

Gli aspetti fondamentali della sicurezza

Prima di addentrarci nelle modalità effettive di progettazione, è bene comprendere i principi di base che permettono di definire le misure di protezione e sicurezza che l'impianto dovrà avere quando entrerà in esercizio.

Come abbiamo detto, la sicurezza è una caratteristica fondamentale che l'impianto elettrico deve possedere, sia nel suo funzionamento ordinario – intesa come condizione per cui è stato dimensionato – sia nel momento in cui sia sottoposto a situazioni anomale di funzionamento. Con questo non intendiamo dire che l'impianto dovrà comunque funzionare anche se le condizioni differiscono da quelle per cui è stato progettato e messo in opera ma piuttosto che, per qualsiasi situazione critica che si possa verificare, l'impianto non subirà danni ai propri componenti, e non provocherà situazioni pericolose per l'utente.

Per ottenere questo fine dobbiamo dotare l'impianto elettrico di sufficienti dispositivi e impianti, che intervengano per qualsiasi tipo di guasto o errore d'uso dell'operatore. Questo, oltre che garantire la sicurezza, ovviamente garantirà anche un tempo di vita congruo dell'impianto, proteggendone le parti fondamentali che lo costituiscono. Diversamente si causerebbero, oltre al pericolo, guasti e malfunzionamenti frequenti.

L'uso di questi sistemi di protezione è obbligatorio, ed è disciplinato dalle norme e leggi del settore elettrico.

Vediamo quali sono le prescrizioni fondamentali e in quali norme sono contenute.

Per farci un'idea di quante e quali norme disciplinano il settore degli impianti elettrici in appendice è riportato un elenco di queste piuttosto esaustivo. Come si può vedere in questo prospetto alcune norme abbracciano e disciplinano moltissimi aspetti, mentre alcune sono particolarmente settoriali e per campi specifici.

Le principali norme su cui ci baseremo ora sono elencate nel capitolo successivo.

6.1. Le norme del settore elettrico

Come abbiamo detto la regola dell'arte è ottenibile con l'applicazione corretta delle norme CEI.

Le seguenti sono alcune fra le più ricorrenti.

Norma CEI 0-2 – Anno 2002 – Edizione Seconda

Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici

Norma CEI 11-1 – Anno 1999 – Edizione Nona + EC 1

Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata

Norma CEI 11-1;V1/EC – Anno 2001

Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata

Norma CEI 11-17 – Anno 2006 – Edizione Terza

Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo.

Norma CEI 17-13

Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri elettrici per bassa tensione)

Norma CEI-UNEL 35024/1 – Class. CEI 20 – Anno 1997

Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria

Norma CEI-UNEL 35024/2 – Class. CEI 20 – Anno 1997

Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

Portate di corrente in regime permanente per posa in aria

Norma CEI-UNEL 35024/1; Ec – Class. CEI 20 – Anno 1998

Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

Portate di corrente in regime permanente per posa in aria

Norma CEI-UNEL 35026 – Class. CEI 20 – Anno 2000 – Edizione Seconda

Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua.

Portate di corrente in regime permanente per posa interrata

Norma CEI-UNEL 35753 – Class. CEI 20 – Anno 2004 – Edizione Terza

Cavi per energia isolati con polivinilcloruro non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di alogeni – Cavi unipolari senza guaina con conduttori rigidi

Tensione nominale U_0/U : 450/750 V

Norma CEI 23-51 – Anno 2004 – Edizione Seconda

Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare

Norma CEI 31-30 – Anno 2004 – Edizione Seconda

Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas

Parte 10: Classificazione dei luoghi pericolosi

Norma CEI 31-33 – Anno 2004 – Edizione Seconda

Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas

Parte 14: Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas (diversi dalle miniere)

Norma CEI 31-35 – Anno 2007 – Edizione Terza

Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas

Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30)

Classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili

Norma CEI 31-67 – Anno 2006 – Edizione Prima

Costruzioni elettriche destinate ad essere utilizzate in presenza di polveri combustibili

Parte 14: Scelta ed installazione

Norma CEI 64-8 – Anno 2007 – Edizione Sesta

Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua

Parte 1: *Oggetto, scopo e principi fondamentali*

Parte 2: *Definizioni*

Parte 3: *Caratteristiche generali*

Parte 4: *Prescrizioni per la sicurezza*

Parte 5: *Scelta ed installazione dei componenti elettrici*

Parte 6: *Verifiche*

Parte 7: *Ambienti ed applicazioni particolari*

Norma CEI 81-3 – CT 81 – Anno 1999 – Edizione Terza

Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico

Norma CEI 81-10 – Anno 2006 – Edizione Prima

Protezione contro i fulmini

Parte 1: *Principi generali*

Parte 2: *Valutazione del rischio*

Parte 3: *Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone*

Parte 4: *Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture*

Dalla lettura dei titoli, possiamo farci una idea degli argomenti trattati. La norma CEI 0-2 è la norma che stiamo trattando per la definizione dei documenti progettuali.

La seconda norma che prenderemo in considerazione è la CEI 64-8. Questa norma può essere considerata la norma fondamentale per la realizzazione degli impianti elettrici in bassa tensione. Si tratta di un documento piuttosto corposo, diviso in sette fascicoli.

Qui sono contenute le principali prescrizioni per la sicurezza, inoltre disciplina un vasto numero di applicazioni e ambienti particolari.

Prenderemo in considerazione in modo piuttosto approfondito l'aspetto tecnico e prescrittivo contenuto nelle diverse parti della norma.

Da notare che nella premessa la norma dice: *“La presente norma CEI 64-8 fissa i criteri di esecuzione di un impianto elettrico utilizzatore di bassa tensione per potere rispondere ai requisiti di regola dell'arte come espressamente richiesta dalla Legge n. 186/1968 e dalla Legge n. 46/1990 sulla sicurezza degli impianti tecnici”*.

N.B. Il D.M. n. 37/2008, che sostituisce la Legge n. 46/1990 è di pubblicazione successiva alla CEI 64-8 sesta edizione.

Nel primo fascicolo al capitolo 12 **“Scopo”** la CEI 64-8 recita: *“La presente norma contiene le prescrizioni riguardanti il progetto, la messa in opera e la verifica degli impianti elettrici aventi lo scopo di assicurare sicurezza ed un funzionamento adatto all'uso previsto”*.

È quindi essenziale, prima di proseguire, puntualizzare gli aspetti che la norma ritiene fondamentali ai fini della sicurezza degli impianti che progetteremo. Queste prescrizioni saranno di carattere essenziale per qualsiasi impianto. Nella relazione tecnica che accompagnerà il progetto dovranno, quindi, essere scelti e documentati i sistemi adottati e ritenuti ido-

nei, fra quelli applicabili per la singola protezione e quindi fornire le indicazioni e prescrizioni per le opere da realizzare.

Bisogna tener presente che per ambienti ed applicazioni particolari (a normativa speciale), le prescrizioni generali potranno essere integrate, modificate o sostituite da regole più pertinenti o più idonee per la specificità d'uso dell'impianto. Di questo tratteremo in modo più ampio quando prenderemo visione di queste tipologie di luoghi, che come vedremo sono ambienti ed applicazioni piuttosto frequenti.

Le seguenti protezioni sono quelle ritenute essenziali per qualsiasi impianto.

Protezione contro i contatti diretti

Si intende con contatto diretto, il contatto con parti attive (in tensione) dell'impianto. Questo può essere ad esempio il contatto con una parte di un cavo privo di isolante nel punto di collegamento con un morsetto di connessione, o comunque qualsiasi punto in tensione, sia per casi fortuiti, sia per la meccanica costruttiva.

Protezione contro i contatti indiretti

Per contatto indiretto si intende il contatto con una parte metallica che normalmente non è in tensione, come ad esempio la carcassa metallica di una macchina elettrica, ma che per motivi causati da un guasto o dal cedimento dell'isolamento, potrebbe raggiungere un potenziale pericoloso.

Protezione contro gli effetti termici

In questo caso la norma prescrive che l'impianto sia realizzato in modo tale da garantire che non sia causa di innesco di materiali infiammabili, causato dal raggiungimento di elevate temperature di qualche punto dell'impianto stesso, o che non si producano archi elettrici, o che non ci sia inoltre il rischio di ustione per le persone.

Protezione contro le sovracorrenti e le correnti di guasto

Si prevede di proteggere le persone e le cose da sovracorrenti. Queste sono correnti più elevate rispetto alla portata in regime ordinario di una conduttura, e di conseguenza producono aumenti della temperatura e sollecitazioni meccaniche pericolose.

Protezioni contro le sovratensioni

Bisogna provvedere alla protezione delle persone e delle cose da sovratensioni, intese come tensioni più elevate di quelle ordinarie per quel circuito, che possono essere causate da impianti a tensioni maggiori, per possibili contatti di parti attive di impianti a tensioni differenti. (es impianto elettrico ed impianto telefonico). Altre possibili cause di sovratensione, sono quelle dovute a fenomeni atmosferici, come ad esempio il fulmine, oppure dovute ad azioni di manovra di alcuni componenti elettrici di potenza.

Protezione contro gli abbassamenti di tensione

Si dovrà evitare che un abbassamento, o la mancanza momentanea di tensione, o il suo successivo ripristino, possa essere fonte di pericolo per le persone.

□ 6.2. Contatti diretti

La protezione ai contatti diretti ha fundamentalmente l'obiettivo di proteggere le persone dai pericoli che possono derivare dal contattato con qualsiasi parte attiva (in tensione), dell'impianto. Ricordiamo che per parte attiva la norma intende qualsiasi parte che possa

dar luogo ad una corrente pericolosa. Fra le parti ritenute pericolose è compreso anche il conduttore di neutro, mentre per convenzione non è considerato allo stesso modo il conduttore che svolge la funzione contemporanea di protezione e di neutro, il conduttore PEN. Il pericolo del contatto diretto è in questo caso rivolto solo verso le persone. Il contatto diretto può dare luogo a folgorazioni, ustioni o bruciature.

Per ottenere la protezione necessaria si possono adottare due soluzioni.

La prima è far in modo che la corrente non possa passare attraverso il corpo, impedendo che il contatto possa avvenire.

La seconda soluzione è fare in modo che l'eventuale corrente che possa comunque percorrere accidentalmente il corpo, sia di valore limitato e in ogni caso inferiore a quello che possa determinare situazioni di vero pericolo.

In un impianto elettrico possono essere utilizzate una o più misure che ottengano gli obiettivi di cui sopra, adottate per l'intero impianto o per una porzione di esso. L'uso combinato di più protezioni non deve compromettere o influenzare fra loro le misure adottate.

Nel caso una protezione non sia ritenuta sufficiente si potranno utilizzare soluzioni supplementari.

Vediamo più in dettaglio quali misure possono essere utilizzate in un impianto. La sequenza con cui sono esposte non indica alcuna preferenza o priorità.

Protezione mediante isolamento delle parti attive

Questa soluzione richiede che le parti attive siano ricoperte da un isolamento non rimovibile se non con la distruzione dello stesso. Se tale isolamento è posto dal fabbricante del componente, la costruzione deve essere conforme alle norme del relativo settore. Un esempio dell'uso di questa protezione può essere l'isolamento realizzato sui cavi elettrici. L'installazione del componente deve essere ovviamente confacente all'uso previsto, ed inoltre la condizione di posa non deve compromettere, a causa di sollecitazioni meccaniche esterne, il grado di isolamento del componente. Nel corso dell'installazione quindi verranno utilizzati sistemi di posa atti a proteggere i componenti, come ad esempio l'uso di canali per l'alloggiamento dei cavi. Se la realizzazione dell'isolamento è effettuata durante l'installazione, allora deve essere tale che la proprietà di isolamento ottenuta possa essere confermata, in qualità e sicurezza, con prove che la paragonino per efficienza ai componenti realizzati in fabbrica. Il grado di isolamento utilizzato deve essere efficace, pertanto non sono idonee soluzioni realizzate mediante vernici, lacche o smalti.

Questo sistema di protezione è considerato una protezione totale.

Un'altra soluzione considerata totale è ottenibile mediante l'uso di barriere ed involucri.

La norma definisce **involucro** come: *parte che assicura la protezione di un componente elettrico contro i contatti diretti, verso determinati agenti esterni che possano intervenire da qualsiasi direzione*. Mentre la definizione di **barriera** è: *parte che assicura la protezione dai contatti diretti che agiscono nelle direzioni abituali di accesso*.

Quindi sostanzialmente la differenza consiste nella diversa inaccessibilità al componente, o da tutte le direzioni o solamente dalla direzione generalmente usata per l'accesso o la manovra del componente.

Il livello o grado di protezione ottenuto da un involucro o da una barriera è identificato con le lettere IP (International protection, che definiscono in ambito internazionale i gradi di protezione), seguite da un gruppo di due cifre, e opzionalmente da due lettere con il significato riportato in tabella XII.

La prima cifra indica la protezione alla penetrazione di corpi solidi estranei nell'involucro, la seconda indica il grado di protezione che l'involucro presenta alla penetrazione di liquidi, mentre la terza (a volte omessa), precisa la protezione ai contatti diretti quando le cifre precedenti sono sostituite da una X, essendo l'elemento che queste rappresentano non essenziale al contesto considerato. In sostanza, noi possiamo ad esempio indicare la caratteristica come IP2X in quanto, nel caso specifico, il nostro interesse è riferito ai corpi solidi (es. ambiente polveroso), mentre, la protezione determinata dalla seconda cifra corrispondente alla penetrazione di liquidi, non è influente nell'uso specifico, e può quindi assumere un qualsiasi valore. Un altro esempio potrebbe essere riferito ad una lampada da immergere in una piscina. In questo caso la prevalenza della protezione è riferita alla seconda cifra, la penetrazione di liquidi, mentre la prima è ininfluente ai nostri fini. È comunque evidente che una lampada che possa essere immersa nell'acqua avrà anche un elevato grado di protezione alla penetrazione di corpi solidi, ma in talune circostanze non è essenziale precisarlo.

Vediamo ora il significato più preciso che la norma intende per protezione. Per capire questo dobbiamo definire alcuni componenti meccanici di prova. Il primo è il **dito di prova**. Questo apparecchio è un dito artificiale con dimensioni di 12 mm di diametro e 80 millimetri di lunghezza, dotato di una sorta di articolazioni che richiamano il dito umano. La seconda è riferita ad una sfera, ne esistono di due diametri, una da 50 mm l'altra di 12,5 mm. Il terzo è il **filo di prova**. Questo è un cilindretto di lunghezza pari a 100 mm, anche in questo caso si tratta di due differenti strumenti, uno di diametro pari a 2,5 mm e l'altro di 1 mm. Questi tre strumenti servono alla simulazione di penetrazione negli involucri, applicando ad essi una determinata forza di spinta nella direzione della penetrazione, per certificarne il grado IP.

Utilizzando le indicazioni ulteriori date dalle lettere opzionali, la protezione contro i contatti indiretti potrebbe essere indicata indifferentemente come IP2X o IPXXB, seguite da altre caratteristiche eventualmente necessarie.

Quindi per ottenere la protezione mediante involucri o barriere è necessario che il grado di protezione minimo sia IPXXB. Nelle superfici orizzontali è invece necessario elevare il livello di protezione a IP XXD. In alcuni casi, come per portalampade o fusibili sono ammesse aperture maggiori quando l'elemento, lampada o fusibile, sia tolto. Nel caso di barriere realizzate in opera dall'installatore, la barriera deve distare dalle parti attive almeno 40 mm.

Gli involucri o le barriere devono essere saldamente fissati, e deve essere garantita una stabilità nel tempo, affinché il grado di protezione possa essere conservato. Non è necessario che l'involucro o la barriera sia fissata con l'uso di viti o sistemi analoghi, l'importante è che la rimozione del coperchio richieda uno sforzo non abitualmente esercitato. La forza da esercitare dovrebbe essere considerata superiore a 40 N. Qualora sia necessaria la rimozione delle barriere o degli involucri, questa deve poter essere eseguita solo con l'uso di attrezzi o con l'apertura di serrature a chiave, oppure dopo l'interruzione dell'alimentazione elettrica, la quale potrà essere ripristinata solo dopo la richiusura dell'involucro o il ripristino della barriera, oppure ancora, il componente deve essere protetto da una barriera intermedia che abbia un grado di protezione IPXXB.

Ulteriori misure, non però considerate totali, sono ottenute mediante **ostacoli** o **distanziamento**. Un ostacolo è definito dalla norma come: elemento inteso a prevenire un contatto diretto involontario con le parti attive, ma non ad impedire il contatto intenzionale. Lo scopo è quindi di evitare che involontariamente o per errata manovra si entri in contatto con parti attive. La rimozione degli ostacoli può essere realizzabile senza l'uso di attrezzi o chiavi, però non in modo accidentale.

Queste misure sono utilizzabili esclusivamente in luoghi accessibili a persone addestrate, a patto che siano soddisfatte condizioni aggiuntive. Da notare che la norma definisce persona addestrata come: persona avente competenza tecnica o esperienza (in tal caso è considerata persona esperta), o che abbia ricevuto istruzioni specifiche sufficienti per permetterle di prevenire i pericoli dell'elettricità, in relazione a determinate operazioni condotte in condizioni specificate (persona avvertita).

Protezione aggiuntiva mediante interruttore differenziale

L'uso di interruttori differenziali con corrente di intervento inferiore o uguale a 30 mA, è riconosciuto dalla norma come protezione aggiuntiva anche a protezione dei contatti diretti, nel caso in cui le protezioni specifiche non si siano rese sufficienti a causa di anomalie o imperizia dell'operatore.

Tab. XII. Definizione dei gradi di protezione (IP)

Descrizione		
Protezione contro il contatto di corpi solidi esterni e contro l'accesso a parti pericolose		
1ª Cifra	Protezione del materiale	Protezione delle persone
0	Nessuna protezione	
1	Protezione da oggetti solidi maggiori di 50 mm	Protetto contro l'accesso con il dorso della mano
2	Protezione da oggetti solidi maggiori di 12 mm	Protetto contro l'accesso con un dito
3	Protezione da oggetti solidi maggiori di 2.5 mm	Protetto contro l'accesso con un attrezzo
4	Protezione da oggetti solidi maggiori di 1 mm	Protetto contro l'accesso con un filo
5	Protezione da polveri	Protetto contro l'accesso con un filo
6	Protezione forte da polveri	Protetto contro l'accesso con un filo
Descrizione		
Protezione contro la penetrazione dei liquidi		
2ª Cifra	Protezione del materiale	Protezione delle persone
0	Nessuna protezione	
1	Protezione da gocce d'acqua	
2	Protezione da gocce d'acqua deviate fino a 15°	
3	Protezione contro la pioggia	
4	Protezione da spruzzi d'acqua	
5	Protezione da getti d'acqua	
6	Protezione da getti forti d'acqua	
7	Protezione contro l'immersione temporanea	
8	Protezione contro l'immersione continua	
Descrizione		
Lettera aggiunta (opzionale)¹		
1ª Lettera	Protezione del materiale	Protezione delle persone
A		Protetto contro l'accesso con il dorso della mano
B		Protetto contro l'accesso con un dito

(segue)

1 ^a Lettera	Protezione del materiale	Protezione delle persone
C		Protetto contro l'accesso con un attrezzo
D		Protetto contro l'accesso con un filo
	Descrizione	
Lettera supplementare (opzionale)		
2 ^a Lettera	Protezione del materiale	Protezione delle persone
H	Apparecchiature ad alta tensione	
M	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso dell'acqua con apparecchiatura in moto	
S	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso dell'acqua con apparecchiatura non in moto	
W	Adatto all'uso in condizioni atmosferiche specificate	
¹ Utilizzata solo se: <ul style="list-style-type: none"> - la protezione effettiva contro l'accesso a parti pericolose è superiore a quella indicata dalla prima cifra; - oppure è indicata solo la protezione contro l'accesso a parti pericolose e la prima cifra viene quindi sostituita da una x. 		

□ 6.3. Impianto di messa a terra

Uno dei principali sistemi di sicurezza, presente in tutti gli impianti, è l'impianto di messa a terra che contribuisce principalmente alla protezione dai contatti indiretti ed in parte ai contatti diretti.

Vediamo di comprenderne gli elementi e la funzione, così come indicati dalla CEI 64-8.

Innanzitutto diciamo che il terreno (terra) agisce come un conduttore a potenziale convenzionalmente uguale a zero in ogni suo punto.

Se inseriamo nel terreno un corpo conduttore in intimo contatto con la terra, otterremo un "**Dispersore**" elettrico. Questo dispersore si troverà anch'esso a potenziale zero, come la terra a cui è connesso.

Alcuni componenti elettrici sono composti, oltre che da **parti attive**, definite come "conduttore o parte conduttrice in tensione nel funzionamento ordinario", anche da **masse**. Una massa è una parte del componente che non è in tensione nel funzionamento ordinario. Potrebbe però diventarlo in caso di guasto.

Ad esempio la carcassa metallica di un motore, a causa di un cedimento dell'isolamento, potrebbe entrare in contatto con una parte attiva.

Tutte queste masse presenti nell'impianto elettrico devono essere collegate a terra. Questo fa sì che le masse metalliche siano portate al potenziale zero di terra.

L'impianto di messa a terra è sommariamente composto dagli elementi indicati in figura XIII, così come indicato dalla norma.

L'impianto dovrà essere unico per tutta la struttura, sia per la connessione delle masse dell'impianto, sia per il collegamento a terra delle protezioni da scariche atmosferiche, sia per altri componenti dell'impianto elettrico, come ad esempio gli scaricatori di sovratensioni.

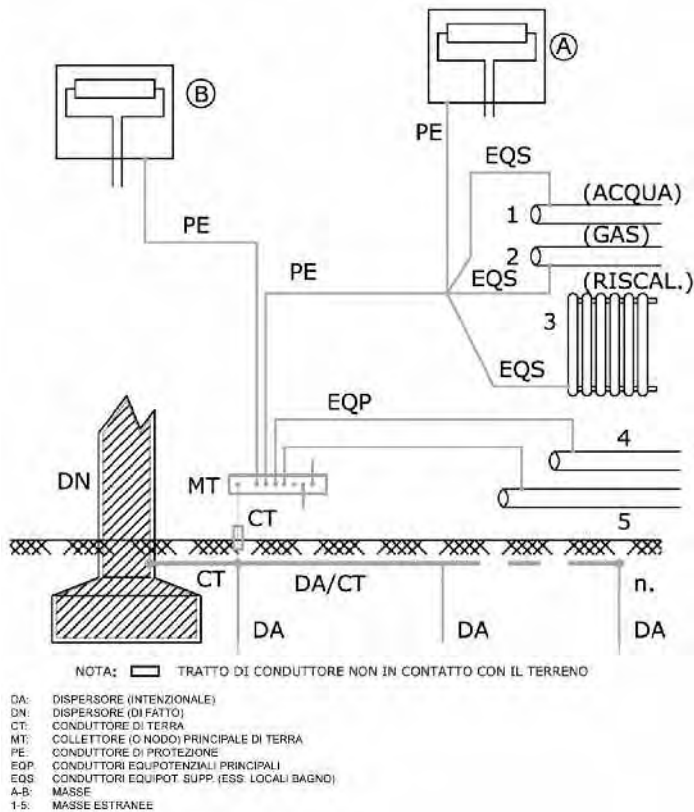


Fig. XIII. Schema impianto di messa a terra

In figura distinguiamo diversi elementi. Chiariamone le definizioni.

Il **dispersore**: può assumere diverse conformazioni, e svolge la funzione di collegamento con il terreno, così come indicato prima.

Il dispersore può essere costituito da:

- tondini, profilati o tubi;
- nastri o corde;
- piastre;
- conduttori posti nello scavo di fondazione;
- ferri dell'armatura dei calcestruzzi incorporati nel terreno.

La posa in opera dovrà essere effettuata ad una quota non inferiore a 0,5 metri, fra lo sviluppo della rete di dispersione e la superficie del terreno e comunque tale da non essere sottoposta a fenomeni di essiccamento o congelamento del terreno, che modificherebbero le caratteristiche di efficienza dell'impianto. Inoltre i materiali utilizzati ed il tipo di costruzione dei dispersori dovrà resistere ai fenomeni di corrosione.

Il **collettore o nodo** di terra è un elemento, generalmente una barra metallica, a cui si collega il dispersore e i vari conduttori di protezione.

Il **conduttore di terra** è quel conduttore che collega il dispersore al nodo, o i dispersori, (se più di uno), fra loro.

Il **conduttore di protezione** è il conduttore che collega il nodo alle masse e alle masse estranee.

Le **masse estranee** sono quelle parti di materiale conduttore che non fanno parte dell'impianto elettrico, ma che possono introdurre un potenziale elettrico generalmente uguale al potenziale di terra. Ad esempio, sono masse estranee i tubi metallici per il trasporto del gas, dell'acqua, del riscaldamento ecc., oppure elementi metallici che fanno parte dell'edificio, esempio gli infissi.

Le **parti simultaneamente accessibili** sono: parti attive, masse, masse estranee, conduttori o elementi dell'impianto di terra e pareti o pavimenti conduttori, sufficientemente vicini che possono essere toccati simultaneamente. Questo è il motivo per cui elementi come le masse estranee devono essere collegate all'impianto di terra. Diversamente si potrebbero toccare contemporaneamente, una massa ed una massa estranea, fra cui è presente una differenza di potenziale pericolosa.

I **collegamenti equipotenziali principali** sono i conduttori che collegano il nodo alle masse estranee esistenti nell'edificio, come le tubazioni metalliche e le parti strutturali metalliche.

Il **collegamento equipotenziale supplementare** è invece quel collegamento che unisce tutte le masse estranee dell'ambiente al conduttore di protezione. Questi collegamenti sono necessari in condizioni specifiche. In genere per ambienti particolari (ad esempio umidi), o quando l'impianto non soddisfa la protezione ai contatti indiretti con il solo uso di dispositivi di protezione che causano l'interruzione automatica dell'alimentazione.

Quindi possiamo definire l'**impianto di terra** come l'insieme dei dispersori, nodi e conduttori di protezione, destinati a realizzare l'impianto di messa a terra di **protezione e/o funzionamento**.

Prima di vedere come eseguire i calcoli ed il dimensionamento dell'impianto illustrato, dobbiamo capire come agiscono e come sono considerati i **modi** di collegamento a terra in relazione al sistema di fornitura e di distribuzione dell'energia elettrica.

□ **6.4. Sistemi di distribuzione e modi di collegamento a terra**

I sistemi di distribuzione si definiscono in relazione al sistema di conduttori attivi e del modo in cui il sistema è collegato a terra.

I sistemi di conduttori attivi si differenziano in:

- distribuzione a due conduttori per i sistemi monofase;
- distribuzione a tre conduttori, o a tre conduttori più il conduttore di neutro, per i sistemi trifase.

Abbiamo due punti di riferimento: la parte del sistema di alimentazione e, a valle, l'impianto utilizzatore.

Il collegamento a terra viene definito da due lettere con il seguente significato.

La prima lettera indica la situazione del sistema di alimentazione rispetto alla terra.

- T - collegamento diretto a terra del neutro;
- I - Isolamento del neutro verso terra, o collegamento a terra a mezzo di una impedenza.

La seconda lettera indica la situazione verso terra delle masse dell'impianto.

- T - le masse sono collegate a terra;
- N - le masse sono collegate allo stesso punto collegato a terra del sistema di alimentazione.

L'eventuale terza lettera indica:

- S - il neutro ed il conduttore di protezione (PE) sono conduttori separati;
- C - Le funzioni di neutro e di protezione sono svolte da un unico conduttore. In tal caso il conduttore è definito PEN.

Otteniamo così i seguenti sistemi di alimentazione rispetto all'impianto di messa a terra:

- sistema TT;
- sistema TN, suddiviso in TN-S e TN-C;
- sistema IT.

Il sistema TT ha il sistema di alimentazione connesso a terra, e le masse dell'impianto sono collegate ad un impianto di terra indipendente.

Questo è per esempio il tipo di fornitura in bassa tensione da rete pubblica. Il distributore pubblico connette a terra il conduttore di neutro in un punto.

La fornitura a mezzo di contatore avviene a tre conduttori di fase più il neutro, o ad un conduttore di fase più il neutro nei sistemi monofase. A valle del contatore l'utente predispone l'impianto di messa a terra a cui collega le masse del proprio impianto.

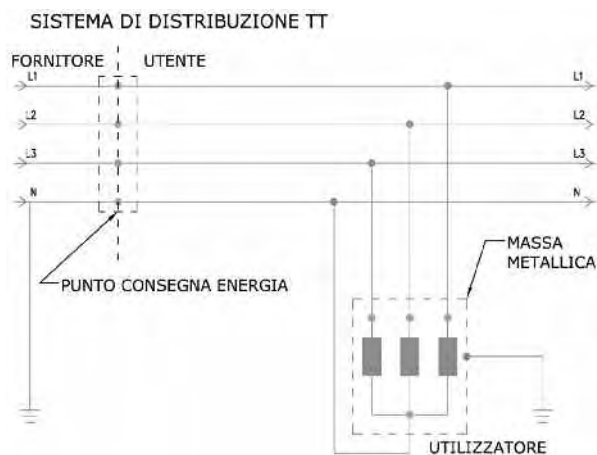


Fig. XIV. Sistema TT

Nel sistema TN, invece, la terra è unica, sia per il sistema di alimentazione, sia per il collegamento a terra delle masse.

Questa soluzione è, per esempio, quella che realizziamo quando l'impianto è alimentato in Media Tensione dall'Ente Pubblico, e l'utente provvede attraverso una propria cabina d'utente a trasformare l'energia in Bassa Tensione.

In questo caso il punto di neutro del trasformatore di tensione viene collegato a terra, e questa connessione a terra sarà estesa a tutto l'impianto per la funzione di messa a terra.

Nel caso del sistema TN-C, il conduttore di neutro funge anche da conduttore di protezione PEN, quindi le masse dell'impianto saranno collegate al PEN. Nel sistema TN-S, i

conduttori di neutro ed il conduttore di terra (PE), sono indipendenti, e le masse saranno collegate al conduttore PE.

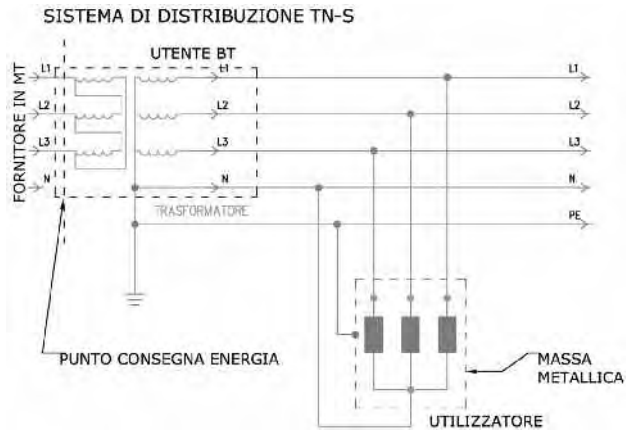


Fig. XV. Sistema TN-S

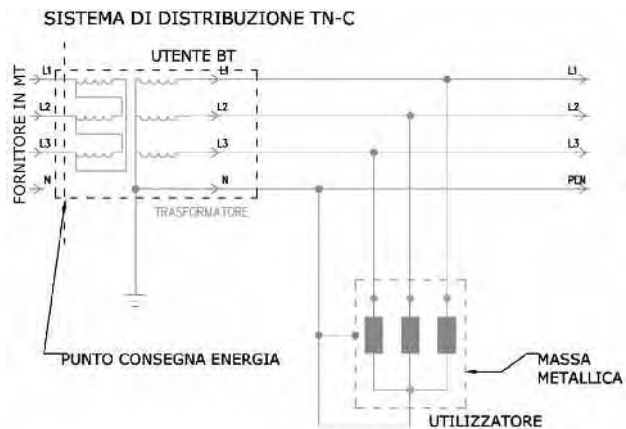


Fig. XVI. Sistema TN-C

Nel sistema IT tutte le parti attive sono isolate dal sistema di produzione, e le masse dell'impianto possono essere connesse a terra in modo indipendente o ad un impianto di terra comune.

Questo sistema è il meno utilizzato. Serve principalmente in impianti particolari in cui è richiesta una continuità di servizio.

Infatti, a differenza degli altri sistemi, con un solo guasto a terra non intervengono le protezioni atte a mettere fuori servizio il circuito. Per ottenere l'intervento di apertura automatica i guasti dovranno essere due.

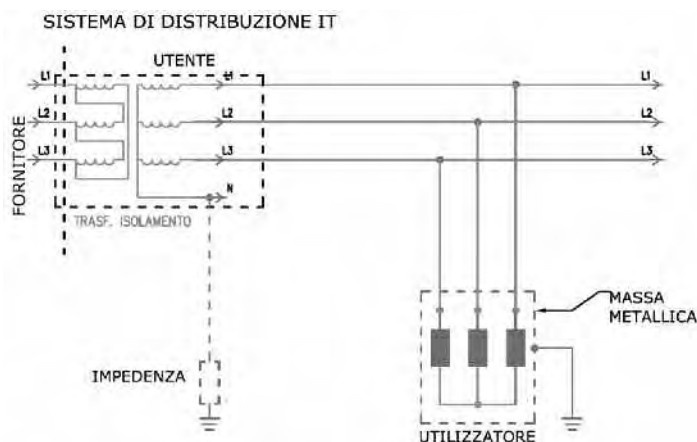


Fig. XVII. Sistema IT

I sistemi di alimentazione / utilizzazione hanno delle caratteristiche di funzionamento differenti, e richiedono dimensionamenti diversi per quanto riguarda l'impianto di messa a terra. Vedremo nelle schede di progetto come l'impianto di terra dovrà essere dimensionato.

□ 6.5. Alimentazione dei servizi di sicurezza

In alcune occasioni, oltre all'alimentazione dell'impianto, scelto fra le soluzioni indicate al capitolo precedente, si dovrà integrare una alimentazione per servizi di sicurezza e di riserva.

Negli ambienti soggetti alla protezione contro gli incendi, l'autorità stessa in materia, impone provvedimenti per i servizi di sicurezza al fine di permettere l'evacuazione delle persone o il corretto funzionamento di dispositivi atti a fronteggiare l'emergenza, come ad esempio le pompe di surpressione che aumentano la pressione dell'acqua dell'impianto di spegnimento incendi.

In altre occasioni è il committente stesso che richiede alimentazioni di riserva per fronteggiare l'eventuale mancanza di tensione di rete, ad esempio per alimentare i centri di elaborazione dati o i server.

Gli impianti di riserva devono essere dimensionati in relazione alla potenza elettrica necessaria ed al tempo richiesto di funzionamento in assenza di ricarica.

Per le alimentazioni dei servizi di sicurezza sono ammesse le seguenti sorgenti:

- batterie di accumulatori;
- pile;
- generatori indipendenti dall'alimentazione ordinaria;
- linea elettrica da rete pubblica indipendente da quella ordinaria.

Il funzionamento della rete dei servizi di sicurezza può essere attivata, o attraverso l'intervento di un operatore, o in modo automatico al venir meno della tensione di rete senza l'intervento manuale dell'operatore.

L'alimentazione automatica potrà essere di "continuità", senza quindi interruzione nel transitorio fra l'interruzione dell'alimentazione di rete e l'intervento dell'energia di riserva, come ad esempio nei "gruppi statici di continuità" per l'alimentazione degli elaboratori (server, computer, ecc.). Oppure possono essere ad interruzione brevissima, breve, media o lun-

ga, che richiede quindi un tempo superiore ad oltre 15 secondi, come ad esempio per un generatore indipendente alimentato da motore diesel. Questo tempo di intervento dovrà essere conforme alle necessità di funzionamento delle utenze. Un ritardo di quindici secondi su una macchina server non avrebbe alcuna utilità. In alcune occasioni vengono utilizzati sistemi di continuità per l'interruzione transitoria, fino all'intervento del generatore, magari di potenza maggiore ma con energia disponibile in tempi più lunghi.

□ 6.6. Contatti indiretti

Il principale metodo di protezione contro i contatti indiretti è ottenuto mediante l'**interruzione automatica dell'alimentazione**.

La norma prescrive che un dispositivo di protezione deve interrompere automaticamente l'alimentazione del circuito nel caso in cui un guasto porti ad una tensione pericolosa una massa o un conduttore di protezione, entrati accidentalmente in contatto con una parte attiva per un tempo sufficiente a causare un effetto fisiologico pericoloso per la persona a contatto con la massa stessa. Questo sistema di protezione è efficiente se correttamente coordinato con l'impianto di messa a terra.

Come abbiamo visto il collegamento dei conduttori di terra e dei conduttori equipotenziali fanno sì che tutte le masse e le masse estranee siano allo stesso potenziale, quindi l'utente che si trovi ad entrare in contatto volutamente o accidentalmente fra più parti metalliche connesse per un guasto ad una parte attiva, non sperimenta fra le masse una differenza di potenziale tale da far circolare una corrente pericolosa attraverso il corpo.

Questa è sicuramente una protezione dal pericolo elettrico di un impianto, ma l'impianto di messa a terra ha una funzione ulteriore molto più importante, cioè di contribuire all'interruzione automatica dell'alimentazione.

Per spiegare come funziona il modo automatico di interruzione dell'alimentazione dobbiamo riferirci al funzionamento degli interruttori automatici visto precedentemente. Come sappiamo un interruttore automatico di tipo **magnetotermico** ha la capacità di interrompere il flusso di corrente quando questo raggiunge un valore prefissato. Cioè, raggiunto uno specifico valore di corrente nel circuito, superiore a quella di taratura dell'interruttore, questi apre automaticamente il circuito interrompendo il flusso di corrente.

Questa funzione può essere sfruttata anche per la protezione dai contatti indiretti. Quando una parte attiva entra in contatto con una massa connessa a terra, si crea un flusso di corrente fra la parte attiva e la terra che attraversa i vari componenti dell'impianto, cioè la massa, il conduttore PE, il nodo ecc. fino al dispersore. Questo flusso di corrente, al raggiungere di un valore superiore a quello ammesso dall'interruttore automatico che protegge la linea, questi apre il circuito. In questo modo la rilevazione del guasto è immediata e quindi è impossibile o almeno improbabile che l'utente possa toccare una massa pericolosa, in quanto preceduto dall'intervento tempestivo dell'interruttore.

Per ottenere questo funzionamento si devono progettare gli impianti tenendo conto di alcuni parametri, fra cui il flusso di corrente che attraversa i componenti dell'impianto di terra che dovrà essere tale da far intervenire l'interruttore, e la resistenza dell'impianto di messa a terra e dei conduttori.

Introduciamo le seguenti definizioni:

- **Tensione di contatto limite convenzionale (U_L)**. È il massimo valore della tensione di contatto che è possibile mantenere per un tempo indefinito in condizioni ambientali

specificate. Questa tensione, ritenuta non pericolosa per le persone, è assunta per gli ambienti ordinari pari al valore massimo limite di 50 V (per le correnti continue il limite è di 120 V);

- **Tensione totale di terra.** È la tensione che si stabilisce a seguito del cedimento dell'isolamento fra le masse e un punto sufficientemente lontano a potenziale zero.

Quindi la tensione di terra non dovrà assumere un valore superiore alla tensione di contatto limite convenzionale.

Negli ambienti ordinari, la norma impone che l'intervento dell'interruttore debba avvenire prima che la differenza di potenziale fra la massa e la terra raggiunga il valore di 50 V. Per ambienti particolari è richiesto un valore inferiore (saranno specificati di volta in volta quando tratteremo gli ambienti a normativa speciale).

Inoltre introduciamo un nuovo elemento, la **resistenza di terra**. Questa è la resistenza tra il collettore (nodo) e la terra. Per far sì che l'interruttore intervenga entro il raggiungimento della tensione indicata, dobbiamo avere, (ancora la legge di Ohm):

$$R \leq U_L / I_a$$

dove:

U_L è il limite massimo imposto dalla norma (50 V);

I_a la corrente che fa intervenire in apertura l'interruttore automatico;

R è la massima resistenza che l'impianto di terra può avere.

Come si può facilmente intuire la resistenza di terra è poco influenzata dalla resistenza del cavo che collega il dispersore al nodo, data l'impedenza del cavo piuttosto trascurabile. Contrariamente, l'elemento che determina il valore totale è proprio il tipo di terreno in cui è posato il dispersore. Il circuito che si viene a creare nel sistema TT e che permette l'intervento del dispositivo è il seguente.

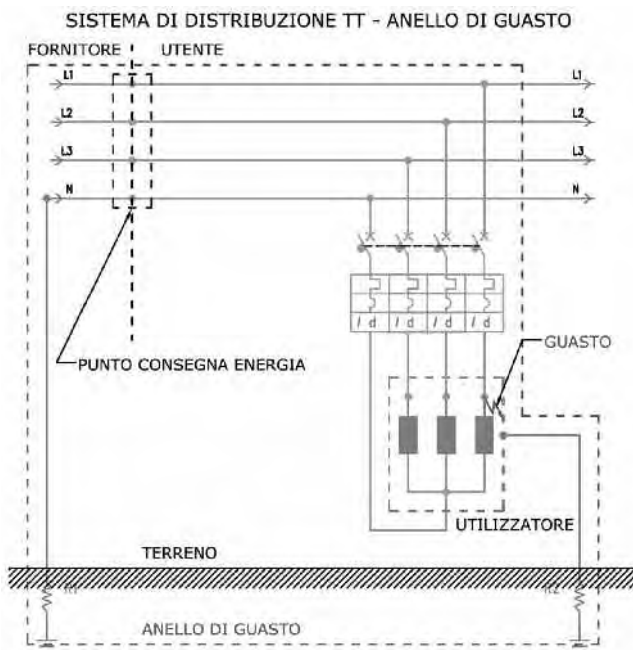


Fig. XVIII. Anello di guasto nel sistema TT

La corrente di guasto I_a deve attraversare anche la terra per una parte del suo percorso. Il valore di resistenza del terreno potrebbe essere anche elevato, quindi la relazione U_L / I_a porterebbe ad un valore irrealizzabile.

Esempio: supponiamo di avere un interruttore automatico da 100 A in curva C. Sappiamo che l'intervento istantaneo del dispositivo è garantito per $10 I_n$, quindi 1000 A. In tal caso l'interruttore interverrebbe a $50 \text{ V} / 1000 \text{ A} = 0.05 \text{ Ohm}$. Questo valore di resistenza di terra è quasi impossibile da realizzare nella maggior parte degli impianti. Il problema, però, è facilmente risolvibile adottando un interruttore differenziale. Se questo dispositivo avesse una corrente di intervento di guasto differenziale pari a 0.030 A, la formula precedente $R_E \leq U_L / I_{dn}$ (negli interruttori differenziali I_a assume la notazione I_{dn} , e la resistenza è definita R_E), darebbe come risultato massimo della resistenza di terra $50 / 0.030 = 1.666 \text{ Ohm}$. Questo valore è estremamente facile da ottenere. (Un impianto di terra in genere ha una resistenza dell'ordine di pochi ohm. Il valore è influenzato anche dal tipo di terreno in cui viene installato e dalla estensione dell'impianto). Quindi la norma CEI stabilisce che gli interruttori automatici differenziali dovranno essere obbligatoriamente inseriti a protezione degli impianti con sistema di distribuzione TT. Per garantire la selettività verticale (interruttori in cascata), è ammesso il ritardo nell'intervento dell'interruttore posto più a monte fino ad 1 secondo.

Se il valore di resistenza di terra ottenuto, non dovesse garantire il rapporto $R_E \leq U_L / I_{dn}$ dovrà necessariamente essere realizzato un collegamento equipotenziale supplementare.

Nel sistema TN la situazione è invece la seguente.

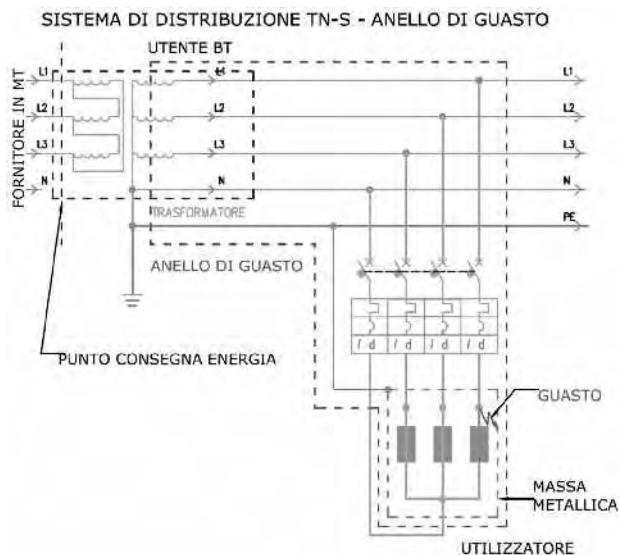


Fig. XIX. Anello di guasto nel sistema TN-S

La norma impone che tutte le masse dell'impianto TN siano collegate al punto di messa a terra del sistema. I conduttori di protezione devono essere messi a terra in prossimità del trasformatore o del generatore, in cui sarà anche realizzato il punto di messa a terra del sistema, connettendo ad esse il conduttore di neutro.

La corrente di guasto si richiude attraverso i conduttori, con un valore di resistenza molto inferiore ai valori che si ottengono con il sistema TT. In tal caso è piuttosto semplice rea-

lizzare un anello di terra, che si collega esclusivamente a mezzo di conduttori. La resistenza (o meglio l'impedenza) del circuito è relativa ai soli conduttori e non al terreno.

In questo caso è ammesso l'uso dell'interruttore magnetotermico, che assicuri comunque l'intervento entro un tempo massimo di 5 secondi, con questa relazione:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

dove:

Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto;

U_0 è la tensione nominale verso terra.

I_a è la corrente che provoca l'apertura del dispositivo di protezione entro un tempo massimo di 5 secondi per i dispositivi con corrente nominale superiore a 32 A. Per correnti nominali minori deve essere applicata la seguente tabella:

Tab. XIII. *Tempi massimi di interruzione (in secondi) per i sistemi TN, sia in corrente alternata che in corrente continua*

	50 V < U ₀ ≤ 120 V		120 V < U ₀ ≤ 230 V		230 V < U ₀ ≤ 400 V		U ₀ > 400 V	
Sistema	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.
TN	0.8	//	0.4	5	0.2	0.4	0.1	0.1

Se non fosse possibile ottenere le condizioni date, è necessario realizzare un collegamento equipotenziale supplementare. Comunque, anche in questo caso, è preferibile l'installazione dell'interruttore differenziale, in questo modo vengono contenuti anche i valori delle correnti di guasto, e la protezione risulta comunque più efficace. In ogni caso è anche ammesso l'uso del solo interruttore magnetotermico, che assicuri comunque l'intervento entro un tempo massimo di 5 secondi.

Questo è invece il funzionamento del sistema TN-C

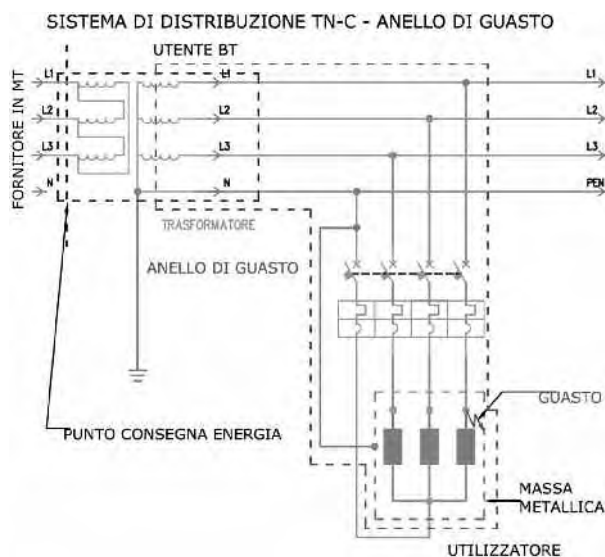


Fig. XX. *Anello di guasto nel sistema TN-C*

Nel sistema TN-C non possono essere utilizzati dispositivi di protezione a corrente differenziale. Il conduttore PEN non deve essere interrotto, pertanto il conduttore di protezione dovrà essere collegato a monte del dispositivo di interruzione del circuito.

Vediamo anche il sistema IT.

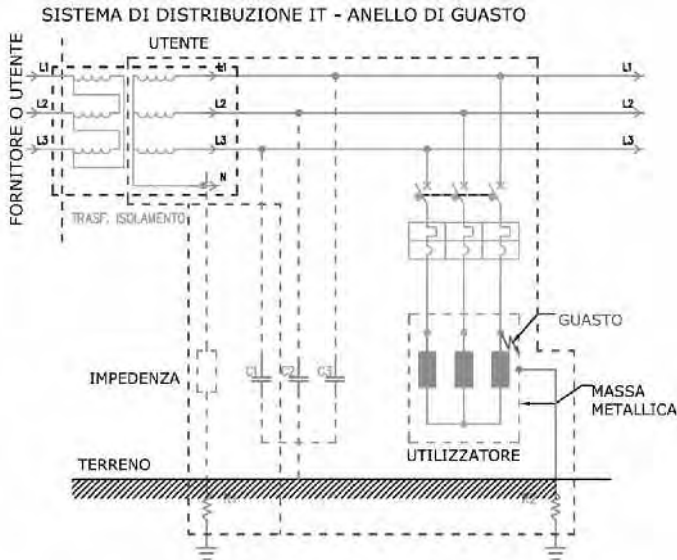


Fig. XXI. Anello di guasto nel sistema IT

In questo caso la corrente del primo guasto a terra si richiude attraverso le capacità (condensatori) che si costituiscono in modo naturale tra il sistema e la terra. L'impedenza sarà particolarmente alta, impedendo di raggiungere le correnti di intervento dell'interruttore magnetotermico.

Utilizzando un interruttore differenziale, in relazione alle capacità del circuito verso terra, potrebbe invece manifestarsi l'apertura del dispositivo anche al primo guasto a terra.

La relazione di calcolo dovrà soddisfare:

$$R_E \times I_d \leq U_L$$

dove:

R_E è la resistenza del dispersore;

I_d sarà la corrente di guasto del primo guasto a terra di impedenza trascurabile.

Il primo guasto a terra dovrà essere segnalato in modo acustico a mezzo di un dispositivo di controllo dell'isolamento. Tale segnale dovrà essere continuo, a meno che non vi sia anche un segnale visivo continuo.

Il guasto dovrà essere ripristinato con solerzia per non perdere il vantaggio dato dal sistema IT, prima che si possa verificare il secondo guasto che porrebbe fuori tensione l'impianto.

Se le masse sono collegate tutte ad un singolo impianto di terra (condizione preferibile ma non obbligatoria), il circuito al verificarsi del secondo guasto si comporterà come un impianto TN.

Il secondo guasto a terra dovrà soddisfare, per adempiere alla sicurezza, la seguente relazione (senza effettuare la distribuzione del neutro):

$$2 I_a \times Z_s \leq U$$

dove:

U è la tensione fra i conduttori di linea;

Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto;

I_a è la corrente che provoca l'apertura del dispositivo di protezione.

Se la condizione detta non potesse essere soddisfatta si dovrà realizzare un impianto equipotenziale supplementare.

I tempi di intervento delle protezioni dei sistemi TN sono applicabili anche ai sistemi IT.

Nell'ipotesi in cui la messa a terra sia realizzata a gruppi o individualmente per ogni massa, all'occorrenza del guasto l'impianto equivarrà ad un sistema TT.

A conclusione delle prescrizioni degli impianti e dispositivi di protezione ai contatti indiretti, possiamo aggiungere che l'impianto di terra deve sempre essere realizzato e coordinato con i dispositivi per l'interruzione automatica, in quanto la norma non considera sufficiente la protezione realizzata con i soli dispositivi differenziali anche se con correnti di intervento inferiori a 30 mA.

Il numero di interruttori differenziali utilizzati nell'impianto non è prescritto dalla norma, questo dipenderà dalle considerazioni di progetto del professionista. In ogni caso se il dispositivo per un piccolo impianto fosse unico, dovrà essere installato all'origine dell'impianto, o comunque prima di una massa metallica.

□ 6.7. Ulteriori protezioni contro i contatti indiretti

Protezione mediante componenti di classe II o con isolamento equivalente

Vediamo la definizione di alcune terminologie.

La norma definisce l'**isolamento principale** come: isolamento delle parti attive, utilizzato come protezione di base per i contatti diretti ed indiretti.

L'**isolamento supplementare** è invece quello previsto in aggiunta a quello principale al fine di assicurare comunque l'isolamento anche a seguito del cedimento di quello principale.

Il **doppio isolamento** quindi comprende sia l'isolamento principale sia quello supplementare.

Il sistema di **isolamento rinforzato**, è invece un unico isolamento, che però assicura la stessa protezione dell'isolamento doppio.

Con questa misura è possibile evitare il manifestarsi di tensioni pericolose su parti di componenti elettrici accessibili a causa di un cedimento dell'isolamento. Per rispondere a questa misura di protezione, i componenti dovranno essere conformi ad almeno una delle seguenti prescrizioni:

- l'isolamento doppio o rinforzato deve essere certificato dal costruttore a seguito di prove eseguite sui campioni. Questi componenti sono graficamente contrassegnati con due quadrati concentrici affissi sul componente stesso;
- se i componenti dispongono di un solo isolamento principale, durante l'installazione dovrà essere posto un secondo isolamento supplementare che dia lo stesso grado di sicurezza del punto precedente.

(Le parti attive che dispongano di unico isolamento dovranno essere installate in involucri isolanti con grado di protezione almeno di IP XXB). Gli involucri non avranno necessità di collegamento a terra, e dovranno essere marcati con l'apposita simbologia del segno grafico di terra inscritto in un cerchio con sopra apposta una X.

L'involucro non dovrà essere dotato di viti o accessori di chiusura anche se plastici, potendo successivamente, per errore, essere sostituiti con parti metalliche.

Se l'involucro contiene dispositivi atti ad essere manovrati dall'esterno a mezzo di leve o pulsanti, l'asola da cui fuoriescono parti dei componenti (ad esempio pulsanti o organi di controllo o azionamento), non deve compromettere la sicurezza ai contatti indiretti.

Inoltre se l'involucro può essere aperto senza l'uso di chiavi o attrezzi, i componenti elettrici dovranno essere protetti da una barriera rimovibile con attrezzi, con grado di protezione IPXXB.

Salvo esplicita prescrizione del costruttore, le parti conduttrici non dovranno essere collegate al conduttore di protezione.

Per quanto riguarda l'installazione dei componenti in classe II, si dovrà prestare attenzione a non deteriorare la protezione prevista dal costruttore.

Le condutture dei sistemi con tensioni non superiori a 690 V, potranno essere considerate analoghe alla protezione realizzata in doppio isolamento se:

- realizzati con guaina metallica, e se la tensione di isolamento del cavo è di un gradino superiore a quella del sistema in cui sono installati. Il rivestimento del cavo non dovrà essere di tipo metallico;
- oppure se realizzate con cavi senza guaina, (di tipo unipolare), posati entro tubazioni o canali che rispettino le norme di costruzione dello specifico prodotto.

Protezione mediante separazione elettrica

L'isolamento può ad esempio essere ottenuto attraverso un trasformatore con specifiche caratteristiche, chiamato proprio **trasformatore di isolamento**. Per soddisfare queste caratteristiche, i due avvolgimenti che costituiscono il componente devono essere fra loro effettivamente isolati in modo particolarmente curato, così che sia assicurata l'impossibilità di contatto fra le parti dei due avvolgimenti. La separazione è quindi realizzata fisicamente.

La protezione mediante isolamento è, per esempio, utilizzata per locali ad uso medico.

La separazione elettrica del circuito è ottenuta separando ed isolando elettricamente i componenti da altri circuiti e dall'impianto di messa a terra. La condizione per cui tale prescrizione è correttamente ottemperata consiste in:

- la massima tensione del circuito sia inferiore a 500 V;
- nessuna parte del circuito separato può essere connesso al conduttore di protezione o a terra o ad altre masse estranee dell'impianto generale. Può essere ammesso, ma non necessario, realizzare un impianto di messa a terra per le masse del circuito separato, a condizione però, che sia totalmente indipendente dall'impianto di terra generale o dai suoi componenti.

Nel caso in cui il circuito separato alimenti più di un componente, allora, le masse di questi apparecchi dovranno essere interconnesse con conduttori di protezione isolati, non collegati a terra o ad altri componenti dell'impianto da cui il circuito è separato. Fra i componenti del circuito separato, da connettere fra loro, è compreso anche il contatto di terra delle prese a spina.

L'estensione del circuito separato dovrà essere inferiore al valore di 100000 Vm, dato dal prodotto della tensione nominale del circuito per la lunghezza in metri della conduttura.

Al verificarsi di guasti verso terra dei componenti o delle loro masse, il circuito deve essere posto automaticamente fuori tensione in un tempo uguale a quello dei sistemi TN. Le protezioni utilizzate potranno essere di tipo magnetotermico o differenziale.

□ 6.8. Protezione combinata contro i contatti diretti ed indiretti

Per ottenere la protezione combinata, sia contro i contatti diretti, sia contro quelli indiretti, possiamo utilizzare tre diverse tipologie di impianti che dovranno avere la tensione nominale a 50 V o 120 V in corrente continua.

Questi impianti sono denominati di categoria zero. Sono sistemi a bassissima tensione.

Uno di questi sistemi elettrici è definito SELV (Safety Extra Low Voltage, cioè bassissima tensione di sicurezza). L'obiettivo di questo sistema è quello di impedire che la tensione assuma valori superiori a quelli nominali, anche al verificarsi di un guasto.

Le caratteristiche che devono essere soddisfatte per questo circuito sono:

- l'alimentazione deve provenire da sorgente autonoma o di sicurezza tipo:
 - un trasformatore di sicurezza;
 - una sorgente elettrica in grado di garantire una sicurezza equivalente al trasformatore di sicurezza, ad es. un gruppo motore-generatore con avvolgimenti isolati;
 - una sorgente elettrochimica come per esempio una batteria;
- le parti attive di detti circuiti dovranno essere separate con sistemi a doppio isolamento o isolamento rinforzato da circuiti a tensione più elevata;
- l'installazione dei circuiti dovrà anch'essa garantire la separazione da qualsiasi altro circuito in uno dei seguenti modi:
 - mediante conduttori fisicamente separati;
 - con conduttori muniti di guaina isolante;
 - con conduttori separati da schermo o guaina metallica connessa a terra;
- l'impianto dovrà essere poi isolato da terra. Cioè nessun punto dell'impianto dovrà essere collegato a terra.

Un impianto a bassissima tensione di sicurezza, con le stesse caratteristiche del SELV, ma con un punto connesso a terra, si trasforma in un sistema PELV (Protective Extra Low Voltage, Bassissima tensione di sicurezza). Questo sistema è utilizzato quando la connessione di un punto a terra è necessaria per motivi di sicurezza solo di tipo funzionale. Questa soluzione è per esempio utilizzabile per evitare che un guasto verso le masse di un dispositivo di controllo di una macchina, possa cortocircuitare, senza provocare nessun intervento del dispositivo di sicurezza, un comando o interruttore di protezione, che risultando cortocircuitato, potrebbe inibire una sicurezza o un comando di avvio o arresto. Se un punto è collegato all'impianto di terra, il secondo guasto provoca il dispositivo di protezione, riportando in sicurezza la macchina (questo è lo stesso concetto del sistema IT). Naturalmente la sicurezza del PELV è minore del SELV, in quanto può assumere una tensione più elevata attraverso il collegamento di messa a terra.

Le prese a spina utilizzate nei sistemi di tipo SELV o PELV dovranno essere idonee a ricevere spine differenti da quelle utilizzate da altri sistemi elettrici, al fine di non realizzare nessuna connessione accidentale con apparecchi di diverso tipo. Inoltre le prese e le spine non devono avere il morsetto di collegamento del conduttore di protezione.

Visto che le masse non dovranno essere connesse a terra o a conduttori di protezione facenti parte di altri circuiti, questi sistemi si considerano autoprotetti ai fini dei contatti indiretti.

Per impianti con tensione superiore a 25 V si dovrà, in ogni caso, assicurare la protezione contro i contatti diretti a mezzo di barriere o di involucri che abbiano un grado di protezione minimo non inferiore a IPXXB, od in alternativa un isolamento in grado di sopportare almeno per un minuto la tensione di prova di 500 V. Per tensioni inferiori a 25 V si considera assicurata in ogni caso la protezione ai contatti diretti.

Nei circuiti SELV la sicurezza ai contatti diretti si ritiene assicurata per tensioni fino a 25 V in corrente alternata e 60 V in corrente continua.

Nei circuiti PELV la tensione che garantisce la protezione ai contatti diretti non deve superare i 12 V in corrente alternata o 30 V in corrente continua. Inoltre detta protezione non è necessaria per componenti elettrici, installati sia all'interno che all'esterno, nel caso sia effettuato il collegamento equipotenziale principale e la tensione non sia superiore al valore efficace di 25 V in corrente alternata o 60 V in corrente continua.

Protezione in presenza di circuiti FELV

In applicazioni a tensioni non superiori a 50 V, qualora non siano richiesti i sistemi precedenti, la protezione ai contatti diretti ed indiretti deve essere assicurata attraverso una combinazione di prescrizioni conosciuta come FELV (Functional Extra Low Voltage).

La protezione contro i contatti diretti deve essere assicurata tramite:

- l'isolamento delle parti attive ottenuto con isolante costruito in fabbrica secondo la norma pertinente al prodotto, removibile esclusivamente mediante la distruzione, con valori di isolamento idoneo alla tensione del circuito primario del trasformatore;
- barriera o involucri a protezione delle parti attive che assicurino il grado di protezione IPXXB le cui aperture devono essere piccole, compatibilmente al funzionamento e sostituzioni di componenti. In caso di superfici orizzontali a portata di mano il grado di protezione non dovrà essere inferiore a IPXXD. Tali barriere o involucri devono essere apribili mediante l'uso di attrezzo o chiave oppure dopo l'interruzione dell'alimentazione delle parti attive il cui ripristino sia possibile solo dopo la richiusura delle barriere o involucri stessi.

Per la protezione contro i contatti indiretti del sistema FELV, le masse dovranno essere collegate allo stesso impianto di terra del circuito primario.

□ 6.9. Protezione contro gli effetti termici

I componenti elettrici che costituiscono gli impianti, i materiali non facenti parte dell'impianto elettrico, e in particolar modo le persone devono essere protetti contro:

- effetti dannosi dovuti al calore che si può sviluppare per combustione o deterioramento dei materiali, in grado di causare rischio di ustioni o riduzione della sicurezza dei componenti elettrici.

Una delle protezioni essenziali è quindi quella contro gli incendi. Per ottemperare alle prescrizioni normative si dovrà far sì che nessun componente elettrico possa costituire un pericolo di innesco o di propagazione dell'incendio. A tal fine dovranno essere utilizzate le prescrizioni di installazione del costruttore e le seguenti disposizioni.

I componenti elettrici in grado di raggiungere temperature elevate in grado di innescare un incendio dovranno essere installate all'interno, o su elementi di materiale in grado di resistere a tali temperature e che abbiano una conducibilità termica bassa, oppure dotati di schermi termicamente isolanti con analoghe caratteristiche, o posizionate ad una adeguata distanza tale da garantire la necessaria dissipazione di calore.

Gli eventuali componenti elettrici installati permanentemente nell'impianto e che nel funzionamento ordinario possono produrre archi o scintille devono essere racchiusi in materiali resistenti agli archi, oppure essere schermati o sufficientemente distanti da elementi dell'edificio su cui l'effetto delle scintille potrebbero causare effetti termici dannosi. I materiali utilizzati come misura di protezione dovranno essere incombustibili, con bassa conducibilità termica, e idonei ad assicurare stabilità meccanica.

I componenti fissi che possono creare effetti di focalizzazione o concentrazione di calore devono essere distanti da qualsiasi oggetto od elemento che possa risentire di condizioni di temperatura per essi pericolosa.

Eventuali componenti elettrici che contengono liquido altamente infiammabile, in quantità significativa (superiore a 25 litri, es. oli o idrocarburi), devono essere sufficientemente sottoposti a precauzioni che evitino la propagazione di fiamme, di fumo o gas tossici. Per quantità inferiori a 25 litri sarà sufficiente prendere precauzioni per evitare la fuga del liquido.

Contro gli effetti termici devono essere considerate anche le protezioni contro le ustioni, a tal fine le parti accessibili dei componenti elettrici a portata di mano non devono raggiungere temperature tali da poter causare ustioni alle persone.

La norma considera i limiti di funzionamento ordinario, riferiti alla temperatura, per tre diverse parti accessibili a cui sono riferite le massime temperature che il componente può assumere. Superati tali limiti il componente dovrà essere protetto con un involucro o barriera con grado di protezione IPXXB.

Tali riferimenti (non applicabili ai componenti conformi alle relative norme di prodotto), sono:

- organi di comando da impugnare:
 - metallico - temperatura limite 55°C;
 - non metallico - temperatura limite 65°C;
- parti destinate ad essere toccate ma che non necessitano di essere impugate:
 - metallico - temperatura limite 70°C;
 - non metallico - temperatura limite 80°C;
- parti che non necessitano di essere toccate:
 - metallico - temperatura limite 80°C;
 - non metallico - temperatura limite 90°C.

□ 6.10. Sovracorrenti

Le sovracorrenti sono estremamente dannose per un circuito elettrico, queste possono produrre danni notevoli se non interrotte con rapidità. I danni maggiori possono trasformarsi in incendi con gravi pericoli per le persone e le cose.

La causa di ciò è implicita nell'effetto termico che la corrente causa percorrendo un conduttore (effetto Joule). La temperatura che il conduttore può raggiungere deve essere adeguata alle caratteristiche dell'isolante che lo riveste, in relazione alla propria temperatura massima di funzionamento. Al superare della temperatura ammessa l'isolante ha un deca-

dimento rapido, quanto più alto è il valore della temperatura. Oltre una certa soglia l'isolante perde le caratteristiche di solidità e tende a liquefarsi o incendiarsi.

Qualsiasi impianto dovrà quindi avere idonei sistemi di protezione a sicurezza dei sovraccarichi e delle correnti di cortocircuito, cause primarie di sovracorrenti.

Le soluzioni adottate possono essere di vario tipo, ma sempre fra loro coordinate ed estese a tutto l'impianto, dall'origine della fornitura, fino al più semplice dei circuiti terminali.

6.10.1. Sovraccarico

Tutti i conduttori attivi devono essere dotati di una protezione in grado di interrompere in modo automatico l'alimentazione al verificarsi di un sovraccarico o di un cortocircuito. Anche il conduttore di neutro è effettivamente considerato un conduttore di protezione, anche se il dimensionamento della sezione in alcuni casi, come si vedrà più avanti, potrà essere inferiore ai conduttori di fase.

I due metodi di protezione al sovraccarico e al cortocircuito dovranno inoltre essere fra loro coordinati al fine di garantire un funzionamento ottimale.

Per spiegare il funzionamento nel suo complesso dobbiamo considerare il funzionamento della singola protezione, una ai fini del sovraccarico e l'altra ai fini del cortocircuito, nonostante molti dispositivi siano realizzati come protezione combinata.

Come abbiamo visto precedentemente il dispositivo che fa fronte al sovraccarico ha un funzionamento di tipo termico, basato sulla portata nominale dell'interruttore o del fusibile, il cui valore è inferiore a quello del cortocircuito.

Il dispositivo di protezione al sovraccarico dovrà interrompere la corrente prima che possa provocare un riscaldamento nocivo dell'isolamento delle condutture, delle connessioni o di ciò che circonda le condutture.

Per ottenere questo, dobbiamo creare un corretto coordinamento tra il conduttore utilizzato, il dispositivo di protezione e la corrente di impiego del circuito. Il coordinamento può essere spiegato con le seguenti relazioni:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

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

dove:

- I_B corrente di impiego del circuito;
- I_n corrente nominale del dispositivo di protezione;
- I_z corrente sopportabile in regime permanente della conduttura;
- I_f corrente di funzionamento del dispositivo.

La corrente di impiego del circuito è la corrente assorbita dagli utilizzatori alimentati dal circuito stesso.

La corrente nominale del dispositivo di protezione è intesa come la corrente che il dispositivo è in grado di sopportare a regime permanente senza causare alcun intervento di protezione termica.

La corrente in regime permanente della conduttura è quella corrente che il conduttore può sopportare in relazione al tipo di posa, alla temperatura dell'ambiente e all'influenza di eventuali altri conduttori a contatto, senza superare il limite caratteristico di temperatura massima dell'isolante.

Per garantire che il circuito abbia il corretto funzionamento, la corrente che assicura l'apertura del dispositivo deve essere tale da non pregiudicare le caratteristiche fisiche del conduttore ed assicurare, quindi, che l'interruzione dell'alimentazione avvenga ad un valore massimo di corrente legato alla portata massima che il cavo possa sopportare.

Nell'ipotesi in cui siano utilizzate condutture con cavi in parallelo, la corrente I_z sarà data dalla somma delle portate dei singoli conduttori a condizione che entrambi i cavi siano progettati per portare lo stesso valore di corrente.

In alcune occasioni la protezione contro i sovraccarichi dovrà essere omessa, questo accadrà in tutti quegli impianti in cui l'apertura intempestiva del circuito potrebbe tramutarsi in una causa di pericolo.

Alcuni esempi possono essere:

- circuiti che alimentano impianti con dispositivi di estinzione incendi;
- oppure circuiti secondari di trasformatori di corrente;
- o ancora elettromagneti di sollevamento.

6.10.2. Cortocircuito

Nel momento in cui si verifica un cortocircuito, si manifesta, a causa della impedenza di valore trascurabile, una sovracorrente che assume valori estremamente elevati rispetto alla corrente per cui la conduttura è realizzata. Tale intensità produce effetti termici e meccanici pericolosi. Per tale circostanza ogni circuito dovrà essere dotato di un dispositivo idoneo all'apertura automatica al verificarsi di questo evento. Il dispositivo automatico dovrà essere in grado di interrompere il valore della corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione.

Secondo i criteri normativi, i valori di corrente di cortocircuito nel punto di installazione del dispositivo devono essere determinati con calcoli o con misure che permetteranno la selezione del dispositivo idoneo.

L'apertura del dispositivo deve avvenire entro un tempo massimo tale da limitare la temperatura della conduttura ad un valore non superiore alla temperatura limite che sarà imposta dalla conformazione fisica del cavo e dell'isolante.

Nel momento in cui si verifica il cortocircuito il dispositivo di protezione lascerà passare, nel tempo che intercorre dal raggiungimento del valore di funzionamento dello sganciatore e l'istante in cui i contatti avranno aperto tutti i poli, una energia definita **energia specifica passante**. Tale energia può essere definita dalla relazione: I^2t , indicata dal costruttore a mezzo di curve grafiche specifiche per ogni dispositivo.

Affinché il cavo non sia soggetto a danneggiamento, dovrà essere in grado di sopportare lo stesso valore di energia. L'energia sopportabile dal cavo sarà calcolata come:

$$S^2K^2,$$

dove:

- I corrente di cortocircuito;
- t durata in secondi impiegata per l'apertura dell'interruttore;
- S sezione in mm^2 del conduttore;
- K costante specifica dell'isolamento dei cavi.

I valori di K riportati dalla norma per i conduttori sono:

Cavo in rame e isolato in PVC: $K = 115$

Cavo in rame e isolato in gomma G: $K = 135$

<i>Cavo in rame isolato in gomma G5-G7:</i>	$K = 143$
<i>Cavo in rame serie L nudo:</i>	$K = 200$
<i>Cavo in alluminio e isolato in PVC:</i>	$K = 74$
<i>Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7:</i>	$K = 87$

Quindi, per assicurare il corretto dimensionamento dei componenti cavo-interruttore dovremo avere:

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

Per assicurare la protezione al corto circuito potranno essere utilizzati interruttori automatici di tipo magnetotermico o fusibili.

Per calcolare la corrente di cortocircuito dobbiamo tenere in considerazione alcuni fattori.

Quando l'alimentazione elettrica è fornita da rete di distribuzione pubblica il valore della corrente di cortocircuito è dipendente dalle caratteristiche della distribuzione a monte del punto di consegna. L'effettivo valore può essere determinato soltanto conoscendo la reale conformazione dell'impianto pubblico, e quindi potrà esclusivamente essere indicato dall'ente distributore, che è l'unico soggetto informato delle reali caratteristiche della rete. Nel caso in cui l'informazione non potesse essere conosciuta potrà essere assunto un valore convenzionale prestabilito, in base al tipo di fornitura e della relativa potenza disponibile. Il valore della corrente di cortocircuito al punto di consegna di contatori monofase, generalmente disponibili con potenza massima di 10 kW e tensione di 230 V è assunto pari a 4,5 kA, per le forniture di tipo trifase 230/400 V con potenza fino a 30 kW si considera pari a 6 kA, mentre per potenze superiori, non dotate di limitatore sul contatore, il valore generalmente usato è di 15 kA.

Nei sistemi a media tensione o alta tensione, i valori di cortocircuito per la parte in bassa tensione dipenderanno dalle caratteristiche dei trasformatori utilizzati.

Il potere di apertura del dispositivo dovrà quindi essere uguale o superiore al valore di corrente di cortocircuito presunto nel punto di installazione.

Tale condizione risulta corretta ed efficace per interrompere il circuito con i valori che si verificano appena a valle del dispositivo, ma è necessario che l'interruttore sia in grado di aprire il circuito anche per un cortocircuito che si verifichi a fondo linea che, a causa dell'introduzione dell'impedenza del cavo, avrà un valore minore, proporzionale alla lunghezza e alla sezione della linea. Se la condotta fosse particolarmente lunga, o la sezione del cavo piuttosto piccola, il valore calcolato a fondo linea potrebbe essere inferiore al valore "riconosciuto" come corrente di cortocircuito dall'interruttore.

Facciamo un esempio che ci permetta di comprendere quanto esposto.

Immaginiamo di avere un contatore per alimentare un'abitazione con potenza contrattuale P di 3 kW e tensione nominale U di 230 V. Possiamo assumere come valore presunto della corrente di cortocircuito il valore I_{cc} di 4,5 kA.

Installiamo quindi un interruttore magnetotermico in grado di aprire le correnti di guasto uguale o superiore a 4,5 kA. Per far fronte anche alla protezione da sovraccarico, sapendo che la corrente I_B di impiego massima del circuito sarà:

$$I_B = P / U \cos\varphi = 3000 / (230 \times 0.9) = 14.50 \text{ A}$$

la corrente nominale I_n del dispositivo potrà allora essere pari a 16 A.

Scegliamo la curva di funzionamento magnetico dell'interruttore di tipo C. Questo comporta un intervento di apertura, al verificarsi della corrente di guasto, compresa fra 5 e 10

volte la corrente nominale. Quindi il minimo valore certo della corrente che l'interruttore considererà di cortocircuito sarà pari a:

$$10 I_n = 10 \times 16 = 160$$

Definiamo la caratteristica della conduttura. Il valore di I_z dovrà essere superiore a I_n 16 A. La conduttura con sezione di 1,5 mm² posata in tubo soddisfa ed è superiore a 16 A ($I_z > I_n$).

Ipotizziamo che la lunghezza della linea sia pari a 30 metri.

Calcoliamo il valore di cortocircuito I_{cc} minimo a fondo linea utilizzando una formula semplificata, ammessa dalla norma, valida per cortocircuiti tra fase-fase per sistemi trifase senza neutro distribuito o fase-neutro nei sistemi monofase.

$$I_{cc} = \frac{0.8U}{1,5\rho \frac{2L}{S}}$$

Quindi:

$$I_{cc} = \frac{0.8 \cdot 230}{1,5 \cdot 0,018 \frac{2 \cdot 30}{1,5}} \cong 170A$$

dove:

I_{cc} corrente di cortocircuito espressa in ampere;

U tensione fase-fase o fase-neutro, espressa in volt;

S sezione del conduttore, espressa in millimetri quadrati (mm²);

1,5 fattore di maggiorazione della resistenza della conduttura per effetto dell'incremento della temperatura;

ρ resistività del materiale del conduttore, espressa in ohm per mm² diviso m. Per il rame il valore è approssimato a 0,018 Ω mm²/m.

2 fattore che tiene conto della doppia lunghezza dei conduttori;

L lunghezza semplice della conduttura;

0,8 fattore di riduzione della tensione che si verifica per effetto del cortocircuito.

Questa formula non tiene conto della reattanza della conduttura, pertanto ne deriva un valore leggermente superiore, ed accettabile per sezioni delle condutture fino a 95 mm².

Per sezioni maggiori sarà introdotto un secondo coefficiente con i seguenti valori:

- 0,90 per sezioni compresa fra 95 e 120 mm²;
- 0,85 per sezioni compresa fra 120 e 150 mm²;
- 0,80 per sezioni compresa fra 150 e 850 mm²;
- 0,75 per sezioni compresa fra 185 e 240 mm².

Come vediamo la corrente di cortocircuito è di poco superiore alla corrente che l'interruttore "considera" di cortocircuito.

Una lunghezza di poco superiore, non soddisferà i requisiti essenziali per garantire la protezione adeguata. In tal caso dovrà essere variata la curva dell'interruttore, o (soluzione migliore), dovrà essere aumentata la sezione del cavo.

Per circuiti trifase con neutro distribuito la formula si trasforma in:

$$I_{cc} = \frac{0.8U_0}{1,5\rho(1+m)\frac{L}{S}}$$

In questo caso:

U_0 è la tensione concatenata (400 V);

m è il rapporto fra la sezione del conduttore di fase e quello di neutro (solo per entrambi conduttori di rame).

Di conseguenza la lunghezza massima protetta della conduttura sarà:

$$L_{max} = \frac{0.8U_0}{1,5\rho(1+m)\frac{I_{cc}}{S}}$$

I_{cc} è la corrente di intervento del dispositivo.

Il cortocircuito può verificarsi fra fase-fase, fase-neutro e fase-terra. Il valore di I_{cc} maggiore in un sistema trifase è quello che avviene tra fase e fase. Va ricordato che nei circuiti di tipo TN, un guasto di isolamento verso terra provoca una corrente di cortocircuito nell'anello di guasto.

Il dispositivo per la protezione contro i cortocircuiti deve essere posto generalmente appena a valle del punto di consegna dell'energia, o prima del punto in cui avviene una riduzione della sezione della conduttura, o dove si modificano i valori del coefficiente K .

In alcune occasioni è possibile posizionare il dispositivo in un punto diverso, a patto che siano rispettate tutte le seguenti condizioni:

- la lunghezza della conduttura non è superiore a tre metri;
- le modalità di posa sono tali da ridurre al minimo la possibilità che si verifichi un cortocircuito (ad esempio rinforzando la protezione meccanica del cavo);
- l'interruttore non è posto in prossimità di materiale combustibile;
- il dispositivo non è a protezione di condutture destinate ad ambienti a maggior rischio di incendio o di esplosione.

□ 6.11. Sovratensioni e abbassamenti di tensione

6.11.1. Sovratensioni

La rete elettrica può essere soggetta a sovratensioni, cioè un innalzamento del valore della tensione nominale di esercizio che si può formare per cause di funzionamento o per cause esterne.

I principali motivi consistono in:

- sovratensioni transitorie di origine atmosferica a causa di un fulmine;
- sovratensioni causate da manovre di componenti dell'impianto stesso o della rete a monte del punto di fornitura, ad esempio per l'apertura o la chiusura di un interruttore.

Di queste sovratensioni ci si deve prendere cura nella progettazione dell'impianto, in quanto possono dar luogo ad innesco di incendi, o causare danni alle apparecchiature collegate all'impianto elettrico.

I componenti elettrici sono classificati anche in relazione alla loro **tenuta di impulso**, cioè il valore di sovratensione transitoria a cui possono resistere senza che si verifichino guasti.

La tabella seguente indica i valori che dovranno essere soddisfatti dai vari componenti, inteso come numero caratteristico di tenuta all'impulso richiesta ai componenti elettrici per tensioni nominali dell'impianto comprese fra 230 e 480 V.

Tab. XIV. Tenuta all'impulso dei componenti elettrici

Categoria IV (Tenuta alta)	Categoria III (Tenuta alta)	Categoria II (Tenuta normale)	Categoria I (Tenuta ridotta)
6	4	2.5	1.5
<i>Es. componenti</i>	<i>Es. componenti</i>	<i>Es. componenti</i>	<i>Es. componenti</i>
Contatori di energia. Dispositivi primari di protezione per sovracorrenti	Quadri di distribuzione. Interruttori automatici. Sistemi di condutture e cavi. Componenti elettrici di tipo industriale. Motori per uso fisso.	Utensili mobili o trasportabili. Elettrodomestici.	Componenti non destinati ad installazione fissa negli impianti.

È necessario che i valori di sovratensioni transitorie non abbiano valori di impulso superiori a quelli dei componenti utilizzati. Per contrastare gli effetti delle sovratensioni possono essere impiegati i limitatori di sovratensione (SPD). Per determinarne la necessità di impiego potrà anche essere valutato il rischio in base alla Norma CEI 81-10.

I dispositivi di limitazione, se più d'uno, devono essere fra loro coordinati. Infatti l'impulso non è completamente contenuto ai capi dell'SPD, ma devono essere considerate le oscillazioni ed induzioni della linea elettrica, che tende nuovamente a ricreare un innalzamento della tensione mano a mano che l'impulso si allontana dal dispositivo limitatore.

6.11.2. Protezione contro l'abbassamento di tensione

In genere non è necessario provvedere alla protezione per gli abbassamenti di tensione, salvo che l'abbassamento o la mancanza di energia non possa essere fonte di rischi.

In applicazioni particolari il dispositivo di intervento può essere:

- ritardato, se gli apparecchi collegati possono sopportare senza danni abbassamenti di tensione di breve durata, intendendo tali quelli di durata inferiore a 2 secondi.
- istantaneo, quando l'apertura dei circuiti avviene senza alcun ritardo;
- a richiusura automatica, nel qual caso al ritorno della tensione al valore nominale il dispositivo torna in chiusura automaticamente;
- a richiusura manuale, quando il ripristino dell'energia possa essere fonte di pericolo, pertanto la manovra richiesta è di tipo manuale.

La scelta del tipo di intervento è soggetta a valutazione del tecnico progettista in accordo con la committenza.

I dispositivi idonei a svolgere questa funzione possono essere:

- relè o sganciatori di minima tensione che, alla diminuzione della tensione, azionano interruttori di manovra o automatici;
- contattori (installati senza realizzare il circuito di ritenuta).