

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MESSINA
Dipartimento di Ingegneria
Contrada Di Dio I, 98166 – Villaggio S. Agata Messina

Appunti Corso di Sistemi Elettrici

Capitolo 05 Impianto Elettrico e classificazione dei sistemi elettrici

Anno Accademico 2015-2016

prof. ing. Bruno Azzerboni

Fonti:

Manuali, guide e cataloghi
ABB, bTicino, Gewiss, Merlin Gerin
Schneider, Siemens

Web:

www.elektro.it,
www.voltimum.it
www.electroyou.it

Sommario

5. Impianto Elettrico e classificazione dei sistemi elettrici	3
5.1 Impianto Elettrico	3
5.2 Classificazione dei sistemi elettrici in base alla tensione	3
5.3 Classificazione dei sistemi elettrici in relazione alla messa a terra	4
5.4 Classificazione dei componenti e degli apparecchi elettrici	7
5.4.1 Gradi di protezione IP (Index Protection)	7
5.4.2 Grado di protezione IK	11

5. Impianto Elettrico e classificazione dei sistemi elettrici

5.1 Impianto Elettrico

Un impianto elettrico è un sistema costituito da:

- punto di fornitura dell'energia (generatore);
- conduttori elettrici (linee);
- utenze elettriche (carichi);
- impianto di terra.

Punto di fornitura: è il luogo dal quale preleviamo l'energia elettrica necessaria per alimentare l'intero impianto.

Conduttori elettrici o cavi elettrici: sono il mezzo attraverso il quale l'energia viene distribuita nell'intero impianto fino ad arrivare ad alimentare le utenze elettriche.

Utenze elettriche: tutte le apparecchiature facenti parte dell'impianto elettrico che, per funzionare, hanno bisogno di energia elettrica (corpi illuminanti, prese, etc. etc.).

Impianto di terra: è un impianto fondamentale per disperdere le correnti elettriche nel terreno e per proteggere, unitamente ai dispositivi automatici del circuito, le persone dal pericolo di elettrocuzione (condizione di contatto tra corpo umano ed elementi in tensione con attraversamento del corpo da parte della corrente).

L'energia elettrica può essere prelevata dalla rete di distribuzione sia in media tensione (MT) 20kV trifase, sia in bassa tensione (BT) trifase 400 V o monofase 230 V. Poiché la distribuzione dell'energia è realizzata in MT, per avere la rete in BT occorre essere alimentati da una cabina di trasformazione MT/BT. In cabina ci saranno almeno un trasformatore e una linea costituita da tre fasi e da un neutro e l'impianto elettrico alimentato sarà dotato di un impianto di terra.

5.2 Classificazione dei sistemi elettrici in base alla tensione

Si dice *tensione nominale* di un sistema il valore efficace della tensione con il quale il sistema è denominato e al quale sono riferite le sue caratteristiche.

Si dice *tensione nominale verso terra* la tensione dipendente dallo stato del neutro verso terra:

- nei sistemi trifasi con neutro a terra, la tensione stellata della tensione nominale,
- nei sistemi monofasi col punto di mezzo a terra, metà della tensione nominale.

Nei sistemi isolati da terra tale tensione non ha un valore ben preciso perché dipende dalle impedenze di isolamento delle tre fasi verso terra costituite dal parallelo delle resistenze d'isolamento e delle reattanze capacitive. In ogni caso si assume come valore della tensione verso terra la tensione nominale perché il caso peggiore consiste nel guasto franco a terra di una fase per cui le altre fasi assumono verso terra il valore della tensione concatenata. La tensione verso terra è importante per la sicurezza perché i contatti più frequenti si hanno, tra mani e piedi, tra una parte in tensione e la terra mentre più raramente tra due fasi in cui è coinvolta la tensione concatenata. E' riferendosi alla tensione nominale che si classificano i sistemi elettrici:

- **Sistema di categoria 0** con $U \leq 50$ V in c.a. e 120V in c.c.
- **Sistemi di categoria I** con $U > 50V \leq 1000$ in c.a. e $> 75V \leq 1550V$ in c.c.
- **Sistemi di categoria II** con $U > 1000V \leq 30000V$ in c.a. e $> 1500V \leq 30000V$ in c.c.
- **Sistemi di categoria III** con $U > 30000$ V sia in c.a. sia in c.c.

Il DPR 547/1955 fissa il limite tra alta e bassa tensione in 400V per la c.a. e in 600V per la c.c.

Per i sistemi con $V_n >$ di 1000V c.a. e 1500V c.c. ad ogni valore nominale di tensione si abbina anche un valore di tensione riferito all'isolamento rispetto al quale devono essere dimensionate le apparecchiature (La tensione d'isolamento V_i deve essere circa uguale a $V_n + 10\% V_n -$ tabella seguente).

<i>Tensione concatenata (KV)</i>	<i>Tensione massima di riferimento per l'isolamento (KV)</i>
3	3,6
6	7,2
10	12
15	17,5
20	24
30	36
66	72,5
132	145
220	245
380	420

Tensioni nominali e relative tensioni di riferimento per l'isolamento per sistemi con tensione nominale superiore a 1000 V in c.a. e 1550 V in c.c.

5.3 Classificazione dei sistemi elettrici in relazione alla messa a terra

I sistemi elettrici sono classificati in base allo stato del neutro e delle masse rispetto alla terra. Sono indicati con 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.

1^a lettera = **T** Il neutro è collegato a terra

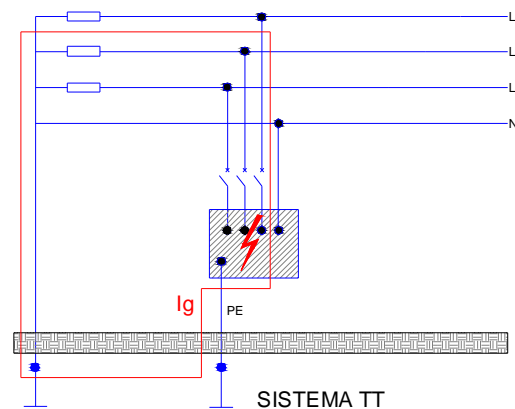
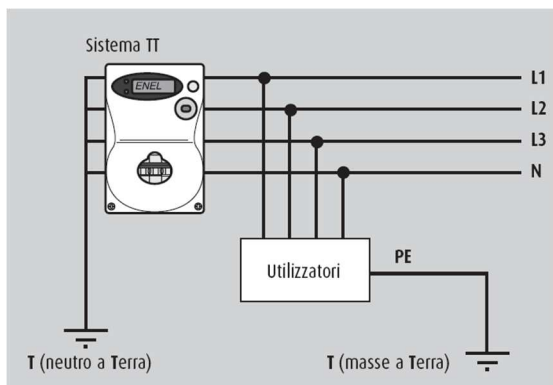
1^a lettera = **I** Il neutro non è collegato a terra oppure è collegato a terra tramite un'impedenza

2^a lettera = **T** Masse collegate a terra

2^a lettera = **N** Masse collegate al neutro del sistema

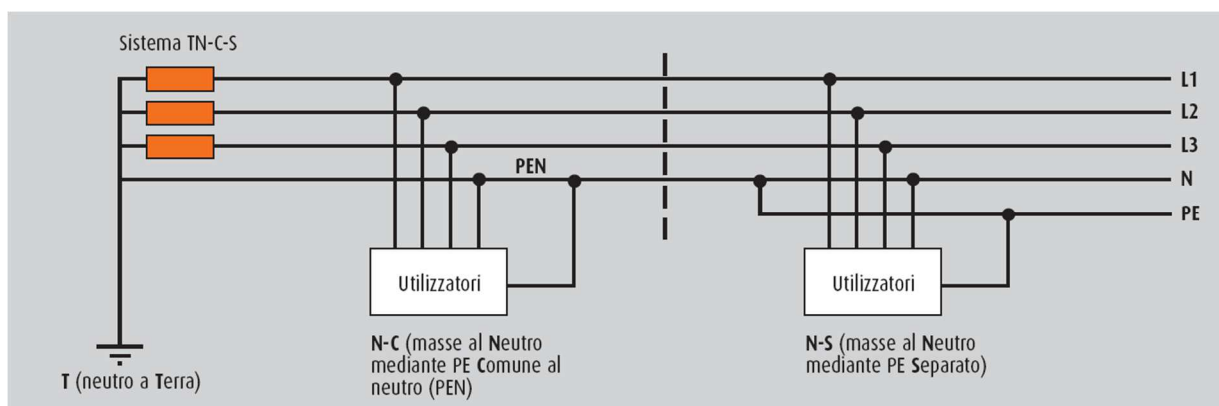
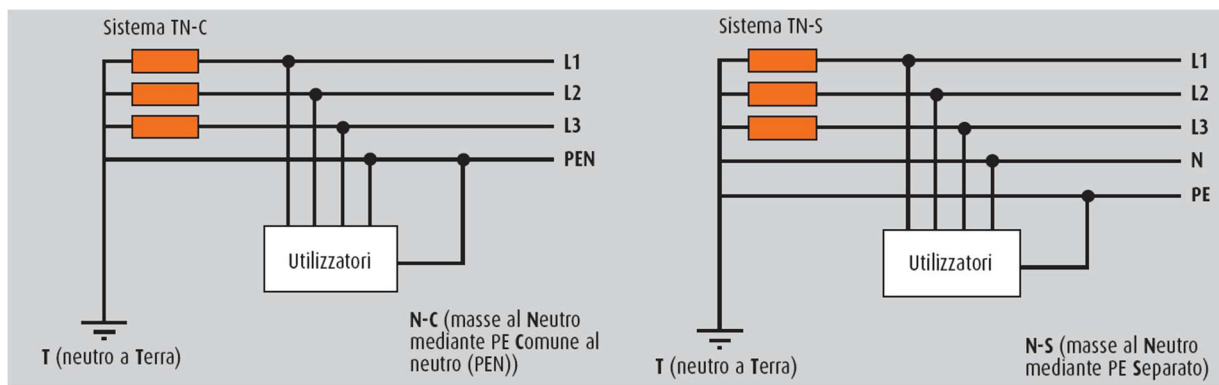
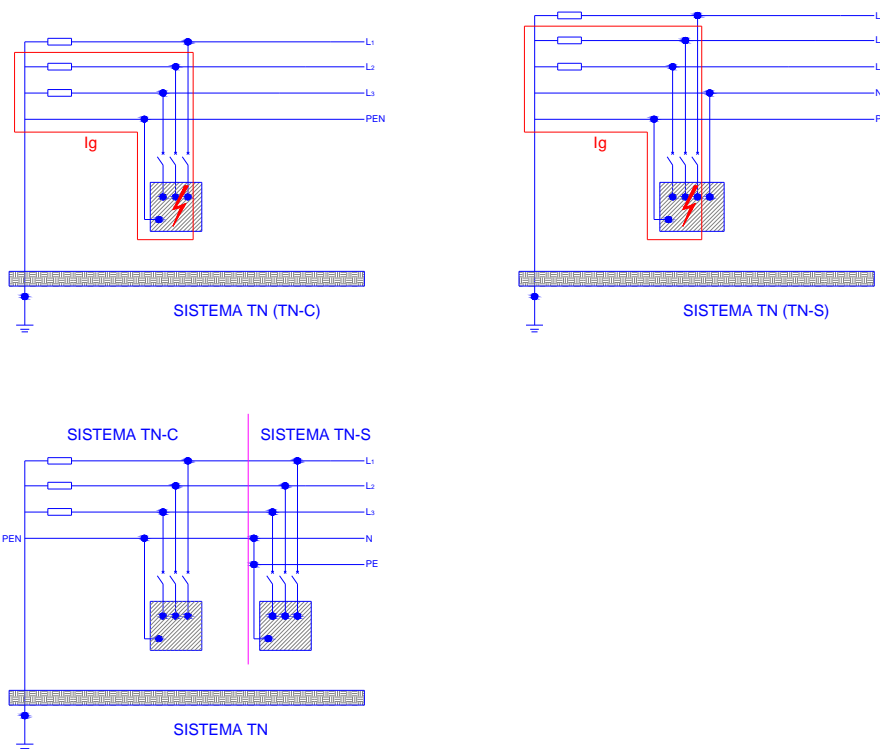
Fondamentalmente esistono tre tipi di sistemi elettrici di distribuzione:

- **Sistema TT**: terra del neutro in cabina e terra delle masse collegate all'impianto di terra dell'utente mediante il conduttore di protezione (PE). Il conduttore di neutro è considerato attivo a tutti gli effetti (può assumere tensioni pericolose ad esempio a causa di cadute di tensione su di esso) come tale deve essere sezionabile e quindi gli interruttori devono aprire su tutti i poli. Il conduttore PE invece non deve mai essere sezionato.



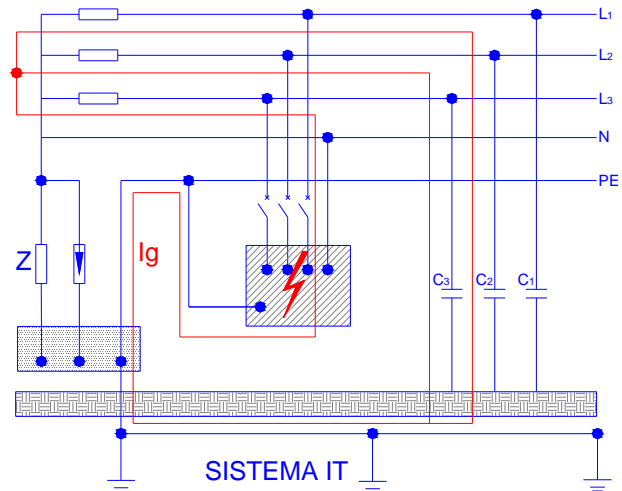
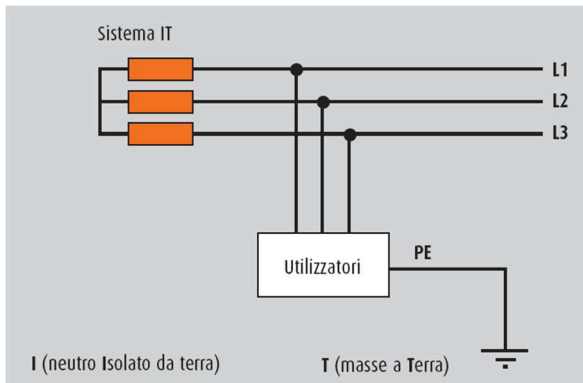
Sistema TT. Il neutro è collegato direttamente a terra mentre le masse sono collegate ad un impianto di terra locale indipendente da quello del neutro.

- **Sistema TN:** neutro a terra con le masse collegate direttamente al neutro (TN-C - il neutro, fungendo anche da conduttore di protezione, non deve essere sezionabile e deve avere sezione rispondente alle normative sugli impianti di terra) oppure tramite il conduttore di protezione (TN-S - le norme richiedono il sezionamento del neutro solo nei circuiti a due conduttori fase-neutro aventi a monte un dispositivo di interruzione unipolare come ad esempio un fusibile. In ogni modo il sezionamento del neutro non è vietato negli altri casi).



Sistema TN. Il neutro è collegato direttamente a terra. Le masse sono collegate al conduttore di neutro direttamente (TN-C) o tramite un conduttore di protezione (TN-S). Se il conduttore di neutro funge anche da conduttore di protezione prende il nome di PEN.

- **Sistema IT**: il neutro è isolato o collegato a terra tramite impedenza mentre le masse sono collegate ad una terra locale (il neutro deve essere sempre sezionabile). Il principale vantaggio di questo sistema è la continuità del servizio perché al primo guasto a terra la corrente che si richiude attraverso le capacità parassite dei conduttori verso terra è molto piccola e quindi non necessita di essere interrotta. Questo è un sistema utilizzato per impianti con particolari esigenze di continuità di esercizio purché vi sia un collegamento a un unico impianto di terra delle parti metalliche da proteggere, la tensione sulle masse non superi i 25 V nel caso di primo guasto a terra, il tempo di intervento del dispositivo di protezione non superi i 5s quando si verifica il secondo guasto a terra e vi sia un dispositivo di controllo continuo dell'isolamento delle parti attive verso terra.



5.4 Classificazione dei componenti e degli apparecchi elettrici

In relazione al sistema di protezione adottato contro i contatti diretti i componenti elettrici si suddividono nelle seguenti classi:

- **Componenti di Classe 0:** sono dotati soltanto di isolamento principale e l'involucro metallico è sprovvisto di morsetto per il collegamento di messa a terra. Devono essere allacciati solo a sistemi di categoria 0 o a sistemi di categoria I isolati da terra (separazione elettrica) o installati in locali isolanti e non possono essere installati negli impianti per edifici civili o similari;
- **Componenti di Classe I:** sono provvisti di isolamento principale e gli involucri sono muniti di morsetto per la messa a terra. Sono utilizzabili in tutti i sistemi (TN, TT, IT) di categoria 0 e I;
- **Componenti di Classe II:** sono provvisti di isolamento supplementare e sono privi di morsetto di messa a terra. La messa a terra non è necessaria (potrebbe addirittura essere controproducente per la sicurezza) poiché gli eventuali involucri metallici esterni sono separati dalle parti attive interne da un isolamento doppio o rinforzato. Sono impiegati, solo nei sistemi elettrici di I categoria, in alternativa a quelli di classe I quando non sia possibile attuare il collegamento a terra delle masse o quando si ritenga poco sicuro tale collegamento;
- **Componenti di Classe III:** le parti in tensione possono essere scoperte poiché la protezione contro i contatti indiretti è assicurata dal tipo di alimentazione a bassissima tensione di sicurezza. Non sono dotati di morsetto per la messa a terra.
- **Gradi di protezione IP (Index Protection)**

5.4.1 Gradi di protezione IP (Index Protection)

Secondo la Norma CEI 70-1 (Norma italiana che corrisponde all'EN 60529) viene di seguito descritto il grado di protezione dell'involucro di apparecchiature elettriche con tensione nominale non superiore a 72.5kV.

Questa norma permette di indicare, attraverso il codice IP, il livello di protezione degli involucri per materiale elettrico, contro l'accesso a parti pericolose interne all'involucro e contro la penetrazione di corpi solidi estranei e dell'acqua. Questa norma non considera la protezione contro i rischi d'esplosione o contro situazioni ambientali come l'umidità, i vapori corrosivi, le muffe o gli insetti. In ogni caso, il grado di protezione IP dichiarato deve essere garantito nella "condizione ordinaria di servizio degli apparecchi".

La codifica, istituita dalla norma EN60529 e recepita dalla norma del Comitato Elettrotecnico Italiano CEI 70-1, è la seguente:

IPXXAB

Le lettere IP del codice sono seguite da due cifre indipendenti e talvolta da lettere. Nel caso in cui il grado di protezione corrispondente a una delle cifre non sia precisato (perché non sia necessario o perché non sia conosciuto) è sostituito con una X.

- La **prima cifra** caratteristica, da 0 a 6 o lettera X, indica il grado di protezione contro il contatto di corpi solidi esterni e contro l'accesso a parti pericolose;
- La **seconda cifra** caratteristica, da 0 a 8 o lettera X, indica il grado di protezione contro la penetrazione di liquidi;
- Eventuale lettera **addizionale**, lettera A B C D, è utilizzata solo se: la protezione effettiva contro l'accesso a parti pericolose è superiore a quella indicata dalla prima cifra; è indicata solo la protezione contro l'accesso a parti pericolose e la prima cifra è quindi sostituita da una X. Ha lo scopo di designare il livello di inaccessibilità dell'involucro alle dita o alla mano, oppure ad oggetti impugnati da una persona.
- Eventuale lettera **supplementare**, lettera H M S W, le lettere supplementari sono utilizzate per fornire ulteriori informazioni particolari, relative al materiale. Possono essere poste dopo la seconda cifra caratteristica o dopo la lettera addizionale.

Il grado IP può essere indicato esclusivamente con le due cifre caratteristiche, più l'eventuale lettera addizionale, per indicare il grado di protezione per le persone contro l'accesso alle parti in tensione, e lettera supplementare, per fornire ulteriori delucidazioni specifiche di prodotto.

Il grado di protezione IP deve sempre essere letto cifra per cifra e non globalmente.


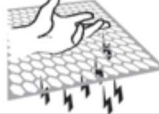
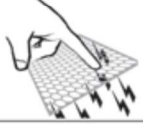
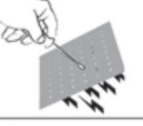
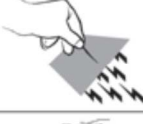


Un involucro designato con un determinato grado di protezione comporta la conformità anche ai gradi di protezione più bassi (eccezion fatta per la seconda cifra caratteristica 7 e 8 che non comportano la soddisfazione dei requisiti previsti per le cifre 5 o 6 salvo che riporti la doppia marcatura es. IPX6/IPX7).

Per esempio un involucro con grado di protezione IP31 è adatto in un ambiente che esige un grado di protezione minimo IP21 dove non può essere utilizzato, invece, un apparecchio con involucro con grado di protezione IP30.

La prima e la seconda cifra caratteristica sono obbligatorie. Nel caso in cui il grado di protezione corrispondente a una delle cifre non sia precisato (perché non necessario o perché non conosciuto), è sostituito con una X. La lettera addizionale e la lettera supplementare sono opzionali e quindi possono essere omesse senza essere sostituite. Se un involucro fornisce differenti gradi di protezione per diverse soluzioni installative, il costruttore deve indicare nelle istruzioni i gradi di protezione corrispondenti alle diverse soluzioni installative. I gradi di protezione indicati dai costruttori sono validi alle condizioni previste dai cataloghi. Soltanto il montaggio, l'installazione e la manutenzione effettuati secondo la regola dell'arte garantiscono il mantenimento del grado di protezione originale. In considerazione del fatto che la presenza d'acqua sulle apparecchiature e sulle canalizzazioni è comunque di effetto negativo (penetrazione, effetti corrosivi ecc.), è comunque opportuno che le apparecchiature installate all'esterno siano corredate di un tettuccio di protezione eventualmente integrato da schermi laterali.

Prima cifra caratteristica

La prima cifra indica simultaneamente la protezione dei materiali contro la penetrazione di corpi solidi estranei compresa la polvere, e la protezione delle persone contro il contatto con parti pericolose (vedi anche "lettera addizionale").

IP		protezione del materiale	protezione delle persone	note
0X		nessuna protezione		
1X		protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm	protezione contro l'accesso con il dorso della mano	Non devono poter penetrare completamente parti del corpo umano, per esempio una mano, o corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm di diametro. (1)
2X		protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12,5 mm	protezione contro l'accesso con un dito	Non devono poter penetrare completamente le dita od oggetti analoghi di lunghezza non eccedente gli 80 mm o corpi solidi di diametro superiore a 12,5 mm. (1)
3X		protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2,5 mm	protezione contro l'accesso con un attrezzo	Non devono poter penetrare fili di diametro o spessore superiore a 2,5 mm o corpi solidi (es. arnesi) di diametro superiore a 2,5 mm.
4X		protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1 mm	protezione contro l'accesso con un filo	Non devono poter penetrare fili o piattine di diametro o spessore superiore a 1 mm o corpi solidi (es. arnesi sottili) di diametro superiore a 1 mm.
5X		protetto contro le polveri (nessun deposito nocivo)	protezione contro l'accesso con un filo	La penetrazione di polvere non è totalmente esclusa, ma il quantitativo penetrato non è tale e non è in posizioni tali per cui possa nuocere al buon funzionamento del materiale.
6X		totalmente protetto contro le polveri	protezione contro l'accesso con un filo	Non è ammessa alcuna penetrazione di polvere.

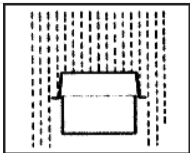
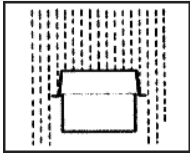
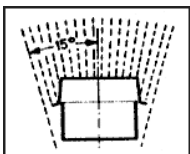
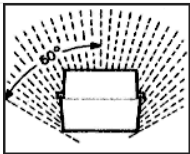
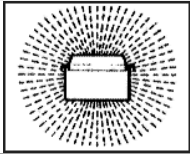
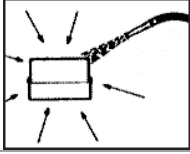
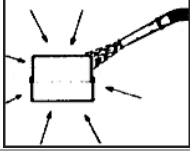
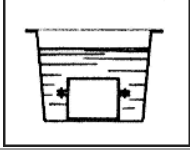
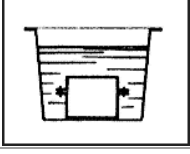
Osservazioni: la frase "non devono penetrare completamente" (1) significa che l'intero diametro del corpo solido (calibro-oggetto) non può passare completamente attraverso aperture dell'involucro e deve mantenere una distanza adeguata da parti pericolose

Considerazioni

La protezione IP1X è ammessa solo per apparecchi destinati a essere protetti da un involucro oppure installati in luoghi chiusi a chiave e accessibili soltanto a persone addestrate. Le protezioni IP2X e IP3X sono ammesse per componenti installati in luoghi accessibili alle persone non addestrate negli ambienti ordinari che si caratterizzano per la presenza di piccoli oggetti. La protezione IP4X, che rappresenta il massimo grado di protezione contro l'ingresso di corpi solidi, è usata quando si prevede la presenza di fili, trucioli, limature o altro. La protezione IP5X è idonea in ambienti occasionalmente polverosi come ad esempio strade non asfaltate, stabilimenti siderurgici etc. Infine, la protezione IP6X è adatta ad ambienti permanentemente polverosi come ad esempio cementifici o depositi di sostanze polverulente.

Seconda cifra caratteristica

La seconda cifra indica la protezione dei materiali contro la penetrazione dannosa di acqua. Le prove sono effettuate con acqua dolce senza agenti tensioattivi.

IP		Protezione del Materiale	Note
X0		Nessuna protezione	
X1		Protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua	Le gocce d'acqua che cadono verticalmente non devono causare effetti dannosi.
X2		Protetto contro le cadute di gocce d'acqua con inclinazione max di 15°.	Le gocce d'acqua che cadono verticalmente non devono causare effetti dannosi quando l'involucro è inclinato di qualsiasi angolo sino a 15° rispetto alla sua posizione originaria.
X3		Protetto contro la pioggia con caduta fino a 60° di inclinazione.	L'acqua che cade a pioggia, con una direzione facente con la verticale un angolo di 60°, non deve provocare effetti dannosi.
X4		Protetto contro gli spruzzi d'acqua.	L'acqua spruzzata sull'involucro, da tutte le direzioni, non deve provocare effetti dannosi.
X5		Protetto contro i getti d'acqua.	L'acqua proiettata con un ugello sull'involucro, da tutte le direzioni, non deve provocare effetti dannosi.
X6		Protetto contro le ondate ed i getti d'acqua potenti.	Nel caso di ondate o di getti potenti, l'acqua non deve penetrare negli involucri in quantità dannosa (es. moli o impianti di lavaggio auto)..
X7		Protetto contro gli effetti dell'immersione temporanea.	Non deve essere possibile la penetrazione d'acqua in quantità dannosa all'interno dell'involucro immerso in condizioni determinate di pressione e durata.
X8		Protetto contro gli effetti della sommersione (1).	Il materiale è idoneo ad essere sommerso in acqua nelle condizioni specificate dal costruttore (es. pompe sommerse o fari subacquei).

Osservazioni: la cifra IPX8 (1) deve essere integrata con la massima profondità dichiarata dal costruttore.

Lettera addizionale (protezione delle persone)

Le lettere addizionali sono utilizzate qualora la protezione delle persone, contro il contatto con parti pericolose, sia superiore a quella dell'ingresso dei corpi solidi espressa dalla prima cifra caratteristica. In altre parole, l'eventuale lettera addizionale indica che la protezione assicurata da un involucro contro l'accesso a parti pericolose è migliore di quello indicato nella prima cifra. Questa protezione superiore può essere fornita, ad esempio, da barriere, da aperture di forma adeguata o da distanze interne all'involucro.

La lettera addizionale è utilizzata solo se:

- la protezione effettiva contro l'accesso a parti pericolose è superiore a quella indicata dalla prima cifra;
- è indicata solo la protezione contro l'accesso a parti pericolose e la prima cifra viene quindi sostituita da una X.

lett.	Protezione delle persone	note
A	Protezione contro l'accesso a parti pericolose con il dorso della mano	Non devono poter penetrare parti del corpo umano, per esempio una mano, o corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm di diametro e deve essere mantenuta una adeguata distanza da parti pericolose.
B	Protezione contro l'accesso a parti pericolose con un dito	Non devono poter penetrare le dita od oggetti analoghi di lunghezza non eccedente gli 80 mm o corpi solidi di diametro superiore a 12 mm e deve essere mantenuta una adeguata distanza da parti pericolose.
C	Protezione contro l'accesso a parti pericolose con un attrezzo	Non devono poter penetrare fili di diametro o spessore superiore a 2,5 mm o corpi solidi di diametro superiore a 2,5 mm e deve essere mantenuta una adeguata distanza da parti pericolose.
D	Protezione contro l'accesso a parti pericolose con un filo	Non devono poter penetrare fili o piattine di diametro o spessore superiore a 1 mm o corpi solidi di diametro superiore a 1 mm e deve essere mantenuta una adeguata distanza da parti pericolose.

Lettera supplementare (protezione del materiale)

Le lettere supplementari sono utilizzate per fornire ulteriori informazioni particolari, relative al materiale. Possono essere poste dopo la seconda cifra caratteristica o dopo la lettera addizionale.

lett.	protezione del materiale	note
H	apparecchiature ad alta tensione	Indica che l'involucro è destinato a contenere apparecchiature alimentate con tensione da 1 a 75 kV.
M	provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso dell'acqua con apparecchiatura in moto	Sono utilizzate ad esempio per le macchine rotanti per indicare che sono state provate con il rotore in Movimento o Senza movimento. La loro assenza indica che il grado di protezione non dipende dal fatto che parti dell'apparecchiatura siano in moto o meno.
S	provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso dell'acqua con apparecchiatura non in moto	
W	adatto all'uso in condizioni atmosferiche specificate	Indica una protezione contro le intemperie verificata mediante metodi diversi da quelli utilizzati per la seconda cifra caratteristica, difficili da applicare a materiali di grandi dimensioni.

5.4.2 Grado di protezione IK

Il codice IK, ancora poco usato, è diverso dal codice IP. Quest'ultimo indica il grado di protezione degli involucri dall'ingresso di corpi estranei, solidi e liquidi. L'IK indica invece la resistenza di un involucro agli urti.

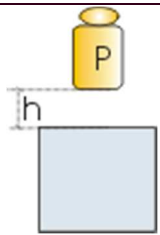
La norma CEI-EN 50102 definisce un sistema di codifica, il codice IK, per indicare i gradi di protezione assicurati da un involucro di protezione del materiale elettrico contro gli impatti meccanici esterni. La norma prevede la verifica dell'integrità dell'involucro a seguito dell'applicazione di urti per mezzo di martello a pendolo, martello a molla o martello verticale.

La norma d'installazione IEC 60-364 indica la corrispondenza tra i diversi gradi di protezione e la classificazione delle condizioni ambientali per la scelta dei prodotti, in funzione delle influenze esterne.

Il codice IK è composto da due cifre caratteristiche (esempio: IK05).

Nella tabella che segue, è indicata la codifica stabilita secondo le modalità di prova indicate nelle Norme EN 50102 (CEI 70-3) ed EN 60068-2-75 (CEI 104-1). Esso indica in pratica l'energia di impatto, **E**, alla quale l'involucro resiste.

La prova si svolge facendo cadere un peso **P** da un'altezza **h**, come indicato in tabella. L'energia in joule si trova, (approssimando un newton, unità di misura della forza nel sistema MKSA, con un ettogrammo) applicando la formula $E=0,1 P h$ con **P** in kg ed **h** in cm.

Codice IK			
	P (kg)	h (cm)	E (J)
00	Nessuna protezione		
01	0,25	5,6	0,15
02	0,25	8	0,20
03	0,25	14	0,35
04	0,25	20	0,5
05	0,25	28	0,7
06	0,25	40	1
07	0,5	40	2
08	1,7	30	5
09	5	20	10
10	5	40	20