93	121	90	117	86	112
120	2	232	305	186	244	162	214	151	198	139	183	132	174	125	165	121	159	116	153	111	146
	3	206	268	165	214	144	188	134	174	124	161	117	153	111	145	107	139	103	134	99	129
150	2	258	334	206	267	181	234	168	217	155	200	147	190	139	180	134	174	129	167	124	160
	3	225	300	180	240	158	210	146	195	135	180	128	171	122	162	117	156	113	150	108	144
185	2	294	384	235	307	206	269	191	250	176	230	168	219	159	207	153	200	147	192	141	184
	3	255	340	204	272	179	238	166	221	153	204	145	194	138	184	133	177	128	170	122	163
240	2	344	459	275	367	241	321	224	298	206	275	196	262	186	248	179	239	172	230	165	220
	3	297	398	238	318	208	279	193	259	178	239	169	227	160	215	154	207	149	199	143	191
300	2	394	532	315	426	276	372	256	346	236	319	225	303	213	287	205	277	197	266	189	255
	3	339	455	271	364	237	319	220	296	203	273	193	259	183	246	176	237	170	228	163	218

Cavi e condutture

Tab. 7.6 (2ª parte) - Cavi multipolari posati in tubo o in canale

Sezione [mm²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di cavi multipolari																			
		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	
		PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	8	10,5	7,5	10	7,5	9,5	7	9,5	7	9	7	9	6,5	9	6,5	9	6,5	8,5	6,5	8,5
	3	7	9	7	9	6,5	8,5	6,5	8,5	6,5	8	6	8	6	8	6	8	6	7,5	5,5	7,5
2,5	2	11	14	10,5	13,5	10	13	10	13	9,5	12,5	9,5	12,5	9	12	9	12	9	11,5	8,5	11,5
	3	9,5	12	9	11,5	9	11,5	8,5	11	8,5	11	8	10,5	8	10,5	8	10,5	8	10	7,5	10
4	2	14	19	13,5	18	13	17,5	13	17	12,5	17	12,5	16,5	12	16	12	16	11,5	15,5	11,5	15
	3	12,5	16,5	12	16	12	15,5	11,5	15	11,5	14,5	11	14,5	11	14	11	14	10,5	13,5	10,5	13,5
6	2	18	24	17	23	16,5	22	16,5	22	16	21	15,5	21	15	20	15	20	15	20	14,5	19,5
	3	16	21	15,5	20	15	19,5	14,5	19	14,5	18,5	14	18	13,5	17,5	13,5	17,5	13,5	17	13	16,5
10	2	24	32	23	31	23	30	22	30	22	29	21	28	21	28	21	28	20	27	20	26
	3	22	28	21	27	20	26	20	26	19,5	25	19	25	18,5	24	18,5	24	18	23	17,5	23
16	2	32	43	31	41	30	40	30	39	29	38	28	37	28	36	28	36	27	35	26	35
	3	29	38	28	36	27	35	27	34	26	34	25	33	25	32	25	32	24	31	24	30
25	2	42	56	41	54	40	52	39	51	38	50	37	49	36	48	36	48	35	46	34	45
	3	38	49	36	47	35	46	34	45	4	44	33	43	32	42	32	42	31	41	30	40
35	2	52	69	50	66	49	64	48	63	47	61	46	60	44	58	44	58	43	57	42	55
	3	47	60	45	58	44	56	43	55	42	54	41	52	40	51	40	51	39	50	38	49
50	2	63	82	60	79	59	77	57	75	56	74	55	72	53	70	53	70	52	68	51	67
	3	55	72	53	69	52	68	51	66	50	65	48	63	47	62	47	62	46	60	45	59
70	2	79	104	76	99	74	97	72	95	70	93	69	91	67	88	67	88	66	86	64	84
	3	70	91	67	87	66	85	64	83	63	81	61	80	60	78	60	78	58	76	57	74
95	2	94	125	90	119	88	117	86	114	84	111	82	109	80	106	80	106	78	103	76	101
	3	84	110	81	105	79	103	77	100	75	98	73	96	72	93	72	93	70	91	68	89
120	2	109	143	104	137	102	134	100	131	97	128	95	125	93	122	93	122	90	119	88	116
	3	97	126	93	121	91	118	89	115	87	113	84	110	82	107	82	107	80	105	78	102
150	2	121	157	116	150	114	147	111	144	108	140	106	137	103	134	103	134	101	130	98	127
	3	106	141	101	135	99	132	97	129	95	126	92	123	90	120	90	120	88	117	86	114
185	2	138	180	132	173	129	169	126	165	123	161	121	157	118	154	118	154	115	150	112	146
	3	120	160	115	153	112	150	110	146	107	143	105	139	102	136	102	136	99	133	97	129
240	2	162	216	155	207	151	202	148	197	144	193	141	188	138	184	138	184	134	179	131	174
	3	140	187	134	179	131	175	128	171	125	167	122	163	119	159	119	159	116	155	113	151
300	2	185	250	177	239	173	234	169	229	165	223	162	218	159	213	158	213	154	207	150	202
	3	159	214	153	205	149	200	146	196	142	191	139	187	136	182	136	182	132	177	129	173

La Tab. 7.6 vale per i seguenti tipi di posa⁽⁴⁾, estrapolati dalla tabella 52.C della Norma CEI 64-8:

3A - Tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti

4A - Tubi protettivi non circolari posati su pareti

5A - Tubi protettivi annegati nella muratura

21 - Cavità di strutture

22A - Tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture

25 - Controsoffitti e pavimenti sopraelevati

(4) Il numero corrisponde al tipo di posa identificato dalla Norma CEI 64-8.

Tab. 7.7 (1ª parte) - Cavi multipolari posati in fascio, su passarelle perforate o mensole

Sezione [mm²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di cavi multipolari																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
		PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	22	26	17,5	21	15,5	18	14,5	17	13	15,5	12,5	15	12	14	11,5	13,5	11	13	10,5	12,5
	3	18,5	23	15	18,5	13	16	12	15	11	14	10,5	13	10	12,5	9,5	12	9,5	11,5	9	11
2,5	2	30	36	24	29	21	25	19,5	24	18	22	17	21	16	19,5	15,5	18,5	15	18	14,5	17,5
	3	25	32	20	26	17,5	22	16,5	21	15	19	14,5	18	13,5	17,5	13	16,5	12,5	16	12	15,5
4	2	40	49	32	39	28	34	26	32	24	29	23	28	22	26	21	25	20	25	19	24
	3	34	42	27	34	24	29	22	27	20	25	19,5	24	18,5	23	17,5	22	17	21	16,5	20
6	2	51	63	41	50	36	44	33	41	31	38	29	36	28	34	27	33	26	32	24	30
	3	43	54	34	43	30	38	28	35	26	32	25	31	23	29	22	28	22	27	21	26
10	2	70	86	56	69	49	60	46	56	42	52	40	49	38	46	36	45	35	43	34	41
	3	60	75	48	60	42	53	39	49	36	45	34	43	32	41	31	39	30	38	29	36
16	2	94	115	75	92	66	81	61	75	56	69	54	66	51	62	49	60	47	58	45	55
	3	80	100	64	80	56	70	52	65	48	60	46	57	43	54	42	52	40	50	38	48
25	2	119	149	95	119	83	104	77	97	71	89	68	85	64	80	62	77	60	75	57	72
	3	101	127	81	102	71	89	66	83	61	76	58	72	55	69	53	66	51	64	48	61
35	2	148	185	118	148	104	130	96	120	89	111	84	105	80	100	77	96	74	93	71	89
	3	126	158	101	126	88	111	82	103	76	95	72	90	68	85	66	82	63	79	60	76
50	2	180	225	144	180	126	158	117	146	108	135	103	128	97	122	94	117	90	113	86	108
	3	153	192	122	154	107	134	99	125	92	115	87	109	83	104	80	100	77	96	73	92
70	2	232	289	186	231	162	202	151	188	139	173	132	165	125	156	121	150	116	145	111	139
	3	196	246	157	197	137	172	127	160	118	148	112	140	106	133	102	128	98	123	94	118
95	2	282	352	226	282	197	246	183	229	169	211	161	201	152	190	147	183	141	176	135	169
	3	238	298	190	238	167	209	155	194	143	179	136	170	129	161	124	155	119	149	114	143
120	2	328	410	262	328	230	287	213	267	197	246	187	234	177	221	171	213	164	205	157	197
	3	276	346	221	277	193	242	179	225	166	208	157	197	149	187	144	180	138	173	132	166
150	2	379	473	303	378	265	331	246	307	227	284	216	270	205	255	197	246	190	237	182	227
	3	319	399	255	319	223	279	207	259	191	239	182	227	172	215	166	207	160	200	153	192
185	2	434	542	347	434	304	379	282	352	260	325	247	309	234	293	226	282	217	271	208	260
	3	364	456	291	365	255	319	237	296	218	274	207	260	197	246	189	237	182	228	175	219
240	2	514	641	411	513	360	449	334	417	308	385	293	365	278	346	267	333	257	321	247	308
	3	430	538	344	430	301	377	280	350	258	323	245	307	232	291	224	280	215	269	206	258
300	2	593	741	474	593	415	519	385	482	356	445	338	422	320	400	308	385	297	371	285	356
	3	497	621	398	497	348	435	323	404	298	373	283	354	268	335	258	323	249	311	239	298

Cavi e condutture

Tab. 7.7 (2ª parte) - Cavi multipolari posati in fascio, su passarelle perforate o mensole

Sezione [mm²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di cavi multipolari																			
		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	
		PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	10,5	12	10	11,5	9,5	11,5	9,5	11	9	11	9	10,5	9	10,5	9	10,5	8,5	10	8,5	10
	3	8,5	11	8,5	10,5	8	10	8	10	8	9,5	7,5	9,5	7,5	9	7,5	9	7	9	7	9
2,5	2	14	17	13,5	16	13	16	13	15,5	12,5	15	12,5	15	12	14,5	12	14,5	11,5	14	11,5	13,5
	3	12	15	11,5	14,5	11	14	11	14	10,5	13,5	10,5	13	10	13	10	13	10	12,5	9,5	12
4	2	19	23	18	22	17,5	22	17	21	17	21	16,5	20	16	19,5	16	19,5	15,5	19	15	18,5
	3	16	20	15,5	19	15	18,5	14,5	18	14,5	17,5	14	17	13,5	17	13,5	17	13,5	16,5	13	16
6	2	24	30	23	28	22	28	22	27	21	26	21	26	20	25	20	25	20	25	19,5	24
	3	20	25	19,5	24	19	24	18,5	23	18	23	17,5	22	17	22	17	22	17	21	16,5	21
10	2	33	40	32	39	31	38	30	37	29	36	29	35	28	34	28	34	27	34	27	33
	3	28	35	27	34	26	33	26	32	25	32	25	31	24	30	24	30	23	29	23	29
16	2	44	54	42	52	41	51	40	49	39	48	39	47	38	46	38	46	37	45	36	44
	3	38	47	36	45	35	44	34	43	34	42	33	41	32	40	32	40	31	39	30	38
25	2	56	70	54	67	52	66	51	64	50	63	49	61	48	60	48	60	46	58	45	57
	3	47	60	45	57	44	56	43	55	42	53	41	52	40	51	40	51	39	50	38	48
35	2	70	87	67	83	65	81	64	80	62	78	61	76	59	74	59	74	58	72	56	70
	3	59	74	57	71	55	70	54	68	53	66	52	65	50	63	50	63	49	62	48	60
50	2	85	106	81	101	79	99	77	97	76	95	74	92	72	90	72	90	70	88	68	86
	3	72	90	69	86	67	84	66	83	64	81	63	79	61	77	61	77	60	75	58	73
70	2	109	136	104	130	102	127	100	124	97	121	95	118	93	116	93	116	90	113	88	110
	3	92	116	88	111	86	108	84	106	82	103	80	101	78	98	78	98	76	96	74	93
95	2	133	165	127	158	124	155	121	151	118	148	116	144	113	141	113	141	110	137	107	134
	3	112	140	107	134	105	131	102	128	100	125	98	122	95	119	95	119	93	116	90	113
120	2	154	193	148	185	144	180	141	176	138	172	134	168	131	164	131	164	128	160	125	156
	3	130	163	124	156	121	152	119	149	116	145	113	142	110	138	110	138	108	135	105	131
150	2	178	222	171	213	167	208	163	203	159	199	155	194	152	189	152	189	148	184	144	180
	3	150	188	144	180	140	176	137	172	134	168	131	164	128	160	128	160	124	156	121	152
185	2	204	255	195	244	191	238	187	233	182	228	178	222	174	217	174	217	169	211	164	206
	3	171	214	164	205	160	201	157	196	153	192	149	187	146	182	146	182	142	178	138	173
240	2	242	301	213	288	226	282	221	276	216	269	211	263	206	256	206	256	200	250	195	244
	3	202	253	194	242	189	237	185	213	181	226	176	221	172	215	172	215	168	210	163	204
300	2	279	348	267	333	261	326	255	319	249	311	243	304	237	296	237	296	231	289	225	282
	3	234	292	219	279	219	273	214	267	209	261	204	255	199	248	199	248	194	242	189	236

Tab. 7.8 - Cavi multipolari posati in strato, su passarelle perforate

Sezione [mm ²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																	
		Numero di cavi multipolari																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
		PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	22	26	19,5	23	18	21	17	20	16,5	19,5	16	19	16	19	16	18,5	16	18,5
	3	18,5	23	16,5	20	15	19	14	17,5	14	17,5	13,5	17	13,5	17	13,5	16,5	13,5	16,5
2,5	2	30	36	26	32	25	30	23	28	23	27	22	26	22	26	22	26	22	26
	3	25	32	22	28	21	26	19,5	25	19	24	18,5	23	18,5	23	18	23	18	23
4	2	40	49	35	43	33	40	31	38	30	37	29	36	29	36	29	35	29	35
	3	34	42	30	37	28	34	26	32	26	32	2	31	25	31	24	30	24	30
6	2	51	63	45	55	42	52	39	49	38	47	37	46	37	46	37	45	37	45
	3	43	54	38	48	35	44	33	42	32	41	31	39	31	39	31	39	31	39
10	2	70	86	62	76	57	71	54	66	53	65	51	63	51	63	50	62	50	62
	3	60	75	53	66	49	62	46	58	45	56	44	55	44	55	43	54	43	54
16	2	94	115	83	101	77	94	72	89	71	86	69	84	69	84	68	83	68	83
	3	80	100	70	88	66	82	62	77	60	75	58	73	58	73	58	72	58	72
25	2	119	149	105	131	98	122	92	115	89	112	87	109	87	109	86	107	86	107
	3	101	127	89	112	83	104	78	98	76	95	74	93	74	93	73	91	73	91
35	2	148	185	130	163	121	152	114	142	111	139	108	135	108	135	107	133	107	133
	3	126	158	111	139	103	130	97	122	95	119	92	115	92	115	91	114	91	114
50	2	180	225	158	198	148	185	139	173	135	169	131	164	131	164	130	162	130	162
	3	153	192	135	169	125	157	118	148	115	144	112	140	112	140	110	138	110	138
70	2	232	289	204	254	190	237	179	223	174	217	169	211	169	211	167	208	167	208
	3	196	246	172	216	161	202	151	189	147	185	143	180	143	180	141	177	141	177
95	2	282	352	248	310	231	289	217	271	212	264	206	257	206	257	203	253	203	253
	3	238	298	209	262	195	244	183	229	179	224	174	218	174	218	171	215	171	215
120	2	328	410	289	361	269	336	253	316	246	308	239	299	239	299	236	295	236	295
	3	276	346	243	304	226	284	213	266	207	260	201	253	201	253	199	249	199	249
150	2	379	473	334	416	311	388	292	364	284	355	277	345	277	345	273	341	273	341
	3	319	399	281	351	262	327	246	307	239	299	233	291	233	291	230	287	230	287
185	2	434	542	382	477	356	444	334	417	326	407	317	396	317	396	312	390	312	390
	3	364	456	320	401	298	374	280	351	273	342	266	333	266	333	262	328	262	328
240	2	514	641	452	564	421	526	396	494	386	481	375	468	375	468	370	462	370	462
	3	430	538	378	473	353	441	331	414	323	404	314	393	314	393	310	387	310	387
300	2	593	741	522	652	486	608	457	571	445	556	433	541	433	541	427	534	427	534
	3	497	621	437	546	408	509	383	478	373	466	363	453	363	453	358	447	358	447

Cavi e condutture

Tab. 7.9 - Cavi multipolari posati in strato, su mensole

Sezione [mm ²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																	
		Numero di cavi multipolari																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
		PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	22	26	19	23	18	21	17,5	21	17,5	21	17,5	21	17,5	21	17	20	17	20
	3	18,5	23	16	20	15	19	15	18,5	15	18,5	14,5	18	14,5	18	14,5	18	14,5	18
2,5	2	30	36	26	31	25	30	24	29	24	29	24	28	24	28	23	28	23	28
	3	25	32	22	28	21	26	20	26	10	26	20	25	20	25	19,5	25	19,5	25
4	2	40	49	35	43	33	40	32	39	32	39	32	39	32	39	31	38	31	38
	3	34	42	30	37	28	34	27	34	27	34	27	33	27	33	27	33	27	33
6	2	51	63	44	55	42	52	41	50	41	50	40	50	40	50	40	49	40	49
	3	43	54	37	47	35	44	34	43	34	43	34	43	34	43	34	42	34	42
10	2	70	86	61	75	57	71	56	69	56	69	55	68	55	68	55	67	55	67
	3	60	75	52	65	49	62	48	60	48	60	47	59	47	59	47	59	47	59
16	2	94	115	82	100	77	94	75	92	75	92	74	91	74	91	73	90	73	90
	3	80	100	70	87	66	82	64	80	64	80	63	79	63	79	62	78	62	78
25	2	119	149	104	130	98	122	95	119	95	119	94	118	94	118	93	116	93	116
	3	101	127	88	110	83	104	81	102	81	102	80	100	80	100	79	99	79	99
35	2	148	185	129	161	121	152	118	148	118	148	117	146	117	146	115	144	115	144
	3	126	158	110	137	103	130	101	126	101	126	100	125	100	125	98	123	98	123
50	2	180	225	157	196	148	185	144	180	144	180	142	178	142	178	140	176	140	176
	3	153	192	133	167	125	157	122	154	122	154	121	152	121	152	119	150	119	150
70	2	232	289	202	251	190	237	186	231	186	231	183	228	183	228	181	225	181	225
	3	196	246	171	214	161	202	157	197	157	197	155	194	155	194	153	192	153	192
95	2	282	352	245	306	231	289	226	282	226	282	223	278	223	278	220	275	220	275
	3	238	298	207	259	195	244	190	238	190	238	188	235	188	235	186	232	186	232
120	2	328	410	285	357	269	336	262	328	262	328	259	324	259	324	256	320	256	320
	3	276	346	240	301	226	284	221	277	221	277	218	273	218	273	215	270	215	270
150	2	379	473	330	412	311	388	303	378	303	378	299	374	299	374	296	369	296	369
	3	319	399	278	347	262	327	255	319	255	319	252	315	252	315	249	311	249	311
185	2	434	542	378	472	356	444	347	434	347	434	343	428	343	428	339	423	339	423
	3	364	456	317	397	298	374	291	365	291	365	288	360	288	360	284	356	284	356
240	2	514	641	447	558	421	526	411	513	411	513	406	506	406	506	401	500	401	500
	3	430	538	374	468	353	441	344	430	344	430	340	425	340	425	335	420	335	420
300	2	593	741	516	645	486	608	474	593	474	593	468	585	468	585	463	578	463	578
	3	497	621	432	540	408	509	398	497	398	497	393	491	393	491	388	484	388	484

7.6 Caduta di tensione

La caduta di tensione fra l'origine di un impianto e qualunque apparecchio utilizzatore deve possibilmente essere contenuta entro il 4% del 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 $\text{m}\Omega/\text{m}$ alla temperatura di regime

X' = reattanza di fase a 50 Hz in Ω/km oppure $\text{m}\Omega/\text{m}$

$\cos \varphi$ = fattore di potenza dell'utilizzatore

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. 7.10.

Nel caso di corrente continua è necessario moltiplicare per 2 i valori della resistenza dei conduttori ad 80 °C.

I valori della Tab. 7.10 sono applicabili per tutti i tipi di cavi: rigidi, semirigidi, flessibili, isolati, con le varie qualità di gomma o di materiale termoplastico aventi temperature caratteristiche sino a 85 °C e rispondenti alle Norme CEI per cavi con grado di isolamento sino a 4.

Per avere la caduta di tensione in volt, occorre moltiplicare coerentemente i valori della Tab. 7.10: in particolare si dovrà moltiplicare per una lunghezza in chilometri se per la resistenza e la reattanza si è adottato l'ohm/kilometro.

Tab. 7.10 - Valori di resistenza, reattanza e cadute di tensione in corrente alternata per cavi in rame con grado di isolamento non superiore a 4 (UNEL 35023-70)

Sezione nominale	Cavi unipolari						Cavi bipolari				Cavi tripolari				Sezione nominale
	Resi- stenza R ad 80 °C	Reattanza X	Cadute di tensione ΔU				Resi- stenza R ad 80 °C	Reattanza X	Cadute di tensione ΔU		Resi- stenza R ad 80 °C	Reattanza X	Cadute di tensione ΔU		
			Corrente alternata						Corrente alternata monofase				Corrente alternata trifase		
			monofase		trifase										
			cosφ 1	cosφ 0,8	cosφ 1	cosφ 0,8			cosφ 1	cosφ 0,8			cosφ 1	cosφ 0,8	
mm²	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	mm²
1	22,1	0,176	44,2	35,6	38,3	30,8	22,5	0,125	45	36,1	22,5	0,125	39	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	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	6,1	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	0,861	3,94	3,24	10
16	1,41	0,112	2,28	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	0,82	0,76	0,483	0,0779	0,967	0,866	0,483	0,0798	0,838	0,75	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	0,41	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	0,074	0,383	0,394	0,191	0,074	0,332	0,342	120
150	0,153	0,0928	0,306	0,356	0,265	0,308	0,157	0,0745	0,341	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	0,25	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	0,078	0,075	0,156	0,215	0,078	0,075	0,135	0,186	300

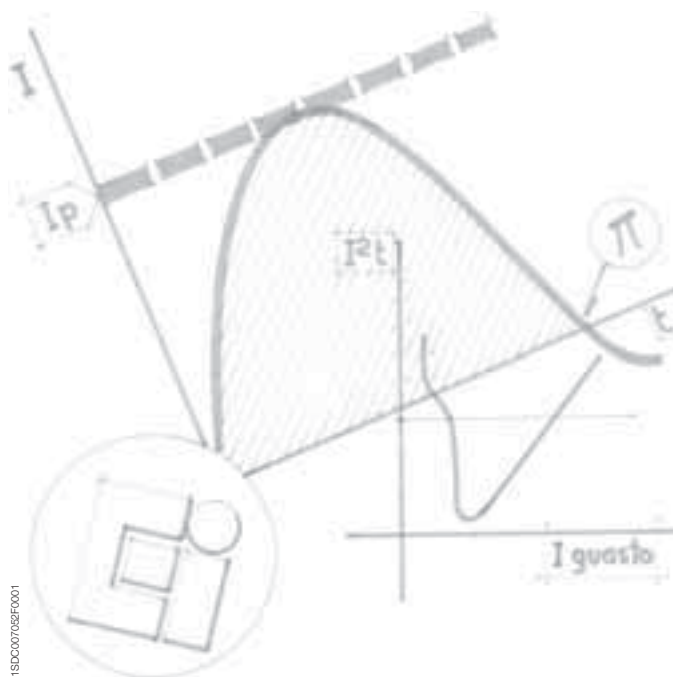
Definizioni di carattere generale

– 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 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.

Appendice A1: Definizioni

– Apparecchio utilizzatore

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

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 cortocircuito (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 in cortocircuito.

– Corrente di guasto a terra

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

Definizioni inerenti i dispositivi di manovra e protezione (interruttori)

– Corrente ininterrotta nominale I_n

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

– 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 cortocircuito presunta interrotta, in kA.

– Potere di interruzione nominale di servizio in cortocircuito (I_{cs})

È il valore assegnato dal costruttore all'interruttore per la corrispondente tensione nominale di impiego, espresso dal valore della corrente di cortocircuito presunta interrotta, in kA, corrispondente ad una delle percentuali specificate in Tab. A1.1 del potere di interruzione nominale estremo di cortocircuito, arrotondato al numero intero più vicino.

Tab. A1.1

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 cortocircuito 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: 0,05-0,1-0,25-0,5-1s.

La corrente di breve durata nominale non deve essere inferiore ai valori indicati nella Tab. A1.2.

Tab. A1.2

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

– Potere di chiusura nominale in cortocircuito (I_{cm})

È il valore assegnato dal costruttore all'interruttore alla tensione nominale di impiego, alla frequenza nominale, in corrispondenza di uno specifico fattore di potenza ($\cos\varphi$) 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 cortocircuito estremo, moltiplicato per il fattore "n" indicato in Tab. A1.3.

Tab. A1.3

Potere di interruzione in cortocircuito (valore efficace) [kA]	Fattore di potenza [$\cos\varphi$]	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 cortocircuito mantenga il valore massimo 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 cortocircuito, 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 cortocircuito, 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.

Si consideri il circuito di Fig. A2.1 dov'è rappresentato un carico alimentato attraverso una linea da un generatore. La situazione teorica di cortocircuito 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).

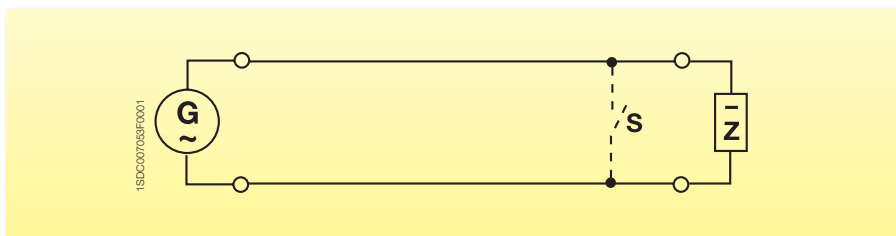


Fig. A2.1 - Situazione circuitale teorica di cortocircuito

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 cortocircuito) 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:

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

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.A2.2 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

φ = angolo di sfasamento tra tensione e corrente

ψ = angolo di fase iniziale dell'onda di tensione

τ = costante di tempo del circuito.

Appendice A2: Cortocircuito e energia specifica passante

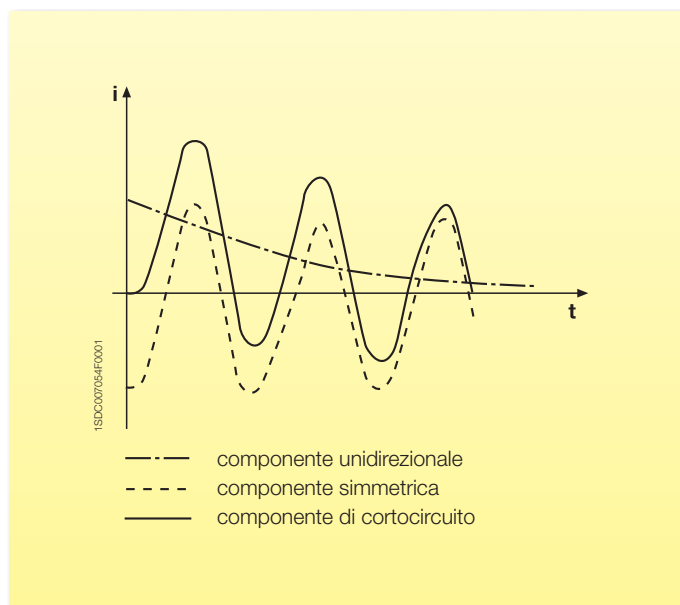


Fig. A2.2 - Andamento nel tempo della corrente di cortocircuito

La corrente di cortocircuito è data pertanto dalla somma di due termini:

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

$I_M e^{-t/\tau} \sin(\varphi - \psi)$ 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.

Inoltre si deve tener presente che 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 è la 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 la 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. A2.3), il tempo t assume il valore di un centesimo di secondo.

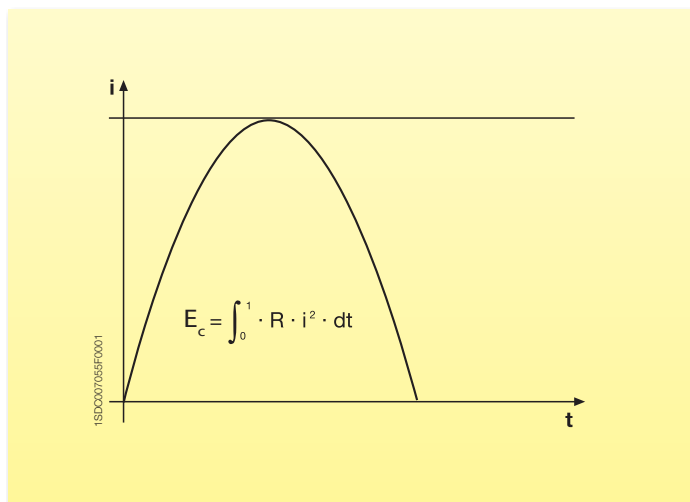


Fig. A2.3 - Energia dissipata per effetto Joule nel semiperiodo

Durante il transitorio conseguente ad un cortocircuito 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 $i^2 dt$ 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, nelle Fig. A2.4a, A2.4b, A2.4c, sono rappresentate le curve caratteristiche dei cavi, degli interruttori automatici e dei fusibili.

Compito dei dispositivi di protezione è di interrompere la corrente in caso di sovraccarico e/o cortocircuito, limitandone il valore, 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.

(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.

Appendice A2: Cortocircuito e energia specifica passante

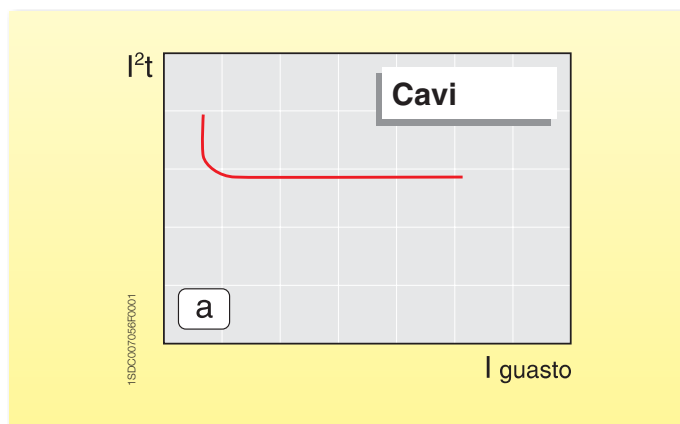


Fig. A2.4a - Curva caratteristica dell'energia specifica passante nei cavi

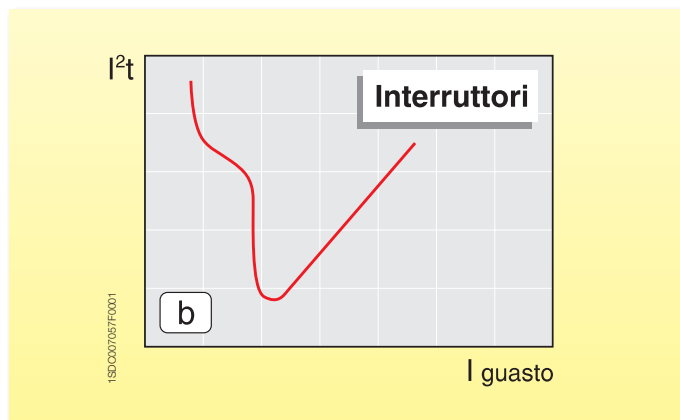


Fig. A2.4b - Curva caratteristica dell'energia specifica passante negli interruttori

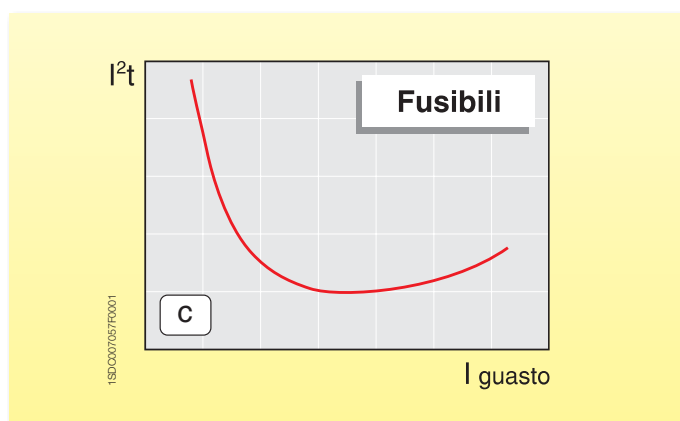


Fig. A2.4c - Curva caratteristica dell'energia specifica passante nei fusibili

**ABB SACE S.p.A**

Una società del gruppo ABB

Via L. Lama, 33

20099 Sesto S. Giovanni (MI)

Tel.: 02 2414.1 - Telefax: 02 2424.3892



<http://bol.it.abb.com>

Tutte le soluzioni
per la Bassa Tensione
e l'Automazione

Le informazioni contenute nella presente Guida Tecnica sono state raccolte e controllate con cura. Si invitano comunque tutti gli utilizzatori della Guida a fare riferimento, in primo luogo, alle normative e alla legislazione vigenti. ABB Sace non può essere ritenuta responsabile per errori, omissioni o mancato aggiornamento delle informazioni contenute nella presente Guida.



1SDC007071E0901 - 10/2004
Printed in Italy
8.000 - CAL