

CAPITOLO 2

Protezioni contro i contatti diretti

Premesso che un contatto diretto pericoloso può verificarsi sia in maniera del tutto accidentale (non intenzionale) che in maniera volontaria ed intenzionale (per esempio per svolgere specifiche attività di manutenzione ordinaria o straordinaria su parti d'impianto), diremo che i sistemi di protezione garantiscono una "protezione totale" quando sono atte ad impedire sia un contatto non intenzionale che il contatto intenzionale mentre garantiscono una "protezione parziale" quando sono atte ad impedire solo il contatto non intenzionale ma non anche quello intenzionale.

2.1 Sistemi di protezione totale

2.1.1 Protezione mediante alimentazione a bassissima tensione

Secondo la Norma CEI 64-8 un sistema elettrico è a "bassissima tensione" (anche detto sistema in "categoria 0") se soddisfa le seguenti condizioni:

- la tensione nominale non supera i 50V, se in c.a., oppure i 120V, se in c.c. non ondulata;
- l'alimentazione proviene da una sorgente di cui ai sistemi denominati "SELV" o "PELV";
- sono soddisfatte le condizioni di installazione specificatamente previste per questo tipo di circuiti.

Le sigle SELV e PELV stanno per:

- SELV: **S**afety **E**xtra **L**ow **V**oltage, cioè bassissima tensione di sicurezza;
- PELV: **P**rotective **E**xtra **L**ow **V**oltage, cioè bassissima tensione di protezione.

Esse indicano sistemi elettrici a bassissima tensione che devono soddisfare specifici requisiti, come meglio indicato di seguito.

Sistema SELV

Il sistema SELV fornisce un ottimo livello di sicurezza e viene spesso utilizzato in ambienti a maggior rischio, come luoghi con alto livello di umidità.

Il sistema SELV è intrinsecamente sicuro contro i contatti diretti, e non necessita di ulteriori protezioni, se:

- la tensione di alimentazione non supera i 25V, se in c.a., oppure i 60V, se in c.c. non ondulata;
- viene alimentato da una sorgente indipendente o da una sorgente di sicurezza;
- non sono presenti punti di collegamento a terra (ed è vietato collegare a terra sia le masse sia le parti attive);
- il sistema di distribuzione è separato dagli altri sistemi elettrici (e questa separazione dovrà essere garantita per tutti i componenti).

La sorgente di alimentazione indipendente o di sicurezza si può ottenere sia con un trasformatore di isolamento di sicurezza rispondente alle prescrizioni di cui alla norma CEI 96-7 che con sorgenti che presentano pari gradi di sicurezza e separazione adeguata da altre sorgenti come i gruppi elettrogeni indipendenti o gli accumulatori elettrochimici (batterie) eventualmente dotati di opportuni sistemi elettronici di conversione CC/CA.

Qualora la tensione di alimentazione dovesse essere superiore a 25V in c.a. (anche se comunque inferiore a 50V in c.a.) oppure a 60V in c.c. (anche se comunque inferiore a 120 V in c.c.) la protezione contro i contatti diretti nei sistemi SELV dovrà essere conseguita mediante l'uso di involucri e barriere o adeguati isolamenti (vedi seguito).

Un esempio di circuito SELV è illustrato nella figura seguente; se la tensione di alimentazione U_2 è maggiore o uguale a 50 V, la protezione contro i contatti diretti non è intrinsecamente garantita e dovrà essere conseguita mediante l'uso dei sistemi di protezione specificati nel seguito.

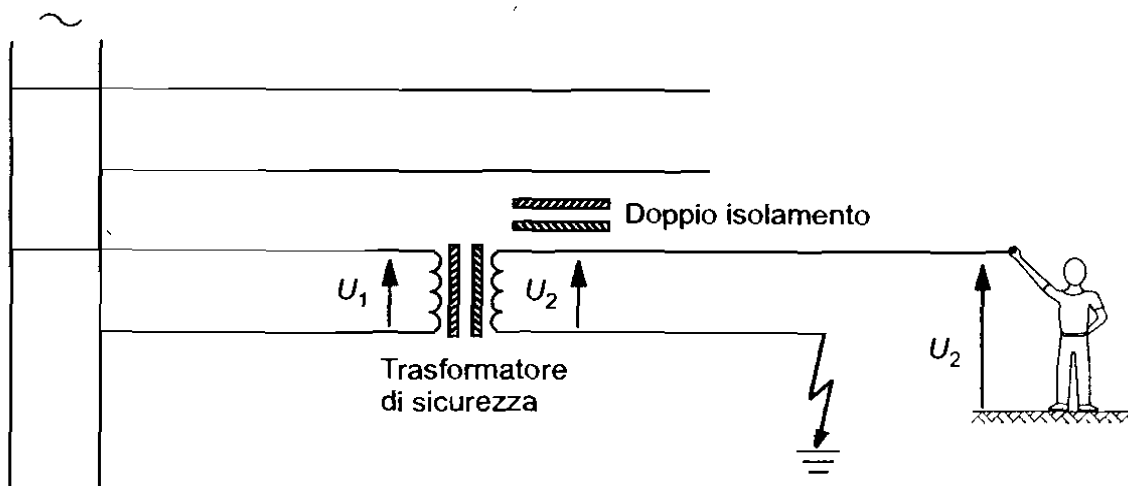


Figura 2.1 Esempio di sistema SELV

Sistema PELV

Il sistema PELV si utilizza quando, per motivi di funzionamento delle apparecchiature, si avverte la necessità di avere collegato a terra un punto attivo (neutro) del circuito. Questo sistema garantisce un livello di sicurezza inferiore al precedente SELV poiché non risulta completamente isolato dal sistema esterno; la possibilità che si presenti un guasto verso terra rende possibile anche l'introduzione, attraverso l'impianto di terra, di tensioni diverse da zero sul neutro e sulle masse, rendendo maggiormente pericolosi, rispetto al sistema SELV, i contatti diretti. Le caratteristiche del sistema PELV sono le stesse di un sistema SELV, fatta eccezione per il divieto di avere collegamenti a terra, infatti nel sistema PELV almeno un punto (per esempio il neutro) è collegato a terra e possono esserlo anche le masse e le masse estranee.

Un esempio di circuito PELV è illustrato nella figura seguente; risultando il neutro e le masse collegate all'impianto di terra, la protezione contro i contatti diretti non è intrinsecamente garantita e dovrà essere conseguita mediante l'uso dei sistemi di protezione specificati nel seguito.

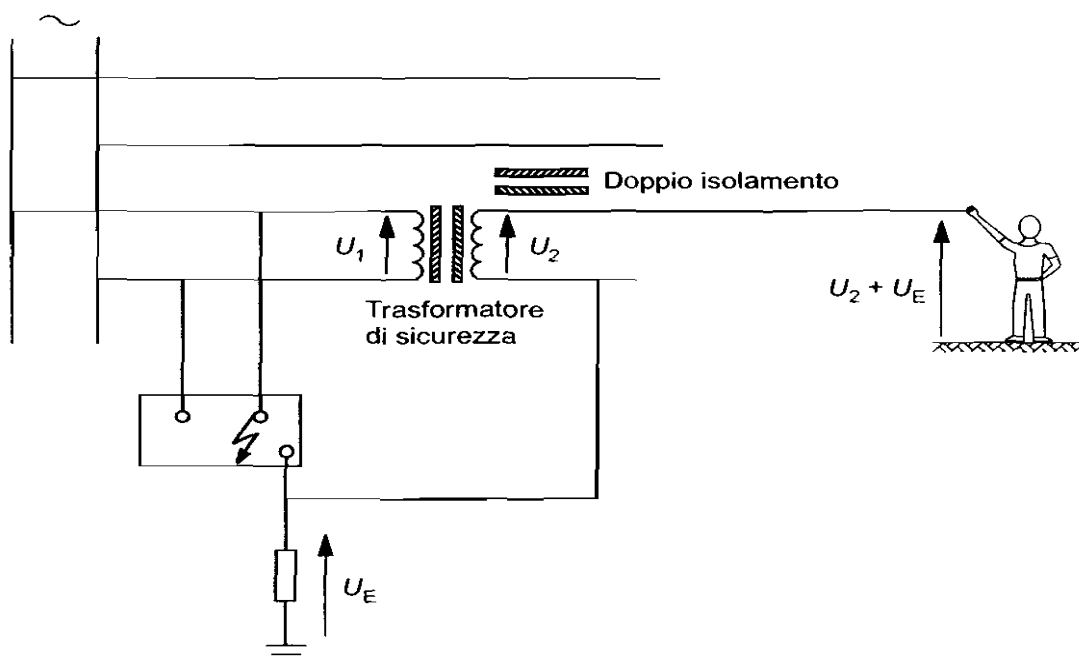


Figura 2.2 Esempio di sistema PELV

In un sistema PELV la sicurezza contro i contatti diretti è garantita intrinsecamente solo se la tensione di alimentazione non supera i 12V, se in c.a, oppure i 30V, se in c.c. non ondulata. Se la tensione di alimentazione supera i limiti sopra indicati ma è inferiore a 25V, se in c.a., oppure a 60V, se in c.c. non ondulata, per garantire la protezione contro i contatti diretti è sufficiente collegare all'impianto di messa a terra tutte le masse e, soprattutto, eseguire un "collegamento equipotenziale principale" (per le cui caratteristiche si rimanda alla apposita sezione degli appunti), in modo che tutte le masse ed anche le "masse estranee" (tubazioni di altri impianti, ferri di armatura di strutture in cemento armato, schermi di cavi speciali, ...) si trovino sempre allo stesso potenziale, comune a quello del neutro; un esempio è riportato nella figura seguente.

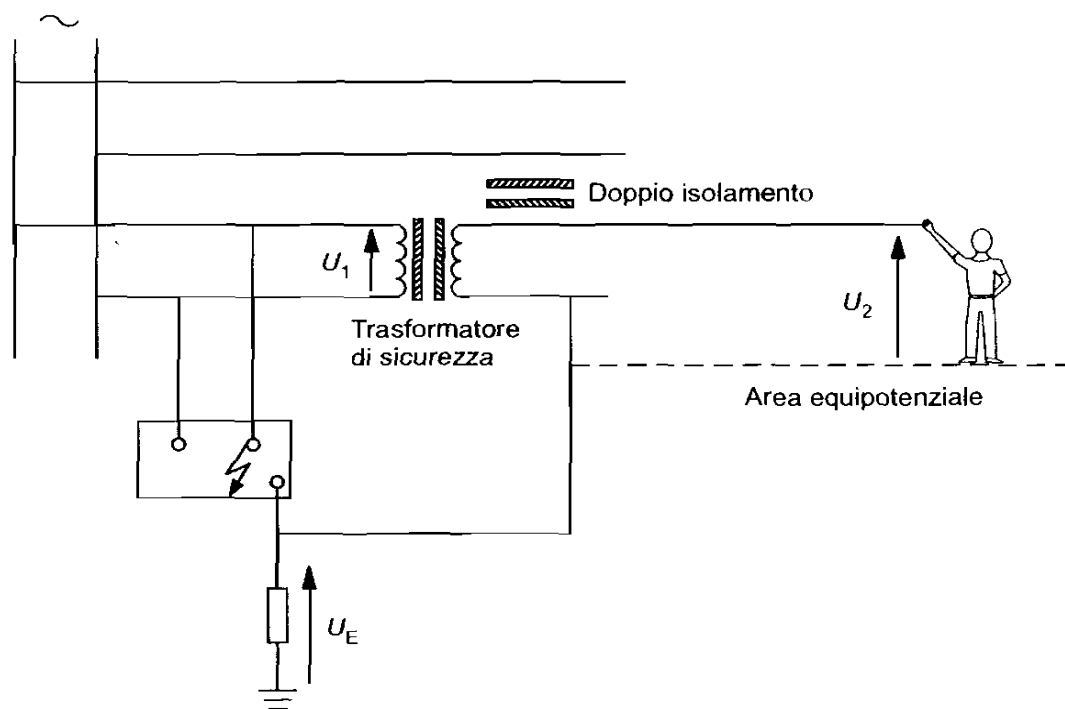


Figura 2.3 Esempio di sistema PELV in presenza di collegamento equipotenziale principale

Il sistema FELV

La Norma CEI 64-8 prevede un terzo sistema a bassissima tensione (categoria zero) e cioè il sistema FELV.

La sigla FELV sta per **F**unctional **E**xtra **L**ow **V**oltage, o bassissima tensione funzionale.

Esso è un sistema che, per motivi di funzionamento, ammette l'alimentazione dei circuiti dell'impianto con un normale trasformatore (non di sicurezza), la cui tensione secondaria non superi (come per i sistemi SELV e PELV) il valore di 50 Volt in c.a.

Rimane evidente che un eventuale guasto, per difetti di isolamento fra il primario ed il secondario del trasformatore, potrebbe indurre al secondario (quindi sul sistema a bassissima tensione) tensioni ben più alte e pericolose della tensione nominale (50V).

Pertanto il sistema FELV non è intrinsecamente sicuro nei confronti dei contatti diretti e, per la protezione contro questi ultimi, richiede sempre l'uso dei sistemi di protezione specificati nel seguito.

2.1.2 Protezione mediante isolamento delle parti attive

Per prevenire un contatto diretto tra l'uomo e le parti attive di un sistema elettrico non già intrinsecamente sicuro (!), esse devono essere isolate (isolamento principale); devono, cioè, essere ricoperte completamente da uno strato di materiale isolante che deve avere caratteristiche (rigidità

dielettrica, spessore, ...) "adeguate" alla tensione nominale di funzionamento del sistema elettrico. L'isolante deve anche essere resistente agli sforzi meccanici, termici ed alle alterazioni chimiche cui può essere sottoposto durante il funzionamento, in modo che, praticamente, possa essere rimosso solo per distruzione.

Se si considera per esempio il caso di un sistema di "categoria 0" (a bassissima tensione funzionale di 50V in c.a.) non già intrinsecamente sicuro contro i contatti diretti, l'isolamento delle parti attive, per essere adeguato, dovrà garantire una "tenuta elettrica" ad una tensione di prova di 500V di valore efficace, almeno per un minuto.

Se si considera, invece, il caso di un sistema di un sistema di "categoria I" (per esempio, con tensione nominale di 230V in c.a. monofase), l'isolamento dovrà resistere ad una tensione di prova di 1500V di valore efficace, almeno per un minuto.

Per quanto detto, forme di isolamento più semplicemente conseguibili mediante vernici, lacche, smalti e prodotti simili non sono considerati idonei a garantire una adeguata protezione contro i contatti diretti.

Più in generale, l'isolamento si distingue in:

Isolamento funzionale: isolamento esistente tra le parti attive e tra queste e la carcassa di un apparecchio elettrico, unicamente finalizzato al corretto funzionamento di una apparecchiatura ma non anche alla sicurezza delle persone.

Isolamento principale: isolamento delle parti attive sufficiente per il corretto funzionamento delle apparecchiature e per proteggere le persone contro la folgorazione ma solo in condizioni normali (assenza di guasti).

Isolamento supplementare: isolamento che garantisce il corretto funzionamento delle apparecchiature e la protezione delle persone anche nel caso di cedimento (guasto) dell'isolamento principale.

Doppio isolamento: isolamento principale più isolamento supplementare.

Isolamento rinforzato: sostituisce il doppio isolamento se garantisce lo stesso grado di protezione.

La figura seguente riassume i diversi tipi di isolamento.

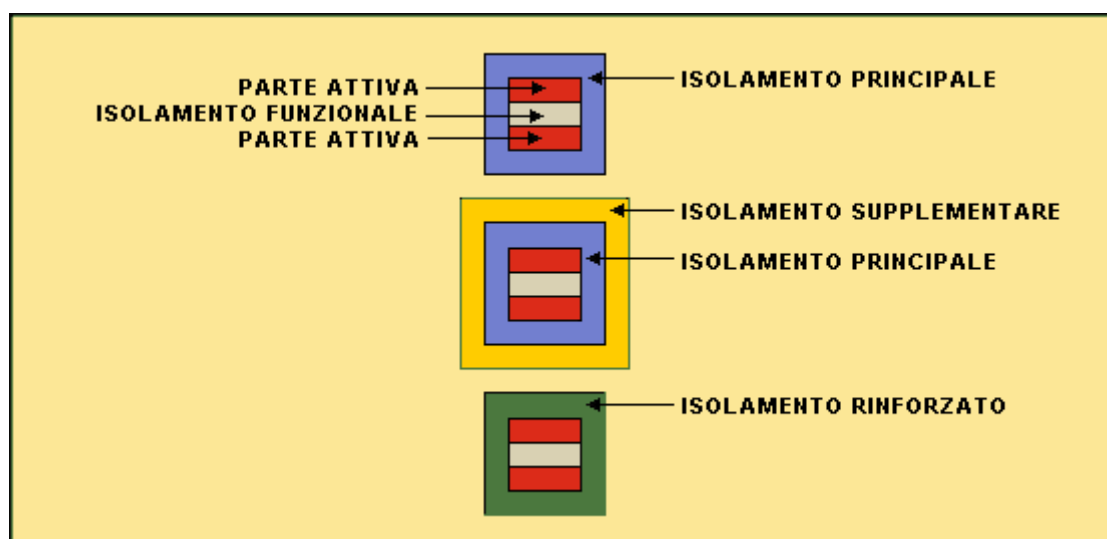


Fig.2.3 Tipi di isolamento

In relazione al tipo di isolamento di cui sono dotati, i componenti elettrici di un impianto (apparecchiature) vengono classificati in classi:

Componenti di “classe 0”:

sono le apparecchiature elettriche provviste del solo isolamento principale; non vi è alcun dispositivo per il collegamento delle masse a terra e, nel caso di guasto all'isolamento, la protezione delle persone è affidata soltanto alle caratteristiche dell'ambiente in cui esse sono installate (ad esempio ambienti totalmente isolati da terra e senza alcuna massa estranea); sono poco sicure e, perciò, poco diffuse.

Componenti di “classe I”:

sono le apparecchiature provviste del solo isolamento principale ma aventi un dispositivo per il collegamento delle masse a terra; in caso di guasto all'isolamento la protezione delle persone è affidata a sistemi “attivi” di protezione (vedi seguito).



Simbolo rappresentativo:

Componenti di “classe II”:

sono le apparecchiature provviste di isolamento doppio o rinforzato; non vi è alcun dispositivo per il collegamento a terra e la protezione delle persone è intrinsecamente affidata al “sovradimensionamento” dell'isolamento (appunto, doppio o rinforzato).



Simbolo rappresentativo:

Componenti di “classe III”:

sono le apparecchiature dotate di isolamento ridotto in quanto destinate ad essere alimentate soltanto con sistema a *bassissima tensione di sicurezza* (SELV) in cui non si possono generare in alcun caso tensioni pericolose per le persone.



Simbolo rappresentativo:

2.1.3 Protezione mediante involucri o barriere

L'involucro garantisce la protezione dai contatti diretti “in ogni direzione” (CEI 64/8 par. 23.12); in pratica, vengono utilizzati quando esistono parti attive (ad es. morsetti elettrici) che devono essere necessariamente accessibili e quindi non possono essere completamente isolate.

La barriera garantisce la protezione contro i contatti diretti con parti attive pericolose “nelle direzioni abituali di accesso” (CEI 64/8 par. 23.13).

Questi sistemi di protezione, intrinsecamente, assicurano anche un certo grado di protezione contro la penetrazione di agenti esterni, quali i corpi solidi e liquidi.

La protezione contro i contatti diretti mediante involucri e/o barriere è garantita solo se risulta idoneo il relativo grado di sicurezza, come meglio specificato nel seguito.

Le barriere e gli involucri, inoltre, devono essere saldamente fissati, rimovibili solo con attrezzi, apribili da personale addestrato oppure solo se l'accesso alle parti attive è possibile dopo avere aperto il dispositivo di sezionamento con interblocco meccanico o elettrico. In ogni caso il personale addestrato deve di regola sezionare il circuito prima di operare su parti attive o nelle loro vicinanze.

Gradi di protezione di involucri e barriere

Per identificare il grado di protezione di involucri e barriere, convenzionalmente in sede IEC, si è adottato un codice composto dalle lettere IP seguite da due cifre ed eventualmente da una terza lettera addizionale (si vedano le Tabb. 2.1 e 2.2); in particolare: la prima cifra indica il grado di protezione contro la penetrazione di corpi solidi (e, indirettamente, anche contro i contatti diretti, visto che una persona potrebbe venire a contatto con una parte attiva contenuta entro un involucro, appunto, mediante una “parte solida” quale, ad esempio, una mano) e la seconda contro la penetrazione dei corpi liquidi. La lettera addizionale, invece, ha lo scopo specifico di designare il livello di inaccessibilità dell’involucro alle dita o alla mano di una persona, oppure ad oggetti conduttori impugnabili da una persona. Essa, pertanto, deve essere necessariamente usata solo se la protezione contro l’accesso dei corpi solidi (prima cifra del grado IP) è insufficiente a garantire l’impenetrabilità del dito di una persona o dei corpi conduttivi impugnabili da una persona.

Più specificamente, la terza lettera può essere la B oppure la D.

Se, a prescindere dal valore numerico delle prime due cifre (quindi genericamente indicate con XX), si vuole o si deve assicurare l'impenetrabilità dell'involucro o della barriera contro il cosiddetto “dito di prova”, allora deve essere assicurato almeno il grado di protezione IPXXB.

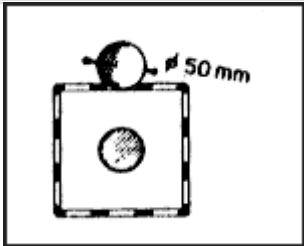
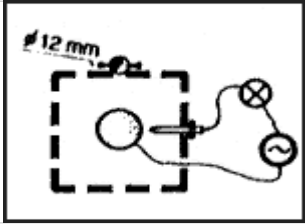
Se, a prescindere dal valore numerico delle prime due cifre (quindi genericamente indicate con XX), si vuole o si deve assicurare l'impenetrabilità dell'involucro o della barriera contro il cosiddetto “filo di prova” (corpo solido conduttivo ed impugnabile da una persona, di dimensioni più piccole rispetto al dito di prova), allora deve essere assicurato almeno il grado di protezione IPXXD.

Il grado di protezione IPXXB (impenetrabilità del dito di prova) deve essere garantito quando l'involucro o la barriera sono installate “non a portata di mano”.

Il grado di protezione IPXXD (impenetrabilità del dito di prova) deve essere garantito quando l'involucro o la barriera sono installate “a portata di mano”.

In forma più generale, nelle figure seguenti sono riassunti i gradi di protezione IP di involucri e barriere contro i corpi la penetrazione di corpi estranei solidi (Figura 2.3) e liquidi (Figura 2.4) stabiliti dalle Norme.

Si noti che, ai fini della protezione contro i contatti diretti, un involucro o una barriera con grado di protezione IP2X ha grado di protezione equivalente a IPXXB, mentre un involucro o una barriera con grado di protezione IP4X ha grado di protezione equivalente a IPXXD.

<i>Grado di protezione contro corpi solidi</i>	<i>Disegno schematico della prova</i>	<i>Prova di validazione della protezione</i>
1		Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50mm e contro l’accesso a parti pericolose col dorso della mano. Una sfera di Ø50 mm non deve poter passare attraverso l’involucro e/o entrare in contatto con parti attive o in movimento.
2		Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12 mm e contro l’accesso a parti pericolose con un dito. Una sfera di Ø12 mm non deve poter passare attraverso l’involucro. Inoltre, il cosiddetto “dito di prova” non deve entrare in contatto con le parti attive custodite all'interno.

3		Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2.5mm e contro l'accesso a parti pericolose con un attrezzo (ad es. cacciavite).
4		Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1.0mm. Un filo di $\varnothing 1.0$ mm non deve poter passare attraverso l'involucro. Inoltre, il cosiddetto "filo di prova" non deve entrare in contatto con le parti attive custodite all'interno.
5		Con l'apparecchiatura in una camera a polvere di talco in sospensione, si deve verificare che la quantità di polvere che entra nell'apparecchiatura stessa non superi un certo quantitativo.
6		Con l'apparecchiatura in una camera a polvere di talco in sospensione, si deve verificare che la quantità di polvere che entra nell'apparecchiatura stessa sia nulla.

Fig. 2.3 - Grado di protezione contro corpi solidi

<i>Grado di protezione contro i liquidi</i>	<i>Disegno schematico della prova</i>	<i>Prova di validazione della protezione</i>
1		L'apparecchiatura deve essere protetta contro la caduta di gocce in verticale.
2		L'apparecchiatura deve essere protetta contro la caduta di gocce con una angolazione massima di 15 gradi.

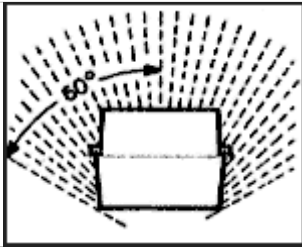
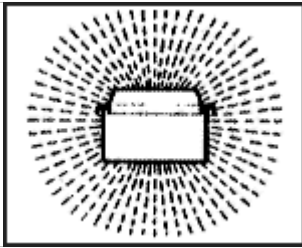
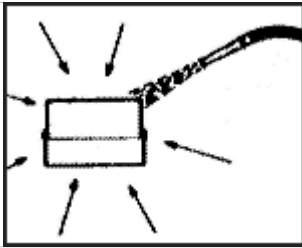
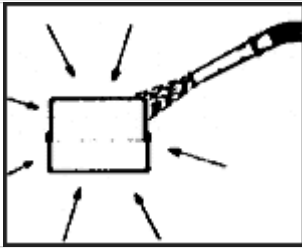
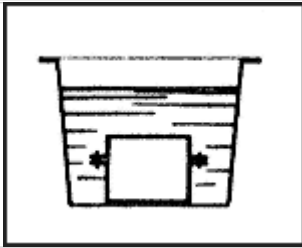
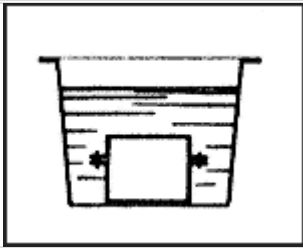
3		L'apparecchiatura deve essere protetta contro la pioggia.
4		L'apparecchiatura deve essere protetta contro gli spruzzi.
5		L'apparecchiatura deve essere protetta contro i getti d'acqua.
6		L'apparecchiatura deve essere protetta contro le ondate.
7		L'apparecchiatura deve essere protetta contro l'immersione.
8		L'apparecchiatura deve essere protetta contro l'immersione a tempo indefinito e a profondità specificata.

Fig. 2.4 - Grado di protezione contro i liquidi

2.2 Sistemi di protezione parziale

Protezione mediante ostacoli

Le misure di protezione parziale si ottengono mediante ostacoli e mediante allontanamento.

Gli ostacoli hanno il compito di proteggere dai contatti diretti accidentali ma non hanno efficacia contro i contatti intenzionali; infatti, gli ostacoli possono essere aggirati intenzionalmente. Questo tipo di protezione è, normalmente, attuata nei locali destinati solo alla protezione di personale addestrato; vengono, ad esempio, applicate nelle cosiddette officine elettriche.

Gli ostacoli non devono poter essere rimossi accidentalmente; la rimozione intenzionale è invece consentita e può essere operata senza apposite chiavi e/o attrezzi.

Protezione mediante distanziamento

Si attua, di fatto, realizzando l'allontanamento di parti d'impianto a tensione diversa simultaneamente accessibili; le norme CEI 64/8 considerano parti simultaneamente accessibili quelle che si trovano a distanza inferiore a 2.5 m, sia in verticale che in orizzontale, e che quindi potrebbero – convenzionalmente - essere toccate contemporaneamente da una persona.

Quando in un determinato spazio frequentato da persone sono installati ostacoli con gradi di protezione inferiori a IPXXB (non sicuri contro il contatto diretto, a mezzo del filo di prova), la zona a portata di mano inizia dai predetti ostacoli.

2.3 Protezione addizionale

Sebbene l'aggettivo “addizionale” sia abbastanza chiaro, ebbene sottolineare che per protezione addizionale si intende una protezione che non può sostituire la protezione principale ma che ad essa è aggiunta per sopperire all'eventuale (e sempre probabile) fallimento di quest'ultima, per esempio a causa di incurie o per guasto.

Non solo la protezione addizionale è sempre consentita e gradita ma, in alcuni casi specifici, è addirittura obbligatoria.

La protezione addizionale contro i contatti diretti è obbligatoria:

- nei locali ad uso abitativo, su ogni circuito che alimenti carichi mediante “prese a spina” che abbiano correnti nominali inferiori o uguali a 20 A;
- su ogni circuito che alimenti carichi mobili usati all'esterno mediante “prese a spina” che abbiano correnti nominali inferiori o uguali a 32 A.

Ciò premesso, la protezione addizionale consiste, di fatto, nell'uso di un apposito sistema di protezione denominato “interruttore differenziale”, che sarà dettagliatamente descritto nel seguito quando saranno trattate le protezioni contro i contatti indiretti, a patto che abbia “*corrente differenziale*” non superiore a 30 mA.

Per comprendere il perchè, nonostante l'elevato grado di sicurezza dell'interruttore differenziale con corrente differenziale non superiore a 30 mA, esso non sia riconosciuto come sostitutivo di altre forme di protezione contro i contatti diretti, nel seguito vengono svolte alcune considerazioni che però, per una migliore comprensione, si consiglia approfondire solo dopo aver studiato anche le protezioni contro i contatti indiretti che saranno discusse nel seguito.

Protezione per limitazione della corrente

Alcune apparecchiature speciali (antenne televisive, apparecchi elettromedicali, recinzioni elettriche ecc..) hanno parti metalliche accessibili collegate a circuiti attivi tramite un'impedenza di valore elevato.

Per garantire la protezione contro il contatto diretto con le parti attive di questi apparecchi, il costruttore deve fare in modo che la corrente che può attraversare il corpo di una persona durante il servizio ordinario non sia superiore a 1mA in corrente alternata o a 3mA in corrente continua.

Le parti metalliche che non devono essere toccate durante il servizio ordinario (che possono essere toccate accidentalmente o a causa di un guasto) devono non devono poter causare, attraverso il corpo della persona, correnti uguali o superiori a 3.5 mA in corrente alternata e a 10 mA in corrente continua.