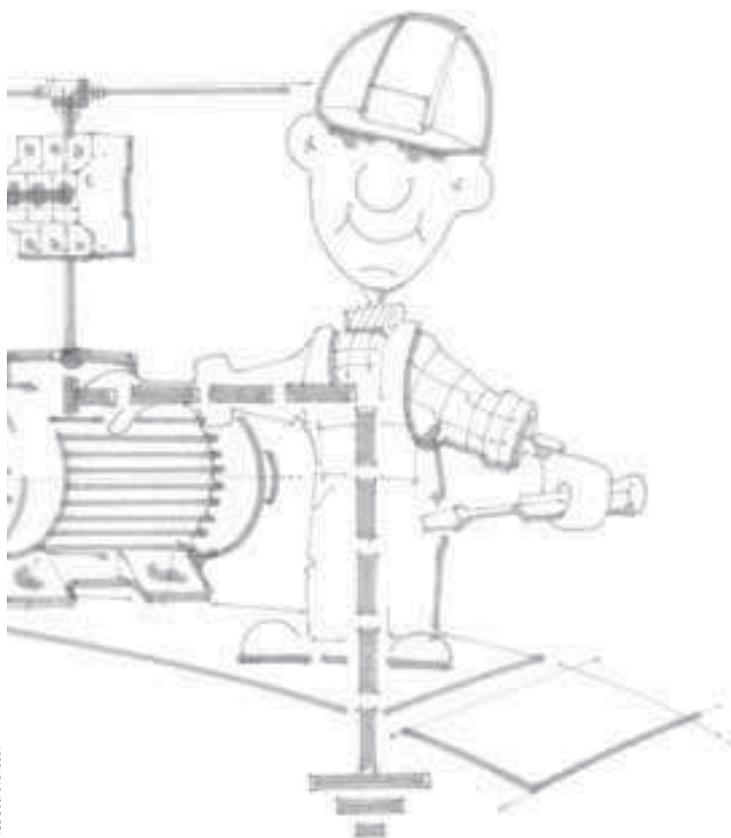


Contatti diretti e indiretti	5/2
Messa a terra.....	5/3
La protezione differenziale.....	5/5
Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi IT	5/6
Caso del 1° guasto a terra.....	5/7
Caso del 2° guasto a terra.....	5/7
Protezione passiva	5/9
Bassissima tensione.....	5/9
Doppio isolamento.....	5/11
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 aggiuntiva mediante interruttori differenziali	5/17



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.

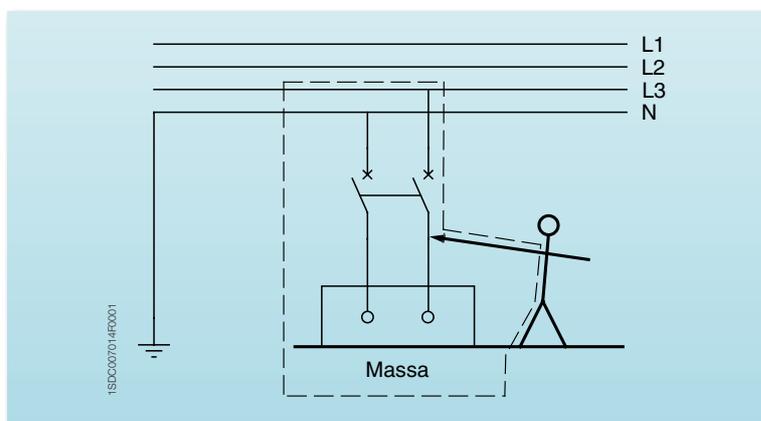


Fig. 5/1 - Contatto diretto

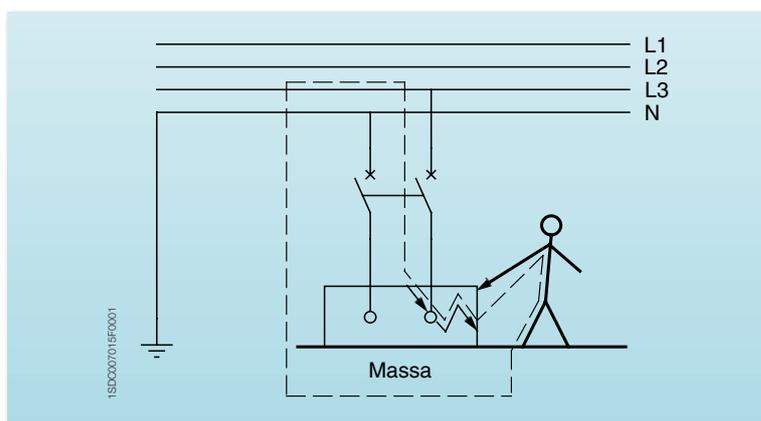


Fig. 5/2 - Contatto indiretto

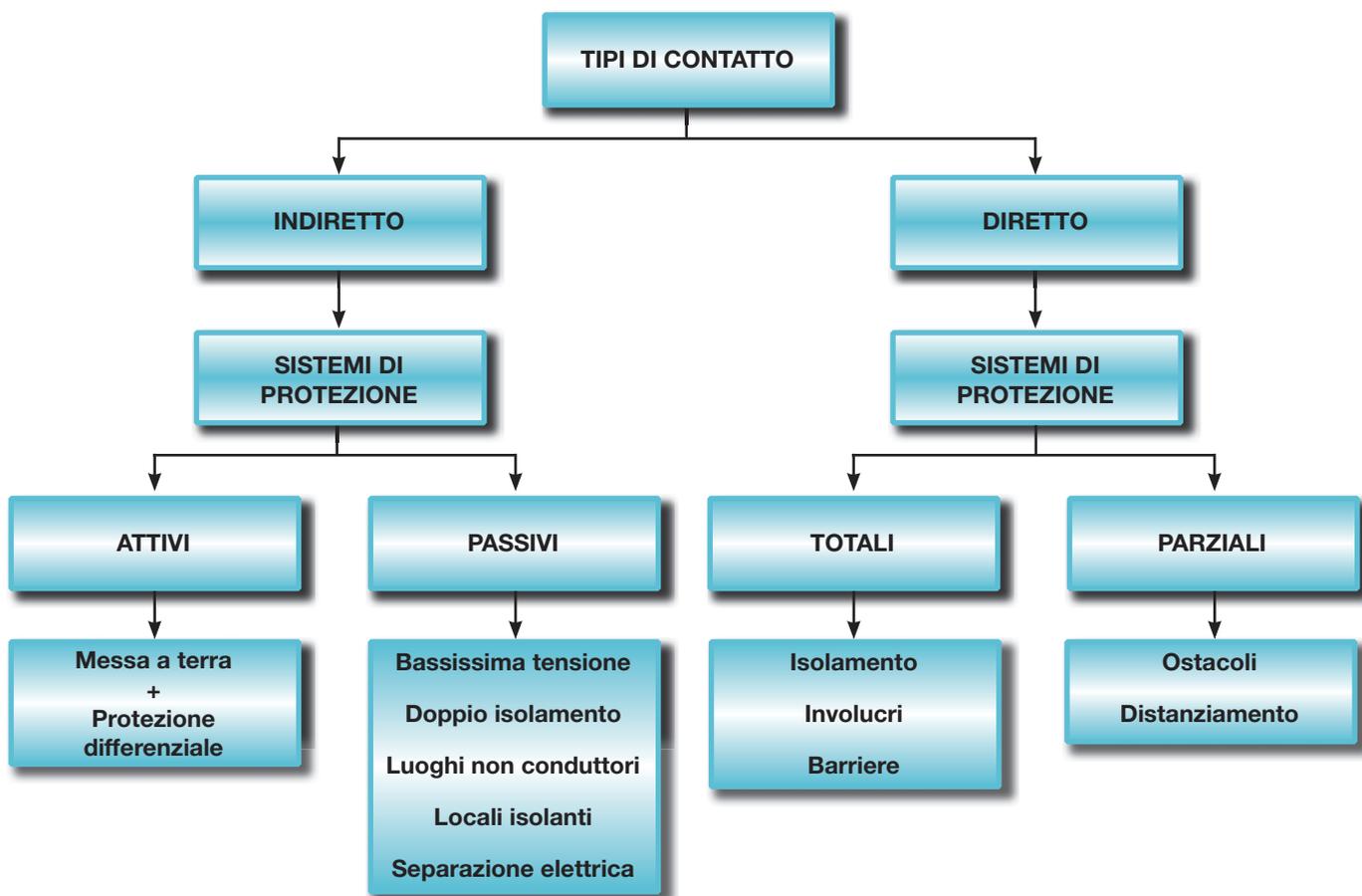


Fig. 5/3 - Classificazione dei contatti accidentali e dei sistemi di protezione

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.



1SD000701R0001

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_{dn} .
- (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;

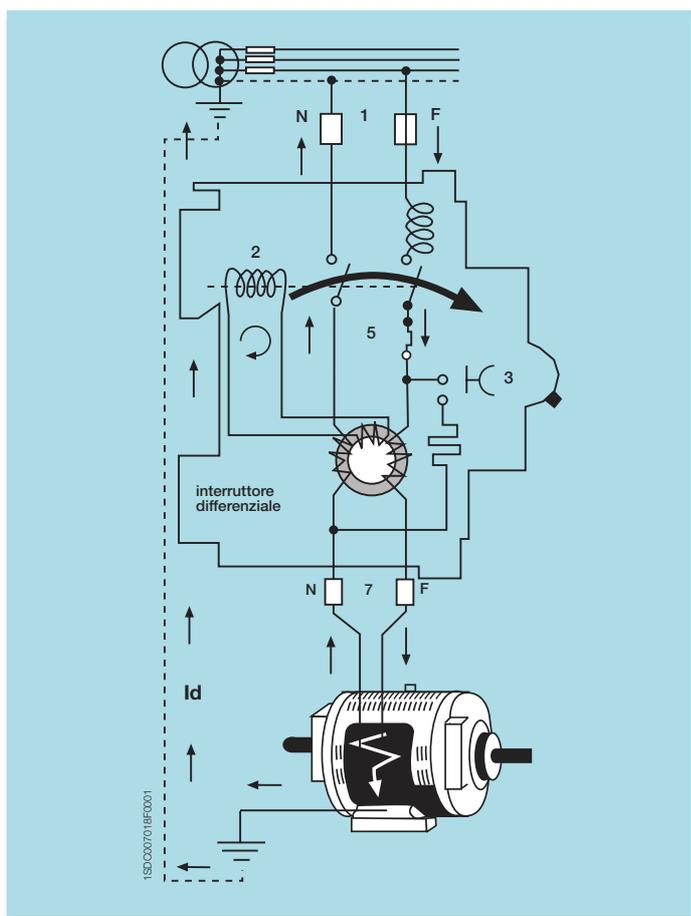
I_A = la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro un tempo definito dalla Norma in funzione delle diverse situazioni impiantistiche⁽²⁾;

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_a 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.

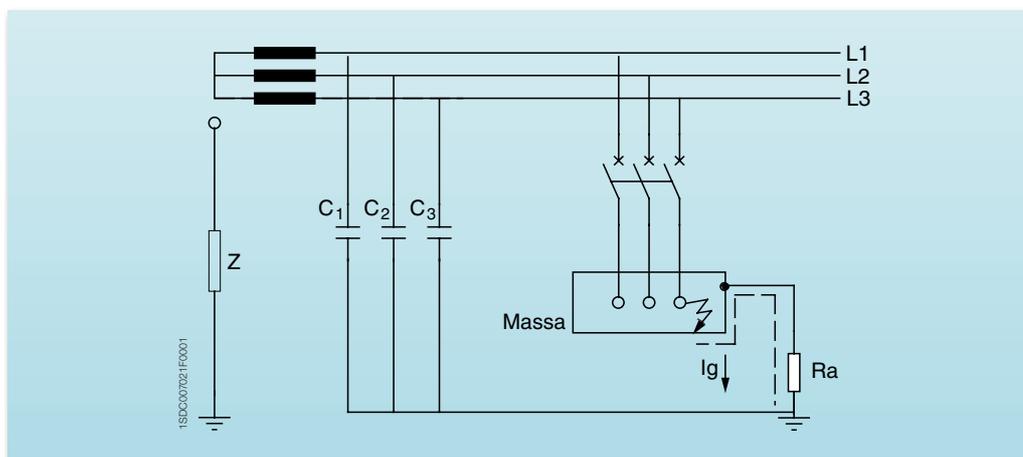


Fig. 5/7 - Sistema elettrico isolato da terra (**IT**). Il circuito di guasto ha un'impedenza notevolmente elevata, per consentire la continuità del servizio in caso di 1° guasto a terra. Nessuna parte attiva è collegata a terra se non tramite impedenza **Z**. Le masse dell'impianto sono collegate a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

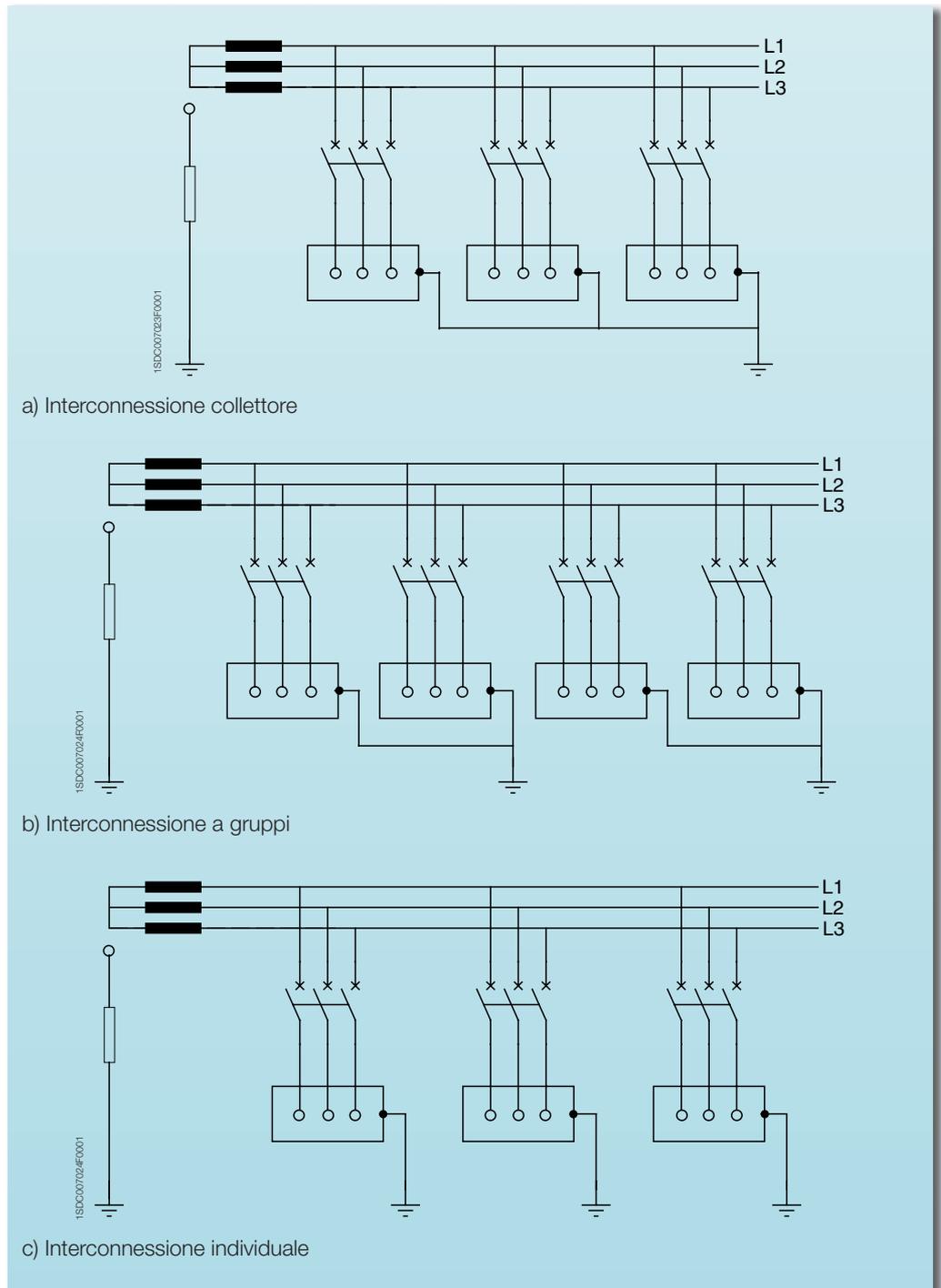


Fig. 5/8 - Interconnessione delle masse

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.

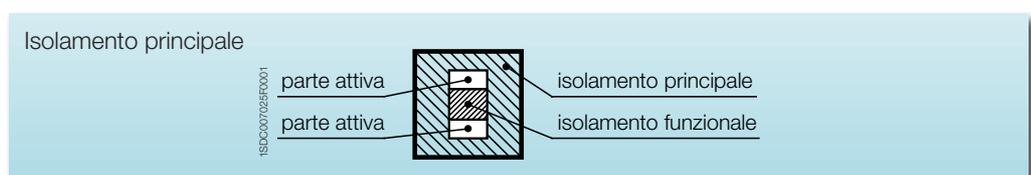


Fig. 5/9 a - Isolamento delle parti attive

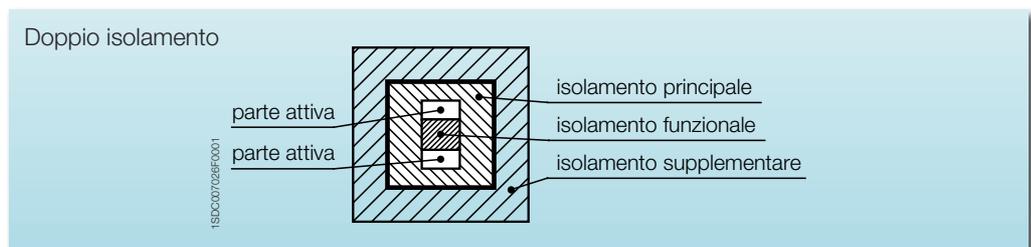


Fig. 5/9 b - Insieme dell'isolamento principale e dell'isolamento supplementare

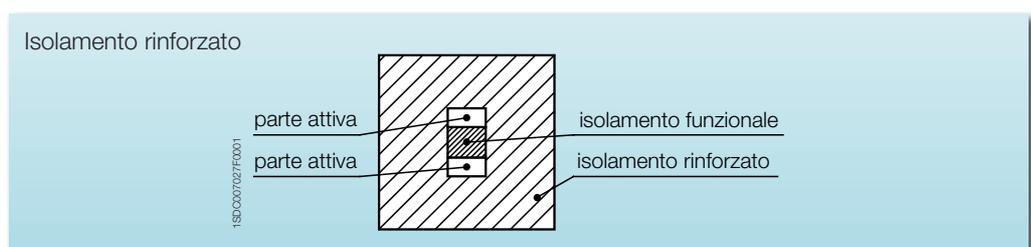


Fig. 5/9 c - Unico isolamento al posto dei due isolamenti, principale e supplementare, che abbia proprietà elettriche e meccaniche tali da formare lo stesso grado di protezione del doppio isolamento

Protezione contro i contatti accidentali

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 fini 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 1A, in condizioni normali d'uso. Le condizioni di cui sopra sono riferite solo a componenti elettrici fissi ed è altresì vietato l'uso di prese a spina;

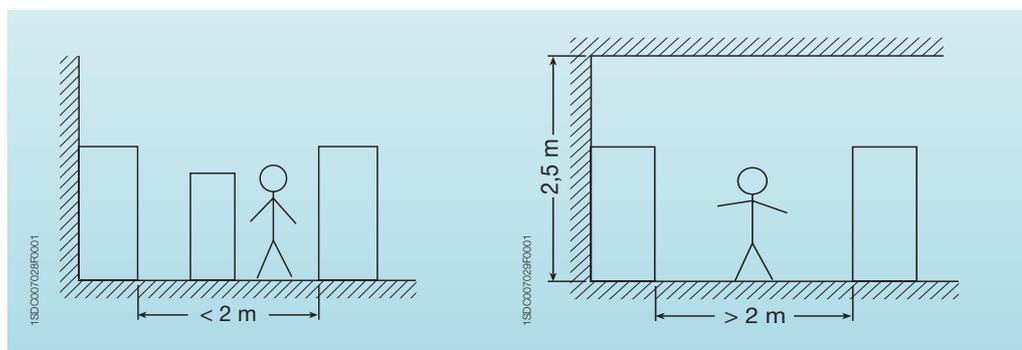


Fig. 5/10 - Distanziamento delle masse tra loro e dalle masse estranee

- 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

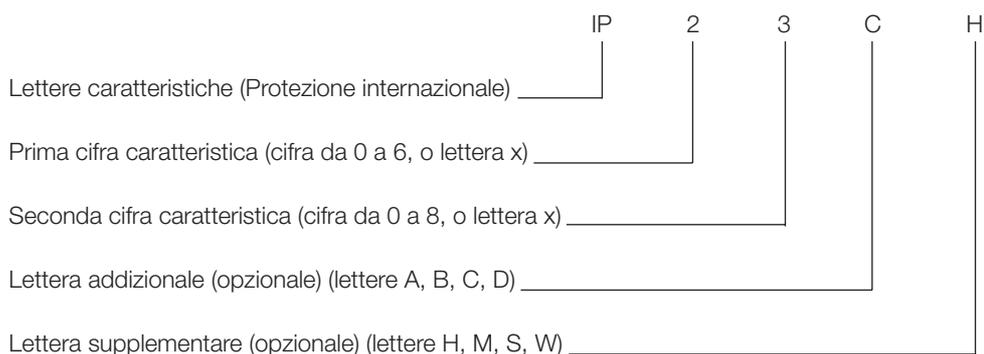
Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- 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 delle persone contro l'accesso a parti pericolose		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		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	H	Apparecchiatura ad alta tensione	
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	M	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso di acqua con la apparecchiatura in moto	
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	S	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso di acqua con la apparecchiatura non in moto	
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	W	Adatto all'uso in condizioni atmosferiche specifiche	
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					
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					

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.

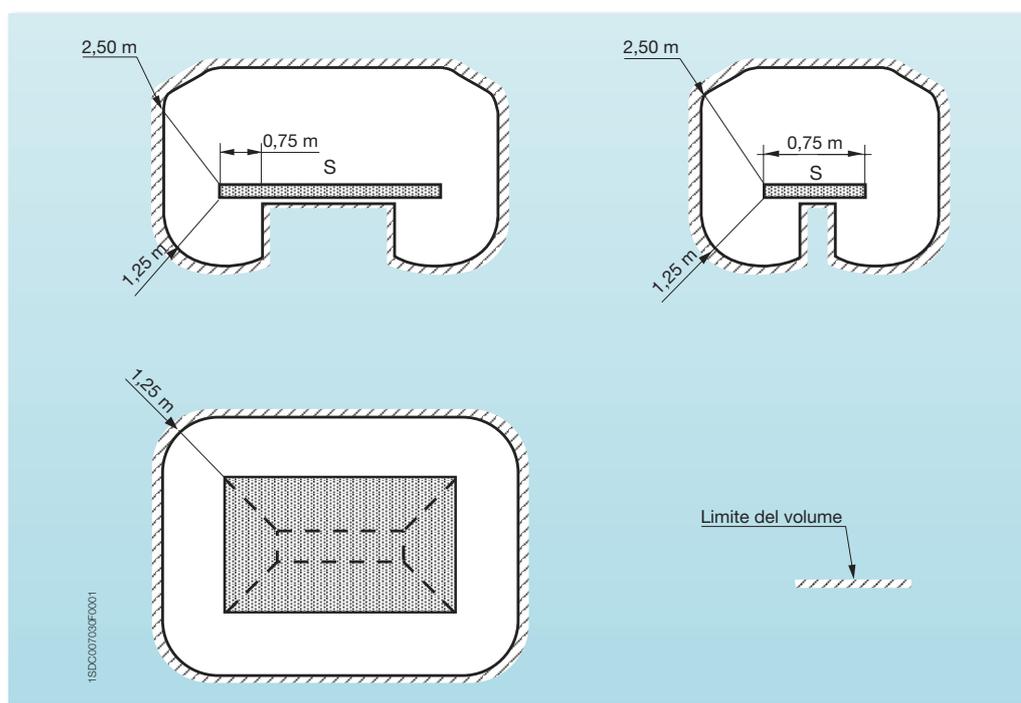


Fig. 5/12 - Parti ritenute "a portata di mano" secondo la Norma CEI 64-8

5.6.4 Misura di protezione aggiuntiva mediante interruttori differenziali

La protezione con interruttori differenziali con $I_{dn} \leq 30$ mA, pur eliminando gran parte dei rischi dovuti ai contatti diretti, non è riconosciuta quale elemento unico di protezione completa e richiede 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.