

LE SORGENTI DI RISCHIO ELETTRICO

Premessa

Si potrebbe credere che la realizzazione a regola d'arte di un impianto elettrico sia sufficiente a tutelarsi da tutti i rischi di natura elettrica presenti in un luogo di lavoro o in un ambiente di vita. Ciò è vero solo parzialmente. Anche mettendo in atto tutte le azioni necessarie a mantenere nel tempo il livello di sicurezza dell'impianto, conseguito con la corretta installazione, altre sorgenti di pericolo potrebbero generare le condizioni per l'innesco elettrico di un incendio o per la folgorazione di una persona.

Ai fini della valutazione e gestione del rischio elettrico, i sistemi per utilizzare l'energia elettrica possono essere classificati in:

- **impianti elettrici utilizzatori;**
- **apparecchi elettrici utilizzatori;**
- **organi di collegamento mobile.**

Oltre a questi, devono essere valutati e gestiti i rischi dovuti al possibile verificarsi di **scariche atmosferiche**, quelli generati dall'accumulo di **cariche elettrostatiche** e quelli causati dalla presenza di **masse estranee**.

Si deve prestare attenzione, infine, all'eventuale prossimità di **linee di trasmissione** o di **distribuzione pubblica dell'energia**, nei confronti delle quali si devono adottare misure organizzative e procedurali per garantire il rispetto delle distanze di sicurezza e comunque la protezione dei lavoratori.

Questa classificazione, apparentemente semplicistica, in realtà è piuttosto efficace per l'individuazione di tutte le sorgenti di rischio e della legislazione e normativa tecnica ad esse applicabili, alla base della corretta valutazione e gestione del rischio.

Di seguito si descrivono i sistemi per utilizzare l'energia elettrica. Le masse estranee sono definite e trattate nel documento "Lo shock elettrico - parte 2- misure di protezione" allegato alla pagina "Eventi dannosi", mentre alle scariche atmosferiche è dedicato il documento "Le scariche atmosferiche" allegato alla medesima pagina. Per la trattazione delle cariche elettrostatiche, il cui accumulo può avere come principale conseguenza l'innesco di atmosfere esplosive, si rimanda alla specifica disciplina.

1. I sistemi per utilizzare l'energia elettrica

1.1 L'impianto elettrico utilizzatore

Per **impianto elettrico utilizzatore**¹ si intende l'impianto che, a partire dal punto di consegna dell'energia elettrica, consente di alimentare gli apparecchi utilizzatori fissi e le prese a spina. Fanno parte dell'impianto elettrico utilizzatore tutti i circuiti di alimentazione, comprendenti cavi ed apparecchiature di manovra, sezionamento, interruzione, protezione, ecc., tra il punto di consegna e le prese a spina (incluse) o i morsetti di alimentazione (esclusi) degli apparecchi fissi; non ne fanno parte gli equipaggiamenti elettrici delle macchine (a partire dal quadro di macchina), degli utensili, degli apparecchi elettrici in genere.

A seconda della potenza installata e del tipo di contratto offerto dall'ente distributore, l'impianto può essere connesso direttamente alla rete in bassa tensione o indirettamente, nel caso di fornitura in media o alta tensione, tramite una propria cabina di trasformazione. In alcuni casi l'impianto elettrico utilizzatore può esser dotato anche di sistemi di generazione dell'energia elettrica propri².

Nelle figure 1 e 2 è rappresentato un esempio di impianto elettrico in un edificio adibito ad uffici dotato di cabina propria di trasformazione.

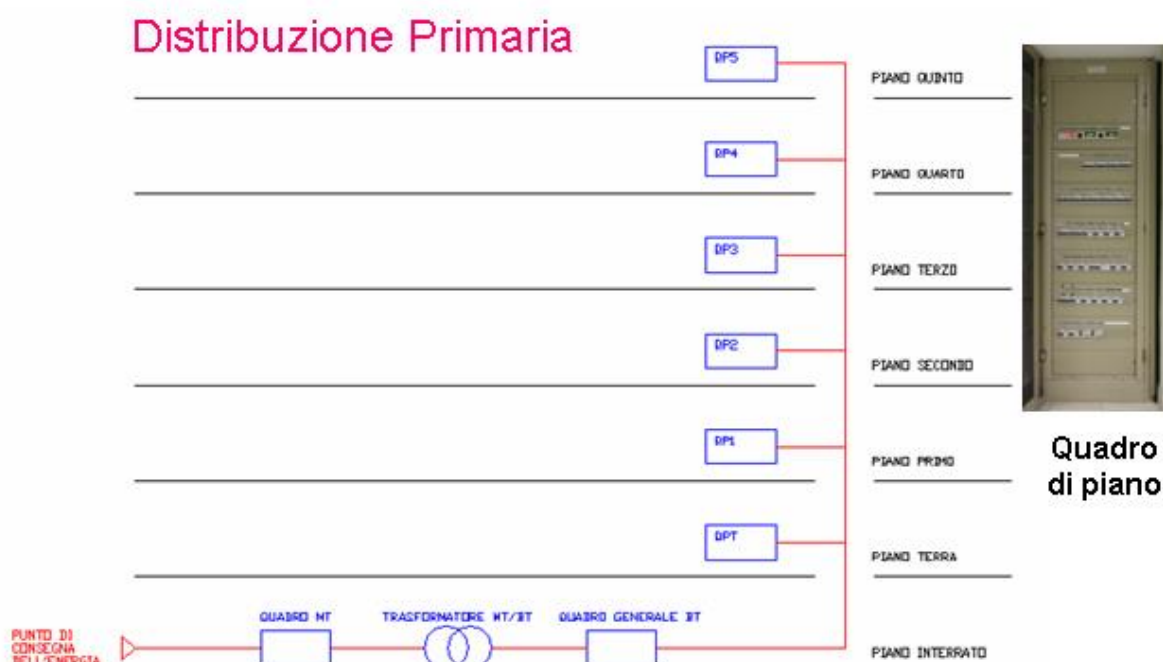
La figura 1 illustra come, a partire dal punto di consegna dell'energia elettrica in media tensione, la linea di alimentazione incontra prima il **quadro di media tensione** di utente, poi il **trasformatore** che realizza la trasformazione da media a bassa tensione, quindi il **quadro generale di bassa tensione**. Dagli interruttori posti sul quadro generale di bassa tensione hanno origine le linee elettriche che vanno ad alimentare i vari quadri locali, quali, ad esempio, i **quadri di piano**.

¹ Le definizioni fornite dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37 e dalla Norma Tecnica CEI 64-8 non sono perfettamente sovrapponibili. Infatti, ai fini del D.M. 37/08, relativo all'attività di installazione di impianti all'interno degli edifici, per "impianti di produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione, utilizzazione dell'energia elettrica" si intendono i circuiti di alimentazione degli apparecchi utilizzatori e delle prese a spina con esclusione degli equipaggiamenti elettrici delle macchine, degli utensili, degli apparecchi elettrici in genere....Per la norma CEI 64-8 l'impianto utilizzatore è costituito dai circuiti di alimentazione degli apparecchi utilizzatori e delle prese a spina, ed ha origine dal punto di consegna dell'energia elettrica; fanno parte dell'impianto elettrico anche tutti i componenti elettrici non alimentati tramite prese a spina e gli apparecchi utilizzatori fissi alimentati tramite presa a spina destinate unicamente alla loro alimentazione. L'edizione 2012 della norma CEI 64-8 specifica però che l'inclusione degli apparecchi utilizzatori nella definizione di impianto elettrico va considerata ai soli fini della corretta scelta e "applicazione" nell'impianto.

² Sono impianti elettrici ai sensi del DM 37/08 se l'autoproduzione di energia non supera 20 kW.

Figura n. 1

Esempio di un impianto elettrico utilizzatore all'interno di un edificio adibito ad uffici; distribuzione primaria (dalla cabina - comprendente il quadro di media tensione, il trasformatore ed il quadro generale di bassa tensione - fino ai quadri di piano).



Quadro di Media Tensione



Trasformatore Media/Bassa Tensione



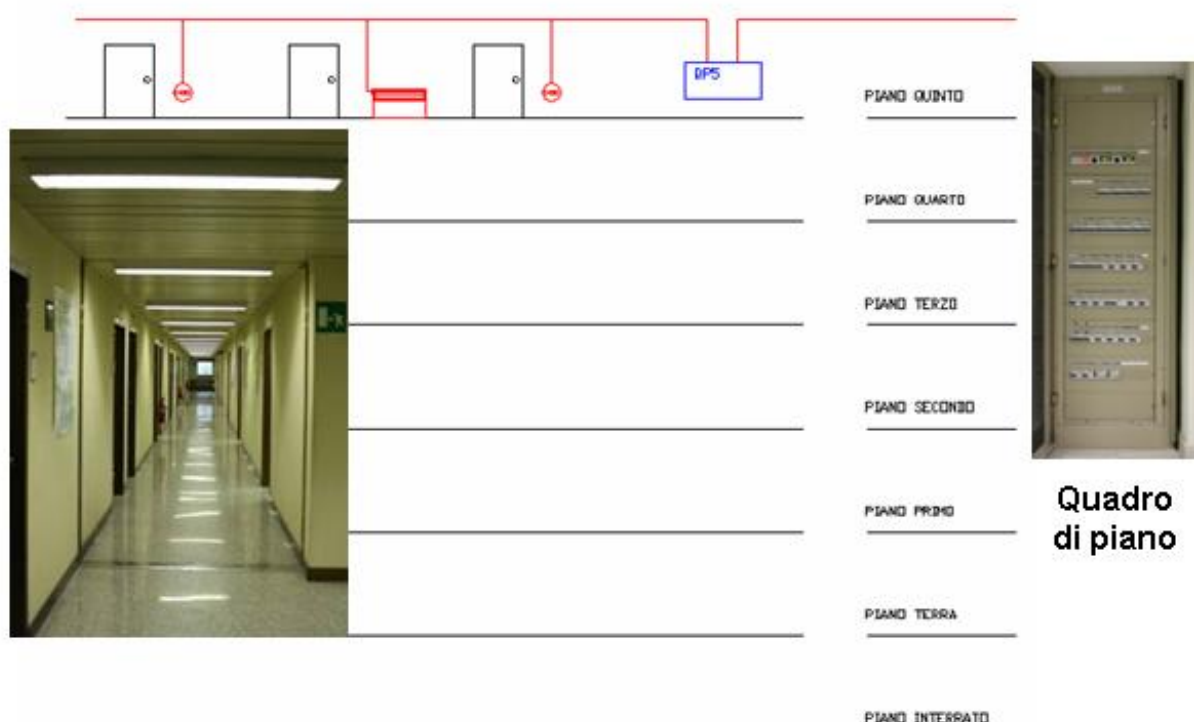
Quadro Generale di Bassa Tensione

Dai quadri di piano partono le linee che, viaggiando lungo i corridoi (ad esempio nei controsoffitti, come illustrato in figura 2), giungono in prossimità delle stanze; qui sono realizzate le derivazioni per consentire di distribuire l'energia alle varie utenze nelle stanze, o tramite prese a spina, o mediante connessione diretta delle linee ai

morsetti di ingresso degli apparecchi utilizzatori fissi (ad es. i fan-coil). Nel primo caso, le prese a spina sono l'ultimo componente dell'impianto elettrico, nel secondo caso l'impianto termina ai morsetti dell'apparecchio alimentato.

Figura n. 2 Esempio di un impianto elettrico utilizzatore all'interno di un edificio adibito ad uffici; distribuzione secondaria (dai quadri locali fino alle prese a spina e ai morsetti degli apparecchi utilizzatori fissi).

Distribuzione Secondaria



Un gruppo di prese a spina



Un fan-coil (il cavo di alimentazione si attesta direttamente sui morsetti di ingresso dell'interruttore di protezione dell'apparecchio)



Oltre ai quadri di piano, dal quadro generale di bassa tensione vengono alimentati anche tutti i quadri elettrici dei locali tecnici (centrale termica, centrale frigorifera, ecc.), dai quali si eroga energia ai vari apparati tecnologici dell'edificio.

Generalmente, in edifici di una certa dimensione o, comunque, con esigenze di continuità di servizio, al quadro generale di bassa tensione sono connesse anche delle sorgenti di energia autonome, quali **gruppi elettrogeni**³ o **sistemi statici di continuità** (chiamati **UPS**⁴) collegati a batterie di accumulatori. A seconda delle soluzioni impiantistiche adottate, tali sorgenti possono essere predisposte per alimentare, in caso di mancanza di energia dalla rete pubblica, o tutto o una parte dell'impianto utilizzatore.

In casi sempre più frequenti inoltre, all'impianto utilizzatore sono connessi sistemi di generazione dell'energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili (principalmente sistemi fotovoltaici) o finalizzati alla cosiddetta "cogenerazione"⁵, la cui principale funzione non è quella di far fronte ad eventuali distacchi dalla rete di distribuzione pubblica, ma quella di realizzare una vera e propria produzione di energia elettrica, destinata ad alimentare con continuità i propri apparecchi utilizzatori, ed eventualmente anche ad esser venduta.

Nelle figure 3 e 4 sono rappresentate le planimetrie di un impianto elettrico dotato di cabina di trasformazione propria, relativo ad una officina per la produzione di carpenteria metallica. In particolare, nella figura 3 si può osservare la presenza di un gruppo elettrogeno, impiegato come sorgente di alimentazione di emergenza.

Nella figura 5 è riportato lo schema elettrico dell'impianto.

Nella maggior parte dei casi, la consegna dell'energia elettrica avviene direttamente in bassa tensione. L'impianto utilizzatore ha origine, allora, ai morsetti del contatore di energia elettrica (di proprietà dell'ente distributore), con il cavo (di proprietà dell'utente) che, dal contatore, alimenta il quadro elettrico generale dell'utente. L'impianto termina sempre alle prese a spina o ai morsetti degli apparecchi utilizzatori alimentati.

In figura 6 è ritratto un esempio di contatore di energia elettrica monofase comunemente utilizzato nella distribuzione in bassa tensione.

³ I gruppi elettrogeni sono generatori elettrici mossi da un motore a combustione interna. Per potenze che vanno da qualche decina ad alcune migliaia di kilowatt, si utilizzano motori diesel, alimentati a gasolio. Per potenze superiori vengono impiegate anche le turbine a gas.

⁴ UPS è l'acronimo di Uninterruptible Power System. Sono sistemi realizzati con convertitori statici alimentati sia dalla rete in corrente alternata, sia da batterie di accumulatori (in corrente continua). In condizioni di funzionamento normale, gli UPS alimentano i carichi collegati ai propri morsetti di uscita prelevando energia dalla rete; contemporaneamente mantengono in carica le batterie di accumulatori. In caso di mancanza di energia dalla rete elettrica, gli UPS continuano ad alimentare i carichi prelevando energia dalle batterie e convertendola in corrente alternata. La commutazione tra le due sorgenti avviene in tempi brevissimi, tali da non influire sul funzionamento dei carichi.

⁵ Con il termine cogenerazione s'intende la produzione contemporanea di energia elettrica e termica attraverso un unico processo di generazione.

Figura n. 3 Esempio di distribuzione primaria di un impianto elettrico utilizzatore di un'officina per la produzione di carpenteria metallica.

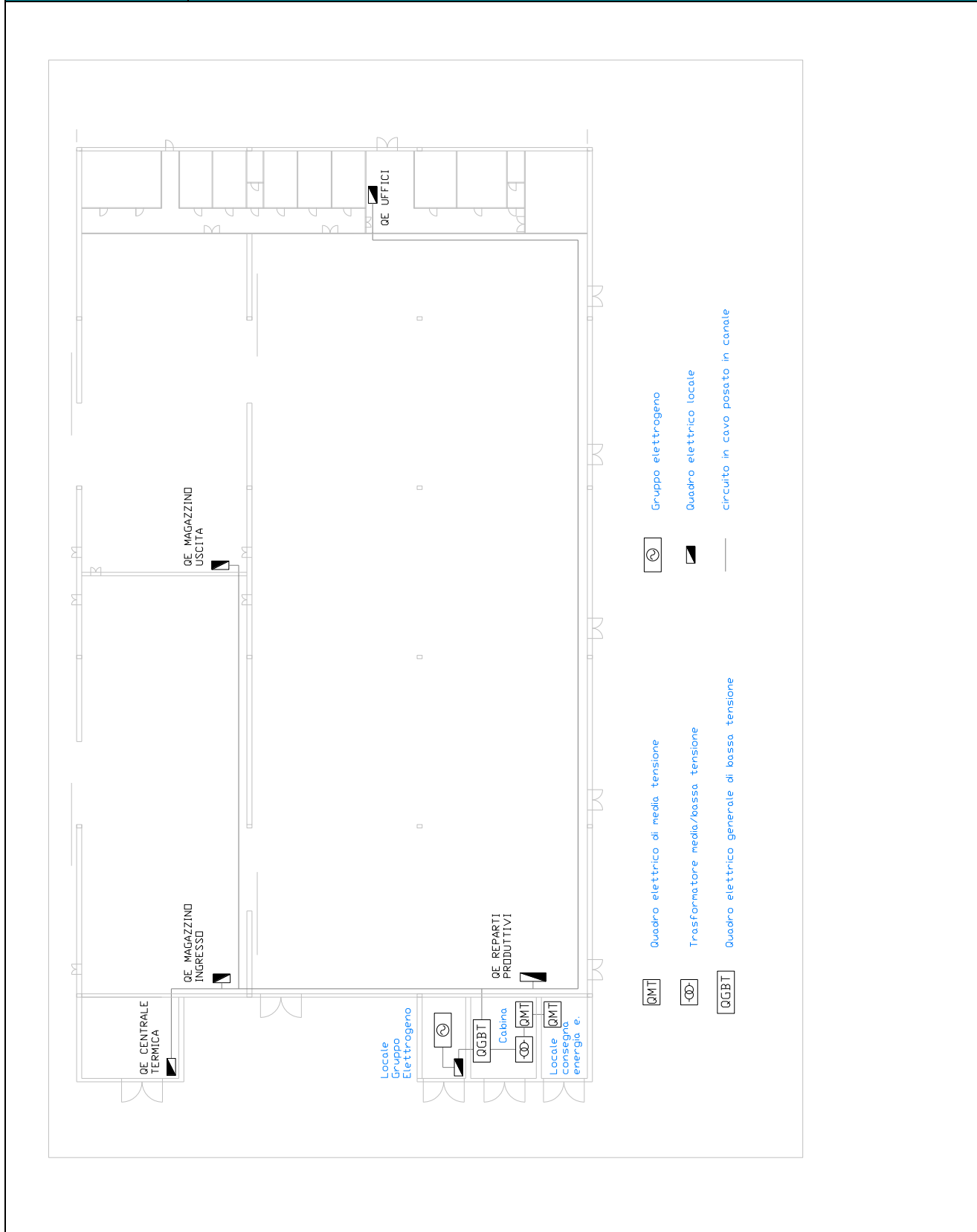


Figura n. 4 Esempio di distribuzione secondaria di un impianto elettrico utilizzatore di un'officina per la produzione di carpenteria metallica.

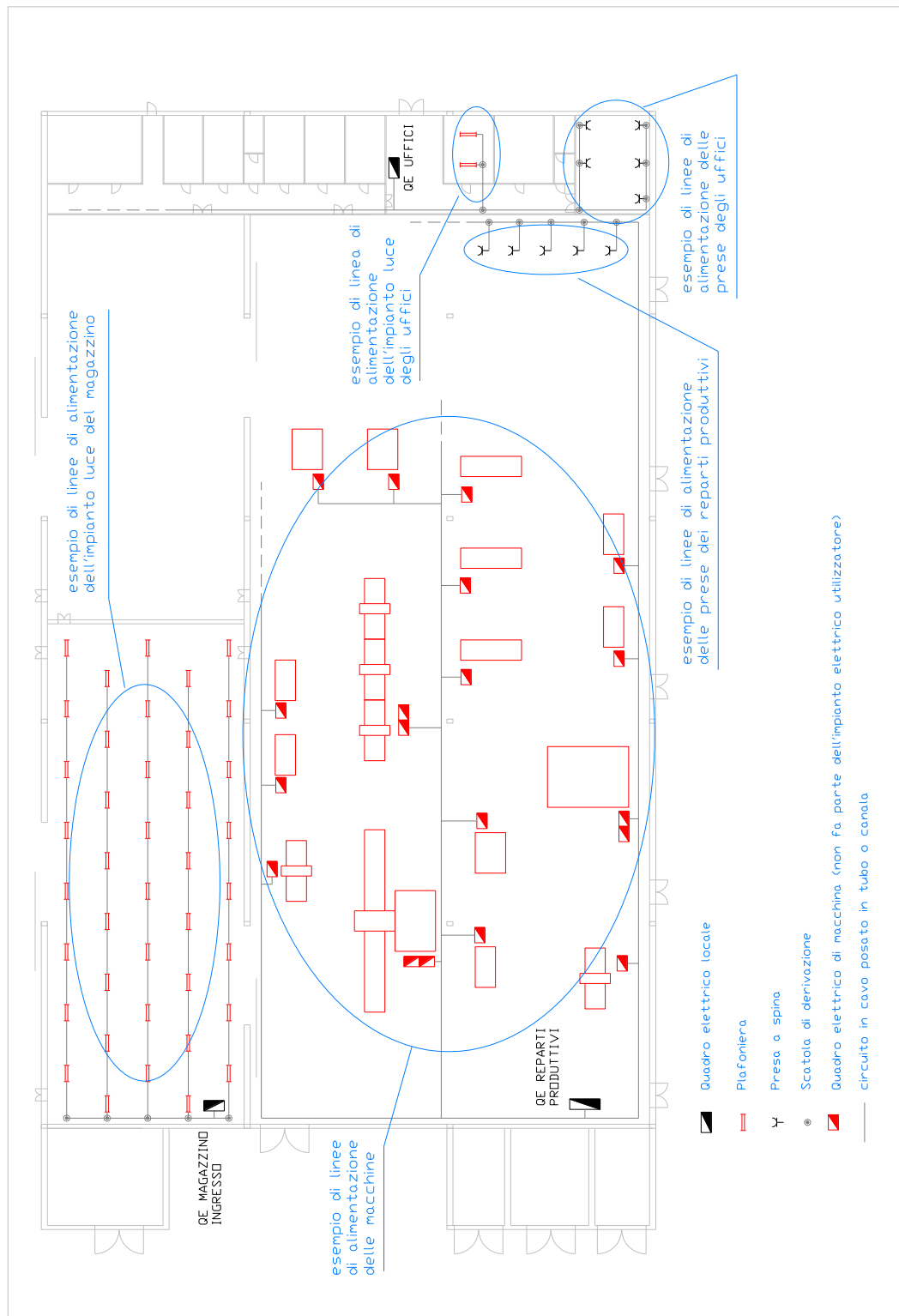


Figura n. 5 Esempio di schema elettrico generale di un impianto elettrico utilizzatore di un'officina per la produzione di carpenteria metallica.

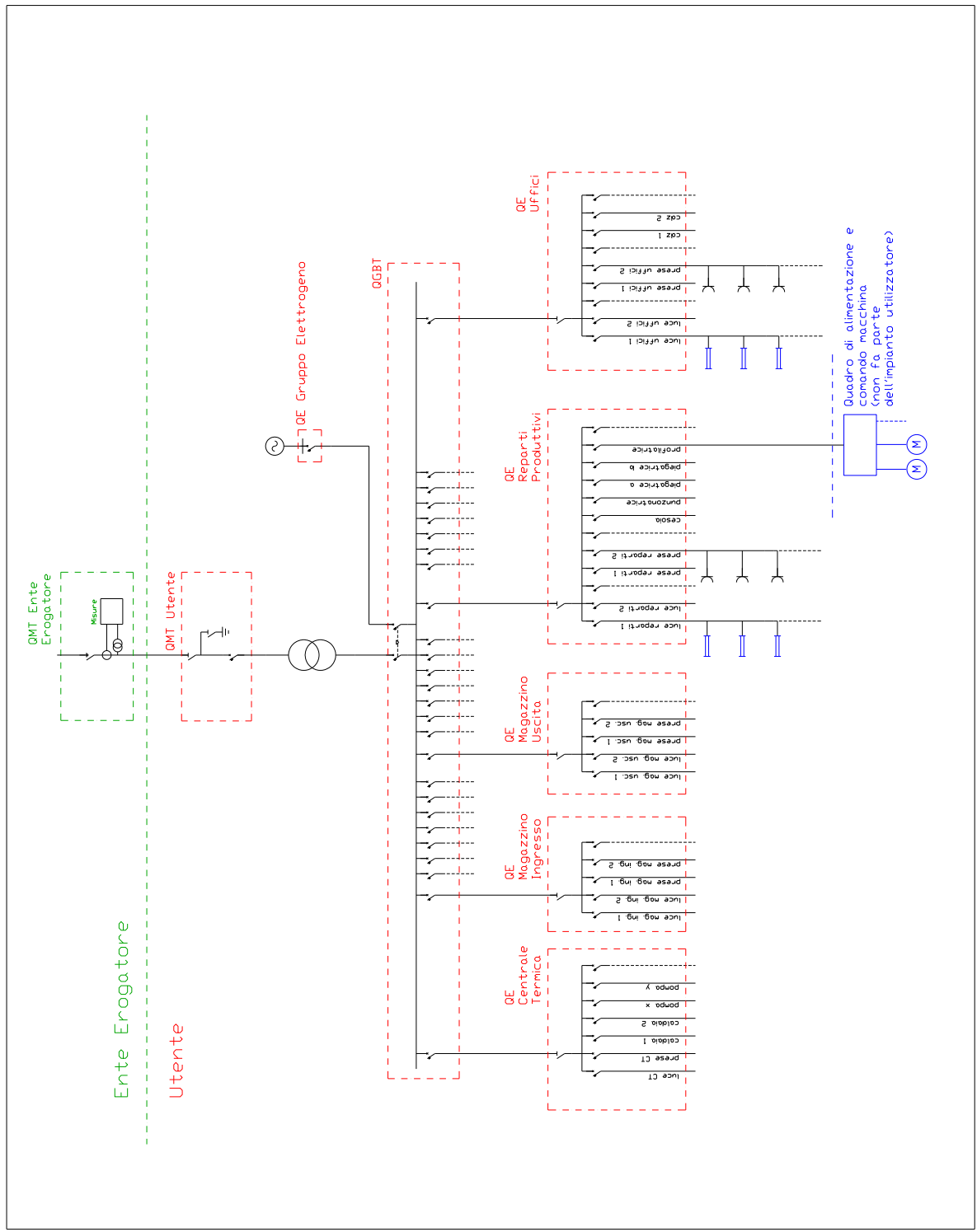


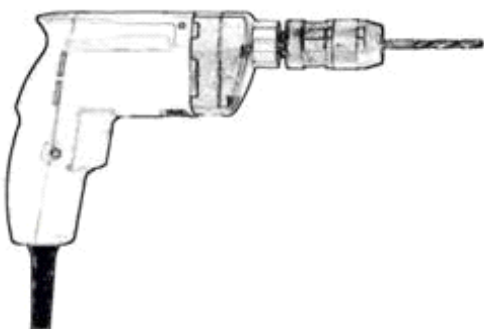
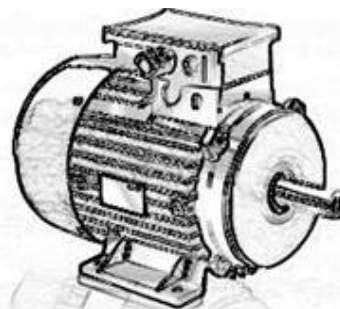
Figura n. 6 Contatore di energia elettrica per distribuzione in bassa tensione monofase.



1.2 Gli apparecchi elettrici utilizzatori

Per **apparecchio elettrico** utilizzatore s'intende qualunque tipo di apparecchio utilizzatore alimentato elettricamente, ad esempio, le macchine utensili (tornio, fresa, ecc.), gli utensili portatili (trapano portatile, ecc.), gli apparecchi di sollevamento e trasporto dei carichi, gli apparecchi utilizzatori destinati al lavoro di ufficio (personal computer, fotocopiatrice, stampante, fax, ecc.), le apparecchiature per il condizionamento ed il trattamento dell'aria e quelle per il riscaldamento, gli apparecchi di illuminazione, ecc..

Figura n. 7 Alcuni esempi di apparecchi elettrici utilizzatori.



Nel caso di macchine utensili o in generale di macchine da lavoro fisse, fanno parte dell'equipaggiamento elettrico della macchina sia i circuiti elettrici di bordo, sia il quadro elettrico della macchina; nel caso di utilizzatori alimentati mediante prese a spina, il cavo e la spina di alimentazione dedicati, forniti dal costruttore, fanno parte dell'apparecchio.

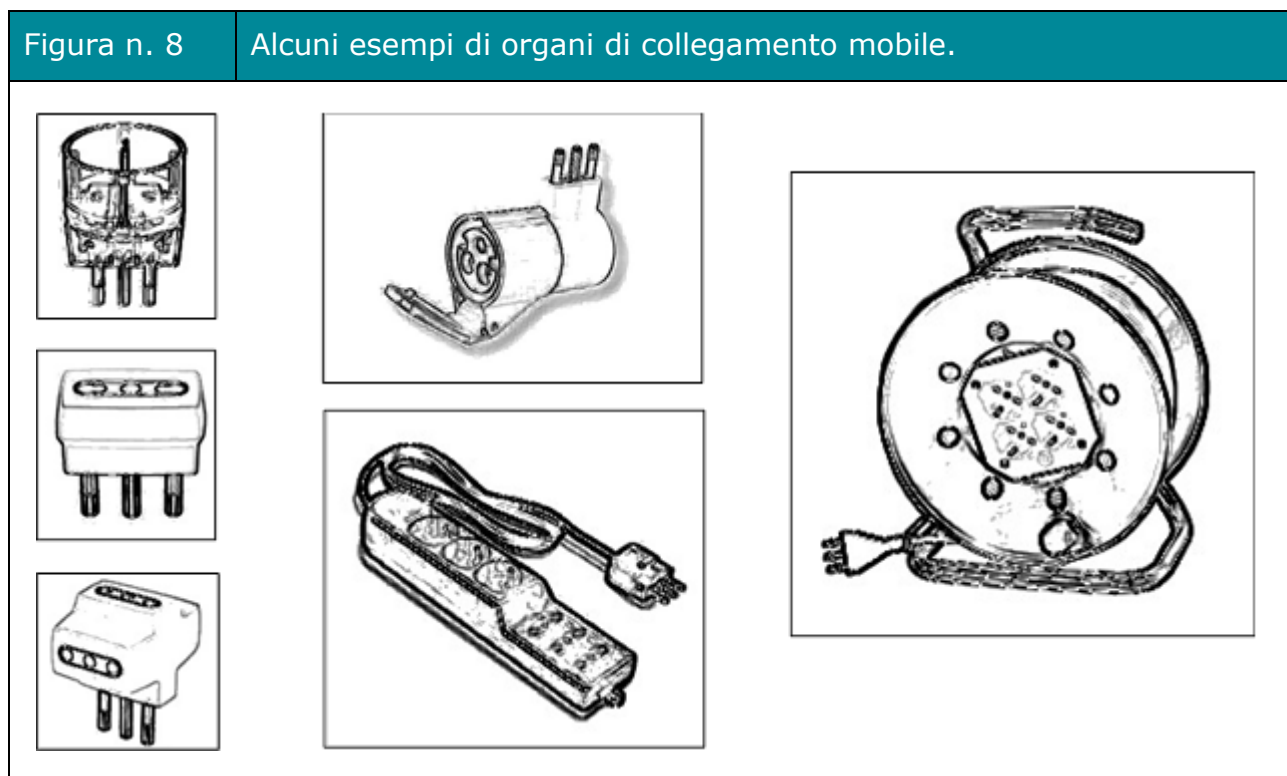
1.3 Gli organi di collegamento mobile

Gli **organi di collegamento mobile** (o "dispositivi per connessioni elettriche temporanee") sono dispositivi che, pur non facendo parte né dell'impianto elettrico, né degli apparecchi elettrici utilizzatori, consentono di effettuare il collegamento elettrico dell'uno agli altri. Sono previsti per un uso temporaneo.

Ne sono esempio le prolunghe, le prese multiple ("ciabatte"), gli adattatori, ecc..

Tali dispositivi risultano tra i punti maggiormente critici ai fini della protezione dagli incendi e dai contatti con le parti in tensione.

A differenza degli impianti e degli apparecchi elettrici, essi generalmente non sono dotati di dispositivi di protezione contro le "sovracorrenti", pertanto la loro sicurezza deve essere garantita principalmente attraverso il corretto uso.



Bibliografia

- G. Conte, 2014. Manuale di impianti elettrici, HOEPLI
- M. Barezzi, 2009. Fondamenti di impianti elettrici civili ed industriali, SAN MARCO
- Norma CEI 64-8/2: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 2: Definizioni.

Nota

Si ringrazia il sig. Danilo Quaranta per l'assistenza durante l'acquisizione delle immagini nei locali tecnici della Sede INAIL di via Stefano Gradi, a Roma.

Data di chiusura del documento: 19/10/2018

Conoscere il rischio

Nella sezione Conoscere il rischio del portale Inail, la Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (Contarp) mette a disposizione prodotti e approfondimenti normativi e tecnici sul rischio professionale, come primo passo per la prevenzione di infortuni e malattie professionali e la protezione dei lavoratori. La Contarp è la struttura tecnica dell'Inail dedicata alla valutazione del rischio professionale e alla promozione di interventi di sostegno ad aziende e lavoratori in materia di prevenzione.

Per informazioni

contarp@inail.it

LO SHOCK ELETTRICO – PARTE 1

MODALITÀ DI ACCADIMENTO ED EFFETTI

Premessa

Il passaggio di corrente attraverso il corpo umano causato dal contatto contemporaneo con parti a tensione differente può determinare effetti fisiopatologici gravi, talvolta mortali. Tale situazione, indicata con espressioni diverse (**shock elettrico, folgorazione, elettrocuzione**), è ben conosciuta e oggetto di diverse prescrizioni legislative e normative volte a fronteggiare il rischio.

Questo approfondimento costituisce la prima di due parti dedicate alla trattazione dello shock elettrico. Descrive gli effetti fisiopatologici prodotti dal passaggio di corrente attraverso il corpo umano quando, in occasione degli incidenti di natura elettrica, è sottoposto a tensioni pericolose. Schematizza inoltre le modalità con cui gli stessi incidenti possono verificarsi. Le relative misure di protezione saranno invece illustrate nella seconda parte della trattazione (documento "Lo shock elettrico - parte 2 - misure di protezione" allegato alla pagina "Eventi dannosi").

1. Effetti della corrente sul corpo umano

1.1. Effetti fisiologici

Gran parte delle funzioni vitali del corpo umano si basano su fenomeni di tipo elettrochimico, che regolano il normale funzionamento di cellule, fibre, tessuti e organi (si pensi, ad esempio, alla trasmissione dei segnali che trasportano gli stimoli sensoriali o regolano la contrazione muscolare; tale funzione è basata sulla propagazione di variazioni di potenziale elettrico attraverso le fibre del sistema nervoso).

Il naturale legame fisiologico tra attività biologica dell'organismo e attività elettrica spiega, pertanto, la sensibilità degli organismi al passaggio di corrente causato da tensioni elettriche applicate dall'esterno, come si verifica nei casi di infortunio.

Gli effetti lesivi della corrente elettrica sul corpo umano (folgorazione o elettrocuzione) sono riconducibili sostanzialmente a quattro tipi di fenomeni, che possono manifestarsi singolarmente o in combinazione tra di loro negli infortuni elettrici: la tetanizzazione, l'arresto respiratorio, la fibrillazione ventricolare e le ustioni. I primi tre agiscono con

meccanismi analoghi a quelli fisiologici, anche se i valori delle grandezze elettriche in gioco sono molto più grandi; l'ultimo fenomeno è determinato invece dall'effetto Joule.

1.2. Tetanizzazione

La tetanizzazione è la contrazione involontaria di un muscolo che si origina quando esso, soggetto ad una tensione applicata, è attraversato da una corrente di valore sufficientemente elevato per un determinato periodo. Il fenomeno è reversibile e, generalmente, non dà luogo a conseguenze dirette gravi. Indirettamente, invece, può essere causa di cadute dall'alto, o può prolungare il contatto elettrico con gli oggetti in tensione, conducendo così a conseguenze più gravi.

Si definisce "corrente di rilascio" il massimo valore di corrente per il quale si è ancora in grado di lasciare la presa di un oggetto in tensione. A livello internazionale, per correnti alternate a frequenza "industriale" (nel nostro paese 50 Hz), è stato indicato convenzionalmente un valore pari a 10 mA per gli uomini, mentre sono ipotizzati valori inferiori per donne e bambini (si prende come riferimento 5 mA). In corrente continua, i limiti sono più elevati (fino a 300 mA). In generale, infatti, gli effetti sul corpo umano della corrente continua e a frequenza elevata sono inferiori a quelli prodotti dalla corrente a frequenza "industriale", a parità di "valore efficace"¹. Ciò è dovuto essenzialmente ad un fenomeno detto di "accomodazione", in base al quale le cellule eccitate da un primo stimolo elettrico, hanno bisogno di un certo periodo di rilassamento prima di rispondere ad un nuovo stimolo con la stessa intensità. Se gli stimoli si susseguono con elevata frequenza o sono addirittura continui, la risposta cellulare risulta ridotta.

1.3. Arresto respiratorio

Per correnti superiori a quella "di rilascio" e per determinati percorsi della corrente nel corpo umano, si può verificare la contrazione dei muscoli preposti alla respirazione e la paralisi dei centri nervosi che la controllano. In questo caso le conseguenze possono determinare la morte per soffocamento o danni irreversibili al tessuto cerebrale (a causa del blocco respiratorio), se la corrente non si interrompe in tempi brevi (dell'ordine di qualche minuto). L'arresto respiratorio costituisce la causa di circa il 6% delle morti per folgorazione.

Un intervento efficace, se praticato tempestivamente, dopo aver allontanato in sicurezza l'infortunato dalla parte in tensione, è la respirazione artificiale.

1.4. Fibrillazione ventricolare

È la principale causa di morte dovuta al passaggio di corrente nel corpo umano (oltre il 90% delle morti) ed è causata, quasi sempre, da correnti di valore superiore a quelle sufficienti alla tetanizzazione o all'arresto respiratorio.

In condizioni normali, le fibre muscolari dei ventricoli si contraggono in maniera periodica e coordinata per effetto degli impulsi elettrici prodotti dal nodo senoatriale,

¹ Il valore efficace di una corrente alternata è per definizione il valore di una corrente continua che, nello stesso intervallo di tempo, determinerebbe lo stesso sviluppo di energia termica di quella alternata. Il valore efficace è utilizzato normalmente per rappresentare con un unico valore una grandezza che varia periodicamente nel tempo.

determinando la pulsazione cardiaca e la circolazione sanguigna. Se il cuore è attraversato da correnti esterne di durata e valore sufficienti, si innesca un fenomeno (fibrillazione) per cui le fibre ventricolari iniziano a contrarsi in maniera disordinata e caotica, non consentendo più al cuore di pompare il sangue in maniera funzionale. Una volta innescata, la fibrillazione si autosostiene anche dopo l'interruzione della corrente che l'ha originata. Può essere interrotta solo tramite intervento con defibrillatore. Tuttavia, si riesce ad evitare la morte dell'infortunato o danni al tessuto cardiaco e cerebrale solo agendo entro pochissimi minuti.

Esperimenti effettuati su animali di laboratorio hanno mostrato che il valore di corrente necessario a determinare la fibrillazione è funzione della durata del contatto, della massa corporea e del percorso della corrente, tenendo anche conto che la corrente che interessa il cuore è solo una parte di quella totale. Si è potuto osservare, inoltre, che all'aumentare della frequenza diminuisce la probabilità di fibrillazione.

1.5. Ustioni

Sono causate essenzialmente dallo sviluppo di calore per "effetto Joule" nel passaggio di corrente attraverso il corpo umano che, a frequenza industriale, si comporta sostanzialmente come una resistenza elettrica. L'aumento di temperatura localizzato risulta proporzionale al quadrato dell'intensità di corrente per unità di superficie², alla resistenza del tessuto interessato e alla durata della corrente. La pelle, nei punti di contatto, costituisce una delle parti maggiormente soggette ad ustioni, sia per il maggior valore di resistenza rispetto agli altri tessuti, sia per la maggiore concentrazione della corrente nei punti di contatto.

In alta tensione l'effetto termico costituisce il principale effetto dannoso provocato dal passaggio di corrente, con distruzione di tessuti, centri nervosi e arterie.

Ustioni possono essere provocate anche come effetti termici di archi elettrici non confinati o per contatto con componenti elettrici la cui superficie esterna abbia raggiunto temperature eccessive durante il funzionamento. In questi casi l'organismo non è interessato direttamente dal passaggio di corrente.

2. Limiti di pericolosità della corrente in funzione del tempo

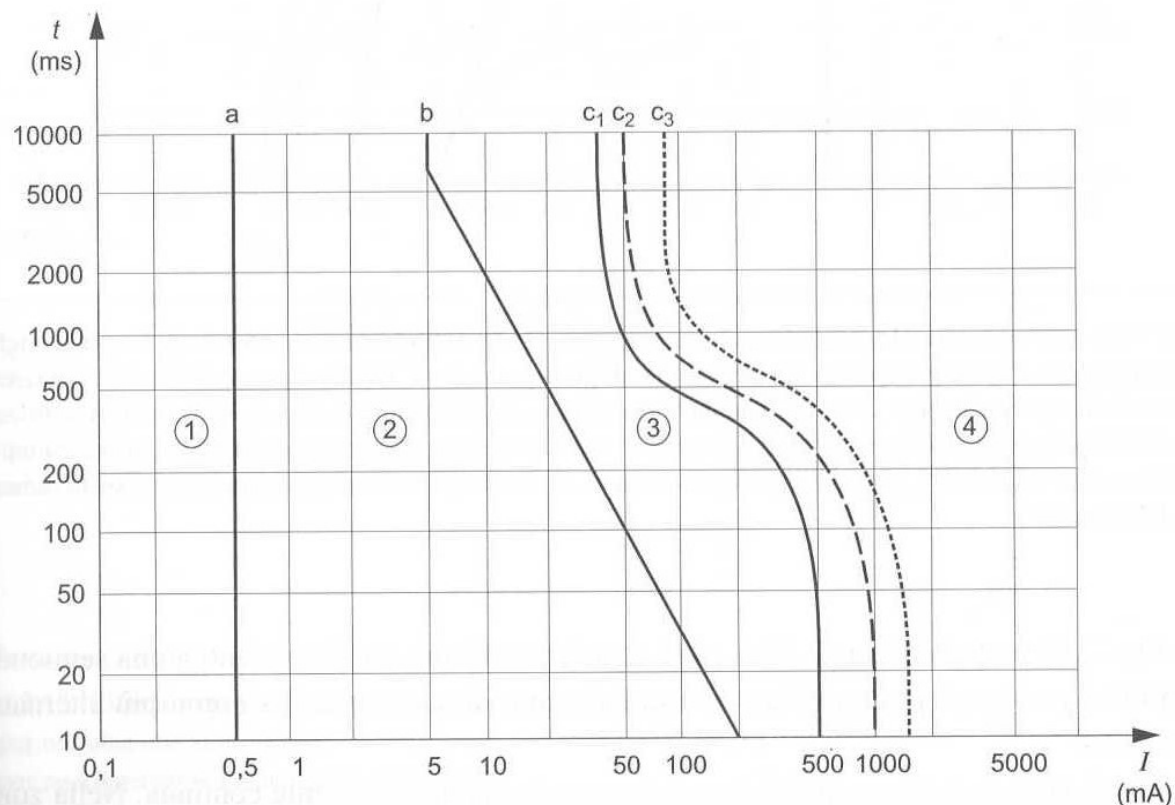
Gli effetti della corrente elettrica attraverso il corpo umano dipendono da vari fattori, tra cui il percorso, l'intensità della corrente e la sua durata.

La figura 1 riassume, per correnti alternate a frequenza industriale, tali effetti in funzione dell'intensità e della durata della corrente.

² Detta "densità di corrente".

Figura n.1

Zone di pericolosità della corrente elettrica alternata (da V. Carrescia - Fondamenti di sicurezza elettrica - TNE)



Tenendo presenti tutti i limiti reali che possono avere i diagrammi ottenuti estrapolando risultati di laboratorio o informazioni desumibili a posteriori dagli infortuni elettrici, e la differente sensibilità individuale di ogni organismo, le curve in rappresentate in figura hanno il seguente significato statistico:

- **curva a:** soglia di percezione (riferita al passaggio di corrente attraverso i polpastrelli delle mani);
- **curva b:** soglia di tetanizzazione;
- **curva c₁:** soglia di fibrillazione ventricolare (riferita al percorso della corrente che va dalla mano sinistra ai piedi);
- **curva c₂:** curva associata ad una probabilità di innesco della fibrillazione ventricolare pari al 5 %;
- **curva c₃:** curva associata ad una probabilità di innesco della fibrillazione ventricolare pari al 50 %;

Alle quattro zone individuate in figura corrispondono gli effetti di seguito descritti:

- **zona (1):** assenza di reazioni. Ciò si verifica per qualunque durata della corrente;
- **zona (2):** assenza di effetti fisiopatologici. Fino alla soglia di 5 mA, ciò si verifica per qualunque durata della corrente. Per correnti superiori a 5 mA, al crescere del valore di corrente, diminuisce il tempo per il quale la stessa può essere sopportata senza che si manifestino effetti fisiopatologici pericolosi;
- **zona (3):** manifestazione di effetti fisiopatologici quali contrazioni muscolari, difficoltà respiratoria, aumento della pressione sanguigna, disturbi cardiaci senza innesco di fibrillazione ventricolare. Gli effetti aumentano al crescere del valore di corrente e della sua durata;
- **zona (4):** possibile innesco della fibrillazione ventricolare, con probabilità crescente all'aumentare della corrente e della durata.

Per le correnti continue esistono curve analoghe, ma con valori di soglia più elevati, a conferma generale della minor pericolosità della corrente continua rispetto all'alternata.

Dai diagrammi sopra riportati risulta che correnti di poche decine di milliampere sono in grado di procurare effetti lesivi anche gravi se queste non sono interrotte tempestivamente.

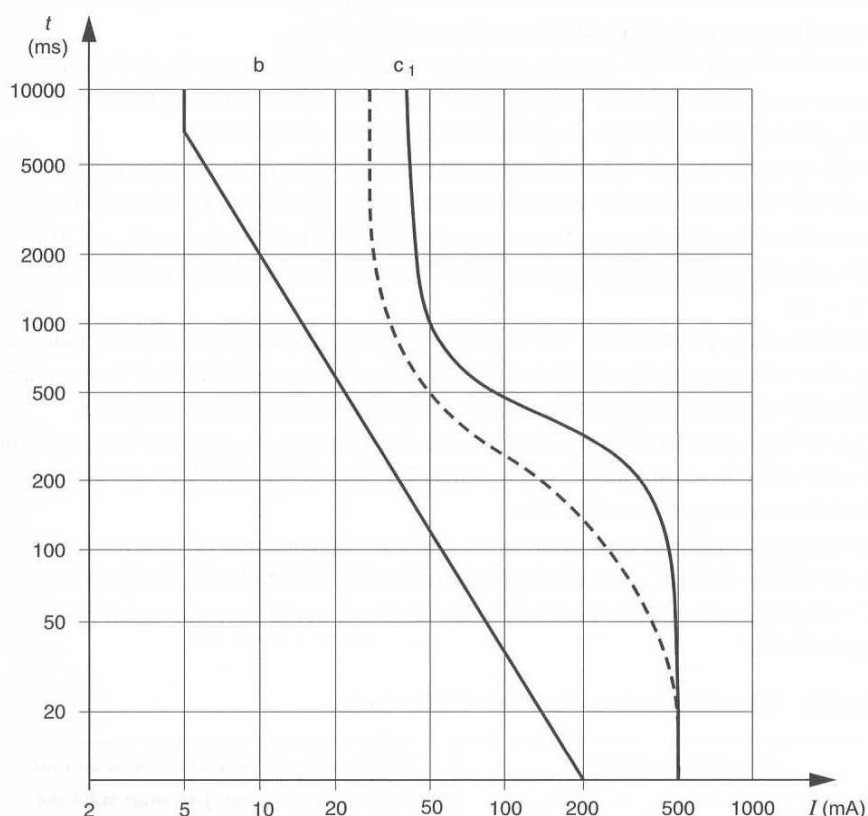
È opportuno ricordare che le correnti normalmente circolanti negli impianti elettrici hanno ordini di grandezza generalmente molto maggiori, che vanno dai decimi, alle decine, fino alle centinaia di ampere.

La figura 2 riporta la curva di sicurezza corrente-tempo (tratteggiata) adottata convenzionalmente in sede normativa ai fini della "protezione dai contatti indiretti" per interruzione automatica dell'alimentazione (di cui si parlerà più avanti e nella seconda parte della trattazione dedicata allo shock elettrico). Sono ritenute convenzionalmente accettabili coppie di valori corrente-tempo che definiscono punti nell'area a sinistra della curva di sicurezza; a destra della curva di sicurezza invece, il rischio è considerato non accettabile.

Si può osservare che la curva di sicurezza è collocata in posizione intermedia tra la curva b, che definisce il limite al di sopra del quale si possono manifestare effetti fisiopatologici, e la curva c1, oltre la quale si può innescare la fibrillazione ventricolare.

Figura n.2

Curva di sicurezza corrente-tempo assunta in sede normativa internazionale ai fini della protezione contro i "contatti indiretti" per interruzione automatica dell'alimentazione (da V. Carrescia - Fondamenti di sicurezza elettrica - TNE).



3. Resistenza elettrica del corpo umano, tensioni e correnti in gioco

Le correnti nel corpo umano sono dunque pericolose per gli effetti fisiopatologici che possono provocare. Tuttavia, ciò che determina il passaggio di corrente attraverso il corpo è sempre la presenza di una tensione tra due punti con i quali la persona entra simultaneamente in contatto.

Per sistemi in corrente continua o alternata a frequenza industriale (50 Hz), il valore di corrente che fluisce attraverso il corpo umano dipende dal valore della **tensione applicata V_c** e dalla **resistenza elettrica R_c** ³ globalmente opposta dal corpo, secondo la nota "legge di Ohm":

³ In realtà il corpo umano, sottoposto ad una tensione applicata dall'esterno, presenta sia una componente resistiva sia una componente capacitiva. A frequenza industriale quest'ultima risulta trascurabile rispetto alla prima.

$$I = V_c / R_c$$

Il valore della resistenza R_c è ampiamente variabile e dipende da:

- **percorso della corrente:** in funzione delle resistenze dei vari tessuti e organi presenti nel circuito di richiusura della corrente nel corpo umano. Le resistenze maggiori sono concentrate negli arti. Per contatti mano-mano o mano-piede si hanno, pertanto, i valori più elevati di R_c ;
- **stato della pelle:** la presenza di umidità, sudore, tagli, callosità, ecc. influisce sul valore della resistenza dei punti di contatto e quindi anche di R_c ;
- **superficie di contatto:** all'aumentare della superficie di contatto diminuisce la resistenza del corpo umano R_c ;
- **pressione di contatto:** all'aumentare della pressione di contatto diminuisce la resistenza del corpo umano R_c ;
- **tensione di contatto:** all'aumentare della tensione applicata al corpo, la resistenza del corpo R_c diminuisce.

La legge di Ohm fornisce immediata evidenza della maggior pericolosità delle alte tensioni rispetto alla bassa tensione: in caso di contatto elettrico del corpo umano con i conduttori in tensione, le prime determinano, infatti, il passaggio di correnti più elevate. Anche per tale motivo, ove compatibile con la potenza richiesta dagli apparecchi alimentati (in ambito civile sempre) l'energia elettrica viene resa disponibile in bassa tensione.

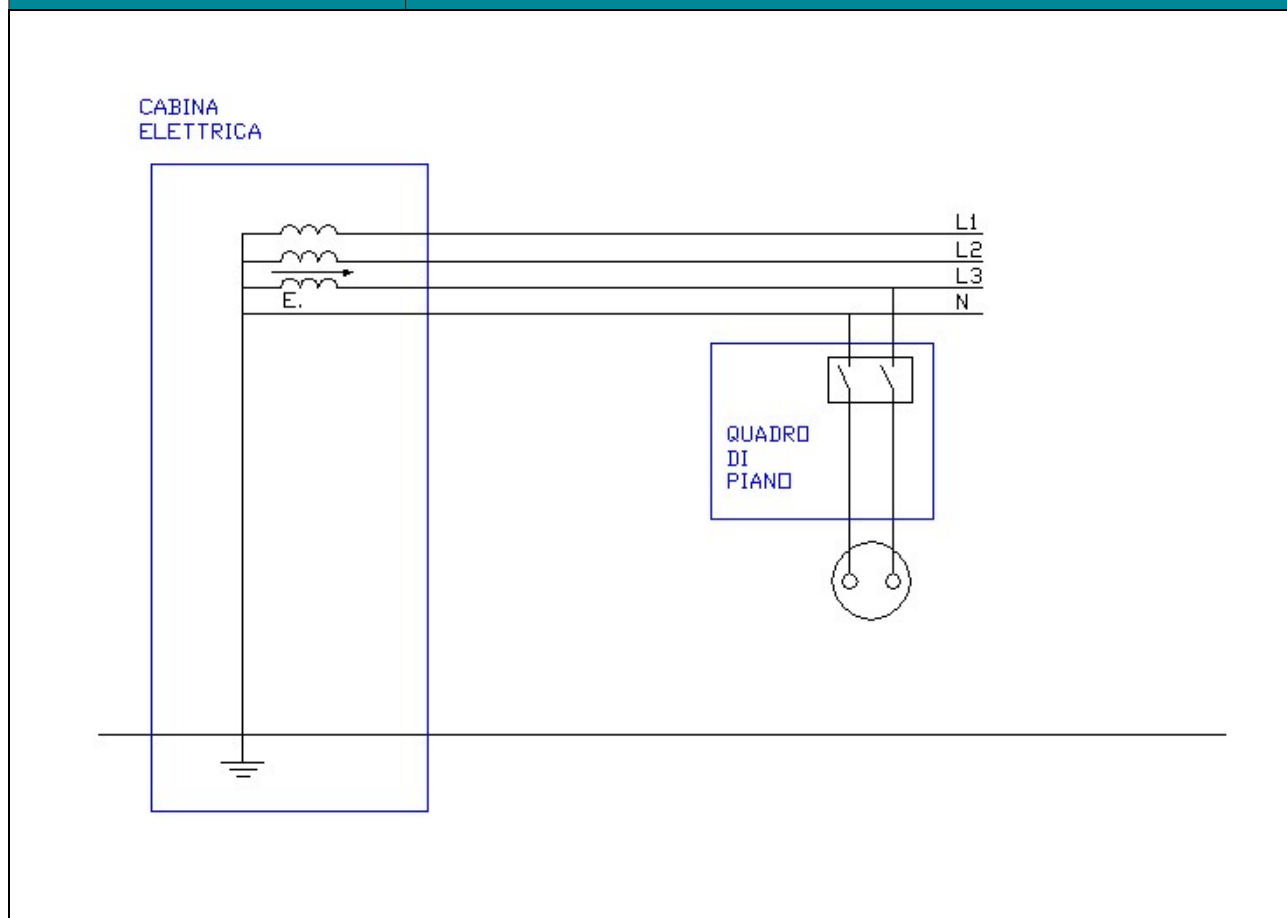
Per comprendere quello che succede quando si verifica una folgorazione in un impianto elettrico in bassa tensione, si riprende in considerazione lo schema elettrico già utilizzato per rappresentare i fenomeni termici (fig. 3).

All'interno della cabina elettrica di trasformazione MT/BT sono rappresentati i tre avvolgimenti di bassa tensione del trasformatore ed il neutro dello stesso; dalla cabina parte la linea di distribuzione dell'energia alle varie utenze, che possono essere, ad esempio, quadri di piano (in grossi edifici dotati di cabina propria) o quadri generali di utenze (se la cabina è di proprietà dell'ente distributore e sta alimentando unità abitative o esercizi distinti).

Per motivi di sicurezza e funzionalità, la cui trattazione esula dagli obiettivi di queste pagine, l'origine degli avvolgimenti di bassa tensione ed il neutro della linea vengono collegati a terra in corrispondenza della cabina di trasformazione, come si vede dalla figura.

Figura n.3

Schema sintetico di un impianto elettrico; in assenza di carico il circuito è aperto e non circola corrente⁴.



Se per un motivo qualsiasi una persona viene a toccare contemporaneamente il conduttore della fase L_3 della linea ed il terreno, la corrente, "spinta" dalla tensione dell'avvolgimento E_0 , si "richiude" sul circuito costituito dal conduttore di fase L_3 , dalla persona in contatto con il conduttore di fase ed il terreno, dal terreno stesso, fino al punto di messa a terra della cabina, e dai collegamenti di terra della cabina fino all'origine dell'avvolgimento (fig.4).

Poiché la resistenza di fase e quella dei collegamenti di terra della cabina sono generalmente trascurabili⁵ rispetto a quella del corpo umano e quella del terreno, la situazione può essere rappresentata mediante lo schema semplificato di figura 5, che evidenzia come la tensione E_0 si ripartisca sul corpo umano (tensione V_c) e sulla resistenza del terreno tra la persona e il punto di messa a terra della cabina (tensione V_{ct}).

⁴ Si ricorda che, per convenzione, i contatti degli interruttori vengono rappresentati in posizione di "aperto", indipendentemente dal reale stato dell'interruttore.

⁵ Ciò comporta che siano trascurabili anche le relative cadute di tensione.

Figura n.4

Schema sintetico di un impianto elettrico: se una persona tocca una fase ed il terreno, il circuito si chiude e la corrente passa attraverso la persona.

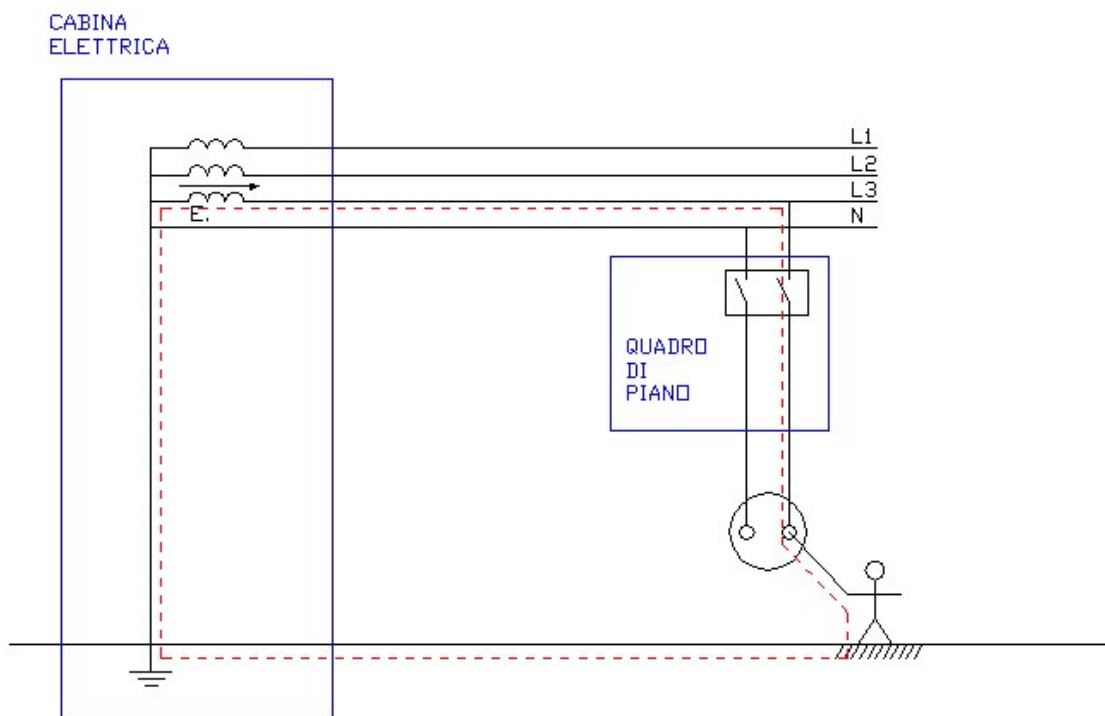
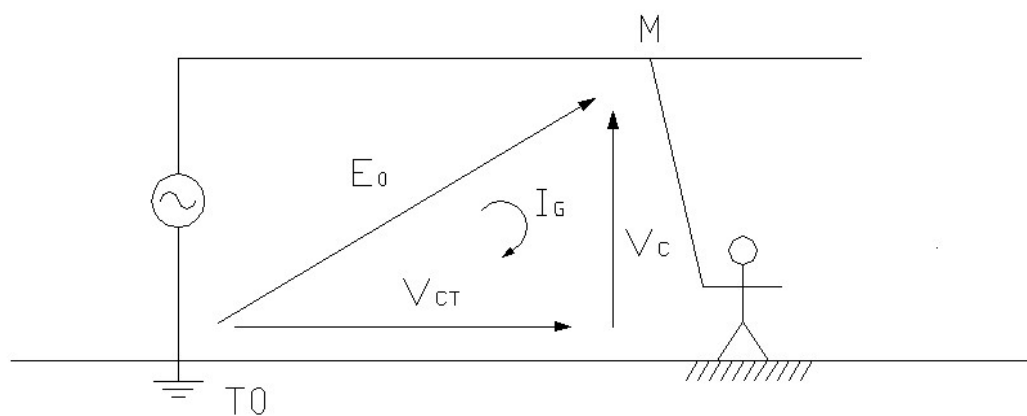
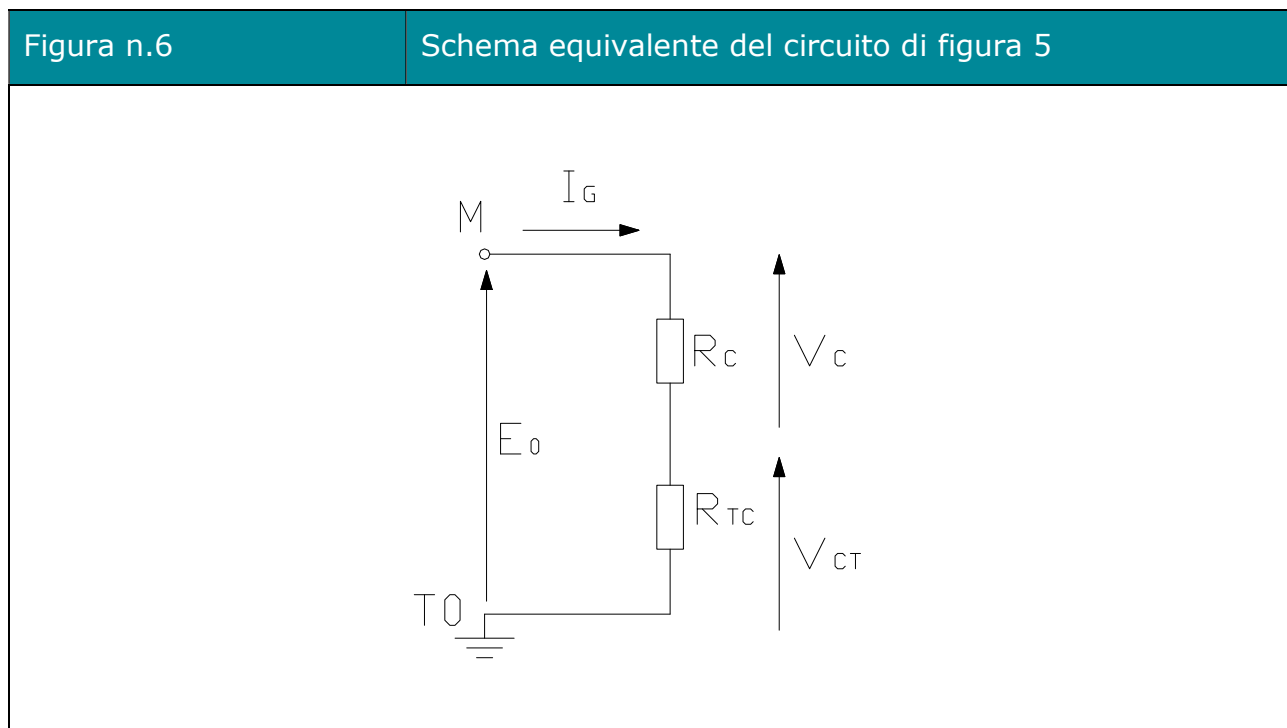


Figura n.5

Schema semplificato del contatto con una parte in tensione.



Le resistenze che limitano sostanzialmente il valore di corrente I_G sono allora quella del corpo umano R_C e quello del terreno R_{TC} . La figura 6 rappresenta graficamente la ripartizione della tensione sulle due resistenze in serie.



I valori della **resistenza R_{TC} del terreno**, tra il corpo umano e il punto di messa a terra della cabina, variano notevolmente in funzione della geometria del percorso, delle caratteristiche del terreno e delle condizioni ambientali. Tenendo conto dei valori caratteristici della resistenza di alcuni tipi di pavimento a secco e a umido, per la resistenza R_{TC} si adottano come valori convenzionali 1000 Ω , in condizioni ordinarie (all'asciutto, all'interno degli edifici), e 200 Ω , in condizioni di maggior rischio (ad esempio all'aperto, nei cantieri). Tali valori sono ritenuti sufficientemente cautelativi (bassi) per i calcoli.

I valori della **resistenza R_C del corpo umano** possono variare anche notevolmente, in base ai fattori indicati in precedenza; in particolar modo variano con il valore della tensione applicata: la resistenza aumenta al diminuire della tensione applicata.

In sede normativa, con tensioni di alimentazione $E_0 = 230$ V, per percorsi della corrente mano-piedi, alla **resistenza totale**, somma di quella del corpo umano R_C e di quella del terreno R_{TC} sono attribuiti due valori prudenziali:

- **in condizioni ordinarie:** si assume che il valore totale della resistenza ($R_C + R_{TC}$) sia 1375 Ω ; di conseguenza il valore della corrente I risulta pari a 167 mA;
- **in presenza di maggior rischio elettrico,** per una ridotta resistenza del terreno: si assume che il valore della resistenza ($R_C + R_{TC}$) sia 575 Ω ; in questo caso il valore della corrente I risulta pari a 400 mA.

Si può osservare che in entrambi i casi, con impianti alimentati a 230 V, il valore di corrente che passa attraverso il corpo umano, in caso di contatto con conduttori in tensione e con il terreno, è superiore a quello sufficiente ad innescare la fibrillazione, se il contatto non viene interrotto tempestivamente⁶.

Diminuendo il valore della tensione di alimentazione E_0 , diminuisce anche il valore della tensione applicata al corpo umano V_C , il che comporta anche un certo aumento del valore di resistenza R_C .

Al diminuire di E_0 , pertanto, i valori di corrente I_G diminuiscono, sia per la diminuzione della tensione totale applicata al circuito, sia per l'aumento progressivo della resistenza del corpo umano R_C . I valori di corrente rimangono, però, sempre al di sopra di quelli ritenuti pericolosi, fino al valore di tensione $E_0 = 50$ V, in corrispondenza del quale, in condizioni ordinarie, la resistenza totale ($R_C + R_{TC}$) vale convenzionalmente 1725 Ω e la corrente si calcola in circa 30 mA; valore di poco inferiore alla soglia di innesco della fibrillazione ventricolare della curva C_1 e compatibile con la curva di sicurezza riportata in figura 2.

A livello normativo, pertanto, con una tensione di alimentazione $E_0=50$ V, il contatto con una parte in tensione dell'impianto o di un apparecchio è ritenuto ammissibile per un tempo indeterminato.

In condizioni di maggior rischio invece (ad esempio nei cantieri), il valore di tensione convenzionalmente tollerabile (in funzione della corrente prevedibile) in caso contatto con parti in tensione, è $E_0=25$ V⁷.

L'impiego di tensioni di alimentazione inferiori a 50 V o 25 V costituisce uno dei metodi di protezione contro le folgorazioni.

Ci si può allora chiedere come mai gli apparecchi utilizzatori non funzionino a tale valore di tensione e l'energia elettrica non sia distribuita a 50 V o 25 V. La risposta è che, a parità di potenza richiesta, ciò comporterebbe l'assorbimento di correnti notevolmente più elevate, a discapito dell'economia e della semplicità costruttiva di apparecchi e impianti. Il livello di tensione normalmente adottato per la distribuzione dell'energia agli utenti finali è pertanto pari a 230 V, un po' più alto rispetto alla tensione convenzionalmente ritenuta sicura, ma un buon compromesso tra le esigenze di funzionalità, economicità e sicurezza. Al fine di garantire quest'ultima, però, devono essere adottate idonee misure, descritte nella seconda parte di questa trattazione.

4. Schematizzazione delle situazioni che possono determinare le folgorazioni

Una persona può essere attraversata da una corrente elettrica solo se sottoposta ad una tensione, ad esempio, quella esistente tra una parte dell'impianto elettrico ed il terreno su cui poggia. Convenzionalmente, si distinguono due tipi di contatti con parti in tensione: i contatti diretti ed i contatti indiretti.

⁶ Per la corrente di guasto si è scelto il percorso mano piedi perché risulta essere uno dei più pericolosi. Per altri percorsi gli effetti della corrente vengono corretti mediante coefficienti convenzionali.

⁷ Per tale valore di tensione, tenendo conto dei valori ricavati in sede normativa per la resistenza del corpo umano e per quella del terreno in condizioni di maggior rischio (200 Ω), la corrente I_G che attraversa il corpo umano risulterebbe di poco inferiore a 30 mA, cioè compatibile con la curva di sicurezza riportata in fig. 2.

I **contatti diretti** sono i contatti con parti attive dell'impianto elettrico (o di un qualunque apparecchio o dispositivo elettrico). Per **parte attiva** si intende una parte conduttrice dell'impianto (o dell'apparecchio o del dispositivo), normalmente in tensione durante il funzionamento. Sono considerati parte attiva tutti i conduttori che costituiscono le fasi ed il neutro di un circuito.

Figura n.7

Esempio di parti attive e isolamenti in un cavo elettrico multipolare

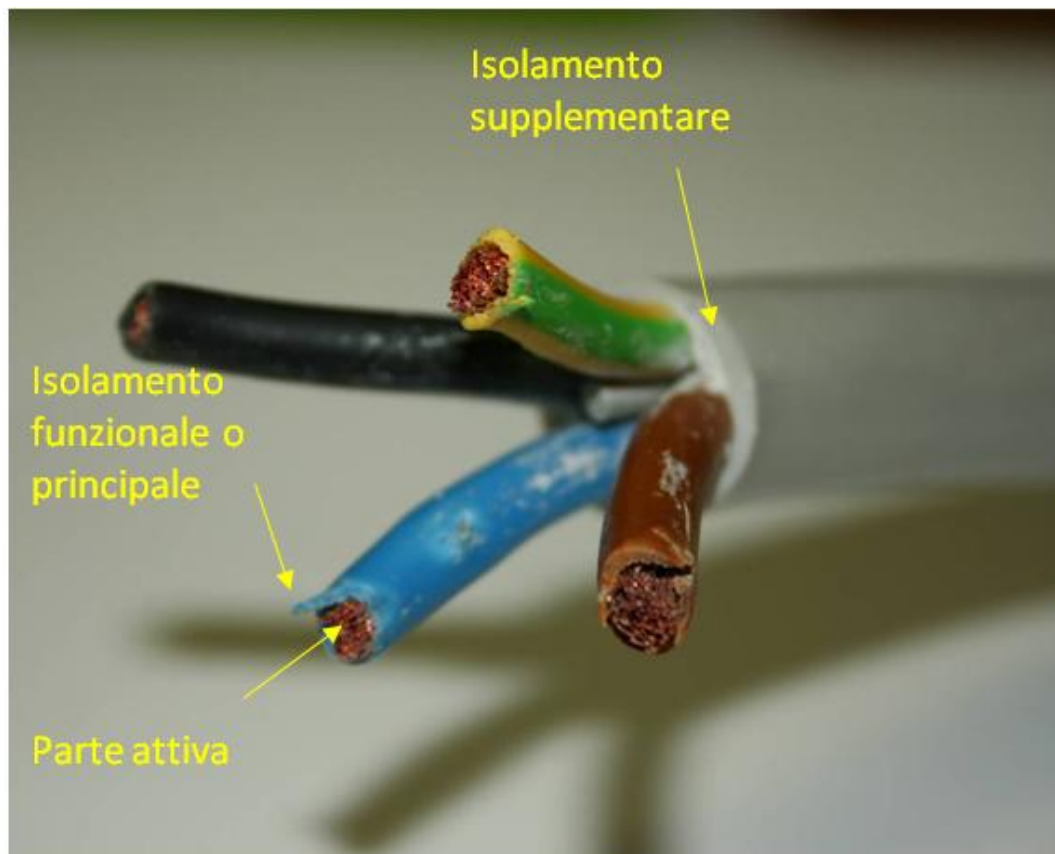
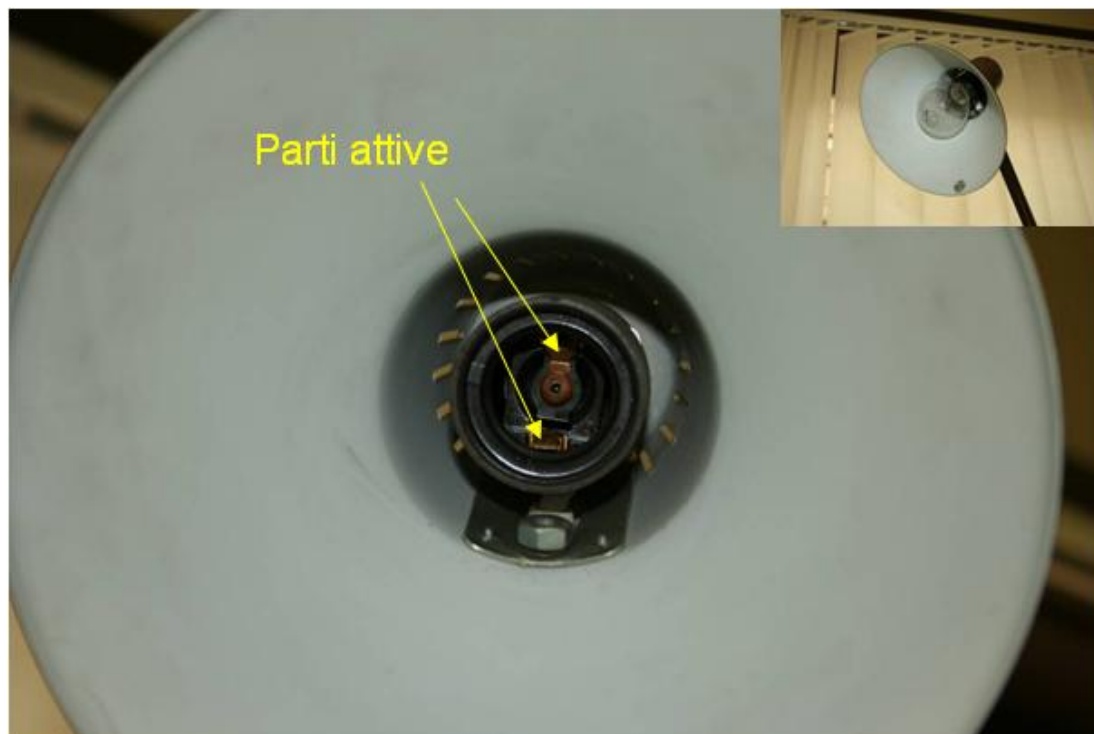


Figura n. 8

Esempio di parti attive in una lampada da tavolo



Un contatto diretto può verificarsi, ad esempio, con i conduttori scoperti di una conduttura elettrica o con l'attacco di un portalampada casualmente accessibile ad interruttore chiuso (figg. 7 e 8).

I **contatti indiretti** sono contatti con una massa durante un guasto dell'isolamento principale. Per **massa** si intende una parte conduttrice di un impianto o di un apparecchio elettrico, che può essere toccata, che non è in tensione nel funzionamento normale, ma che può andare in tensione per cedimento dell'isolamento principale o comunque per contatto accidentale con parti attive. L'**isolamento principale** è l'isolamento delle parti attive, realizzato per proteggere dalla folgorazione per contatto diretto. Generalmente l'isolamento principale coincide con l'isolamento funzionale, che ha lo scopo di isolare parti attive e non attive a tensione diversa per far funzionare l'apparecchio o l'impianto.

Un contatto indiretto si verifica, ad esempio, toccando l'involucro metallico di un termoconvettore (fig. 9) messo in tensione da un cavo di alimentazione scollegato dalla morsettiera.

Figura n. 9

Una Massa



Le precedenti definizioni non sono uno sterile esercizio teorico, ma servono a differenziare all'origine le logiche di protezione contro i due tipi di contatti.

La protezione contro i contatti diretti viene attuata impedendo alla persona di toccare la parte attiva (attraverso l'interposizione di distanze e/o barriere), e ciò può essere realizzato piuttosto facilmente, anche tenendo conto che le parti attive dei componenti degli impianti e degli apparecchi, in condizioni normali, sono già isolate funzionalmente rispetto alle altre parti conduttrici. Un contatto diretto con componenti protetti correttamente ed integri, generalmente si verifica solo se c'è volontà di accedere alla parte in tensione.

Il contatto indiretto, invece, è più subdolo perché avviene con una parte dell'impianto o di un apparecchio che in condizioni normali può essere toccata senza problemi. Si tratta di un guasto latente che, in assenza delle opportune misure di protezione, manifesta tutta la sua pericolosità nel momento stesso in cui qualcuno entra in contatto con l'impianto, l'apparecchio o le parti metalliche ad essi connesse.

La protezione contro i contatti indiretti viene attuata, perciò, impedendo che parti dell'impianto o dell'apparecchio che possono essere toccate assumano tensioni

pericolose⁸ e che in caso di contatto possano far passare correnti pericolose per tempi superiori a quelli ammissibili.

Bibliografia

- G. Conte: "Manuale di impianti elettrici", HOEPLI, 2014.
- V. Carrescia: "Fondamenti di sicurezza elettrica", TNE, 2009.
- Norma CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
- Norma CEI 64-18: Effetti della corrente elettrica attraverso il corpo umano e degli animali domestici.

Data di chiusura del documento: 02/11/2018

Conoscere il rischio

Nella sezione Conoscere il rischio del portale Inail, la Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (Contarp) mette a disposizione prodotti e approfondimenti normativi e tecnici sul rischio professionale, come primo passo per la prevenzione di infortuni e malattie professionali e la protezione dei lavoratori. La Contarp è la struttura tecnica dell'Inail dedicata alla valutazione del rischio professionale e alla promozione di interventi di sostegno ad aziende e lavoratori in materia di prevenzione.

Per informazioni

contarp@inail.it

⁸ Le tensioni pericolose sono quelle superiori a 50 V o a 25 V, rispettivamente in condizioni ordinarie o di maggior rischio.

LO SHOCK ELETTRICO – PARTE 2

MISURE DI PROTEZIONE

Premessa

Nella prima parte della trattazione (documento "Lo shock elettrico - parte 1 - modalità di accadimento ed effetti" allegato alla pagina "Eventi dannosi") è stato chiarito che il passaggio di correnti pericolose attraverso il corpo umano può essere causato solo sottoponendolo ad una differenza di potenziale (tensione). Le norme tecniche individuano essenzialmente due modalità con cui si può verificare tale situazione, i contatti diretti ed i contatti indiretti. Le misure di protezione sono diverse nei due casi.

1. Protezione dai contatti diretti

Per la protezione dai contatti diretti le norme tecniche per la realizzazione degli impianti e dei componenti elettrici prevedono misure di "protezione totale" e misure di "protezione parziale".

1.1. Protezione totale

Sono le misure adottate in tutti i luoghi in cui è prevista la presenza di persone non addestrate. Proteggono sia contro i contatti accidentali sia contro i contatti volontari, a meno che non si utilizzino attrezzi o si danneggi il sistema di protezione.

1.1.1. Isolamento delle parti attive

Per la protezione contro i contatti diretti si fa affidamento all'isolamento principale.

Le parti attive devono essere ricoperte completamente dall'isolante che non può essere rimosso a meno che non sia distrutto (figg. 1 e 2). L'isolante deve essere adeguato alle tensioni di funzionamento e resistere, oltre che alle sollecitazioni elettriche, anche a quelle meccaniche, termiche e chimiche a cui può essere sottoposto durante l'impiego. Nei casi in cui le condizioni di utilizzo lo richiedano, l'isolamento principale deve essere coadiuvato da ulteriori protezioni contro tali sollecitazioni (es. cavi con guaina o posati in tubi protettivi).

Figura n.1

Nei cavi elettrici i conduttori sono completamente ricoperti dall'isolante; questo ha il duplice scopo di consentire il funzionamento dei circuiti, senza che si verifichino contatti tra conduttori a diversa tensione e di proteggere le persone dai contatti diretti.

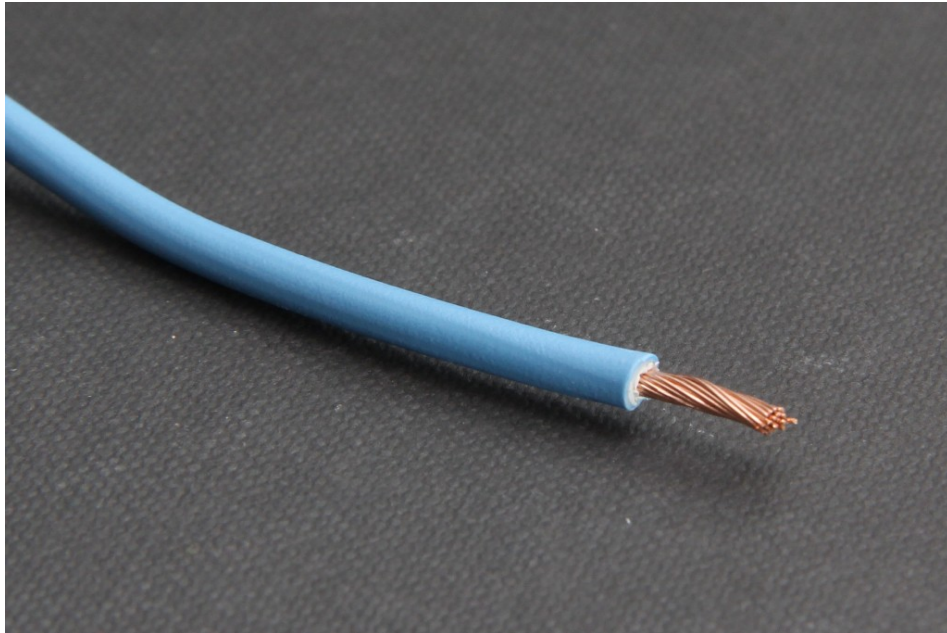
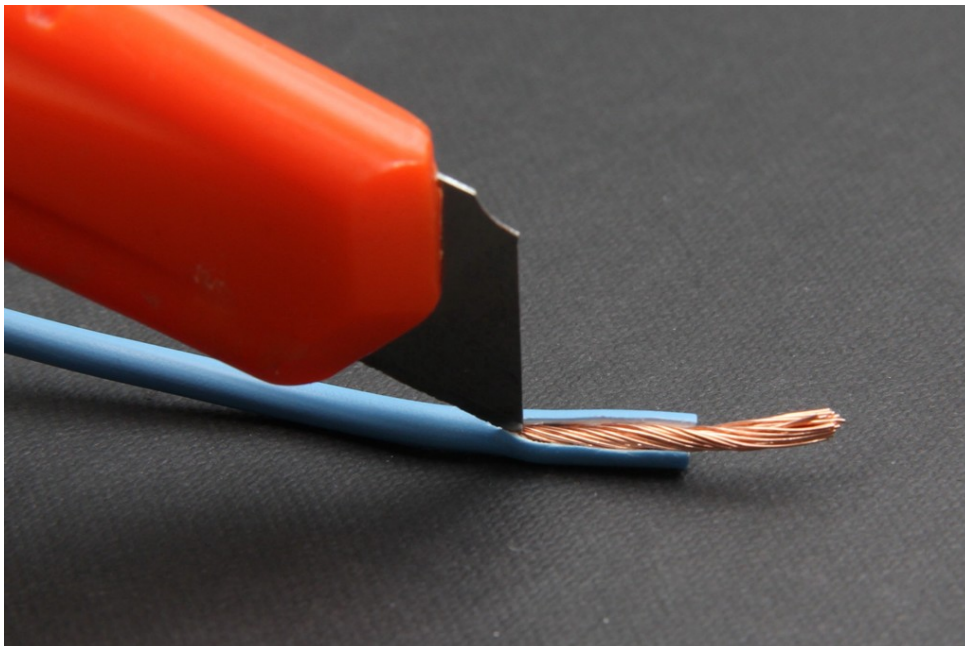


Figura n.2

L'isolamento dei cavi può esser rimosso solo distruggendolo



1.1.2. Protezione con involucri e barriere

Gli involucri (fig. 3) garantiscono la protezione contro il contatto diretto da ogni direzione, oltre a proteggere i componenti interni dalle sollecitazioni esterne; le barriere (fig. 4) garantiscono la protezione solo lungo le normali direzioni di accesso.



Sia gli involucri sia le barriere sono caratterizzati da un grado di protezione preciso, definito attraverso un codice composto dalle due lettere IP (International Protection), due cifre, una lettera aggiuntiva ed una lettera addizionale:

IP 2 3 C H

Tabella n.1		Significato della prima cifra del codice IP	
Prima cifra	Protezione del materiale	Protezione delle persone	
0	non protetto		
1	protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm.	protetto contro l'accesso con il dorso della mano	
2	protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12 mm	protetto contro l'accesso con un dito	
3	protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2.5 mm	protetto contro l'accesso con un attrezzo	
4	protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1 mm	protetto contro l'accesso con un filo	
5	protetto contro la polvere	protetto contro l'accesso con un filo	
6	totalmente protetto contro la polvere	protetto contro l'accesso con un filo	

La "seconda cifra" (3) è relativa al grado di protezione contro la penetrazione di liquidi (può assumere valori da 0 a 8, oppure X quando non viene specificata), secondo quanto indicato in tabella 2.

La "lettera aggiuntiva" (C) indica la protezione dal contatto diretto ottenibile per la presenza di ostacoli o barriere o distanziamenti interni all'involucro (può essere A, B, C, D o non essere specificata), secondo quanto indicato in tabella 3.

La "lettera supplementare" (H) fornisce ulteriori informazioni relative al componente. Può essere omessa.

Il grado di protezione viene stabilito mediante prove convenzionali. Ad esempio il grado di protezione IP2X indica che nell'involucro non può penetrare una sfera di diametro 12,5 mm, premuta con forza di 30 N, e che il "dito standard di prova"¹, premuto con una forza di 10 N, pur potendo penetrare nell'involucro, rimane ad una distanza adeguata dalle parti in tensione.

¹ Dispositivo di prova articolato di diametro 12 mm e di lunghezza di 80 mm che simula in modo convenzionale un dito di una persona per verificare l'adeguata distanza in aria dalle parti pericolose.

Tabella n.2	Significato della seconda cifra del codice IP
Seconda cifra	Protezione del materiale
0	non protetto
1	protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua
2	protetto contro la caduta di gocce d'acqua con inclinazione max di 15°
3	protetto contro la pioggia
4	protetto contro gli spruzzi d'acqua
5	protetto contro i getti d'acqua
6	protetto contro le ondate
7	protetto contro gli effetti dell'immersione
8	protetto contro gli effetti della sommersione

Tabella n.3	Protezione delle persone
Lettera aggiuntiva	Protezione delle persone
A	protetto contro l'accesso con il dorso della mano
B	protetto contro l'accesso con un dito
C	protetto contro l'accesso con un attrezzo
D	protetto contro l'accesso con un filo

Il grado di protezione delle barriere e degli involucri è garantito dal costruttore del componente o dell'apparecchio. Tuttavia il grado di protezione effettivo dipende anche dalla correttezza dell'installazione e dalle condizioni di esercizio e manutenzione dell'impianto.

Fino all'edizione del 2007, la norma CEI 64-8 (relativa ad impianti utilizzatori in bassa tensione) richiedeva almeno il grado di protezione IP2X o IPXXB, ad eccezione delle superfici orizzontali, per i quali era previsto il grado di protezione IP4X o IPXXD. Nelle ultime due edizioni (2007 e 2012), la norma fa invece riferimento ai soli gradi di protezione IPXXB (fig. 5) e IPXXD, rispettivamente.

Figura n.5 Il grado di protezione IPXXB



1.2. Protezione parziale

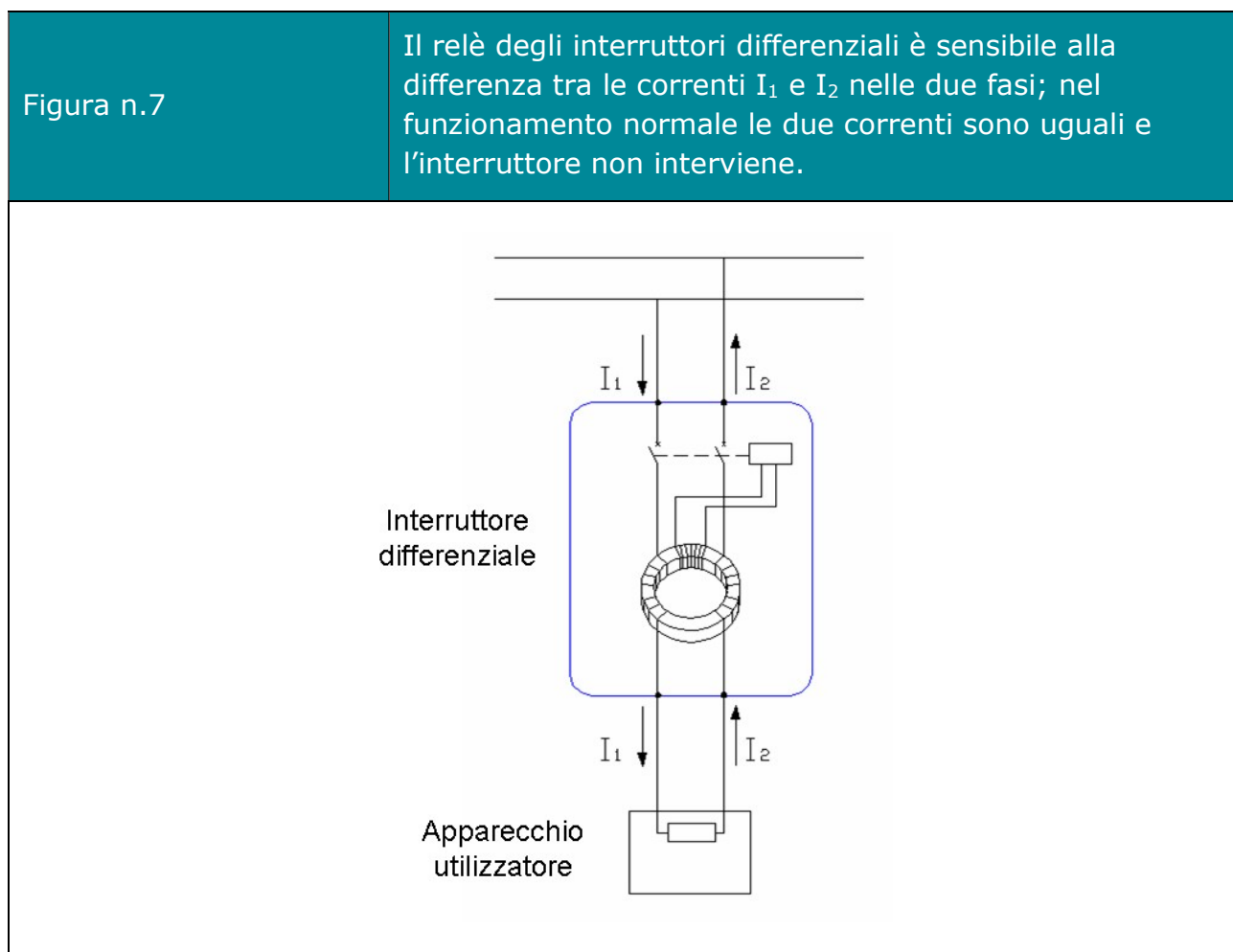
Sono misure attuate nei luoghi accessibili solo a personale addestrato. Proteggono solo da contatti accidentali, ma non dai contatti volontari. Sono attuate mediante ostacoli o distanziamenti.

1.3. Protezione aggiuntiva mediante interruttore differenziale

Oltre ai sistemi di protezione sopra riportati, contro i contatti diretti può essere previsto anche l'impiego di "interruttori differenziali" ad alta sensibilità, come metodo di protezione aggiuntiva.

Figura n.6 Due interruttori differenziali (sono riconoscibili dallo schema elettrico, dal valore di corrente differenziale nominale $I_{\Delta n}$ indicata sulla targa e dal tasto di prova)





Gli interruttori differenziali sono interruttori automatici sensibili alla differenza delle correnti tra le due fasi del circuito su cui sono installati (fig. 7).

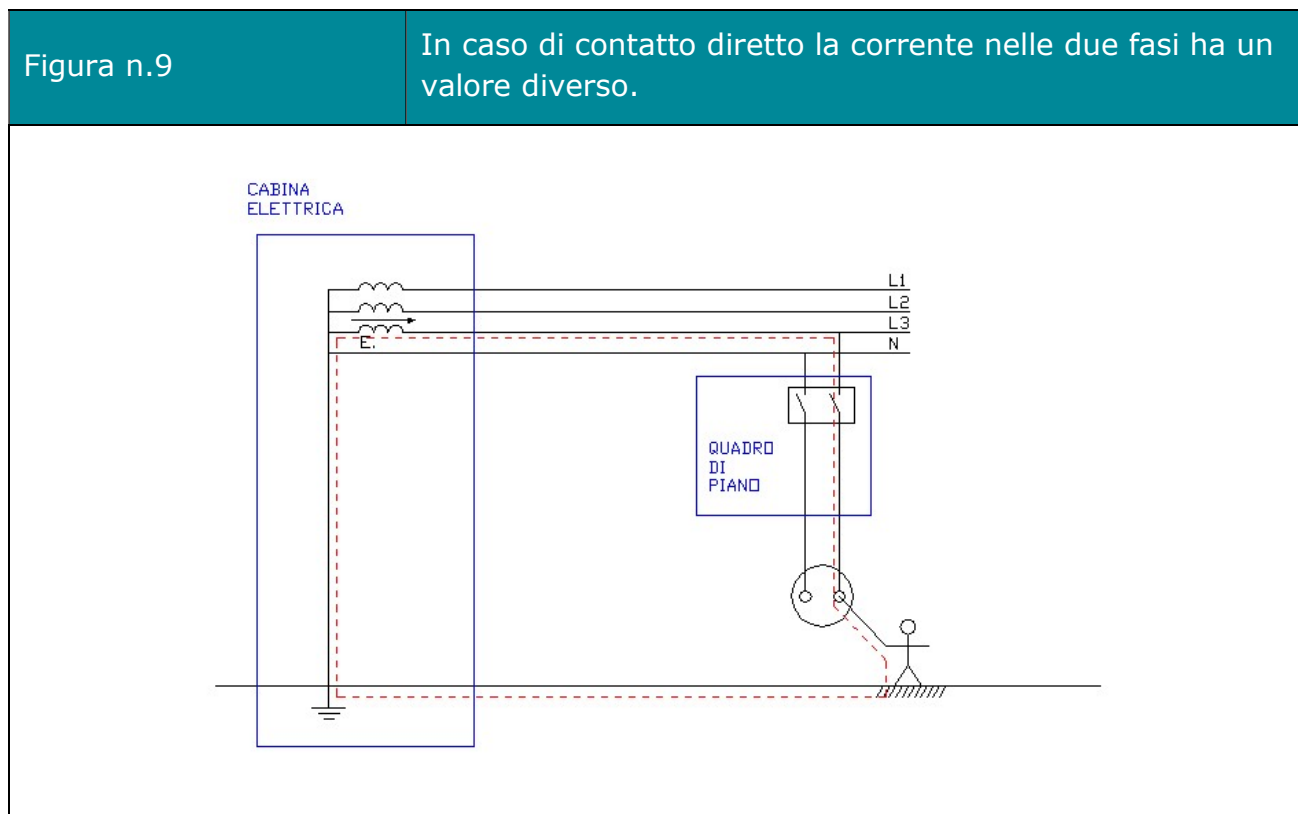
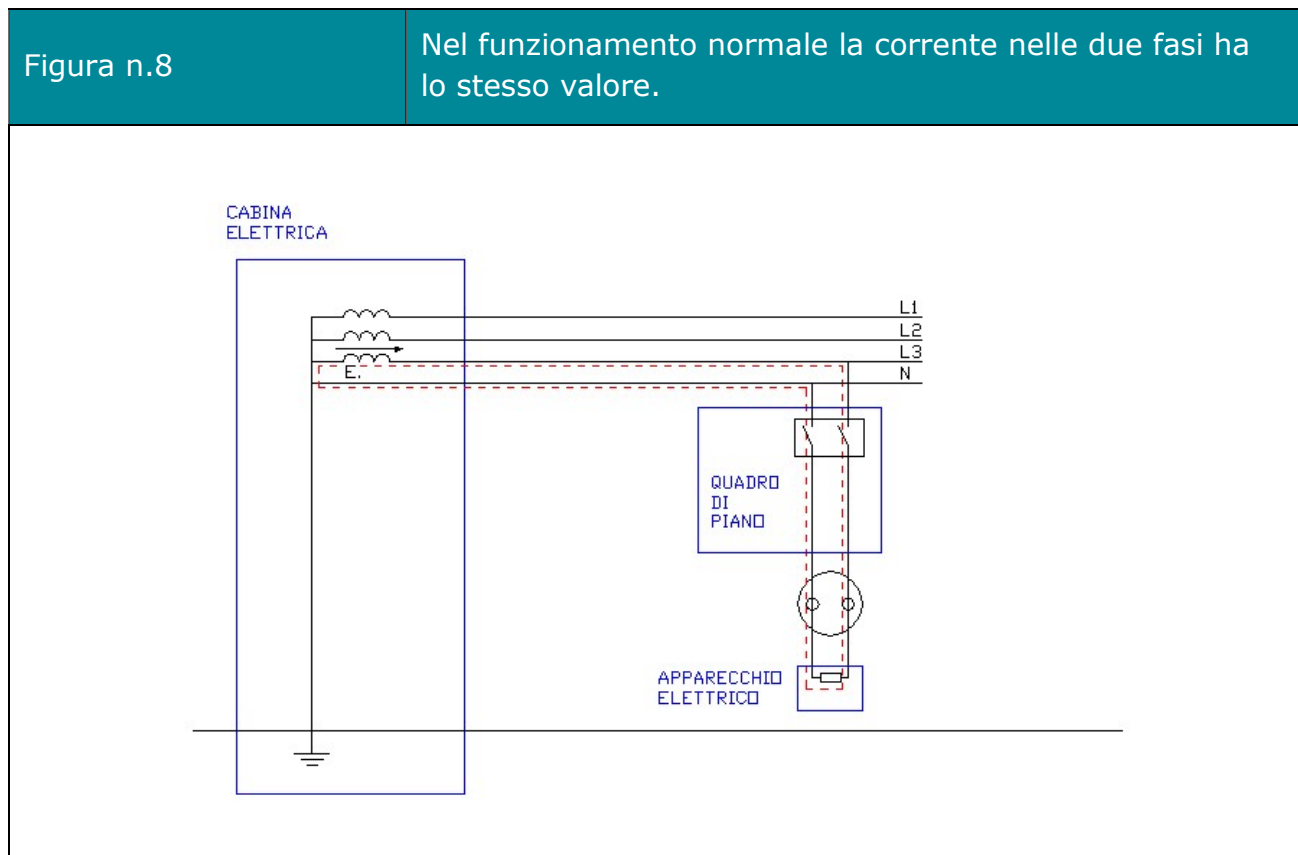
Come tutti i dispositivi elettrici, gli interruttori differenziali sono caratterizzati dalla **corrente nominale**, che è il valore di corrente che può attraversarli per un tempo indefinito.

Il valore di corrente differenziale (differenza tra le correnti delle due fasi) che determina l'apertura dell'interruttore è chiamato, invece, **corrente differenziale nominale d'intervento** I_{dn} .

In condizioni di funzionamento normale, la corrente che percorre le due fasi dell'interruttore ha lo stesso valore (fig. 8). Nel caso di un contatto diretto, la corrente che percorre la fase dell'interruttore interessata dal contatto è diversa da quella che rientra dall'altra fase (spesso nulla); la differenza è data dal valore di corrente che passa attraverso la persona in contatto con la fase (fig. 9). Se tale differenza è superiore alla corrente differenziale nominale d'intervento dell'interruttore, questo apre il circuito interrompendo la corrente.

Gli interruttori differenziali ad **alta sensibilità** sono quelli con corrente differenziale nominale d'intervento minore o uguale a 30 mA. Le loro caratteristiche di funzionamento "corrente-tempo" sono tali da consentire quasi sempre, durante un

contatto diretto, l'interruzione della corrente in tempi inferiori a quelli massimi ammissibili dalla "curva di sicurezza" descritta nella prima parte della trattazione.



Si segnala che in alcuni casi specifici, in particolare negli impianti al servizio delle abitazioni, la norma CEI 64-8 richiede espressamente l'impiego di interruttori differenziali ad alta sensibilità, come protezione aggiuntiva dai contatti diretti.

La norma parla di protezione aggiuntiva poiché ritiene imprescindibili le modalità di protezione passiva precedentemente esposte. La protezione differenziale, infatti, è inefficace per i contatti tra fase e fase o tra fase e neutro. Inoltre per correnti differenziali prossime o superiori a 400 mA, non è sempre garantito l'intervento in tempi inferiori a quelli ammessi dalla curva di sicurezza².

A queste considerazioni di carattere tecnico, se ne aggiungono altre di carattere pratico.

La prima è che la curva di sicurezza è di tipo statistico. Per quanto conservativa, tale curva non può rappresentare con certezza le reazioni di ogni persona nelle condizioni di contatto diretto. Inoltre, affidando unicamente ad un dispositivo attivo la protezione contro i contatti diretti, in caso di mancato funzionamento o di funzionamento anomalo del dispositivo, la persona si ritroverebbe senza difesa alcuna contro la folgorazione.

Tutto ciò, unito alla relativa facilità di conseguire la protezione tramite misure passive (necessarie anche per motivi funzionali), giustifica l'impiego della protezione differenziale solamente quale protezione aggiuntiva dai contatti diretti.

2. Protezione dai contatti indiretti

I metodi di protezione dai contatti indiretti si classificano sostanzialmente in due categorie: protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione e protezione senza interruzione dell'alimentazione.

2.1. Metodi di protezione con interruzione automatica dell'alimentazione

Impediscono che sulle masse siano presenti tensioni pericolose (e quindi che si possa verificare il passaggio di correnti pericolose, in caso di contatto con il corpo umano) per tempi superiori a quelli consentiti dalle curve di sicurezza.

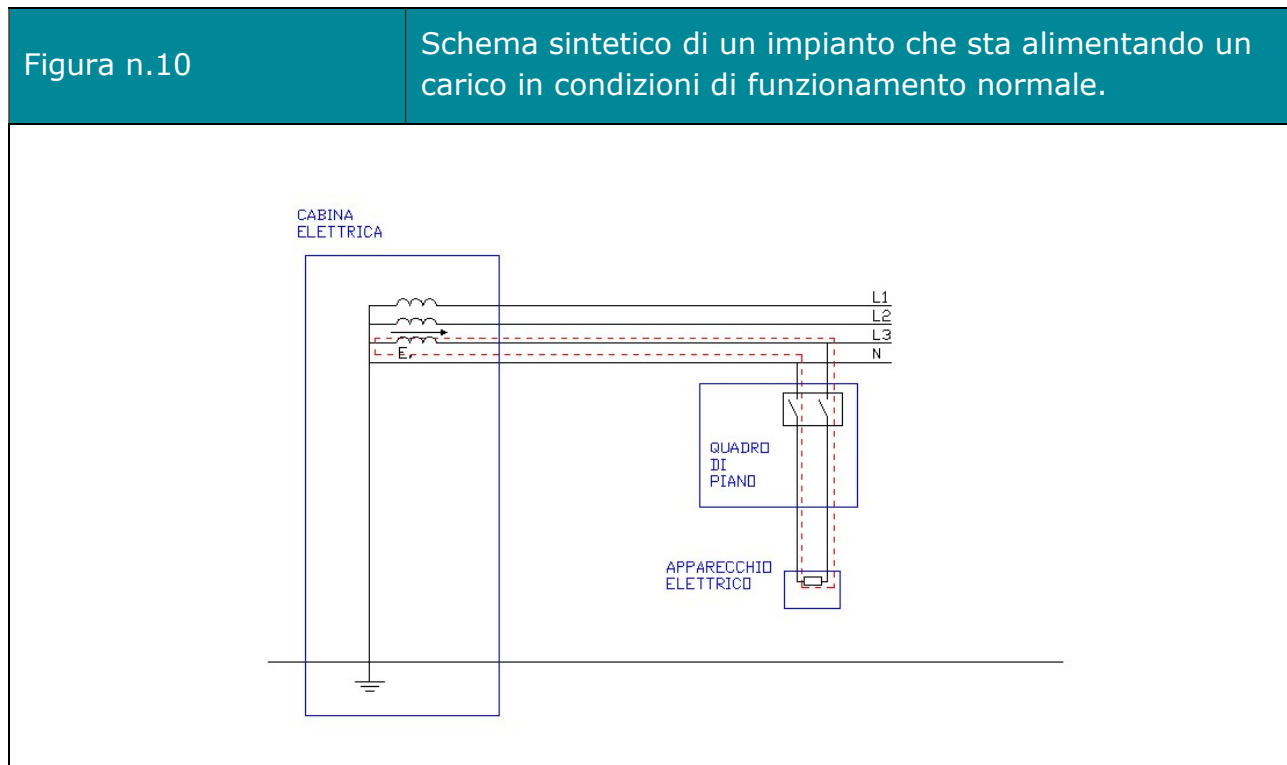
Essi sono basati sul coordinamento tra "impianto di terra" ed interruttori automatici, i quali devono aprire tempestivamente i circuiti che "mettono in tensione le masse" in caso di guasto. Gli apparecchi e i componenti utilizzati con questo tipo di protezione sono dotati del solo isolamento principale e sono provvisti di morsetto per il collegamento delle masse all'impianto di terra (apparecchi di **classe I**).

In caso di un guasto verso massa, il coordinamento tra l'impianto di terra e gli interruttori automatici garantisce la circolazione di una corrente sufficiente a determinare l'apertura degli interruttori in tempi compatibili con la curva di sicurezza.

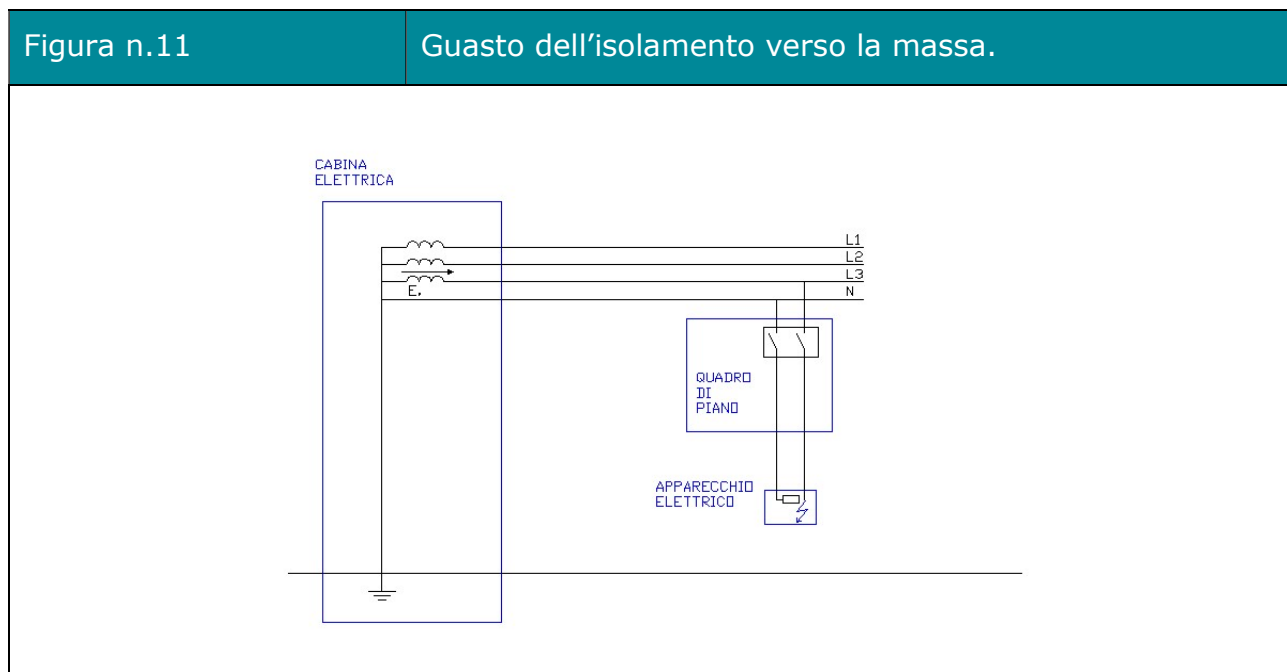
Per illustrare il funzionamento di questo metodo di protezione si fa riferimento agli schemi già noti. In figura 10 è rappresentato un impianto che sta alimentando a 230 V

² Nelle abitazioni e, in generale, in condizioni di rischio ordinario, in caso di contatto diretto, la corrente attraverso il corpo umano è limitata dalla resistenza del corpo e da quella del terreno a valori generalmente inferiori a 200 mA. In presenza di maggior rischio elettrico per ridotta resistenza del terreno, come nei cantieri, i valori possono essere più elevati e raggiungere i 400 mA.

un apparecchio utilizzatore privo di collegamento a terra. In condizioni di funzionamento normale la massa non è in tensione verso terra e può esser toccata senza problemi.

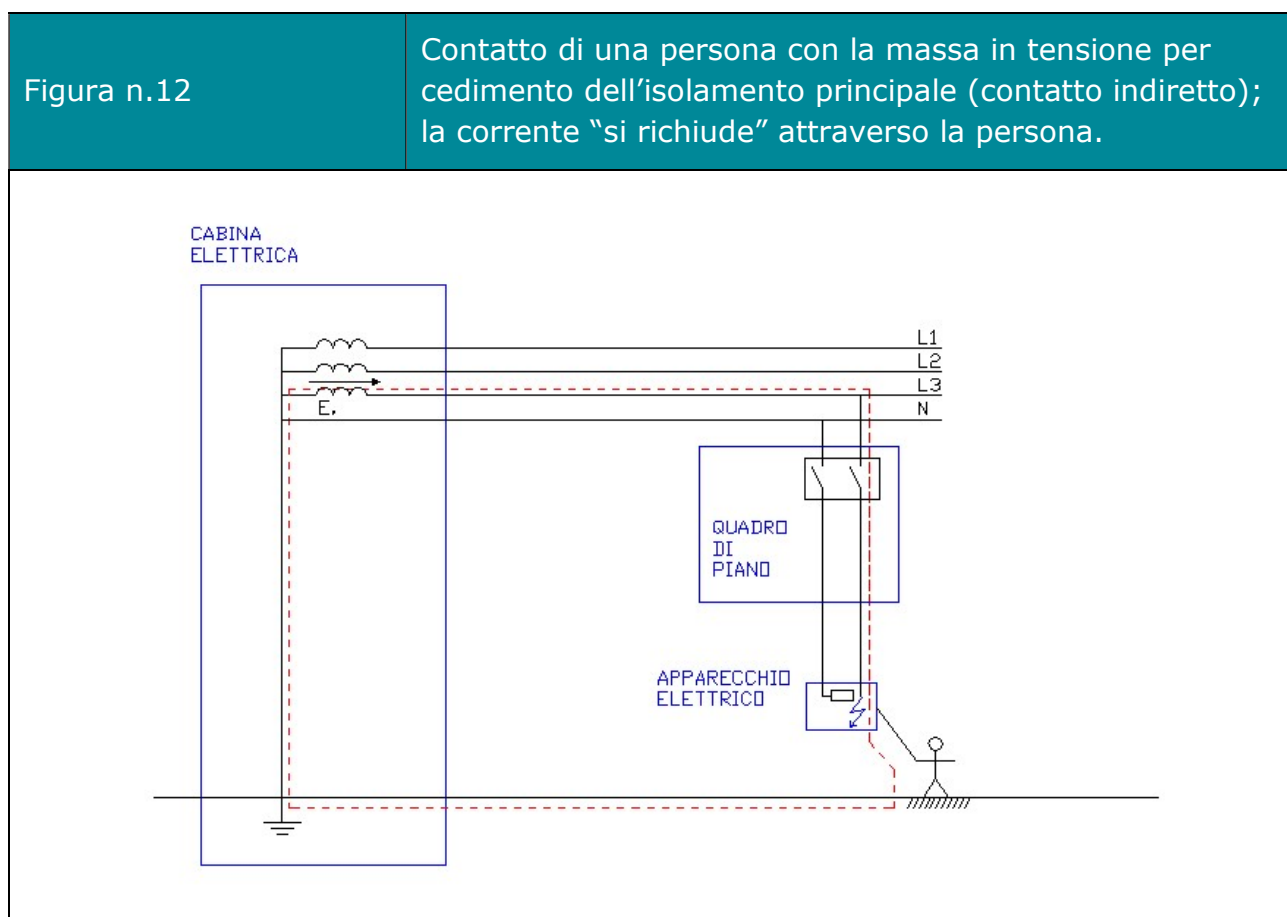


Se per un guasto all'isolamento il conduttore di fase entra in contatto con la massa dell'apparecchio, questa assume rispetto al terreno una tensione pericolosa, senza che però la situazione possa determinare l'intervento di alcun dispositivo di protezione. Il circuito infatti risulta aperto e perciò non passa corrente (fig. 11).

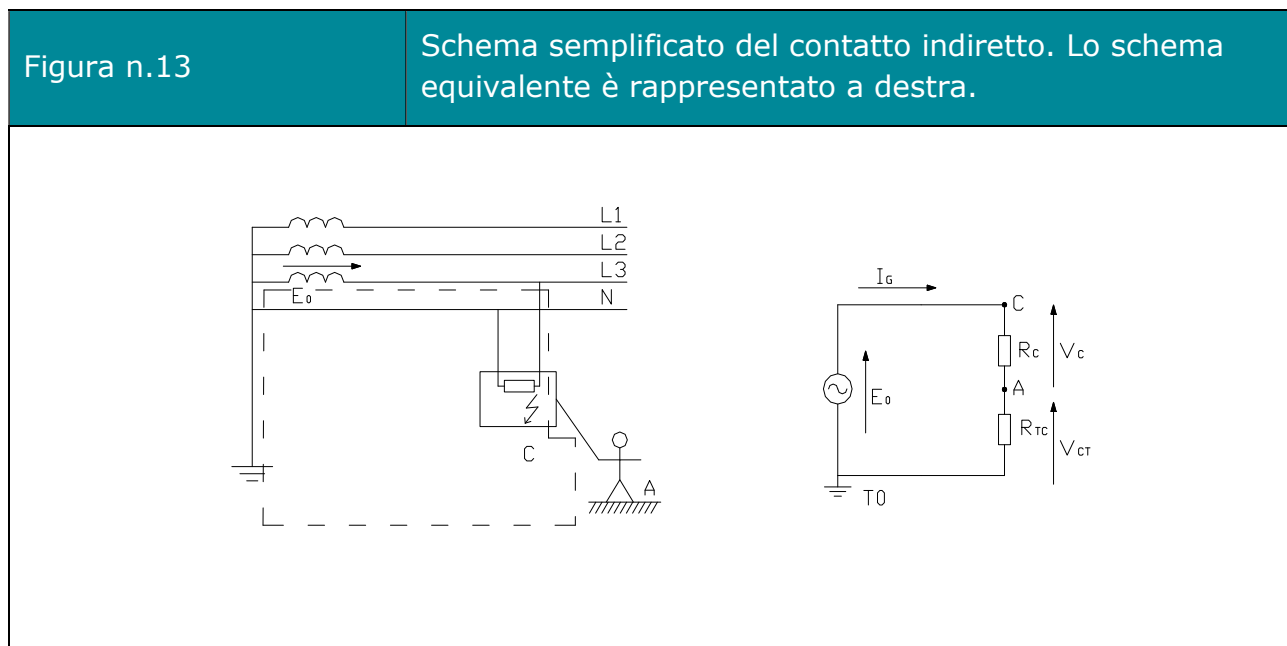


Se durante il guasto una persona tocca la massa, il circuito si chiude attraverso il corpo della persona, il terreno e l'impianto di messa a terra di cabina. In questo circuito viene a passare una corrente di guasto I_g il cui valore dipende dalla resistenza totale del percorso (figg. 12 e 13).

Per quanto detto in precedenza, il valore di corrente, determinato essenzialmente dalla resistenza della persona R_C e da quella del terreno R_{TC} tra il punto di contatto della persona e il punto di messa a terra della cabina³, è valutabile convenzionalmente a poco meno di 200 mA in condizioni ordinarie e 400 mA in condizioni di maggior rischio (ambienti bagnati, all'aperto). Tali valori sono sufficienti ad innescare la fibrillazione dell'infortunato ma non a far intervenire l'interruttore magnetotermico, posto a protezione del circuito contro gli effetti termici e dimensionato per far passare correnti di carico dell'ordine degli ampere, delle decine o delle centinaia di ampere.



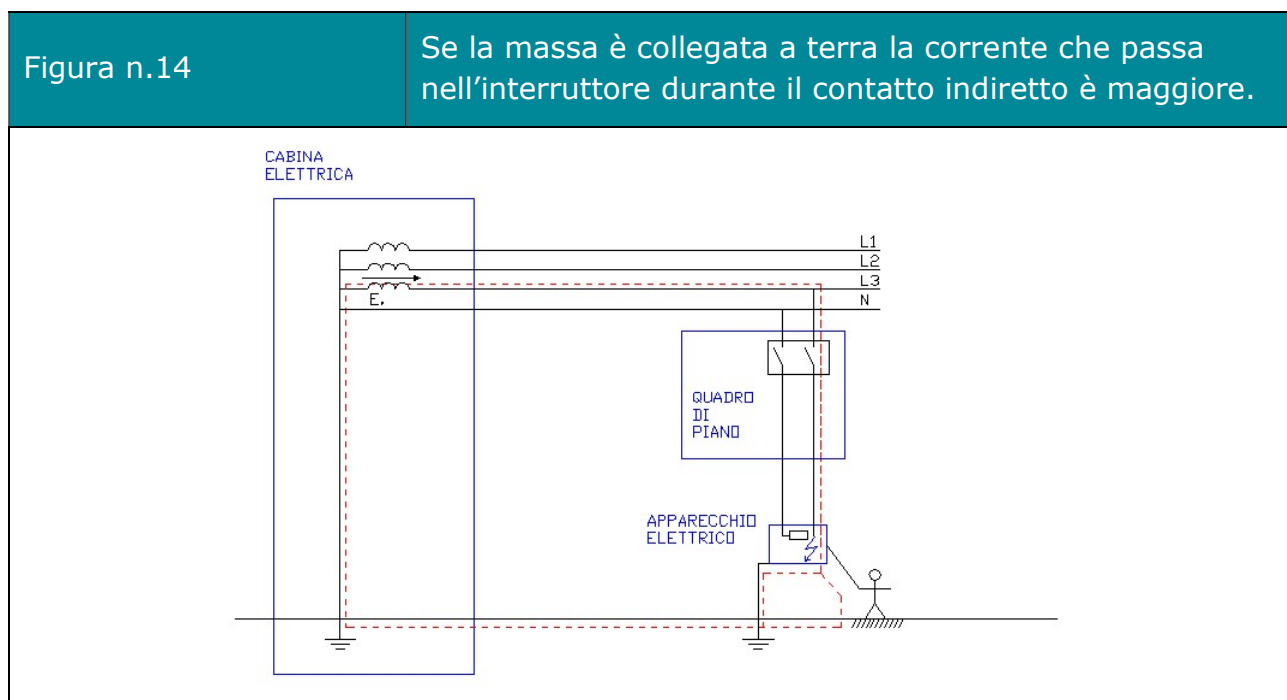
³ Si ritiene trascurabile rispetto alle altre resistenze del circuito, la resistenza di messa a terra della cabina.



La corrente di guasto I_G attraversa interamente la persona che tocca la massa, e il guasto si manifesta solo nel momento in cui si verifica il contatto della persona.

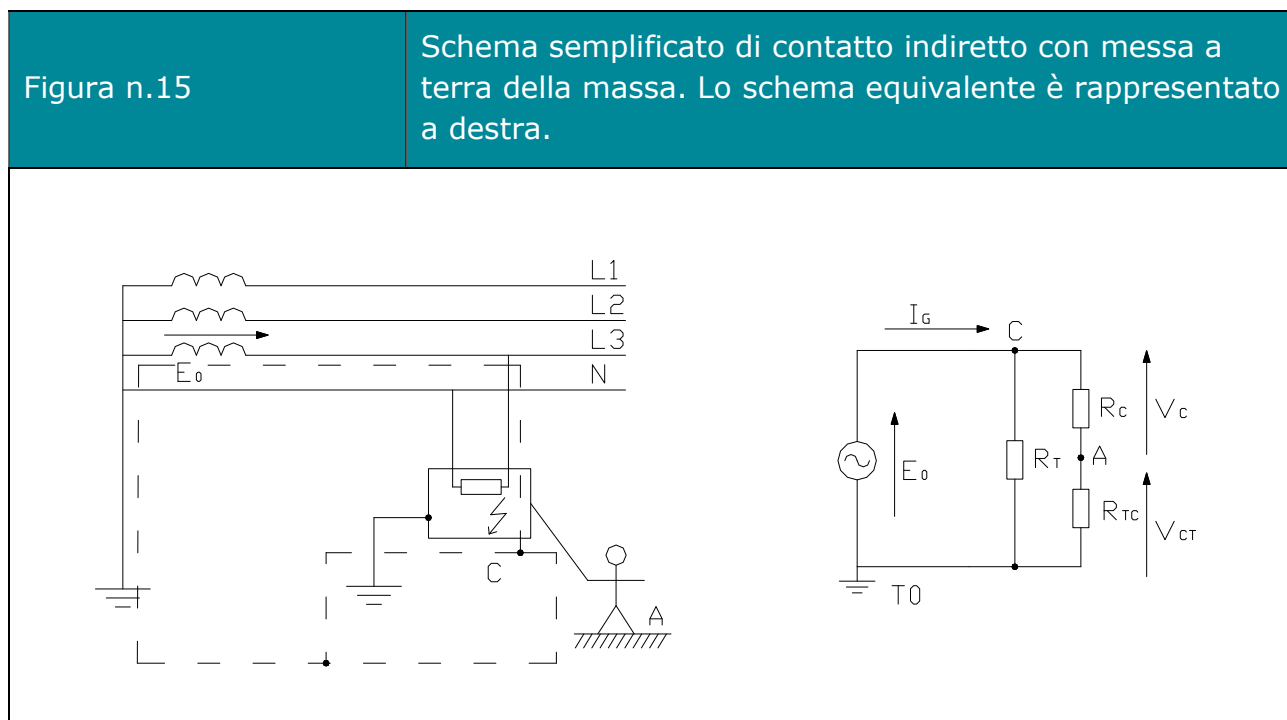
Nelle figure 14 e 15 è rappresentata la stessa situazione nella quale, però si è provveduto ad effettuare il collegamento a terra delle masse mediante un conduttore che presenta verso il punto di messa a terra della cabina una certa resistenza R_T .

Per semplicità di trattazione e sotto opportune ipotesi, si può considerare che alla resistenza totale della persona e del terreno tra la persona e la cabina ($R_C + R_{TC}$), sia collegata in parallelo⁴ la resistenza R_T (fig.15).



⁴ A rigore, le resistenze possono essere considerate in parallelo solo quando il punto di messa a terra della cabina e il punto di contatto della persona sul terreno sono sufficientemente distanti.

Per note leggi di elettrotecnica, la resistenza equivalente alle due resistenze in parallelo ha un valore minore di quello della più piccola delle due. Pertanto, se il valore della resistenza di messa a terra della massa R_T è sufficientemente piccolo, la resistenza totale del circuito, risulta molto minore di quella ($R_C + R_{TC}$) che si avrebbe in assenza di collegamento a terra della massa, e prossima ad R_T . Il valore della corrente di guasto I_G che attraversa l'interruttore automatico può essere ora sufficientemente grande da provocare l'intervento dell'interruttore magnetotermico e aprire il circuito in un tempo compatibile con la curva di sicurezza.

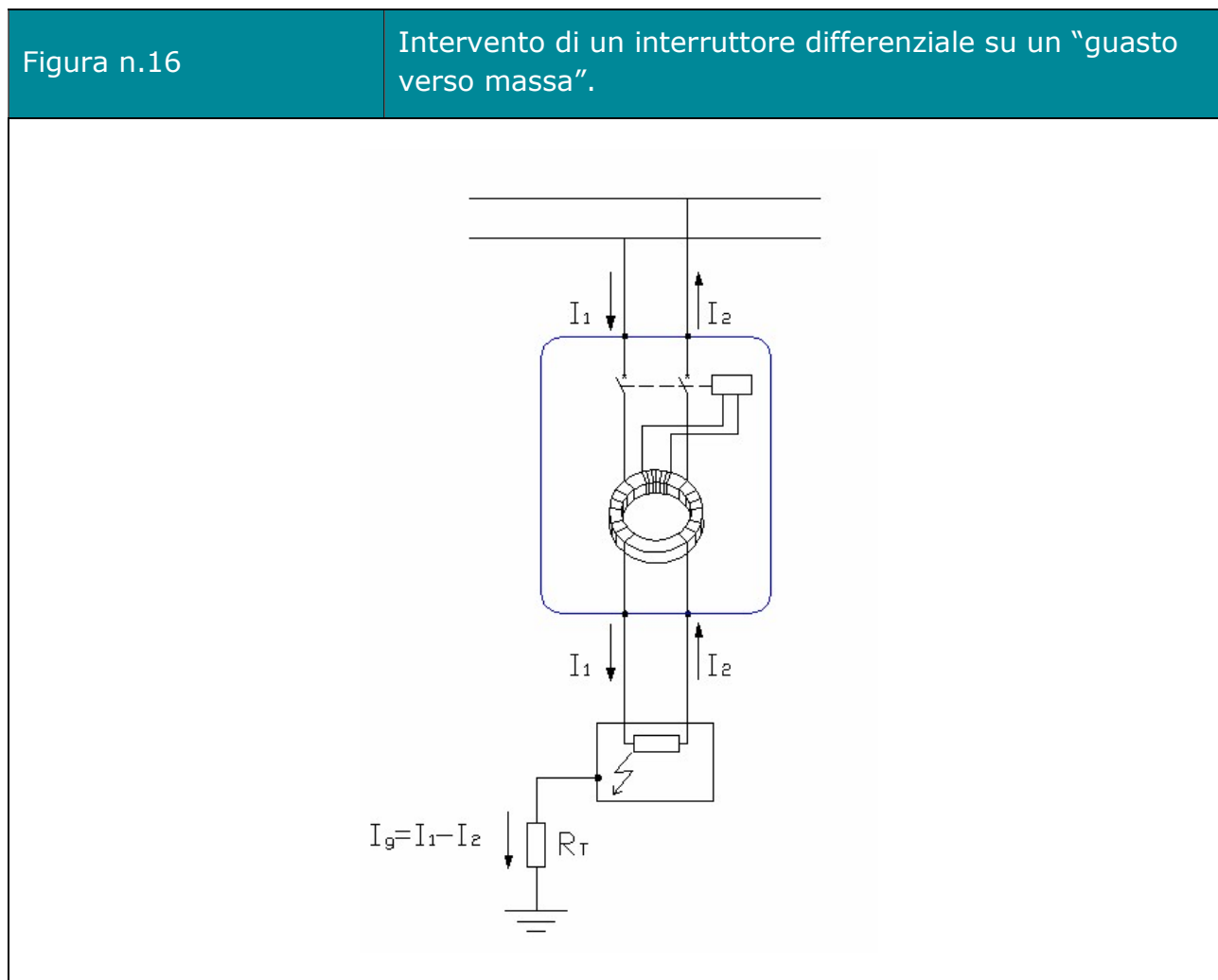


Ad esempio, con una resistenza $R_T = 1 \Omega$ (valore ottimistico per un impianto di terra di utente), la corrente di guasto varrebbe 230 A, e potrebbe consentire l'intervento "istantaneo" dei comuni interruttori magnetotermici posti a protezione dalle sovracorrenti (l'intervento istantaneo sarebbe garantito fino a certi valori di correnti nominali degli interruttori⁵). Tuttavia con valori di resistenza R_T maggiori, ad esempio 10Ω (valore più realistico rispetto al precedente) la corrente di guasto varrebbe solo 23 A, ciò che non consentirebbe l'intervento "istantaneo" di un interruttore magnetotermico.

È necessario evidenziare che il valore della resistenza di terra di un impianto di utente ha mediamente valori di diverse decine di ohm, peraltro molto variabili nel tempo, soprattutto per la variabilità delle condizioni del terreno.

⁵ I più comuni interruttori magnetotermici per la protezione generale dei circuiti sono previsti per intervenire certamente con lo sganciatore magnetico, per correnti superiori a 10 volte la loro corrente nominale. Un interruttore con corrente nominale di 16 A interviene istantaneamente per correnti superiori a 160 A.

Per garantire la sicura interruzione della corrente nei tempi compatibili con la curva di sicurezza, è allora necessario ricorrere ad un'altra soluzione: l'impiego di interruttori differenziali, sensibili agli squilibri di corrente tra le due fasi del circuito su cui sono installati. Di fatto, quando si verifica un guasto all'isolamento verso una massa collegata a terra, la corrente che passa nella fase dell'interruttore è diversa da quella che rientra dal neutro, perché la corrente di guasto si richiude sul circuito realizzato dall'impianto di terra: si instaura cioè una corrente differenziale (fig. 16). Se la differenza tra la corrente di fase e quella di neutro è superiore alla corrente differenziale nominale dell'interruttore, questo apre il circuito, ponendo la massa fuori tensione.

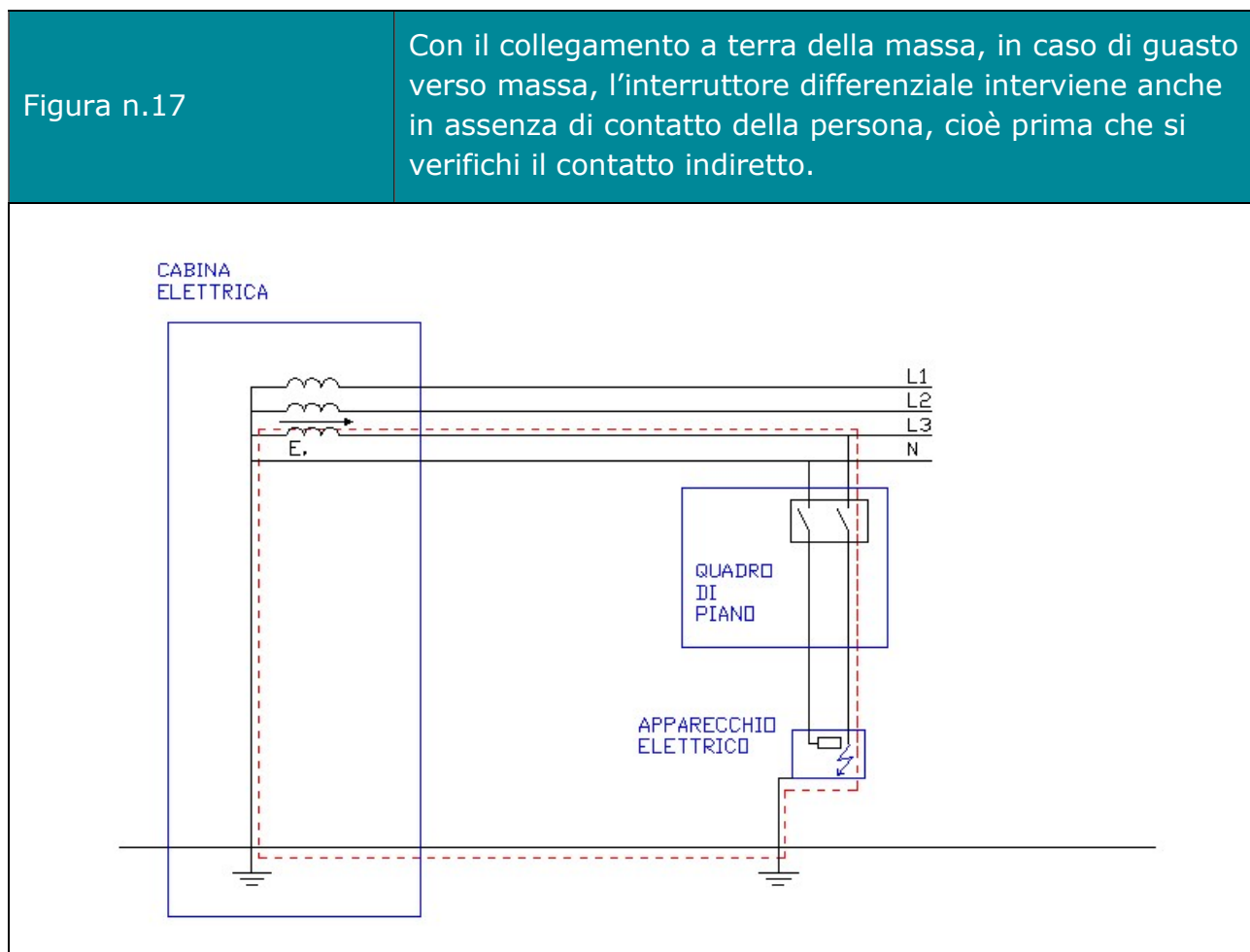


Con l'uso di interruttori differenziali ad alta sensibilità (soglia di intervento pari o inferiore a 30 mA), in caso di guasto verso una massa, il circuito viene aperto "istantaneamente" già con valori della resistenza R_T di messa a terra dell'ordine dei 50 o 100 Ω , facilmente conseguibili. A tali valori di resistenza corrispondono infatti correnti differenziali di alcuni Ampere, ampiamente superiori alla corrente di intervento degli interruttori ad alta sensibilità⁶.

⁶ È bene evidenziare che gli interruttori differenziali non intervengono in caso di sovraccarico o di corto circuito tra le due fasi del circuito ad essi sotteso, anzi, se il guasto non viene interrotto tempestivamente, lo stesso dispositivo

Si fa osservare ancora che, per effetto del collegamento a terra della massa, la corrente di guasto I_G (ora più grande che in assenza di collegamento) non attraversa interamente la persona che tocca la massa, ma si ripartisce tra la persona ed il collegamento a terra della massa. Sostanzialmente la persona viene ad essere attraversata da una corrente leggermente minore di quella che la attraverserebbe in caso di contatto indiretto in assenza di collegamento a terra della massa.

Inoltre, in presenza di un opportuno coordinamento tra l'impianto di terra e gli interruttori di protezione, al verificarsi di un guasto di isolamento tra una fase ed una massa, la corrente di guasto provoca l'apertura del circuito anche in assenza di contatto da parte della persona. Questa evenienza risulta particolarmente favorevole alla sicurezza perché annulla o riduce il tempo di esposizione al pericolo, agendo sulla fonte senza attendere il manifestarsi delle conseguenze (vedi fig. 17).



Si giunge pertanto alle seguenti conclusioni di carattere generale:

- con il collegamento a terra delle masse aumenta la corrente totale di guasto I_G ;

differenziale può esser danneggiato dal passaggio di correnti superiori a quelle nominali. È molto frequente l'impiego di interruttori automatici equipaggiati contemporaneamente con relè magnetotermici e relè differenziali per conseguire sia la protezione dei circuiti da sovracorrenti, sia la protezione delle persone da folgorazione.

tale corrente è quella che passa attraverso gli interruttori automatici e per valori opportuni ne determina l'apertura;

- la corrente che attraversa la persona diminuisce leggermente;
- gli interruttori differenziali intervengono anche senza che una persona tocchi la massa in tensione.

Lo schema illustrato in figura 17 rappresenta un particolare metodo di collegamento a terra delle masse. È il cosiddetto SISTEMA TT: la prima T indica che il neutro e l'origine degli avvolgimenti di bassa tensione del trasformatore sono collegati a terra in cabina; la seconda T che le masse degli utilizzatori sono collegate direttamente a terra mediante l'impianto di terra di utente.

È il metodo utilizzato in tutti i casi in cui la cabina di trasformazione non sia di proprietà degli utilizzatori, ma dell'ente distributore.

In tale sistema, come detto, il corretto coordinamento tra la resistenza dell'impianto di terra e tempi di intervento del dispositivo di interruzione si ottiene impiegando interruttori differenziali⁷, come richiesto dalle norme tecniche.

Ove la cabina di trasformazione sia di proprietà dell'utente, si utilizzano invece i cosiddetti SISTEMI TN, nei quali le masse non sono collegate al terreno, ma, mediante un particolare conduttore chiamato conduttore di protezione (PE), direttamente al punto di origine del neutro e degli avvolgimenti del trasformatore (fig. 18).

Con questa soluzione impiantistica, in caso di guasti dell'isolamento verso una massa si realizza un circuito di richiusura della corrente a bassa resistenza, attraverso il conduttore di protezione (PE) (fig. 19).

Le correnti che passano in questo circuito sono molte volte più grandi di quelle di normale funzionamento dell'impianto (di fatto si tratta di correnti di corto circuito), limitate non più dalle resistenze dei carichi, ma da quelle dei conduttori di linea e di protezione, e sono in grado generalmente di far intervenire gli interruttori magnetotermici a protezione dei circuiti contro le sovracorrenti (non è più indispensabile l'uso del differenziale).

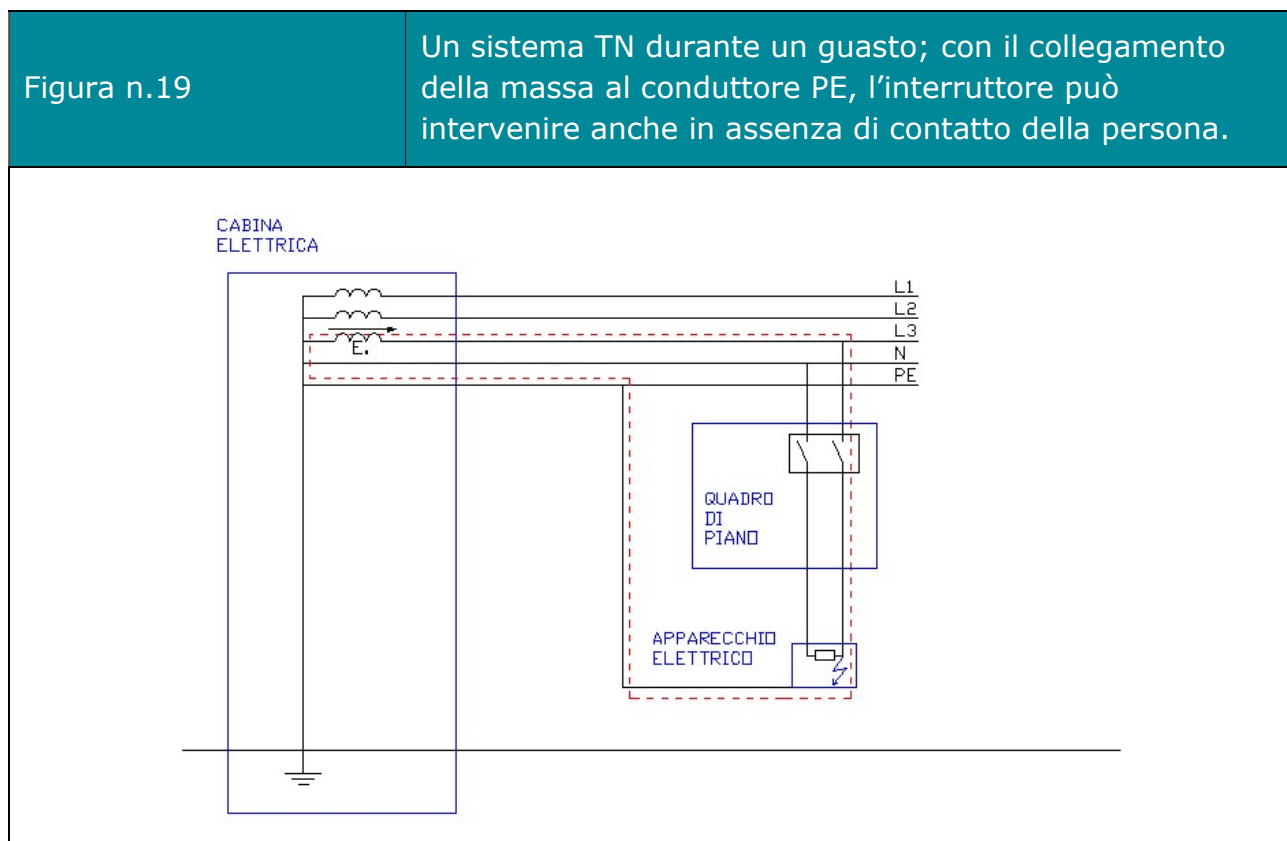
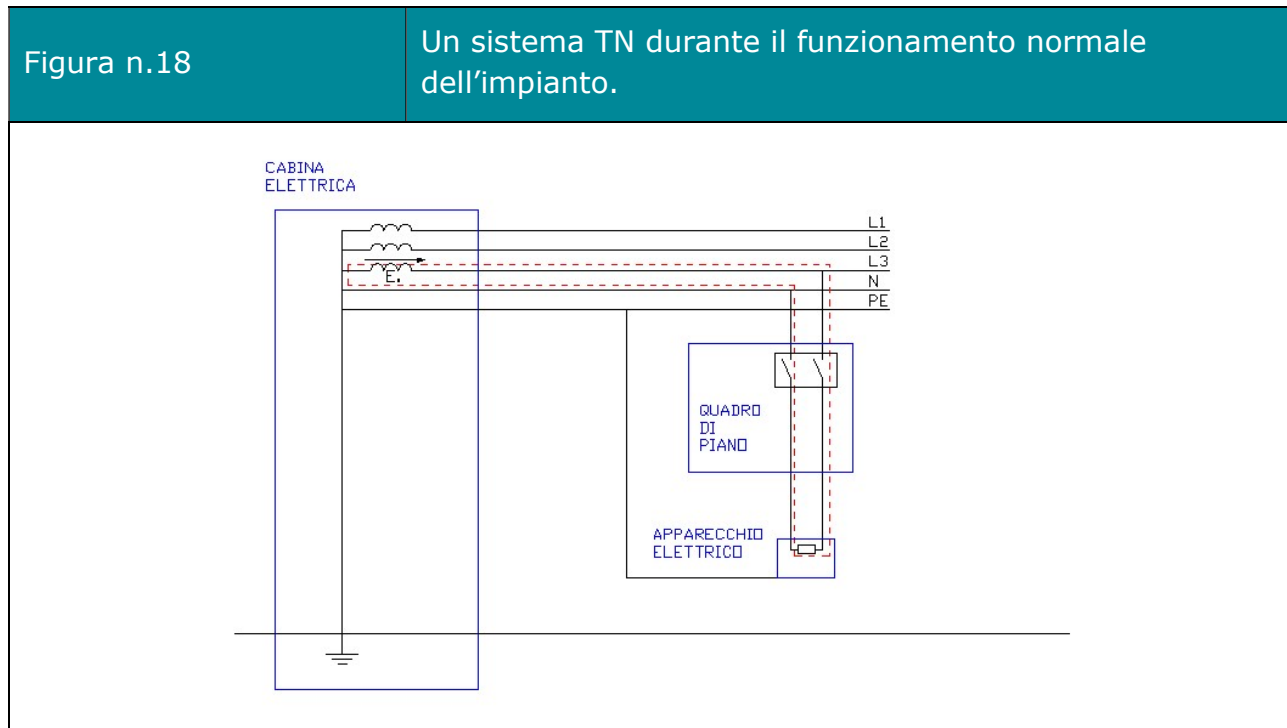
Nei sistemi TN, le norme tecniche ammettono la protezione dai contatti indiretti mediante l'uso dei soli interruttori magnetotermici; è necessario tuttavia verificare, in sede progettuale, che i tempi di intervento degli interruttori, in relazione ai valori di resistenza (più correttamente impedenza) del circuito di guasto, siano compatibili con la curva di sicurezza.

Anche in questo caso tuttavia, gli interruttori differenziali, avendo soglie più basse rispetto alle protezioni dalle sovracorrenti, offrono maggiori garanzie di intervento. In ogni caso, essi non sono richiesti obbligatoriamente dalle norme tecniche, a patto che

⁷ Il coordinamento tra il valore della resistenza di messa a terra delle masse R_T e la corrente di intervento degli interruttori differenziali è fatta sulla base della massima tensione ammissibile. In condizioni ordinarie tale valore è pari a 50V. Applicando la legge di Ohm, la R_T viene dimensionata in maniera tale che, in caso di guasto, la corrente che fa intervenire l'interruttore moltiplicata per il valore della R_T non superi 50 V. Per interruttori differenziali ad alta sensibilità, tale condizione fornisce valori ammissibili di resistenza di terra fino a 1666 Ω , facilmente ottenibili.

la protezione attuata con gli interruttori magnetotermici soddisfa già la curva di sicurezza.

Viene da domandarsi perché, per la protezione dai contatti indiretti, le norme tecniche non prevedano il semplice impiego dell'interruttore differenziale ad alta sensibilità, anche senza collegamento a terra delle masse.



In realtà, senza collegamento a terra, in caso di guasto all'isolamento e contatto tra una fase ed una massa, l'interruttore differenziale non interviene fino a che una persona non tocca la massa, provocando il passaggio di una corrente di valore sufficiente. Fino a tale momento, la massa rimane in tensione, determinando una situazione di estremo pericolo della quale si è completamente ignari.

Il collegamento a terra fa intervenire l'interruttore differenziale nel momento in cui si verifica il guasto, in genere prima ancora del contatto della persona.

Il collegamento a terra, peraltro, garantisce un valore di resistenza più affidabile e stabile nel tempo di quello offerto, suo malgrado, da una persona che si trovi a toccare la massa, a vantaggio della sicura scelta (o verifica dell'adeguatezza) delle caratteristiche di intervento del dispositivo di interruzione.

Per questi motivi, il metodo di protezione dai contatti indiretti mediante interruzione della corrente, se correttamente applicato, non può prescindere dalla presenza dell'impianto di terra⁸.

2.1.1. Elementi fondamentali dell'impianto di terra

Un impianto di terra in bassa tensione è costituito dai componenti seguenti:

- **dispersori**
sono gli elementi metallici in intimo contatto con il terreno che rendono possibile la dispersione della corrente a terra. Possono essere realizzati appositamente per tale scopo (**dispersori intenzionali**), come ad esempio picchetti, nastri, corde, piastre, ecc. oppure avere altre funzioni e partecipare alla dispersione a terra della corrente di guasto, se opportunamente connessi all'impianto di terra (**dispersori di fatto**), come i ferri di armatura dell'edificio;
- **conduttori di terra**
sono i conduttori che collegano i vari dispersori tra loro realizzando anche la connessione di questi al nodo principale di terra (o collettore). Non sono in intimo contatto con il terreno;
- **nodo principale di terra o collettore**
è l'elemento metallico (sbarra, piastra, morsetto) al quale sono collegati i conduttori di terra, i conduttori di protezione (PE), i conduttori equipotenziali principali e, nel sistema TN, il neutro;
- **conduttori di protezione**
sono i conduttori che collegano le masse al nodo principale di terra. Possono essere cavi elettrici, conduttori nudi o anche involucri o canali metallici, tubi protettivi, ecc. purché rispondenti a precisi requisiti. Nei sistemi TT, TN-S, IT, sono separati dal neutro e sono indicati con la sigla PE. Nei sistemi TN-C il conduttore di protezione di neutro svolge anche la funzione di conduttore di protezione e viene indicato con la sigla PEN;

⁸ Per gli stessi motivi, l'interruttore differenziale risulta molto più efficace nella protezione dai contatti indiretti, se opportunamente coordinato con l'impianto di terra, che nella protezione dai contatti diretti, per la quale è considerato solamente una misura addizionale.

- **conduttori equipotenziali**

realizzano il collegamento tra masse e masse estranee assicurandone l'equipotenzialità.

I collegamenti equipotenziali principali collegano le masse estranee al collettore principale di terra. I collegamenti equipotenziali supplementari collegano le masse estranee al PE, le masse tra di loro, le masse alle masse estranee, le masse estranee tra loro.

Le **masse estranee** sono parti conduttrici non facenti parte dell'impianto elettrico, in grado tuttavia di introdurre tensioni pericolose nell'ambiente o ridurre l'efficacia delle protezioni contro i contatti indiretti.

Si è visto che le curve di sicurezza tempo-tensione sono state ottenute considerando in serie alla resistenza del corpo umano R_C dei valori convenzionali della resistenza R_{TC} , che rappresenta la resistenza tra il corpo umano ed il punto a tensione zero (convenzionalmente a grande distanza nel terreno o, per praticità e sotto opportune ipotesi, all'origine degli avvolgimenti di bassa tensione del trasformatore). Se, durante un contatto indiretto, si tocca contemporaneamente una massa metallica che presenta verso il punto di riferimento una resistenza di valore inferiore a quello convenzionalmente scelto (cioè una massa estranea), la resistenza totale soggetta alla tensione di contatto sarà sempre $R_C + R_{TC}$, ma con la R_{TC} molto più bassa (tensione di contatto applicata quasi per intero a R_C , cioè al corpo umano) e la corrente che attraversa il corpo risulterà superiore a quella considerata per lo sviluppo delle curve di sicurezza e quindi più pericolosa. Ciò può succedere, ad esempio, toccando tubazioni metalliche connesse a reti interrate, che presentano verso il terreno una bassa resistenza.

In altri casi le masse estranee possono introdurre potenziali pericolosi diversi da quello di terra.

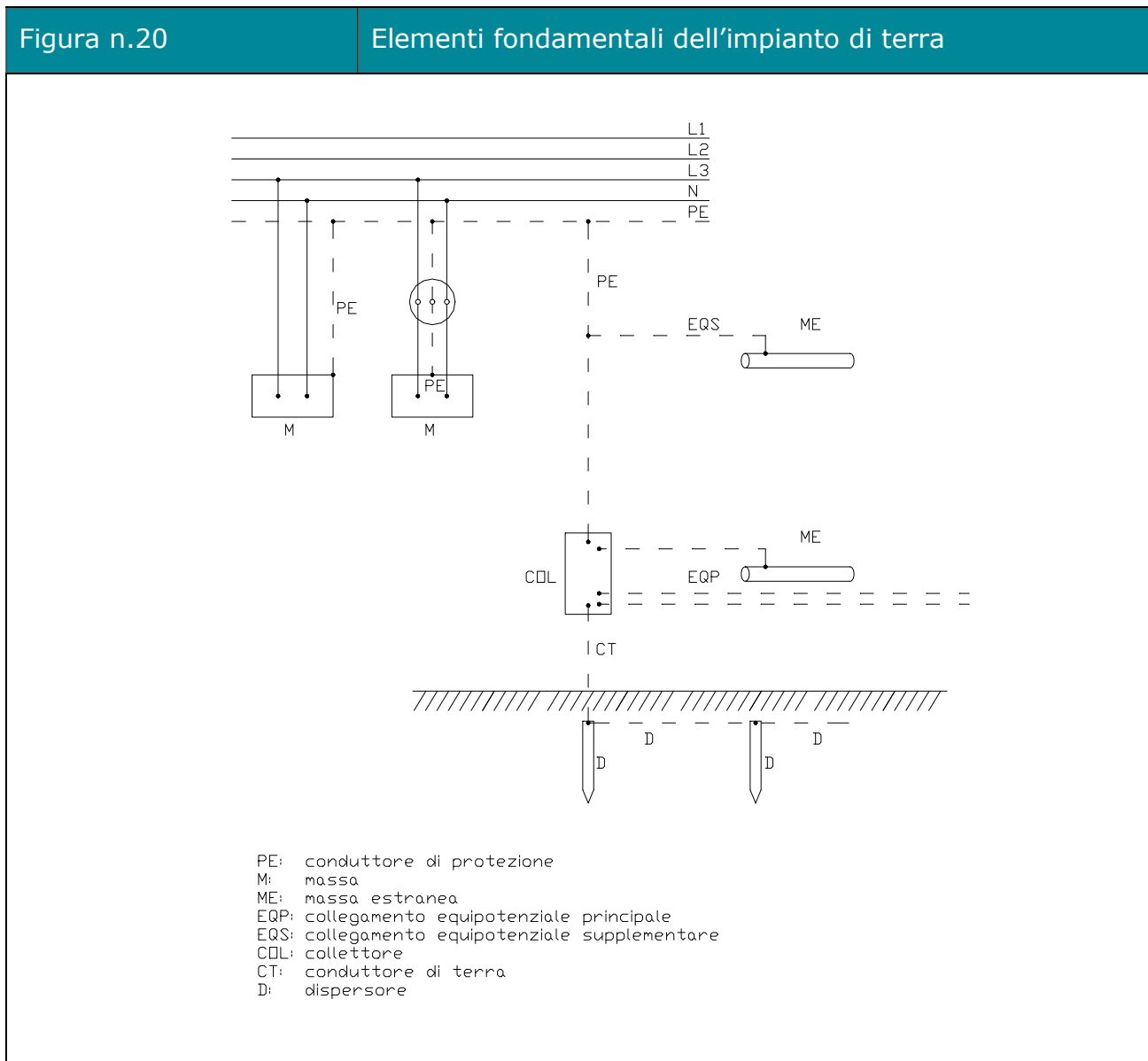
La riduzione del rischio dovuto alla presenza di masse estranee si ottiene realizzando collegamenti equipotenziali tra le masse e le masse estranee, in conformità a quanto previsto dalle norme tecniche, per impedire che, in condizioni di maggior rischio⁹, le persone possano toccare parti conduttrici a tensione diversa.

In figura 20 è illustrato schematicamente un impianto di terra di un impianto utilizzatore in bassa tensione.

Le prescrizioni per la realizzazione degli impianti di terra nei sistemi di I categoria sono riportate nella Norma CEI 64-8.

In particolare la norma prescrive di collegare all'impianto di terra tutte le masse mediante conduttore di protezione.

⁹ Come detto, il maggior rischio sarebbe determinato, in questo caso, dalla riduzione della resistenza R_{TC} .



Inoltre, negli edifici, il conduttore di protezione, il conduttore di terra, il nodo principale di terra, devono essere connessi, mediante collegamento equipotenziale principale, alle tubazioni dell'acqua e del gas in ingresso all'edificio, alle parti strutturali metalliche dell'edificio, alle canalizzazioni di condizionamento e riscaldamento centralizzato e alle armature principali del cemento armato accessibili.

Il collegamento equipotenziale non è necessario per gli elementi conduttori non in grado di introdurre potenziali, come ad esempio alcuni serramenti, alcune scale metalliche, ecc.

Per alcuni ambienti specifici, ad esempio nei bagni dotati di vasca o doccia, è richiesto un collegamento equipotenziale supplementare.

2.2. Metodi di protezione senza interruzione automatica dell'alimentazione

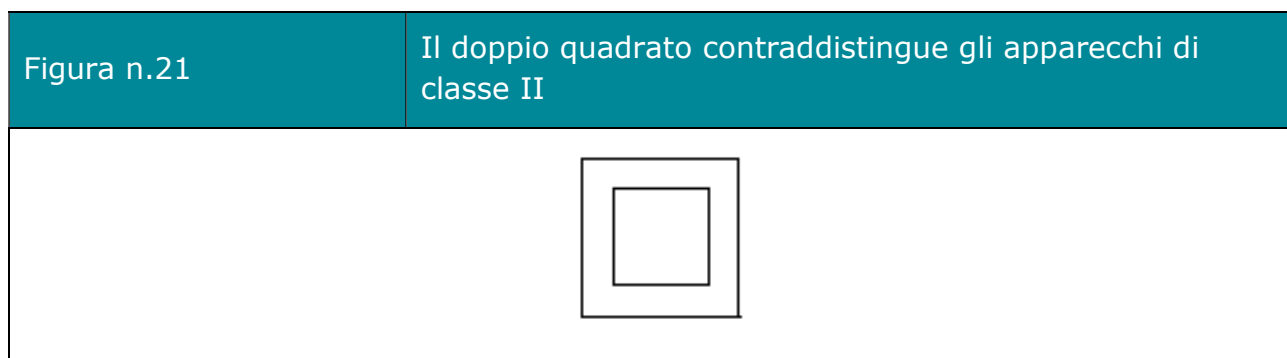
Attuano la protezione dai contatti indiretti impedendo la formazione di tensioni pericolose sulle masse. Il metodo più comune è l'impiego di apparecchi con isolamento doppio o rinforzato. Gli altri metodi si utilizzano per applicazioni specifiche.

2.2.1. Uso di apparecchi con isolamento doppio o rinforzato

Negli apparecchi a doppio isolamento, un guasto all'isolamento principale non mette in tensione la massa, protetta dall'isolamento supplementare. Un principio analogo si ha negli apparecchi ad isolamento rinforzato, per i quali non è prevedibile un guasto in grado di mettere in tensione la massa.

Gli apparecchi ad isolamento doppio o rinforzato sono definiti di classe II. Il costruttore deve specificare questa caratteristica. Il simbolo che contraddistingue gli apparecchi di **classe II** è il doppio quadrato (fig. 21).

Gli apparecchi di classe II non devono essere collegati a terra¹⁰.



¹⁰ Si dimostra che il collegamento a terra dei componenti in classe II aumenta e non riduce il rischio di folgorazione.

2.2.2. Bassissima tensione di sicurezza e di protezione (SELV e PELV)

Nei sistemi a Bassissima Tensione di Sicurezza (SELV - Safety Extra Low Voltage) la protezione è effettuata alimentando l'impianto a tensione non superiore a quella limite ammissibile (50V), mediante sorgente autonoma o trasformatore di sicurezza. L'impianto deve essere dotato di separazione di protezione verso gli altri sistemi elettrici e le masse non sono collegate a terra. In tali condizioni si assume che le masse non possano raggiungere tensioni superiori a quelle tollerabili.

In particolari condizioni la norma CEI 64-8 ritiene ammissibile anche un sistema di analogo al precedente, ma con il collegamento a terra di un punto per motivi funzionali, denominato Bassissima Tensione di Protezione (PELV - Protective Extra Low Voltage).

Gli apparecchi previsti per il funzionamento su sistemi SELV o PELV, sono definiti di **classe III**. Possono avere caratteristiche costruttive meno severe rispetto agli altri componenti. Le masse non sono collegabili a terra.

La norma CEI 64-8 ammette, sotto precise condizioni, l'uso di tali sistemi anche per la protezione dai contatti diretti.

2.2.3. Separazione dei circuiti

Consiste nell'alimentare gli apparecchi tramite sorgente autonoma o dalla rete, mediante trasformatore di isolamento. Il trasformatore d'isolamento non ha punti collegati a terra. In questa situazione, per collegamenti non molto estesi, in caso di contatto indiretto le correnti di guasto che attraversano la persona si richiudono sulle capacità di linea e non sono in grado di produrre effetti pericolosi, avendo valori molto bassi.

Le masse non devono essere collegate a terra, ma, se il sistema alimenta più apparecchi, le masse devono essere interconnesse per prevenire gli effetti di un doppio guasto su fasi diverse.

2.2.4. Locali isolanti

L'ambiente è isolato da terra e non sono presenti masse estranee. Guasti all'isolamento principale degli apparecchi non sono pericolosi perché le correnti che si richiudono attraverso le persone in contatto con le masse sono limitate dal grandissimo valore della resistenza verso terra della persona.

Gli apparecchi sono dotati solo di isolamento principale e sono sprovvisti di morsetto di terra. Gli apparecchi previsti per tale utilizzo sono definiti di classe 0.

2.2.5. Collegamento equipotenziale locale non connesso a terra.

Consiste nel collegare in maniera equipotenziale tra loro tutte le masse degli apparecchi di classe I e tutte le masse estranee accessibili simultaneamente. Il pavimento deve essere isolante oppure collegato all'insieme equipotenziale. L'insieme equipotenziale non deve essere connesso a terra.

Bibliografia

- G. Conte: "Manuale di impianti elettrici", HOEPLI, 2014.
- V. Carrescia: "Fondamenti di sicurezza elettrica", TNE, 2009.
- Norma CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

Data di chiusura del documento: 02/11/2018

Conoscere il rischio

Nella sezione Conoscere il rischio del portale Inail, la Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (Contarp) mette a disposizione prodotti e approfondimenti normativi e tecnici sul rischio professionale, come primo passo per la prevenzione di infortuni e malattie professionali e la protezione dei lavoratori. La Contarp è la struttura tecnica dell'Inail dedicata alla valutazione del rischio professionale e alla promozione di interventi di sostegno ad aziende e lavoratori in materia di prevenzione.

Per informazioni

contarp@inail.it

GLI INCENDI DI ORIGINE ELETTRICA

Premessa

Il passaggio di corrente elettrica nei conduttori determina sempre lo sviluppo di calore. Negli apparecchi termici, quali ad esempio i forni, le stufe, gli scaldabagni elettrici, questo è un effetto desiderato che ne consente il funzionamento. In generale, però, il calore prodotto dal passaggio di corrente è un effetto indesiderato che, oltre a rappresentare una perdita di energia, provoca un aumento di temperatura nei componenti e sollecita soprattutto gli isolanti, causandone il graduale deterioramento e, nei casi più gravi, la distruzione, con possibile innesco di incendi. È necessario pertanto adottare opportuni accorgimenti, sia tecnici che procedurali, per poter gestire in maniera adeguata questo effetto.

1. Le sovracorrenti negli impianti

Ogni componente dell'impianto elettrico è progettato per una **corrente nominale**, che rappresenta il valore di corrente per il quale il produttore ne garantisce il funzionamento sicuro, in condizioni specificate.

Si chiamano **sovracorrenti** tutte le correnti di valore superiore alla corrente nominale.

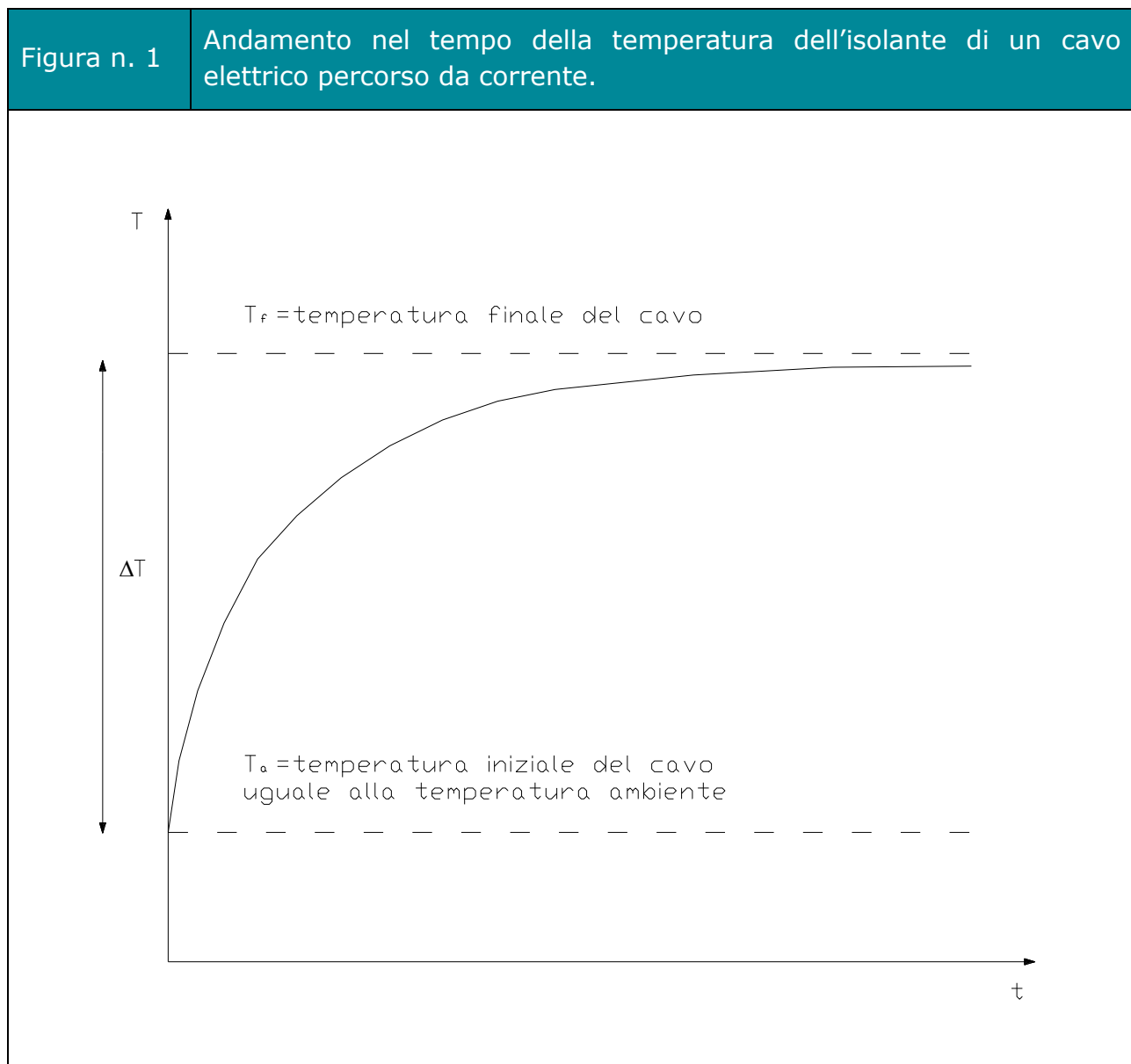
Nel caso dei cavi elettrici, la corrente nominale viene detta **portata** e rappresenta l'intensità di corrente che può circolare nel conduttore, in determinate condizioni di posa e di esercizio, senza che la temperatura superi quella ammissibile dall'isolante.

Infatti, un cavo elettrico percorso da corrente sviluppa energia termica per "effetto Joule". Questa energia fa aumentare la temperatura sia del conduttore interno sia dell'isolante, fino ad un valore di regime in cui tutto il calore prodotto viene scambiato con l'ambiente esterno.

L'andamento nel tempo della temperatura di un cavo attraversato da corrente è rappresentato in figura 1.

Fissata la temperatura iniziale T_a del cavo, la temperatura finale T_f a cui esso tende dipende dalla possibilità di scambiare calore con l'ambiente (determinata dalle

condizioni di posa), dalla resistività del conduttore, dalla sua sezione e dal quadrato del valore della corrente nel conduttore¹.



¹ Il valore finale raggiunto dalla temperatura del cavo è dato dalla formula:

$$T_f = T_a + \frac{R_t \rho I^2}{S}$$

con:

T_a temperatura iniziale del cavo, corrispondente alla temperatura ambiente

T_f temperatura finale del cavo

I corrente nel cavo

R_t resistenza termica, dipendente dalle condizioni di posa del cavo

ρ resistività del conduttore del cavo, corrispondente alla resistenza di un cavo di sezione e lunghezza unitarie

S sezione del conduttore

La portata del cavo, definiti i valori di tutti i parametri in funzione delle condizioni di posa e delle caratteristiche del conduttore, è il valore di corrente I per il quale la temperatura finale dell'isolante raggiunge il valore massimo ammissibile in esercizio (es. 70° per il PVC, 90° per alcuni tipi di elastomeri sintetici). Tale valore è detto anche **temperatura di servizio** e rappresenta la temperatura alla quale si stima che il cavo possa funzionare ininterrottamente per un tempo convenzionale (ad esempio trent'anni), senza perdere apprezzabilmente le proprie caratteristiche isolanti. Correnti più elevate (fino a 6-8 volte), e quindi temperature più alte, corrispondono a durate di vita sensibilmente più brevi e deterioramenti più rapidi dell'isolante. Correnti ancora più elevate possono originare il danneggiamento immediato dell'isolante a causa delle sollecitazioni termiche e, in determinate condizioni di posa, la combustione degli isolanti e l'innesco dell'incendio.

Si può dimostrare che, a parità di condizioni di esercizio (corrente), posa (resistenza termica) e tipo di conduttore (resistività), sezioni maggiori danno luogo a temperature finali minori; di conseguenza, scelto il tipo di isolante, a parità di tutte le altre condizioni, la portata del cavo aumenta all'aumentare della sezione².

Il dimensionamento dei cavi deve tener conto in primo luogo della corrente assorbita dai carichi nelle condizioni di progetto. Le portate dei cavi devono essere superiori a tale corrente, per consentire l'alimentazione dei carichi senza raggiungere la temperatura di servizio.

Le sovracorrenti che si possono verificare in un impianto si distinguono in sovraccarichi e corto circuiti.

1.1 I sovraccarichi

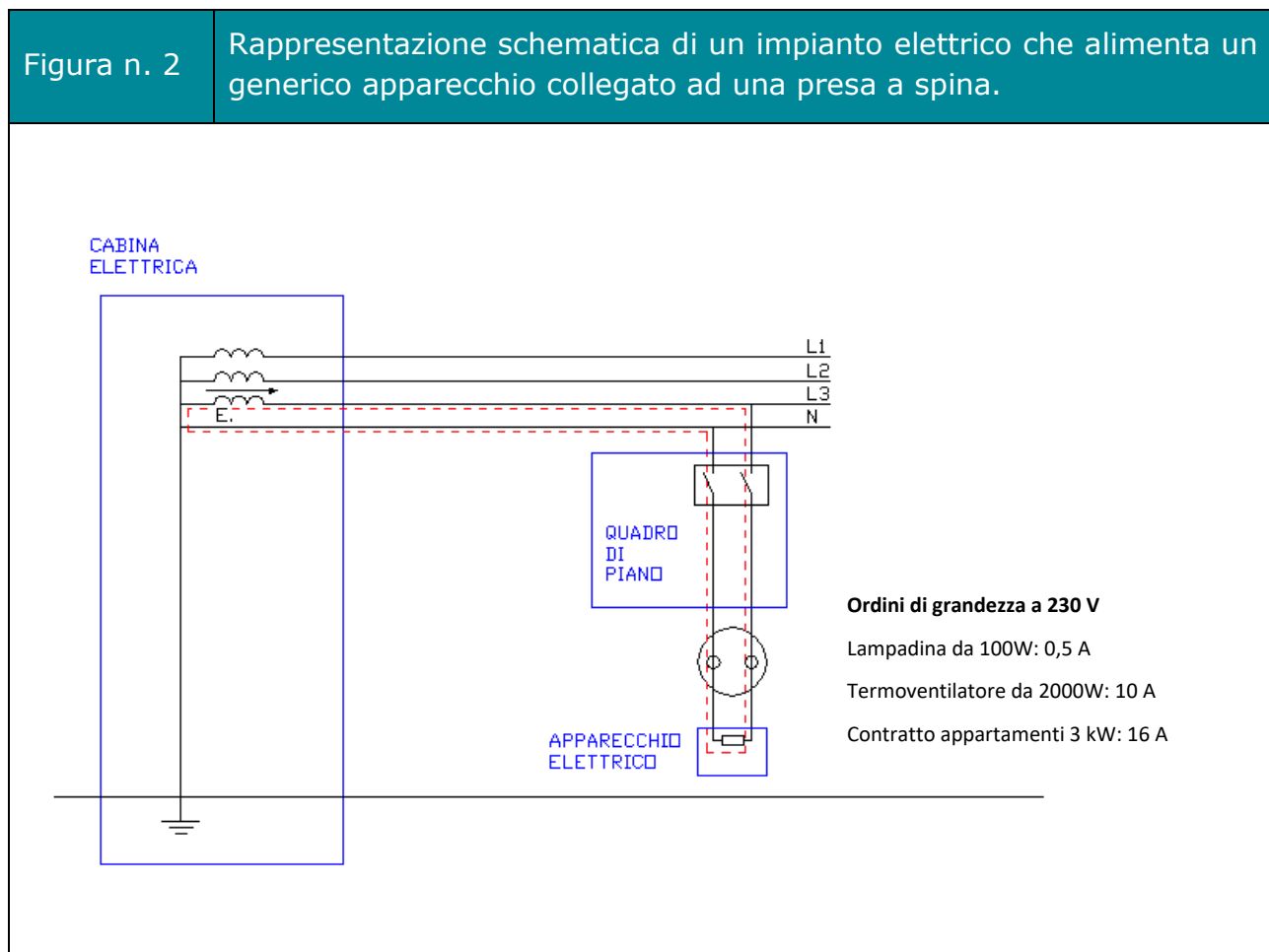
Il **sovraccarico** si verifica in circuiti elettricamente sani e può esser causato da un errato dimensionamento del cavo, se esso ha portata inferiore alla corrente prevedibile per l'alimentazione dei carichi, oppure da un funzionamento dell'impianto differente da quello previsto in sede di progetto che determini un maggiore assorbimento di corrente (per il collegamento di utilizzatori con caratteristiche differenti da quelle di progetto, per l'alimentazione di un numero superiore di apparecchi con potenza totale assorbita superiore a quella prevista, ecc.).

L'andamento della temperatura durante il sovraccarico segue la stessa curva descritta alle pagine precedenti, ma la temperatura finale sarà ovviamente superiore a quella di servizio, se il sovraccarico non viene interrotto tempestivamente.

Per visualizzare i concetti finora espressi, si consideri la figura 2, che schematizza alcuni componenti essenziali di un impianto elettrico a valle di una cabina di trasformazione. Si riconoscono la parte in bassa tensione della cabina, le linee di distribuzione primaria fino al quadro di piano (per generalità, sono state rappresentate con distribuzione trifase, a quattro fili), il quadro di piano (la cui

² I cavi elettrici disponibili in commercio hanno le sezioni dei conduttori normalizzate. Per ciascun tipo di isolante impiegato, definito il materiale del conduttore (generalmente rame o alluminio), esistono tabelle che indicano, per modalità di posa specificate, il valore di PORTATA corrispondente a ciascuna sezione commerciale.

alimentazione monofase è derivata da una fase e dal neutro della linea di distribuzione primaria), il circuito terminale che va dal quadro di piano³ fino alla presa a spina, il carico collegato alla presa a spina. Per comodità, nella figura sono stati riportati, a titolo di esempio, alcuni dei valori caratteristici di potenza e corrente indicati negli altri approfondimenti (V. anche documento "Richiami di elettrotecnica" allegato alla pagina "Descrizione del rischio").



Il circuito terminale, che alimenta la presa a spina, è realizzato normalmente in cavo. Alla sezione del cavo corrisponde, come detto, un certo valore di portata.

Nella figura 3 vengono rappresentati anche i due cavi che vanno dal quadro di piano alla presa a spina. Si ipotizza che i cavi siano isolati in PVC e che la sezione del conduttore sia pari a 1,5 mm² (valore comunemente impiegato nei circuiti terminali) corrispondente, in determinate condizioni di posa, ad una portata di 15 A. Alimentando con tale circuito a 230V una lampadina da 100 W, la corrente assorbita da quest'ultima risulta pari a 0,5 A, inferiore alla portata del cavo. La temperatura di regime del cavo non raggiungerà quella di servizio, come rappresentato nella figura 4.

³ All'interno del quadro di piano è rappresentato anche l'interruttore bipolare dal quale parte il circuito terminale di alimentazione della presa a spina. Per convenzione, per evidenziare la presenza di un interruttore, i suoi contatti mobili sono rappresentati sempre in posizione "di riposo", cioè aperti, indipendentemente dal reale stato dell'interruttore. È evidente che, per alimentare il carico, il circuito deve essere continuo e, pertanto, i contatti devono essere chiusi.

Figura n. 3 Rappresentazione schematica di un impianto elettrico che alimenta un generico apparecchio collegato ad una presa a spina (es. lampada da tavolo con lampadina ad incandescenza da 100 W)

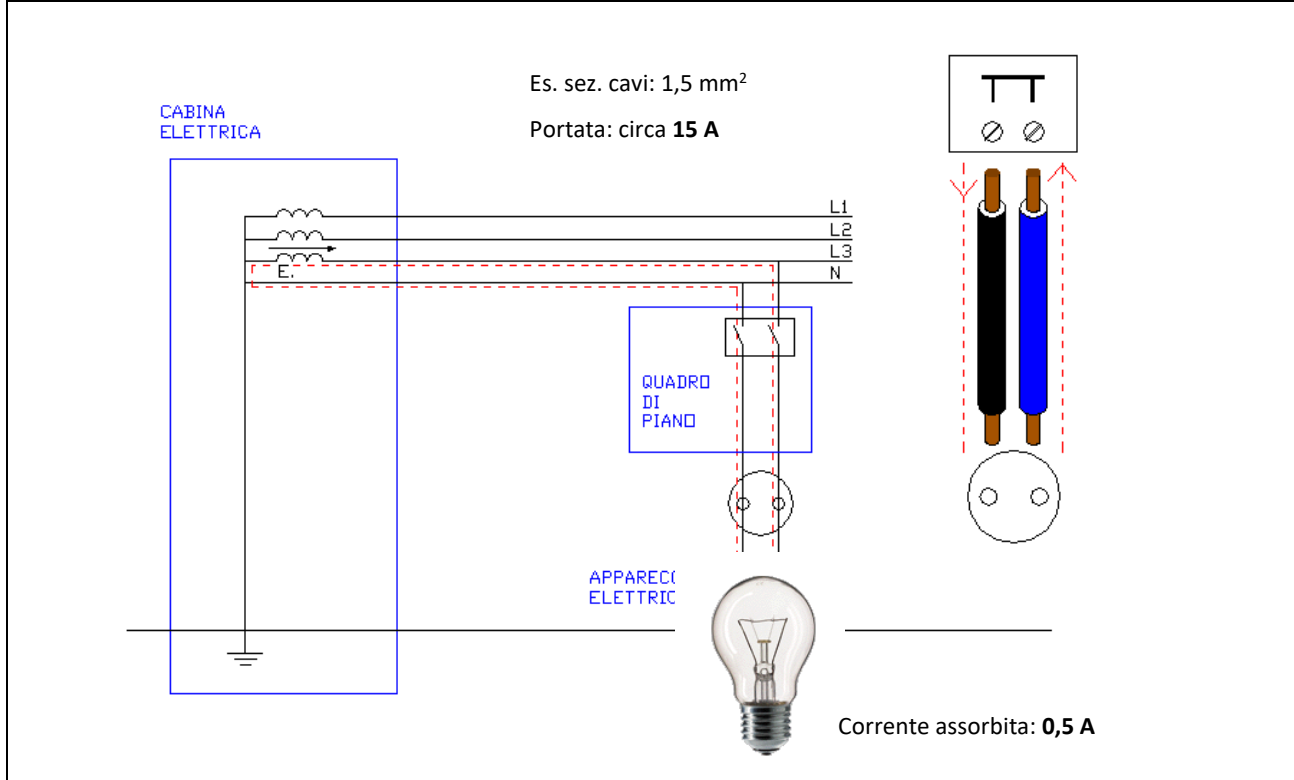
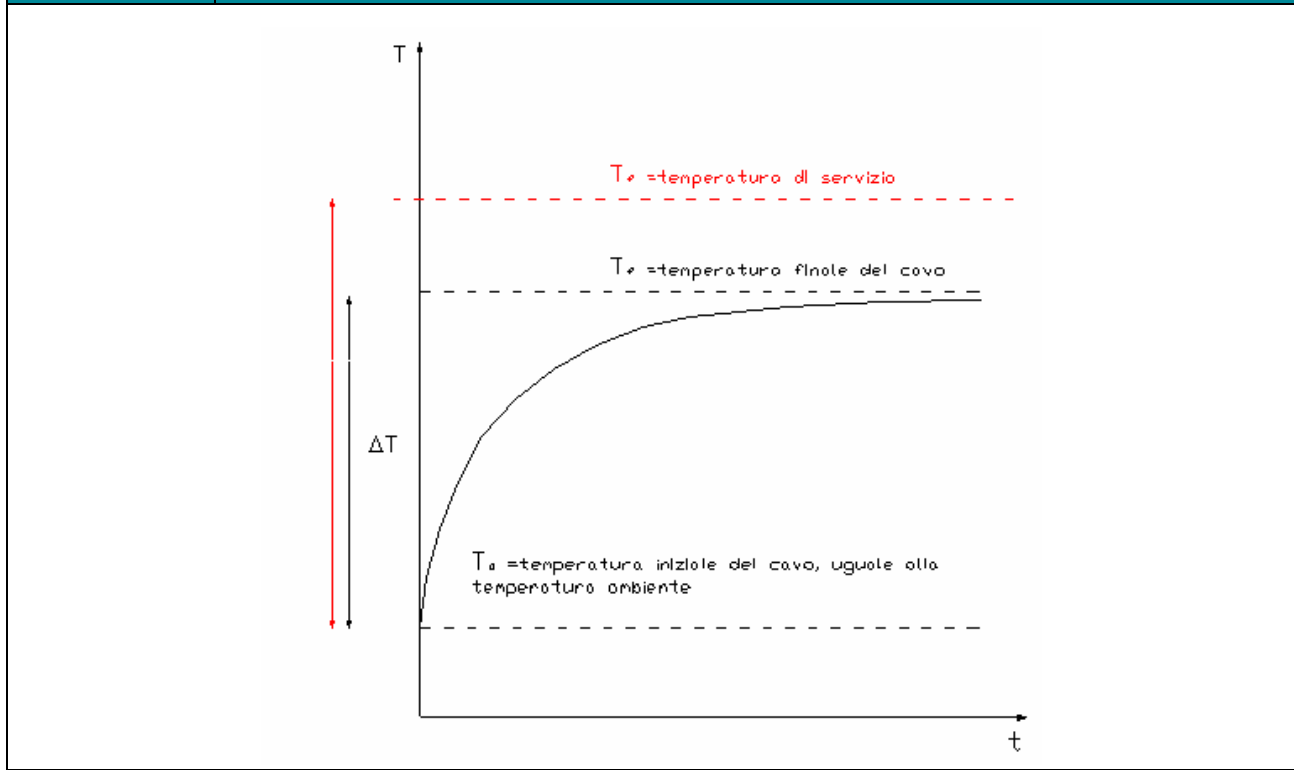
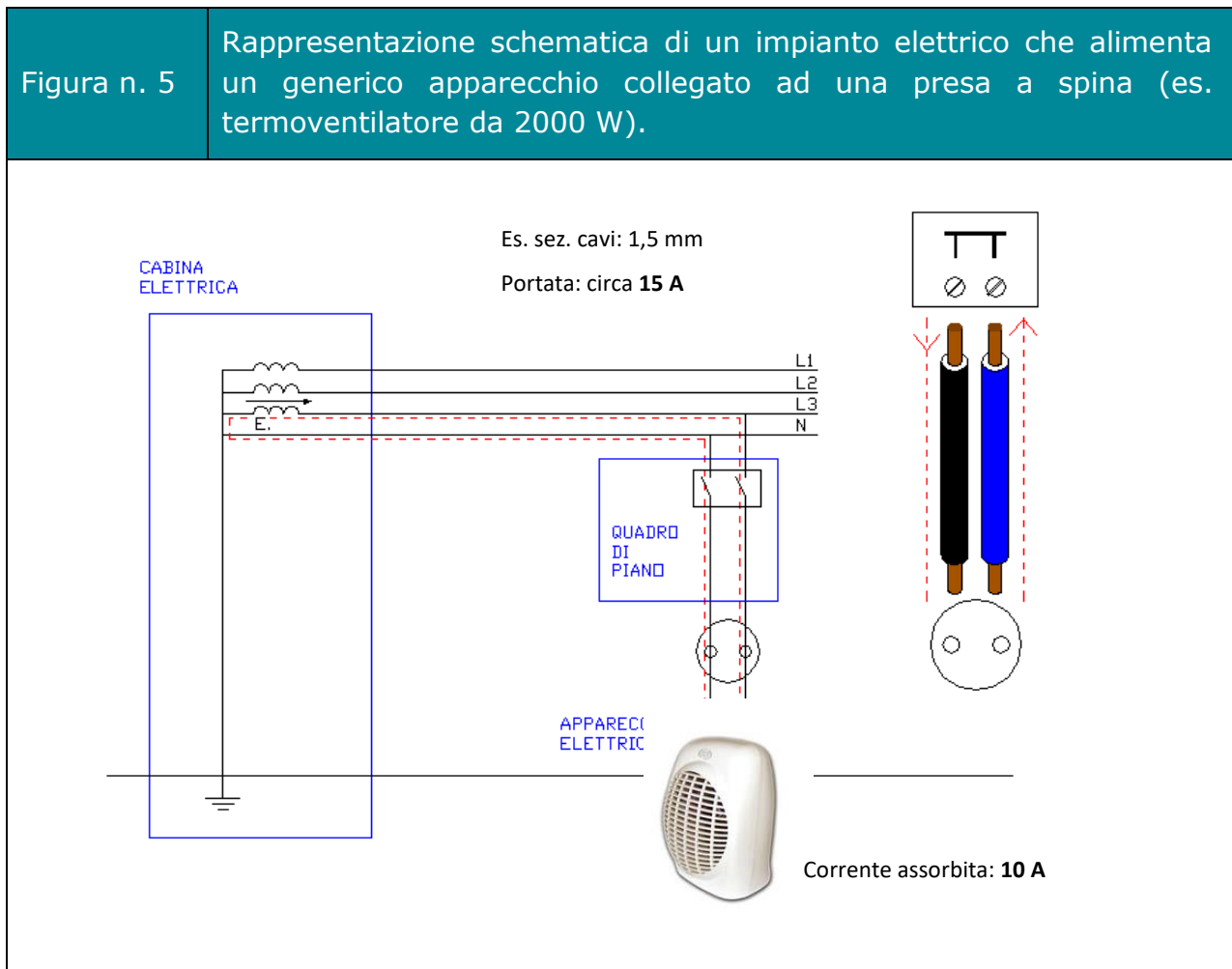


Figura n. 4 Andamento della temperatura dei cavi per corrente inferiore alla portata.



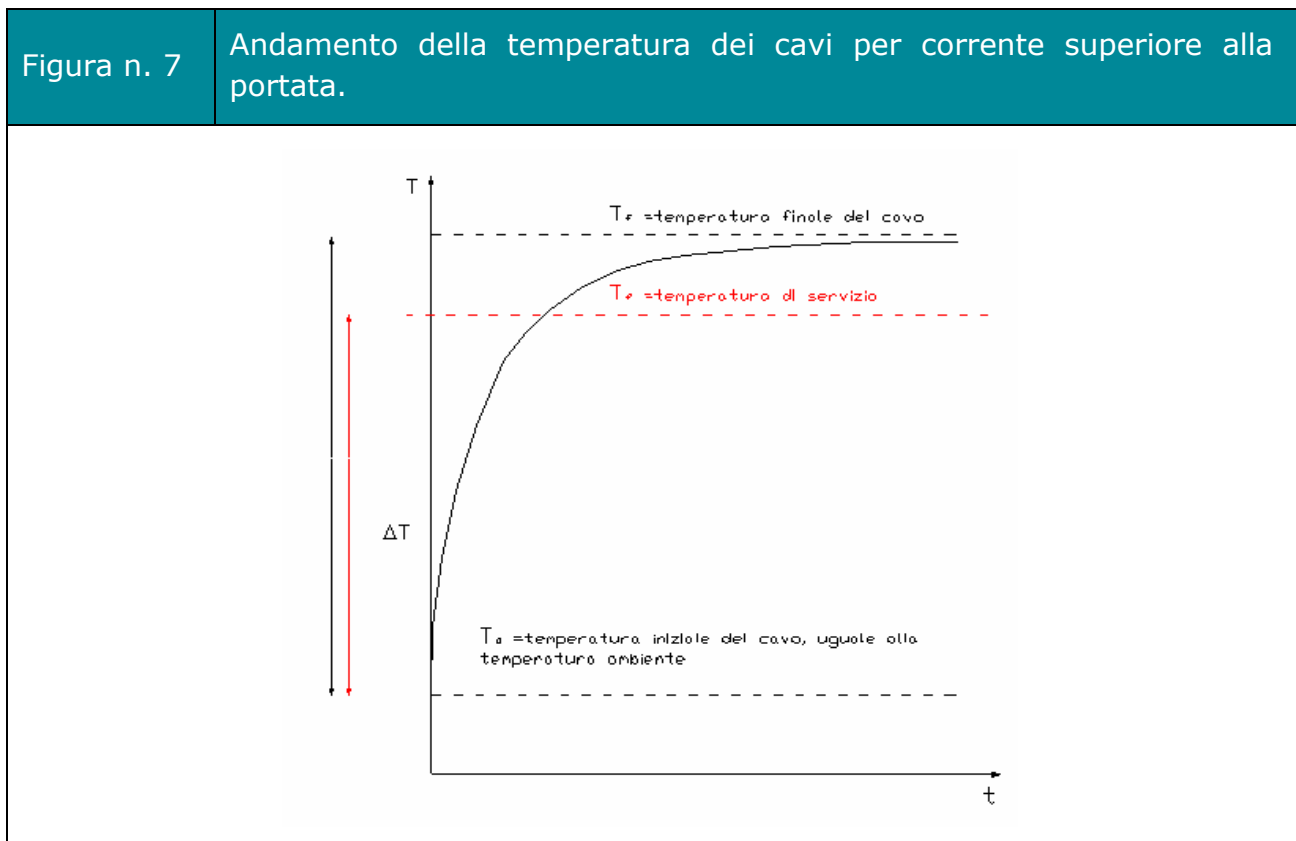
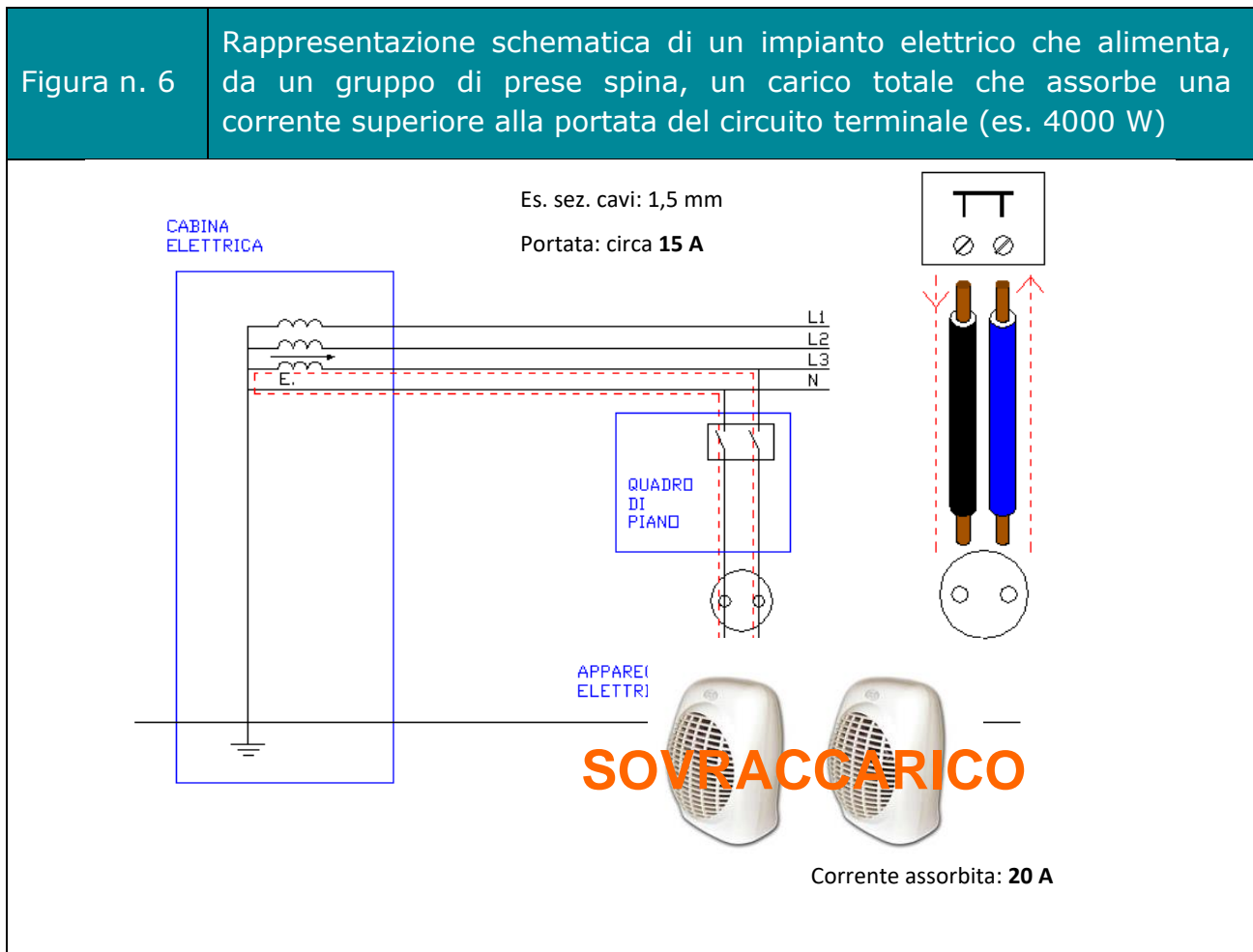
Una situazione analoga si verifica aumentando la potenza assorbita dal carico e, conseguentemente, la corrente nel cavo, pur mantenendola al di sotto della portata del cavo stesso, come indicato in figura 5.

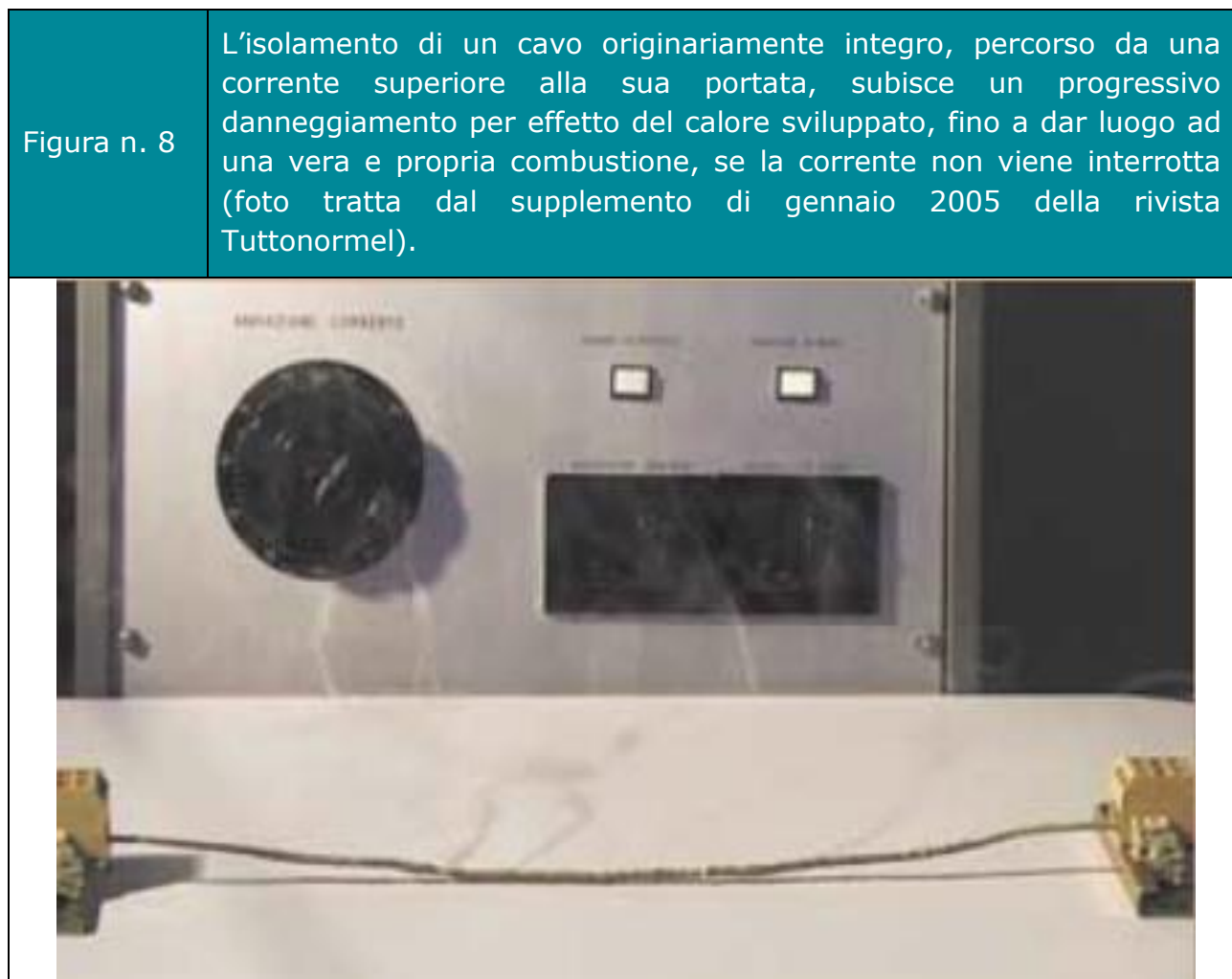


In figura 6 è schematizzato il caso in cui la potenza assorbita dal carico è stata aumentata ulteriormente, fino a far superare alla corrente nel cavo il valore di portata dello stesso. Si tratta di un sovraccarico. In questo caso, l'andamento temporale del valore di corrente nel cavo è rappresentato in figura 7, nella quale si vede che, dopo un certo tempo, la temperatura del cavo raggiunge e supera quella di servizio.

È importante ribadire che il sovraccarico si manifesta in circuiti inizialmente sani.

La figura 8 illustra l'effetto del passaggio di una corrente superiore alla portata di un cavo originariamente integro. Si deve anche osservare che il sovraccarico può essere previsto e tollerato in particolari condizioni, come ad esempio nel caso dell'avviamento dei motori asincroni, in quanto, per brevi durate, correnti di poco superiori alla portata dei cavi non hanno il tempo di riscaldare i cavi a temperature superiori a quelli di servizio.





1.2 I corto circuiti

I **corto circuiti** sono dei guasti determinati dal contatto tra due parti del circuito tra cui è presente una tensione. Sono provocati dal cedimento di un isolamento, dall'interposizione di un oggetto conduttore o di un liquido tra parti in tensione, rotture meccaniche, ecc. La corrente, limitata da impedenze generalmente trascurabili rispetto a quelle dei carichi, risulta di gran lunga maggiore di quella di normale funzionamento del circuito e può provocare danni quasi istantaneamente sia per effetti termici, sia per effetti elettromeccanici.

Il comportamento termico dei cavi in corto circuito segue un andamento differente rispetto a quello in sovraccarico. Infatti, lo sviluppo di calore è talmente intenso e veloce che il fenomeno del riscaldamento degli isolanti viene considerato adiabatico, e cioè senza scambio termico con l'esterno. Tutto il calore sviluppato contribuisce all'aumento di temperatura del cavo, il cui isolante può prendere fuoco direttamente o innescare sostanze infiammabili con cui si trova a contatto o in prossimità, originando incendi o, in presenza di atmosfere esplosive, esplosioni.

Una situazione tipica di corto circuito è schematizzata in figura 9.

Figura n. 9 Rappresentazione schematica di un corto circuito; si può vedere il contatto tra i conduttori dei cavi del circuito terminale, in prossimità della presa a spina.

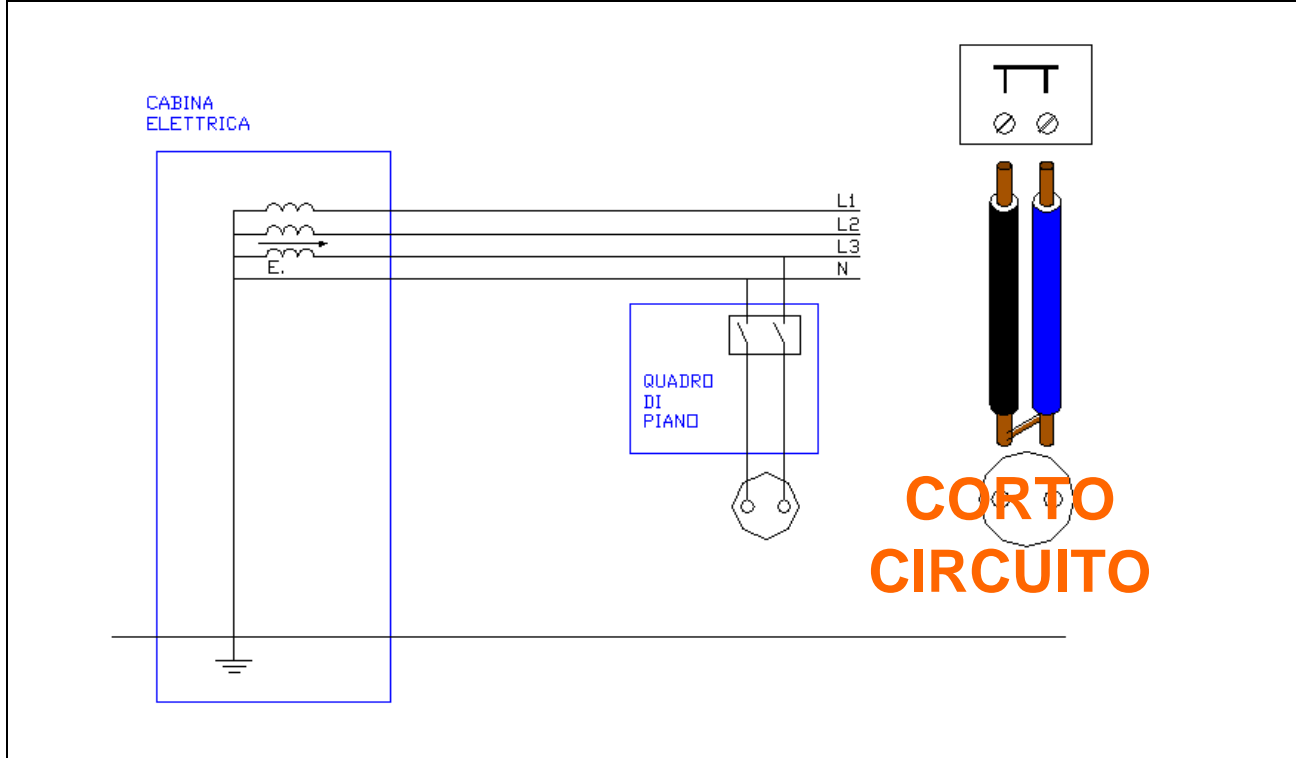
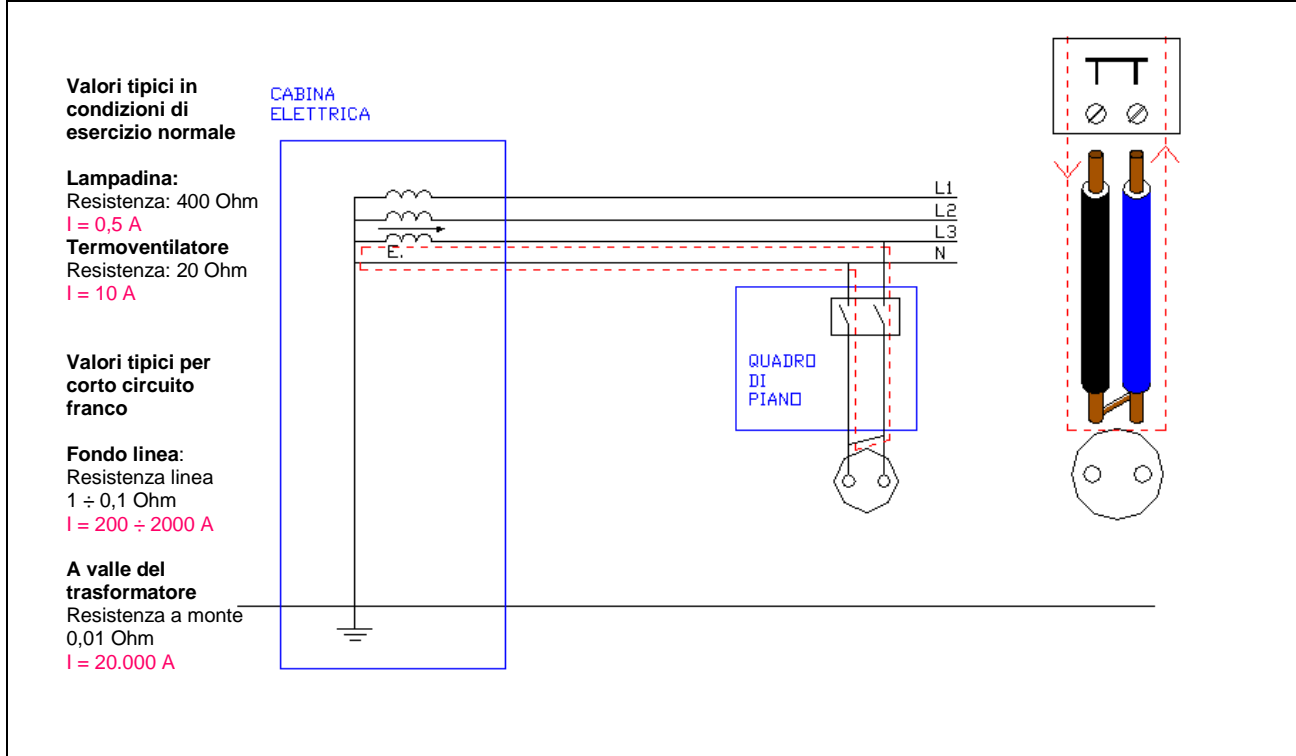


Figura n. 10 Percorso e valore caratteristici della corrente in un corto circuito.



La figura 10 indica il percorso della corrente di corto circuito e ne riporta alcuni valori nel caso in cui i conduttori dei due cavi entrino direttamente in contatto (corto circuito "franco").

Altre conseguenze del corto circuito possono essere la deformazione, la rottura e la proiezione di oggetti per effetti elettrodinamici, l'esplosione di componenti per l'elevato sviluppo di energia e la produzione di archi elettrici.

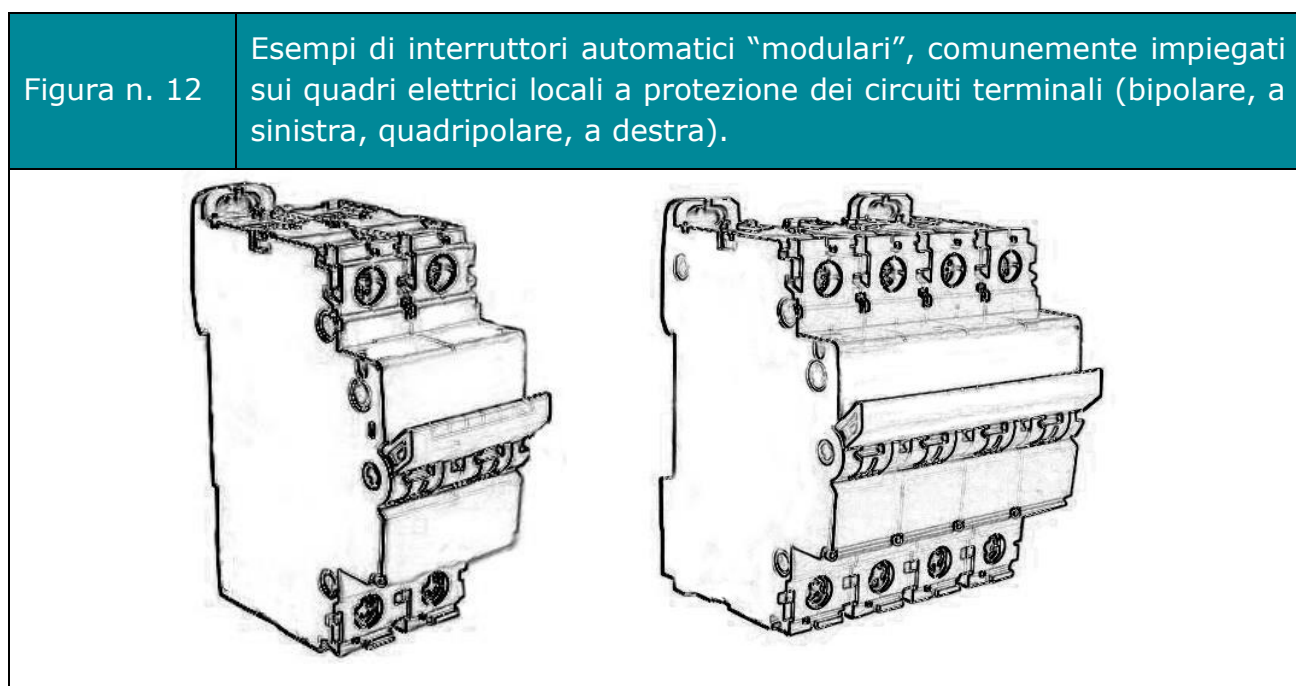
Alcuni effetti del corto circuito sono illustrati in figura 11



1.3 Misure di protezione contro le sovracorrenti

La protezione contro le sovracorrenti viene effettuata mediante l'impiego di dispositivi in grado di aprire i circuiti e interrompere la corrente.

Per gli impianti elettrici i più usati sono gli **interruttori automatici** (fig. 12).



L'apertura automatica è comandata da uno "sganciatore" che agisce per intervento "termico" o per intervento "magnetico". Esso è generalmente integrato in un unico dispositivo, chiamato "sganciatore magnetotermico".

Negli interruttori "modulari", impiegati normalmente a protezione di circuiti terminali, con cavi di portata relativamente limitata (in genere non superiori a 100 A), lo "sganciatore termico" è costituito da una lamina bimetallica che, interessata dallo sviluppo di calore prodotto per effetto Joule dal passaggio di corrente, si deforma. Per correnti superiori ad una certa soglia, la deformazione è in grado di azionare il dispositivo di sgancio dell'interruttore, determinando l'apertura del circuito. L'intervento non è istantaneo, ma il relè interviene tanto più velocemente quanto maggiore è la corrente, secondo una curva tempo-corrente caratteristica del dispositivo.

Gli sganciatori termici sono adatti alla protezione dai sovraccarichi, consentendo per un certo periodo correnti superiori al valore di soglia; per sovraccarichi di entità limitata, ciò è ammissibile.

Negli "sganciatori magnetici" il dispositivo di sgancio è costituito essenzialmente da un elettromagnete, sul quale agiscono una forza proporzionale al quadrato della corrente e la forza di una molla antagonista. Quando la corrente supera un certo valore, la forza elettromagnetica prevale su quella della molla e lo sganciatore interviene istantaneamente.

Lo sganciatore magnetico è adatto alla protezione dei corto circuiti, interrompendo in tempi brevissimi correnti superiori alla soglia di intervento.

Per circuiti di maggiore potenza, si impiegano i cosiddetti interruttori "scatolati" o "aperti", più robusti e in grado di sopportare meglio le sollecitazioni termiche dovute al passaggio di correnti più elevate, tanto nel funzionamento normale quanto in caso di guasti. In essi, lo sganciatore magnetotermico è sostituito da più sofisticati relè elettronici, che tendono comunque a simulare il comportamento dello sganciatore magnetotermico, anche se con soglie di intervento regolabili.

Altri dispositivi di protezione impiegati sono i **fusibili** e i relè termici accoppiati a "contattori" (componenti in grado di compiere un elevato numero di operazioni di apertura e chiusura dei circuiti, anche in condizioni di sovraccarico, ma non adatti ad interrompere correnti di corto circuito).

Il dimensionamento e la corretta scelta dei dispositivi di protezione dalle sovracorrenti dipende da numerosi fattori, tra i quali la corrente ed il regime di funzionamento dei carichi contemporaneamente prevedibili, la portata dei cavi da proteggere, il massimo ed il minimo valore di corrente di corto circuito calcolabili per il circuito alimentato.

Più in generale, per i cavi (ma anche per tutti i componenti dell'impianto elettrico) è necessario verificare che, tanto in condizioni ordinarie quanto in caso di guasto o sovraccarico, gli stessi possano continuare a funzionare senza subire danni o innescare incendi, almeno fino all'eventuale intervento delle protezioni.

Per conseguire ciò sono necessari una idonea progettazione dell'impianto (secondo le norme tecniche applicabili) ed una installazione conforme al progetto, eseguita a regola d'arte⁴.

1.4 Scelta dei cavi elettrici

Oltre ad essere possibili sorgenti di innesco degli incendi, i cavi possono costituire un mezzo di diffusione degli incendi. In relazione ai materiali impiegati e alle caratteristiche costruttive, gli isolanti sottoposti ad una stessa fiamma possono propagarla a distanze diverse e possono sviluppare più o meno calore nella combustione, più o meno velocemente. Inoltre dai materiali impiegati e dalle caratteristiche costruttive degli isolanti dipendono le quantità di fumi ed eventuali gas tossici e corrosivi prodotti in caso di incendio, il gocciolamento di particelle infiammate, l'acidità e la conduttività dei fumi. A livello normativo sono stabilite alcune prove standardizzate che permettono di definire il comportamento al fuoco dei cavi. Le norme tecniche relative agli impianti elettrici definiscono le tipologie di cavi ammissibili in relazione al luogo di installazione.

La scelta e la corretta adozione dei cavi in relazione al rischio di incendio esistente deve esser fatta in fase di progettazione e installazione dell'impianto elettrico, tenendo conto delle caratteristiche richieste dalla normativa tecnica in relazione al luogo di installazione.

2. Le sovracorrenti negli apparecchi elettrici e negli organi di collegamento mobili

Con meccanismi analoghi a quelli descritti per gli impianti, le sovracorrenti possono manifestarsi anche negli apparecchi elettrici o negli "organi di collegamento mobile". Anche per questi, infatti, esiste un valore di corrente massimo da non superare per non dar luogo al danneggiamento termico dei materiali isolanti che li costituiscono e, nei casi più gravi, allo sviluppo di incendi (fig. 13).

Per quanto riguarda le apparecchiature, i costruttori devono installare all'interno delle stesse dispositivi in grado di aprire i circuiti di alimentazione ed interrompere tempestivamente il passaggio di corrente quando questa superi il valore ammissibile.

È bene evidenziare, infatti, che correnti in grado di danneggiare un'apparecchiatura elettrica ed innescare un incendio potrebbero essere inferiori a quelle necessarie a far intervenire gli interruttori dell'impianto elettrico, dimensionati con la finalità di proteggere i cavi e i componenti dell'impianto e non gli apparecchi utilizzatori.

È indispensabile perciò la scelta di apparecchiature elettriche che forniscano sufficienti garanzie di conformità alla "regola dell'arte" nonché la corretta

⁴ L'espressione "a regola d'arte" indica, in generale, un'esecuzione conforme alla legislazione vigente e alle migliori conoscenze, in relazione allo stato del progresso scientifico e tecnologico.

installazione delle stesse, in relazione alle caratteristiche dell'ambiente (presenza di acqua, ecc.). Anche componenti costruiti correttamente possono essere soggetti a pericolosi malfunzionamenti, se installati in ambienti non idonei alle loro caratteristiche (per presenza di acqua, elevata polverosità, esposizione ad urti meccanici, ecc.).

Figura n. 13

Anche in presenza di impianti realizzati a regola d'arte possono svilupparsi incendi causati da guasti ad apparecchi elettrici (foto tratta dal supplemento di gennaio 2005 della rivista Tuttonormel).



La protezione dalle sovracorrenti degli organi di collegamento mobile è, invece, una criticità più complessa da gestire, nella quale conta molto la formazione ed il livello di consapevolezza di chi deve utilizzarli.

Infatti, per gli organi di collegamento mobile è specificata la massima potenza d'impiego ma, salvo alcuni casi, questi non sono intrinsecamente dotati di protezione contro le sovracorrenti, né ciò è richiesto dalla normativa tecnica. Pertanto, oltre alla scelta di componenti realizzati a regola d'arte e al corretto impiego degli stessi, in relazione alle condizioni ambientali, è fondamentale verificare che i valori di potenza assorbiti dai carichi collegati siano inferiori a quelli ammissibili dagli organi di collegamento mobile (figg. 14 e 15).

Figura n. 14

La potenza assorbita dagli apparecchi utilizzatori è indicata nella targa apposta sugli stessi dai costruttori (nella foto, 2000 W).



Figura n. 15

La potenza massima ammissibile dagli organi di collegamento mobile è indicata sugli stessi dispositivi.



3. I cattivi contatti (contatti incerti)

Connessioni difettose o allentate (ad esempio per effetto di vibrazioni o del riscaldamento dei conduttori nel normale funzionamento) o spine parzialmente inserite nelle prese (fig. 16) costituiscono dei punti in cui il circuito presenta resistenze elettriche non definite, superiori a quelle di normale funzionamento.



Le correnti nel circuito che comprende la connessione hanno valore simile o inferiore a quelle di normale funzionamento e non determinano l'intervento degli interruttori di protezione dell'impianto; tuttavia l'aumento di resistenza nel punto di connessione può generare surriscaldamenti localizzati, che possono danneggiare i componenti (figg. 17 e 18) e sviluppare incendi.

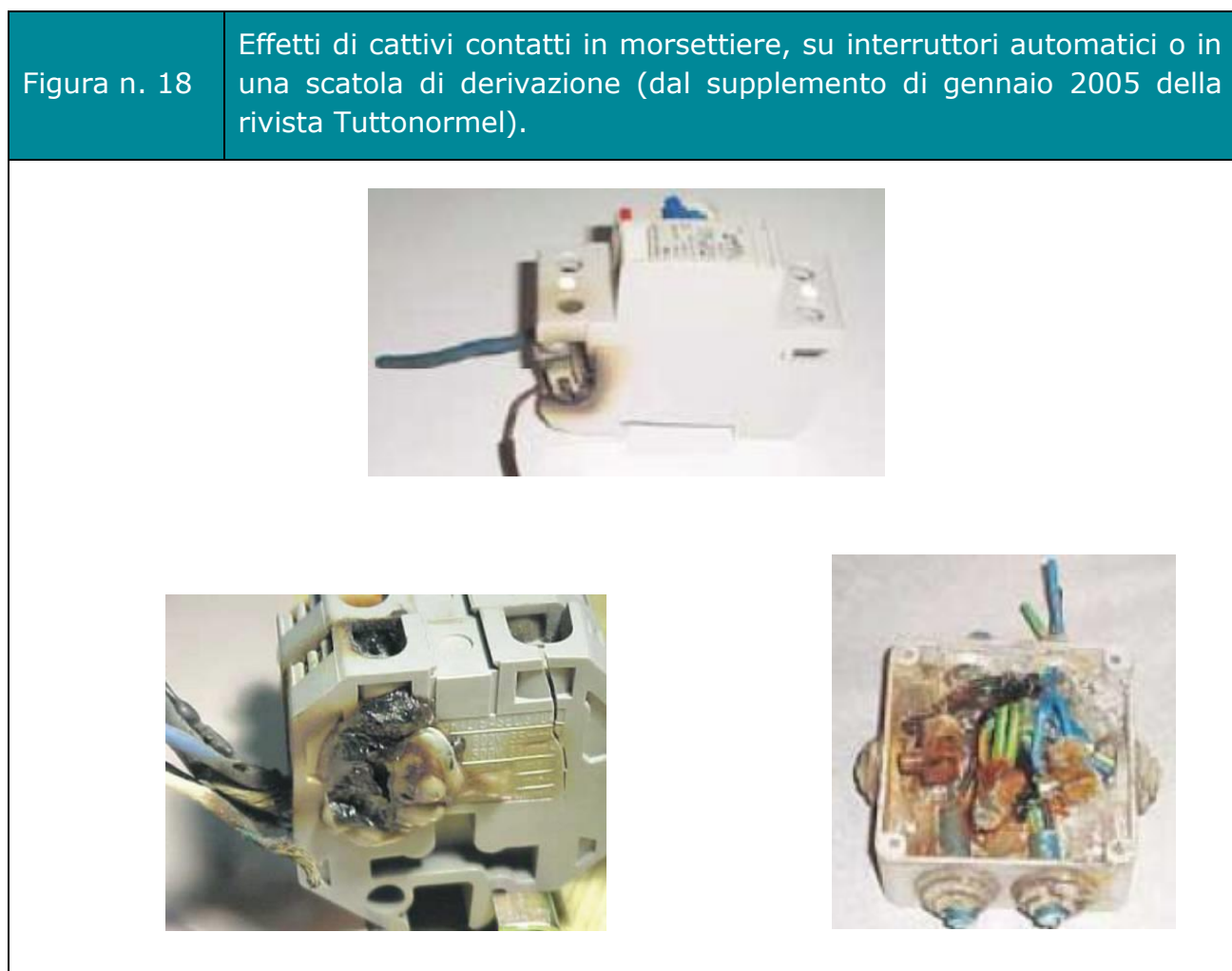
In caso di distacchi temporanei dei contatti (contatti incerti), tra gli stessi si possono anche verificare "archi elettrici", ugualmente pericolosi dal punto di vista termico⁵.

Nei confronti dei cattivi contatti negli impianti, la protezione viene attuata attraverso la corretta scelta e l'installazione a regola d'arte dei componenti e attraverso le verifiche e la manutenzione periodica dell'impianto (ad esempio, procedendo alla verifica periodica del serraggio dei morsetti nei componenti principali)⁶. Per quanto riguarda le connessioni effettuate mediante prese a spina, la migliore protezione si

⁵ In questo caso la normativa tecnica parla di "archi serie". Il fenomeno dell'arco elettrico viene descritto nel paragrafo seguente. La descrizione è generale e applicabile anche all'arco serie.

⁶ La più recente normativa tecnica (Norma CEI 64-8 V3, marzo 2017, sezione 422) prevede per alcuni luoghi specifici la possibilità di impiegare dispositivi sensibili alla temperatura, alla luce o anche alla presenza di archi elettrici, in grado di rilevare il funzionamento anomalo della connessione e segnalarlo o interrompere l'alimentazione. L'impiego di tali dispositivi non è obbligatorio, è indicato in alternativa alla regolare manutenzione degli impianti e delle apparecchiature dalla quale non è tuttavia possibile prescindere.

ottiene attraverso la formazione al corretto utilizzo e la verifica che le spine siano sempre inserite completamente nelle prese.



4. Gli archi elettrici

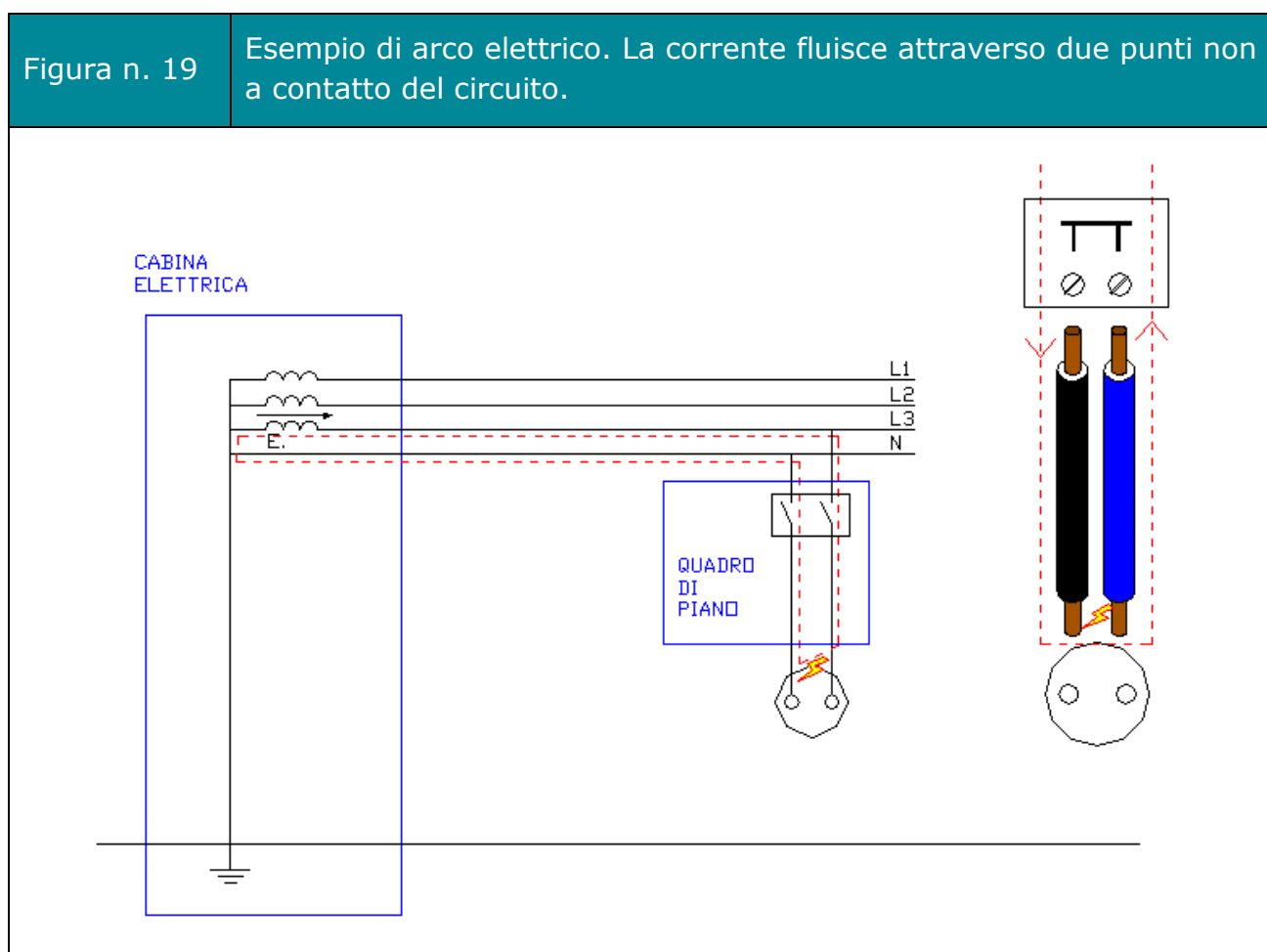
Alla presenza di una tensione tra due punti di un qualunque sistema elettrico corrisponde sempre la presenza di una forza, chiamata **campo elettrico**, che tende a spingere le cariche elettriche da un punto all'altro del sistema.

Se tra i due punti è interposto un isolante le cariche non possono passare. Se però il campo elettrico associato alla tensione supera un valore limite caratteristico dell'isolante, chiamato **rigidità dielettrica**, si può innescare una scarica elettrica che perfora l'isolante creando un canale conduttore per la corrente.

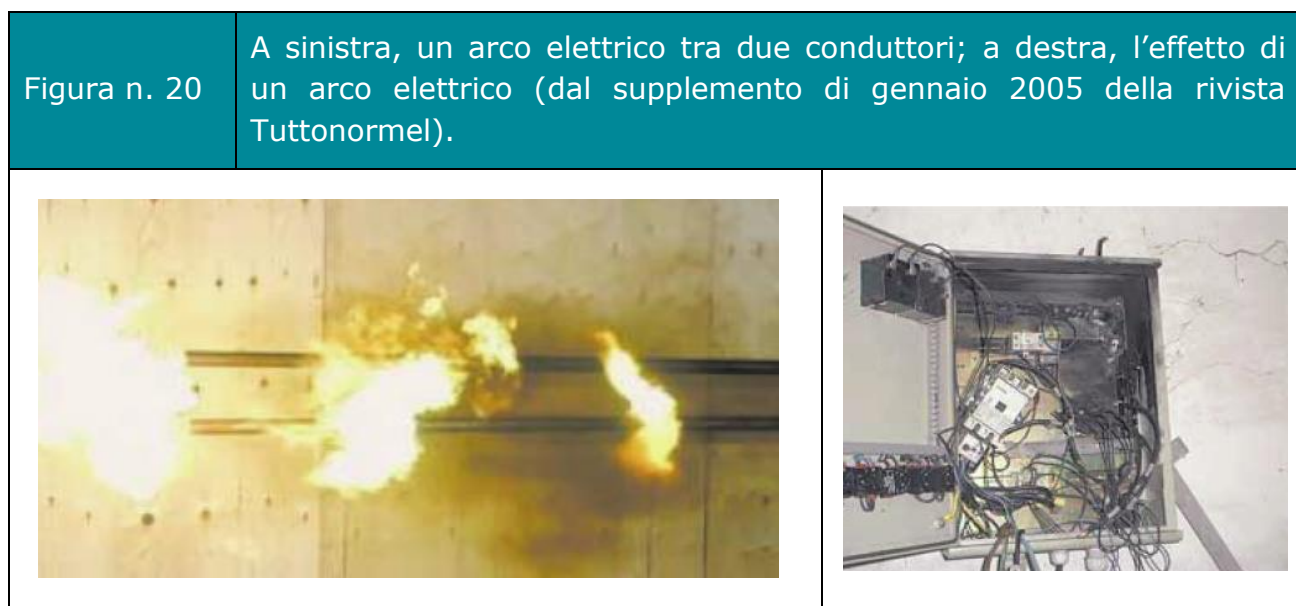
In generale, gli archi elettrici (o scariche elettriche) consistono nel passaggio di corrente tra due punti a differente tensione in aria, gas o vapore, attraverso canali di particelle ionizzate per effetti termici, per effetto di radiazioni o per effetto della tensione stessa.

Lo sviluppo di energia termica, in tali casi, può essere anche molto elevato.

La figura 19 schematizza un arco elettrico sui morsetti di connessione di una presa a spina (può verificarsi ad esempio per effetto di una sovratensione). Il circuito non è chiuso su un carico, ma la corrente si richiude attraverso il canale d'arco.



La figura 20 dà un'idea dell'energia termica sviluppata durante il passaggio della corrente d'arco e degli effetti conseguenti.



Per capire quali sono i parametri che possono influire sull'innescò di un arco elettrico tra due punti occorre sapere che il campo elettrico cresce al crescere della tensione tra i due punti e al diminuire della loro distanza. La rigidità dielettrica degli isolanti dipende, invece, dal tipo di isolante, dal suo grado di purezza e omogeneità, da caratteristiche ambientali quali pressione, temperatura, umidità, presenza di radiazioni ionizzanti, ecc.

Pertanto, dato un isolante e definite le condizioni ambientali, la probabilità di superare il valore di rigidità dielettrica dell'isolante aumenta all'aumentare della tensione e al diminuire della distanza tra i due punti.

Il dimensionamento degli isolamenti (solidi, liquidi e gassosi) viene fatto tenendo conto dei fattori sopra indicati. Tuttavia gli archi elettrici possono verificarsi se, per qualsiasi motivo, la tensione viene ad aumentare rispetto al valore di progetto (sovratensioni), se la distanza diminuisce, se l'isolante perde le sue proprietà, o se si verifica una combinazione dei suddetti eventi. La protezione contro gli archi elettrici consiste pertanto, in fase progettuale, nella corretta scelta dell'isolante, del valore di tensione, della distanza, della configurazione geometrica del sistema, tenendo conto di tutte le possibili condizioni ambientali e di funzionamento. La manutenzione volta a ridurre l'inquinamento degli isolamenti ed il loro degrado nel tempo serve a mantenere costante il valore di rigidità dielettrica degli stessi.

Per far fronte alle sovratensioni indotte negli impianti o negli apparecchi dalle correnti di fulmine vengono impiegati speciali dispositivi chiamati "limitatori di sovratensione".

La scelta ed il dimensionamento di tali dispositivi fa sempre parte di una corretta progettazione. L'installazione deve essere effettuata a regola d'arte.

A conclusione del paragrafo si osserva che il funzionamento di alcuni componenti elettrici (ad esempio interruttori, relè, ecc.) prevede lo sviluppo di archi elettrici. Se

realizzati a regola d'arte, tali componenti sono in grado di sopportare e confinare gli archi prodotti durante il normale esercizio; in questi casi infatti, le caratteristiche dell'arco sono controllate e non sussiste pericolo per l'operatore.

Bibliografia

- G. Conte, 2014. Manuale di impianti elettrici, HOEPLI
- V. Carrescia, 2016. Fondamenti di sicurezza elettrica, TNE
- V. Carrescia, 2005. Gli incendi di origine elettrica, supplemento al numero di gennaio 2005 della rivista mensile "Tuttonormel", TNE
- Norma CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Giugno 2012
- Norma CEI 64-8, V3: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Variante V3. Marzo 2017

Data di chiusura del documento: 02/11/2018

Conoscere il rischio

Nella sezione Conoscere il rischio del portale Inail, la Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (Contarp) mette a disposizione prodotti e approfondimenti normativi e tecnici sul rischio professionale, come primo passo per la prevenzione di infortuni e malattie professionali e la protezione dei lavoratori. La Contarp è la struttura tecnica dell'Inail dedicata alla valutazione del rischio professionale e alla promozione di interventi di sostegno ad aziende e lavoratori in materia di prevenzione.

Per informazioni

contarp@inail.it

LE SCARICHE ATMOSFERICHE

Premessa

L'articolo 84 del d.lgs. 81/08 prescrive che il datore di lavoro provveda "affinché gli edifici, gli impianti, le strutture, le attrezzature, siano protetti dagli effetti dei fulmini secondo le norme tecniche".

La normativa tecnica applicabile, sviluppata in sede internazionale e recepita in Italia con le norme elaborate dal Comitato Tecnico 81 del CEI, prevede innanzitutto una valutazione dettagliata del rischio da fulminazione, da svolgere in maniera quantitativa, secondo una procedura ben definita. Il risultato finale della valutazione, espresso in forma numerica deve esser confrontato con un valore di riferimento, fornito dalla norma, ritenuto accettabile. Se il rischio calcolato risulta inferiore, non sono richieste ulteriori misure di protezione¹. In caso contrario, è necessario adottare le opportune misure per ridurre il rischio, in conformità a quanto prescritto dalla norma.

1. Tipologie di fulminazione ed effetti delle correnti di fulmine

Le scariche atmosferiche possono colpire direttamente gli edifici e le strutture da proteggere, le linee di servizio entranti o connesse ad essi, oppure possono cadere in vicinanza delle strutture o delle linee, causando direttamente o indirettamente danni a persone, animali e cose.

La norma classifica le conseguenze in:

- perdite di vita umana;
- perdite di servizio pubblico;
- perdite di patrimonio culturale insostituibile;
- perdite economiche.

Tra esse, l'unico oggetto di questa breve trattazione sono le perdite di vita umana, che possono verificarsi in conseguenza di:

- danni diretti alle persone all'interno o in prossimità della struttura per effetto delle tensioni che si localizzano tra due punti del terreno (tensioni di passo) o tra

¹ Si dice, in tal caso, che la struttura è "autoprotetta".

una parte metallica della struttura ed il terreno (tensioni di contatto), mentre la corrente di fulmine viene dispersa a terra;

- danni conseguenti allo sviluppo di incendi, esplosioni, distruzioni meccaniche, prodotte dall'energia sviluppata dal passaggio della corrente di fulmine nelle strutture metalliche o da scariche disruptive prodotte da sovratensioni generate da possibili accoppiamenti elettromagnetici. In casi particolari, tali danni possono essere aggravati dal rilascio di sostanze pericolose;
- conseguenze dal mancato funzionamento di impianti essenziali, danneggiati direttamente dal passaggio della corrente di fulmine o da eventuali sovratensioni generate dagli effetti di possibili accoppiamenti elettromagnetici, nel caso di fulmini caduti in prossimità delle strutture o delle linee di servizio connesse.

2. Valutazione del rischio e parametri di rilievo

La protezione dalle scariche atmosferiche prevede una prima fase di valutazione del rischio, definito dalla norma come la "probabile perdita media annua dovuta al fulmine".

La valutazione descritta dalla norma è quantitativa e conduce ad un valore numerico che deve essere confrontato con un valore di rischio tollerabile prestabilito. Per la perdita di vite umane o danni permanenti si assume convenzionalmente che tale rischio sia pari a 10^{-5} (il danno è inteso come perdite annue, ed è riferito al totale delle persone esposte al rischio; il valore convenzionale corrisponde pertanto ad un decesso ogni centomila persone causato annualmente dai fulmini!).

Se il valore di rischio risultante dal calcolo supera quello tollerabile, è necessario adottare opportune misure per ridurlo; se il rischio calcolato risulta invece inferiore a quello convenzionalmente tollerabile, allora non è necessario adottare nessun'altra misura salvo quella di verificare nel tempo la permanenza delle condizioni che hanno determinato quel valore².

Per calcolare il valore del rischio la norma fornisce indicazioni per valutare:

- il numero annuo di fulmini che interessano la struttura ed il servizio;
- la probabilità che un fulmine che interessi la struttura o il servizio provochi danno;
- l'ammontare medio della perdita conseguente.

Il numero annuo di fulmini che interessano la struttura o il servizio entrante dipende dalle dimensioni e dalle caratteristiche della struttura e del servizio (altezza, dimensioni in pianta, lunghezza delle linee, ecc.), dalle caratteristiche ambientali della struttura e del servizio (presenza di altre strutture, alberi, altri elementi naturali o artificiali in prossimità), nonché dalla densità di fulmini al suolo relativa alla zona in cui la struttura ed il servizio sono ubicati (tale dato è rilevabile da pubblicazioni normative

² Come è noto, in generale, in presenza di una sorgente di pericolo, il rischio può essere ridotto, ma non eliminato. Nel caso specifico, il valore di rischio che può essere ritenuto tollerabile è stabilito dalla norma tecnica.

che periodicamente forniscono per ogni provincia il numero medio di fulmini che cadono al suolo per chilometro quadrato).

La probabilità che un fulmine caduto su una struttura, su un servizio entrante o in prossimità di essi determini un danno dipende dalle caratteristiche della struttura e del servizio, dalla resistività del suolo, dal contenuto della struttura, dalle caratteristiche degli impianti all'interno della struttura, nonché dal tipo e dall'efficienza delle misure di protezione adottate.

L'ammontare medio annuo delle perdite conseguenti dipende dalla destinazione d'uso della struttura, dal numero delle persone e dal tempo per cui esse permangono nella struttura, dalle misure di protezione adottate e da alcuni particolari fattori che possono incidere sul danno (es. situazioni di panico o difficoltà di evacuazione).

3. Le misure di protezione contro i fulmini

L'effetto delle misure di protezione dipende dal tipo e dalla qualità di ciascuna esse e può ridurre la probabilità del danno o l'ammontare delle perdite conseguenti.

Il provvedimento più incisivo è costituito dall'impianto di protezione contro i fulmini (LPS), normalmente composto da un impianto di protezione esterno e da uno interno.

L'impianto di protezione esterno è costituito da:

- a) un sistema di captatori, che ha lo scopo di intercettare i fulmini diretti sulla struttura;
- b) un sistema di calate, che deve condurre a terra la corrente di fulmine senza danni;
- c) un sistema di dispersori, che deve disperdere a terra la corrente di fulmine.

L'impianto di protezione interno previene le scariche pericolose nella struttura, sfruttando le connessioni equipotenziali o l'isolamento elettrico tra i componenti dell'LPS esterno ed altri elementi metallici interni alla struttura.

Le principali misure di protezione contro i gli effetti delle tensioni di contatto e di passo consistono in barriere, isolamenti o cartelli ammonitori, che impediscano di venire in contatto con parti della struttura metallica mentre queste stanno disperdendo la corrente di fulmine al suolo. La riduzione degli effetti della tensione di passo e di contatto può essere conseguita anche mediante l'equipotenzializzazione del suolo.

Per ridurre gli effetti dannosi prodotti dai fulmini sulle linee entranti o in loro prossimità e i danni agli impianti elettrici o elettronici essenziali, si utilizzano sistemi di schermatura e dispositivi in grado di limitare le sovratensioni e scaricare le correnti impulsive (limitatori di sovratensione).

Tra le misure in grado di ridurre globalmente gli effetti dannosi delle fulminazioni, la norma prevede anche specifiche misure contro gli incendi.

Man mano che si individuano le varie misure di protezione applicabili al caso specifico, il calcolo va reiterato finché non venga raggiunto il valore di rischio ritenuto accettabile.

Il calcolo da eseguire in conformità alla norma è piuttosto lungo e laborioso, dovendo tener conto di una notevole quantità di parametri che influenzano il valore finale del rischio.

Esistono diversi software in commercio che snelliscono il procedimento, automatizzandone i vari passaggi.

Sono in ogni caso fondamentali la competenza e la consapevolezza di chi effettua tale calcolo, affinché da una parte vengano correttamente inseriti i dati di ingresso e dall'altra ne siano adeguatamente interpretati i risultati.

Una volta portata a termine la verifica dell'efficacia delle misure protettive ai fini della riduzione del rischio, la reale progettazione dei sistemi scelti dovrà essere eseguita in conformità a quanto prescritto dalla normativa tecnica specifica, secondo quanto previsto dall'art. 84 del d.lgs. 81/08.

Bibliografia

- Norma CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1): Protezione contro i fulmini - Parte 1: Principi generali
- Norma CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2): Protezione contro i fulmini - Parte 2: Valutazione del rischio
- Norma CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3): Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- Norma CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4): Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture
- Numero di marzo 2013 della rivista mensile "Tuttonormel", TNE

Data di chiusura del documento: 02/11/2018

Conoscere il rischio

Nella sezione Conoscere il rischio del portale Inail, la Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (Contarp) mette a disposizione prodotti e approfondimenti normativi e tecnici sul rischio professionale, come primo passo per la prevenzione di infortuni e malattie professionali e la protezione dei lavoratori. La Contarp è la struttura tecnica dell'Inail dedicata alla valutazione del rischio professionale e alla promozione di interventi di sostegno ad aziende e lavoratori in materia di prevenzione.

Per informazioni

contarp@inail.it

IL QUADRO GENERALE DELLA LEGISLAZIONE PER LA PROTEZIONE DAL RISCHIO ELETTRICO

Premessa

Trattando il rischio elettrico in ambito lavorativo, il riferimento immediato è al d.lgs. 81/08, il cosiddetto Testo Unico della sicurezza sul lavoro, che però non consente, da solo, di effettuare operativamente la valutazione e la gestione dello specifico rischio.

Il d.lgs. 81/08 ha, difatti, mutuato e riorganizzato in maniera sostanziale il precedente corpo legislativo applicabile al rischio elettrico, abrogando leggi fondamentali, ma ormai superate, quali tra l'altro il d.p.r. 547/55; tuttavia, l'attuazione pratica dei principi generali di sicurezza elettrica enunciati all'art.80 del d.lgs. 81/08 richiede comunque l'applicazione di altre leggi vigenti, più volte richiamate dallo stesso decreto, e l'impiego estensivo delle norme tecniche.

Non tutte le leggi che interessano la sicurezza elettrica provengono dalla disciplina della sicurezza sul lavoro; alcune sono relative alla sicurezza del materiale elettrico in generale; altre riportano disposizioni per garantire la sicurezza (e funzionalità) degli impianti installati all'interno degli edifici; altre ancora derivano dalla regolamentazione della libera circolazione dei prodotti all'interno della comunità economica europea.

La corretta adozione dell'intero corpo legislativo applicabile (che comprende l'attuazione sia di misure tecniche, sia di misure organizzative e procedurali), coordinata con i dettami del d.lgs. 81/08, consente di gestire completamente il rischio elettrico in ambito lavorativo.

Nella prima parte della presente trattazione, pertanto, per le varie sorgenti di rischio (impianti, apparecchi elettrici, organi di collegamento mobile, scariche atmosferiche) saranno sintetizzati i principali testi legislativi applicabili, mentre nella seconda parte del documento si esaminerà nel dettaglio la specifica sezione del d.lgs. 81/08, cercando di dare una lettura coordinata dell'insieme di prescrizioni che ne derivano.

Nel documento "Guida alla valutazione e gestione del rischio elettrico", allegato alla pagina "Valutazione e gestione del rischio", le prescrizioni dei testi legislativi sono raccolte in una tabella che potrà essere impiegata come base per chi debba effettuare la valutazione e la gestione del rischio.

1. La legislazione applicabile alle diverse sorgenti di rischio

1.1. Gli impianti elettrici

La **legge 186/68**, costituita da due soli articoli, è quella che ha introdotto per i materiali, le apparecchiature, i macchinari, ma anche per le installazioni, gli impianti elettrici ed elettronici, la necessità della realizzazione e della costruzione a regola d'arte, attribuendo alla realizzazione secondo le prescrizioni del CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) la presunzione di regola dell'arte. La rispondenza alle norme del CEI è ritenuta cioè condizione sufficiente, quantunque non necessaria, alla regola dell'arte; va da sé che, nel caso non vengano rispettati i dettami delle norme, resta a chi ha realizzato l'opera l'onere di dimostrare l'esecuzione a regola d'arte. È chiaramente una legge destinata a chi costruisce o installa materiale¹ o impianti. Indirettamente, però, è indirizzata anche al datore di lavoro, il quale deve mettere a disposizione dei propri lavoratori materiale elettrico o impianti realizzati a regola d'arte.

Il **d.m. 22/01/08, n. 37** è il decreto che ha sostituito la precedente legge 46/90, integrata dal d.p.r. 447/91, riprendendone essenzialmente la struttura, ma con alcune differenze, talvolta sostanziali.

Tra gli adempimenti principali previsti dalla precedente legge erano: il possesso da parte delle ditte installatrici dei requisiti tecnico-professionali e l'iscrizione al registro delle ditte o all'albo delle imprese artigiane; l'obbligo della progettazione degli impianti al di sopra di alcuni limiti dimensionali; l'obbligo di effettuare l'installazione, la trasformazione, l'ampliamento e la manutenzione degli impianti elettrici secondo la regola dell'arte, attribuendo in questo caso la presunzione di tale esecuzione alle norme CEI ed UNI (Ente Nazionale di Unificazione); il rilascio della "dichiarazione di conformità" al termine dei lavori.

Il d.m. 37/08, a differenza della legge 46/90, si applica a tutti gli impianti al servizio degli edifici, indipendentemente dalla destinazione d'uso². I requisiti tecnico-professionali necessari per l'abilitazione all'esercizio delle attività impiantistiche sono stati leggermente modificati, rendendo più lungo il periodo di tirocinio per i tecnici sprovvisti di laurea ma consentendo al titolare, ai soci e ai collaboratori familiari di conseguire comunque i requisiti dopo un periodo di collaborazione tecnica continuativa con l'impresa.

Per tutti gli interventi di installazione, trasformazione e ampliamento degli impianti è previsto l'obbligo di progetto. Tuttavia solo negli impianti più complessi, espressamente previsti dal decreto, il progetto deve essere redatto da un professionista iscritto all'albo. Negli altri casi può esser redatto dal responsabile tecnico dell'impresa³.

¹ La locuzione "materiale elettrico", indica genericamente i componenti elettrici, sia quelli facenti parte dell'impianto, sia quelli estranei ad esso, come gli apparecchi utilizzatori o gli organi di collegamento mobile.

² La legge 46/90, con le precisazioni riportate nel regolamento di attuazione, il DPR447/91, risultava applicabile agli impianti elettrici in edifici di qualsiasi tipologia; per gli altri impianti era applicabile solo in edifici ad uso civile.

³ Il progetto deve essere elaborato secondo la regola dell'arte (DM 37/08, art. 5, co. 3) e contenere "almeno gli schemi dell'impianto ed i disegni planimetrici, nonché una relazione tecnica sulla consistenza e tipologia dell'installazione, della

Anche in questo caso viene richiesta l'esecuzione a regola d'arte dell'intervento impiantistico. La presunzione di conformità viene attribuita agli impianti realizzati secondo le norme CEI e UNI, ma anche a quelli realizzati secondo le norme tecniche degli altri organismi di normalizzazione appartenenti agli Stati membri dell'Unione europea.

Al termine dei lavori, dopo l'esecuzione delle verifiche, è richiesto il rilascio della dichiarazione di conformità da parte dell'impresa. Il d.m. 37/08 prevede per gli impianti realizzati dopo il 13 marzo 1990 (data di entrata in vigore della legge 46/90) e prima del 27 marzo 2008 (data di entrata in vigore del decreto stesso) la possibilità di richiedere una "dichiarazione di rispondenza", in sostituzione della dichiarazione di conformità, qualora questa sia stata smarrita o non sia stata mai rilasciata, consentendo così di sanare frequenti casi di irregolarità; la dichiarazione può essere resa da un professionista, sotto la propria personale responsabilità, ad esito di sopralluogo e accertamenti, o, in alcuni casi specificati, dal responsabile tecnico di un'impresa installatrice.

All'obbligo per il committente di affidare i lavori di installazione, trasformazione, ampliamento e manutenzione straordinaria ad imprese abilitate ai sensi del decreto, viene aggiunto quello di trasmettere copia della dichiarazione di conformità all'ente distributore in alcuni casi specifici.

Per il proprietario dell'impianto viene introdotto l'obbligo di mantenere l'impianto in condizioni di sicurezza, tenendo conto delle istruzioni predisposte dall'installatore e dai fabbricanti dei componenti installati. Per impianti installati a partire dal 27/03/08, pertanto, tali istruzioni devono essere rese disponibili dagli installatori.

Il **d.p.r. 462/01**, che ha modificato il regime di omologazione e verifiche periodiche previsto nei luoghi di lavoro dal d.p.r. 547/55 per gli impianti di terra, gli impianti di protezione dalle scariche atmosferiche, gli impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione, è stato confermato e richiamato espressamente anche dal d.lgs. 81/08.

Il decreto attribuisce al datore di lavoro il compito di richiedere agli organi competenti la verifica periodica degli impianti, secondo frequenze prestabilite in base al tipo di impianto e all'ambiente di installazione. In particolare, per gli impianti di terra, il datore di lavoro deve:

- far effettuare la verifica dell'impianto e farsi rilasciare la dichiarazione di conformità del relativo impianto elettrico dall'installatore, prima della messa in esercizio (in questo caso, la dichiarazione di conformità equivale a tutti gli effetti ad omologazione dell'impianto);
- inviare all'Inail e all'ASL/ARPA la copia della dichiarazione di conformità del relativo impianto elettrico entro trenta giorni dalla messa in esercizio dell'impianto;
- richiedere e ottenere la verifica dell'impianto, dall'ASL/ARPA o da un "organismo abilitato" ai sensi del decreto, entro cinque anni dalla data di inizio dell'attività e,

trasformazione o dell'ampliamento dell'impianto stesso, con particolare riguardo alla tipologia e alle caratteristiche dei materiali e componenti da utilizzare e alle misure di prevenzione e di sicurezza da adottare (DM 37/08, art. 5, co. 4).

successivamente, ogni cinque anni (gli anni sono due per gli ambienti a maggior rischio in caso di incendio);

- conservare i verbali delle suddette verifiche rilasciati da ASL/ARPA o organismo abilitato.

Per gli impianti elettrici negli eventuali luoghi con pericolo di esplosione (trattati estesamente al titolo XI del d.lgs. 81/08) il datore di lavoro deve:

- far effettuare la verifica dell'impianto e farsi rilasciare la dichiarazione di conformità dall'installatore, prima della messa in esercizio;
- inviare all'ASL/ARPA la copia della dichiarazione di conformità entro trenta giorni dalla messa in esercizio dell'impianto;
- richiedere e ottenere la prima verifica e l'omologazione dell'impianto, dall'ASL/ARPA entro due anni dalla data di inizio dell'attività;
- richiedere e ottenere le verifiche periodiche dell'impianto, dall'ASL/ARPA o da un organismo abilitato ai sensi del decreto ogni due anni;
- conservare i verbali delle suddette verifiche rilasciati da ASL/ARPA o organismo abilitato.

1.2. Gli apparecchi elettrici

Come gli impianti, anche gli apparecchi elettrici ricadono nel campo di applicazione della **legge 186/68**. Devono, pertanto, esser costruiti a regola d'arte, valendo la presunzione di regola dell'arte per la costruzione effettuata secondo le prescrizioni del CEI.

Oltre alla legge 186/68, per gli apparecchi elettrici in bassa tensione si deve considerare il **d.lgs. 86/2016⁴**, che recepisce la direttiva 2014/35/UE, la cosiddetta "Direttiva Bassa Tensione" (Direttiva BT) applicabile al materiale elettrico destinato ad "essere utilizzato ad una tensione nominale compresa fra 50 e 1.000 volt, in corrente alternata, e fra 75 e 1.500 volt, in corrente continua", con alcune esclusioni specificate⁵. Come gli altri decreti che recepiscono le direttive nate con lo scopo di

⁴ Il decreto ha sostituito la legge 791/1977 e il d.lgs. 626/1996, che insieme costituivano il precedente recepimento delle cosiddette "Direttive Bassa Tensione", la 72/73/CEE e la 93/68 CEE, successivamente unificate nella direttiva 2006/95/CE. La direttiva 2006/95/CE non è stata recepita dalla legislazione italiana e, nel 2014, è stata sostituita dalla direttiva 2014/35/UE.

⁵ Dal campo di applicazione del decreto sono esclusi:

- a) materiali elettrici destinati ad essere usati in ambienti esposti a pericoli di esplosione;
- b) materiali elettrici per radiologia ed uso clinico;
- c) parti elettriche di ascensori e montacarichi;
- d) contatori elettrici;
- e) basi e spine delle prese di corrente per uso domestico;
- f) dispositivi di alimentazione dei recinti elettrici;
- g) disturbi radioelettrici;
- h) materiali elettrici speciali, destinati ad essere usati sulle navi e sugli aeromobili e per le ferrovie, conformi alle disposizioni di sicurezza stabilite da organismi internazionali, cui partecipa l'Italia;
- i) kit di valutazione su misura per professionisti, destinati ad essere utilizzati unicamente in strutture di ricerca e sviluppo a tali fini.

garantire la libera circolazione dei prodotti in Europa, il d.lgs. 86/2016 definisce i requisiti essenziali di sicurezza (obiettivi di sicurezza) dei materiali elettrici, attribuendo la presunzione di conformità a quelli realizzati secondo le norme tecniche "armonizzate" a livello europeo. Tra gli obiettivi di sicurezza, l'allegato I del decreto riporta la necessità di specificare le caratteristiche essenziali del materiale per l'uso conforme alla destinazione ed esente da pericolo, la possibilità di collegare il materiale e i suoi componenti in modo sicuro e adeguato, l'adozione di misure tecniche per la protezione dai contatti diretti e indiretti, da sovratemperature, archi elettrici o radiazioni pericolose, da pericoli di natura non elettrica prodotti dal materiale, da effetti dannosi causati dall'influenza di fattori esterni sul materiale elettrico.

Il rispetto degli obiettivi di sicurezza dei prodotti deve essere garantito dai fabbricanti che eseguono o fanno eseguire la valutazione di conformità, predisponendo e conservando il fascicolo tecnico e la dichiarazione di conformità UE, e appongono sul materiale la marcatura CE (fig. 1), il proprio nome o marchio commerciale e alcune indicazioni per consentire l'identificazione del prodotto. Il materiale deve essere accompagnato da istruzioni e informazioni sulla sicurezza.



È opportuno evidenziare ora che, oltre alla Direttiva Bassa Tensione, esistono altre direttive europee di prodotto cui potrebbero esser soggetti gli apparecchi elettrici. La sovrapposizione tra i campi di applicazione delle direttive va trattato di volta in volta in base alle prescrizioni delle stesse.

Un caso tipico è quello della sovrapposizione con la cosiddetta "Direttiva Macchine", nell'ultima edizione, la 2006/42/CE, recepita in Italia dal **d.lgs. 17/2010**.

Molti apparecchi elettrici alimentati in bassa tensione potrebbero rientrare nella definizione di "macchina", soggetta all'applicazione di questo decreto⁶. Il d.lgs. 17/2010 tuttavia esclude espressamente dal suo campo di applicazione:

- gli elettrodomestici destinati a uso domestico;
- le apparecchiature audio e video;
- le apparecchiature nel settore delle tecnologie dell'informazione;

⁶ Ad esempio, come "insieme equipaggiato da un sistema di azionamento diverso dalla forza umana o animale diretta, composto di parti o di componenti, di cui almeno uno mobile, collegati tra loro solidamente per un'applicazione ben determinata".

- le macchine ordinarie da ufficio;
- le apparecchiature di collegamento e di controllo a bassa tensione;
- i motori elettrici.

Nei casi restanti di possibile sovrapposizione tra le due direttive⁷, è il d.lgs. 17/2010 a chiarire che alle macchine alimentate da energia elettrica in bassa tensione si applicano gli "obiettivi di sicurezza fissati dalla direttiva 2006/95/CE"⁸, ma che, in relazione agli obblighi concernenti la valutazione della conformità e l'immissione sul mercato e/o la messa in servizio di macchine, anche in relazione ai pericoli dovuti all'energia elettrica, è necessario seguire esclusivamente le indicazioni dello stesso d.lgs. 17/2010.

Le direttive di prodotto sono destinate principalmente a chi costruisce o commercializza beni che rientrano nel relativo campo di applicazione. Tuttavia l'impiego di prodotti sicuri, realizzati in conformità ai requisiti delle relative direttive di prodotto, garantisce, "in caso di installazione e di manutenzione non difettose e di utilizzazione conformi alla destinazione prevista, la sicurezza delle persone, degli animali domestici e dei beni".

Nel caso di apparecchi rientranti nella Direttiva Bassa Tensione, la conformità alla direttiva è attestata dalla marcatura CE⁹.

Per gli apparecchi elettrici rientranti nella Direttiva Macchine, è attestata dalla marcatura CE e dalla dichiarazione di conformità CE, che il costruttore deve obbligatoriamente fornire insieme all'apparecchio.

In ogni caso devono essere rese disponibili le istruzioni per il corretto uso e manutenzione dell'apparecchio.

Si rileva inoltre che tanto la Direttiva Bassa Tensione quanto la Direttiva Macchine richiedono che i prodotti rechino le indicazioni necessarie ad individuarne il costruttore.

1.3. Gli organi di collegamento mobile

Gli organi di collegamento mobile (o "dispositivi per connessioni elettriche temporanee"), da un punto di vista normativo, sono riconducibili nel loro insieme alla categoria delle prese e delle spine, che in generale comprende sia componenti fissi, le prese appartenenti all'impianto elettrico, sia componenti mobili.

Anche per le prese e le spine vale la **legge 186/68**. Devono, pertanto, essere costruite a regola d'arte, e lo sono certamente se sono realizzate in conformità alle norme tecniche del CEI.

⁷ Ne sono un esempio tutte le macchine utensili alimentate con energia elettrica in bassa tensione, le lavastoviglie industriali per comunità, gli apparecchi elettrici per impianti di refrigerazione.

⁸ Ora direttiva 2014/35/UE.

⁹ La dichiarazione di conformità redatta ai sensi del d.lgs. 86/2016 non deve essere consegnata insieme al materiale elettrico, ma conservata dal fabbricante, ad esito del controllo interno di fabbricazione.

Per quanto riguarda l'applicazione del d.lgs. 86/2016 è necessario fare una distinzione tra prese e spine per uso domestico e i componenti cosiddetti "industriali".

Le prime sono individuate dalla norma tecnica CEI 23-50, i secondi dalla CEI 23-12. Questi ultimi hanno generalmente maggior resistenza meccanica, protezione contro la penetrazione dell'acqua più elevata, maggiori tensioni e correnti nominali (690 V e 250 A) rispetto a quelle per uso domestico (440 V e 32 A).

Nonostante la denominazione, le prese per uso industriale sono talvolta impiegate anche in ambienti civili, laddove siano presenti o previste apparecchiature che richiedano correnti superiori a 16 A, alimentazione trifase, grado di protezione contro la penetrazione dell'acqua molto elevato (IPX7), elevata resistenza meccanica, oppure dove siano richieste dallo standard della spina dell'apparecchio da alimentare.

Le prese e le spine per uso domestico e similare, fisse o mobili (collegate a cavi di prolunga o a cavi di alimentazione di apparecchi), sono largamente impiegate in ambito civile. A causa della mancata unificazione a livello europeo delle norme relative agli organi di collegamento, anche in Italia sono state impiegate tradizionalmente più tipologie di prese a spina ad uso domestico e similare. I problemi di accoppiamento tra spine e prese rispondenti a standard diversi hanno dato origine allo sviluppo di altre configurazioni per le prese, con la possibilità di accettare spine differenti (cosiddette prese multistandard). Il problema della connessione di dispositivi con standard diversi viene risolto talvolta con l'uso di **adattatori**, semplici o multipli (per consentire l'alimentazione di più utilizzatori da un'unica presa).

Per i collegamenti tra prese di corrente e spine, qualora il cavo di alimentazione dell'utilizzatore sia troppo corto, è possibile ricorrere ai **cordoni prolungatori**, comunemente detti prolunghe, costituiti da un cavo elettrico flessibile dotato di guaina alle cui estremità sono collegate una spina ed una presa. In alcuni casi, resi sempre più frequenti dall'impiego di apparecchiature quali PC, stampanti, scanner, altoparlanti, caricabatteria, ecc., il dispositivo non possiede un'unica presa, ma un involucro in materiale termoplastico, contenente più prese per consentire il collegamento di più utilizzatori alla stessa presa (le cosiddette "**ciabatte**").

Quando si parla di **organi di collegamento mobile** ci si riferisce generalmente ai componenti quali gli adattatori, i cordoni di prolunga o anche le cosiddette "ciabatte".

Le prese e le spine di corrente per uso domestico sono espressamente menzionate tra i prodotti esclusi dal campo di applicazione della Direttiva Bassa Tensione.

Tali componenti non devono esser marcati CE.

La sicurezza del prodotto (in condizione di corretto uso e manutenzione) è comunque garantita dalla realizzazione conforme alla normativa tecnica.

Tanto la norma CEI 23-50 quanto la norma CEI 23-12 richiedono che i componenti siano marcati con le seguenti informazioni:

- corrente nominale;
- tensione nominale;
- natura della corrente (alternata o continua);

- nome o marchio di fabbrica del costruttore o del venditore responsabile;
- riferimento del tipo (es. numero di catalogo);
- simbolo del grado di protezione IP, ove applicabile.

La rispondenza alle norme tecniche costruttive può essere attestata dal costruttore mediante l'apposizione del marchio IMQ che, sotto opportune condizioni, viene concesso dall'Istituto Italiano del Marchio di Qualità, proprio per indicare la conformità di una serie di prodotti alle relative norme tecniche (fig. 2).



Per concederne l'uso, il suddetto ente di certificazione deve verificare l'idoneità della struttura produttiva del costruttore, approvare il prototipo ed effettuare controlli sulla produzione. A differenza della marcatura CE, ove prevista, il marchio IMQ è volontario.

Le prese e le spine ad uso industriale rientrano invece nel campo di applicazione della Direttiva Bassa Tensione e sono soggette alle prescrizioni del **d.lgs. 86/2016**.

1.4. Gli impianti di protezione contro le scariche atmosferiche

Prima di individuare la legislazione applicabile agli impianti di protezione dalle scariche atmosferiche è necessario rilevare che non è sempre necessario installare tali impianti, ma solo se la valutazione del rischio, effettuata in conformità alle norme tecniche pertinenti lo richiede.

In tali casi, all'impianto sono applicabili la **legge 186/68**, il **d.m. 37/08** e il **d.p.r. 462/01** (per impianti installati nei luoghi di lavoro).

In particolare, per i dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche il d.p.r. 462/01 richiede di:

- far effettuare la verifica dell'impianto e farsi rilasciare la dichiarazione di conformità dall'installatore, prima della messa in esercizio (in questo caso, la dichiarazione di conformità equivale a tutti gli effetti ad omologazione dell'impianto);
- inviare all'Inail e all'ASL/ARPA la copia della dichiarazione di conformità entro trenta giorni dalla messa in esercizio dell'impianto;
- richiedere e ottenere la verifica dell'impianto, dall' ASL/ARPA o da un organismo

abilitato, entro cinque anni dalla data di inizio dell'attività e, successivamente, ogni cinque anni (gli anni sono due per gli ambienti a maggior rischio in caso di incendio);

- conservare i verbali delle suddette verifiche rilasciati da ASL/ARPA o organismo abilitato.

2. Il d.lgs. 81/2008 e s.m.i.

Il d.lgs. 81/08 ha abrogato i precedenti d.p.r. 547/55 e d.lgs. 626/94, mutuandone parte dei contenuti, e ha riunito in un unico testo i principi generali di salute e sicurezza sul lavoro.

Gli aspetti relativi alla sicurezza elettrica sono trattati essenzialmente dal capo III del titolo III, negli articoli che vanno dall'80 all'86¹⁰. Può essere comodo visualizzarne le rubriche:

TITOLO III - USO DELLE ATTREZZATURE DI LAVORO E DEI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE

...

CAPO III - IMPIANTI E APPARECCHIATURE ELETTRICHE

Articolo 80 - Obblighi del datore di lavoro

Articolo 81 - Requisiti di sicurezza

Articolo 82 - Lavori sotto tensione

Articolo 83 - Lavori in prossimità di parti attive

Articolo 84 - Protezioni dai fulmini

Articolo 85 - Protezione di edifici, impianti strutture ed attrezzature

Articolo 86 - Verifiche e controlli

...

Sebbene l'intestazione del capo III menzioni solamente gli "Impianti e apparecchiature elettriche", il campo di applicazione risultante dalla lettura degli articoli è decisamente più esteso. In particolare, nel primo comma dell'art. 80 sono menzionati tutti i rischi di natura elettrica da fronteggiare. Alla lettera e) dello stesso comma 1 è menzionato, in particolare, anche il rischio da "fulminazione diretta e indiretta", ripreso espressamente dall'art. 84 "Protezioni dai fulmini", che rappresenta un rischio di natura elettrica, ma non necessariamente legato all'uso o alla presenza di alcuna apparecchiatura elettrica.

¹⁰ Le sanzioni sono riportate al capo IV, all'articolo 87.

Si segnala, peraltro, che nel riferimento dello stesso comma 1 "...all'impiego dei materiali, delle apparecchiature e degli impianti elettrici..." è evidentemente compreso tutto il materiale elettrico, quindi anche i cosiddetti "organi di collegamento mobile".

Articolo 80 - Obblighi del datore di lavoro

1. Il datore di lavoro prende le misure necessarie affinché i lavoratori siano salvaguardati dai tutti i rischi di natura elettrica connessi all'impiego dei materiali, delle apparecchiature e degli impianti elettrici messi a loro disposizione ed, in particolare, da quelli derivanti da:

- a) contatti elettrici diretti;
- b) contatti elettrici indiretti;
- c) innesco e propagazione di incendi e di ustioni dovuti a sovratemperature pericolose, archi elettrici e radiazioni;
- d) innesco di esplosioni;
- e) fulminazione diretta ed indiretta;
- f) sovratensioni;
- g) altre condizioni di guasto ragionevolmente prevedibili

. ...

Si può affermare, in definitiva, che il capo III del titolo III del d.lgs. 81/08 si riferisce alla protezione dei lavoratori da tutti i rischi connessi all'impiego o alla possibile presenza di energia elettrica.

In conformità ai criteri generali del d.lgs. 81/08, anche il rischio elettrico viene affrontato definendo innanzitutto degli obiettivi di sicurezza. Nel caso specifico, vengono individuate le modalità con cui l'energia elettrica può manifestare la sua pericolosità e dalle quali è necessario tutelare i lavoratori.

Nei commi e negli articoli successivi, si delineano i vari passi del metodo da applicare per conseguire la tutela dei lavoratori.

Anche per i rischi di natura elettrica, al comma 2 dell'art. 80, è prevista una valutazione:

Articolo 80 - Obblighi del datore di lavoro

...

2. A tale fine il datore di lavoro esegue una valutazione dei rischi di cui al precedente comma 1, tenendo in considerazione:

- a) le condizioni e le caratteristiche specifiche del lavoro, ivi comprese eventuali interferenze;
- b) i rischi presenti nell'ambiente di lavoro;
- c) tutte le condizioni di esercizio prevedibili.

...

La valutazione non può prescindere dalla tipologia di lavoro, dalle condizioni ambientali e dalle condizioni di esercizio prevedibili. Ciò significa che nel corso della stessa è necessario stabilire, ad esempio:

- se nei confronti del rischio elettrico i lavoratori possano esser considerati dei semplici utilizzatori di impianti, apparecchiature o componenti oppure se, in relazione alle caratteristiche dell'attività svolta, per loro si configurino situazioni di rischio aumentato, da gestire in maniera specifica (come nel caso in cui si debba operare direttamente su parti attive di linee o impianti elettrici non protette mediante isolamento, o a distanza ravvicinata¹¹ da esse);
- se la presenza di altre attività oltre a quelle ordinarie, svolte anche da personale esterno, possano determinare un aumento delle condizioni di rischio, se non coordinate e gestite adeguatamente (come ad esempio nei casi di manutenzione impiantistica o nell'impiego di impianti provvisori);
- se le condizioni operative e ambientali siano state adeguatamente considerate nella scelta e realizzazione di impianti e componenti, in relazione alla classificazione dell'ambiente di lavoro (come nei cantieri, nei luoghi con pericolo di esplosione, negli ambienti a maggior rischio in caso di incendio, nei locali ad uso medico) o a caratteristiche specifiche dello stesso (come la presenza di acqua, l'elevata polverosità, le escursioni termiche elevate, l'esposizione a raggi ultravioletti o anche la possibilità di danneggiamenti meccanici causati da urti o vibrazioni);
- se siano state considerate tutte le situazioni nelle quali lo svolgimento delle attività in condizioni di emergenza (ad esempio, in caso di mancanza di energia elettrica), richiede l'adozione di misure specifiche rispetto a quelle previste per le condizioni di normale esercizio (come, ad esempio, sorgenti di alimentazione

¹¹ Si veda il paragrafo 2.2.

autonome quali i gruppi elettrogeni o i sistemi di continuità).

Le misure di sicurezza da attuare a seguito della valutazione sono ricavabili dalla lettura dei commi 3 e 3 bis dell'art. 80 e dall'art. 81.

Articolo 80 - Obblighi del datore di lavoro

...

3. A seguito della valutazione del rischio elettrico il datore di lavoro adotta le misure tecniche ed organizzative necessarie ad eliminare o ridurre al minimo i rischi presenti, ad individuare i dispositivi di protezione collettivi ed individuali necessari alla conduzione in sicurezza del lavoro ed a predisporre le procedure di uso e manutenzione atte a garantire nel tempo la permanenza del livello di sicurezza raggiunto con l'adozione delle misure di cui al comma 1.

...

Si possono individuare quindi una fase iniziale di riduzione del rischio al minimo ed una fase successiva di mantenimento nel tempo del livello di sicurezza, grazie all'applicazione di idonee procedure per il corretto uso e manutenzione di tutte le fonti di pericolo. Si tratta di una vera e propria gestione del rischio.

Il metodo è diverso a seconda della tipologia di lavoro svolto.

2.1. Caso in cui i lavoratori sono esposti al rischio in qualità di utenti di installazioni e materiale elettrico

Nelle attività lavorative più comuni, nelle quali i lavoratori sono interessati dal rischio solo in qualità di utenti di impianti, apparecchi o componenti elettrici, il compimento della prima fase di riduzione del rischio, deriva dall'attuazione delle misure necessarie a garantire la sicurezza iniziale di tutti i materiali e le installazioni elettriche¹².

In particolare vale quanto segue:

Articolo 81 - Requisiti di sicurezza

1. Tutti i materiali, i macchinari e le apparecchiature, nonché le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici devono essere progettati, realizzati e costruiti a regola d'arte.

2. Ferme restando le disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle Direttive comunitarie di prodotto, i materiali, i macchinari, le apparecchiature, le installazioni e gli impianti di cui al comma precedente, si considerano costruiti a regola d'arte se sono realizzati secondo le pertinenti norme tecniche.

¹² Nonché la protezione dagli effetti dannosi di eventuali scariche atmosferiche.

Riportando in un unico articolo un concetto già espresso negli altri testi legislativi trattati, il d.lgs. 81/08 richiede la progettazione e realizzazione a regola d'arte del materiale e delle installazioni elettriche, attribuendo al materiale realizzato secondo le norme tecniche¹³ la presunzione di regola dell'arte.

Per l'attuazione della seconda fase è invece necessario tener conto anche di quanto riportato al comma 3 bis dell'art. 80:

Articolo 80 - Obblighi del datore di lavoro

...

3-bis. Il datore di lavoro prende, altresì, le misure necessarie affinché le procedure di uso e manutenzione di cui al comma 3 siano predisposte ed attuate tenendo conto delle disposizioni legislative vigenti, delle indicazioni contenute nei manuali d'uso e manutenzione delle apparecchiature ricadenti nelle direttive specifiche di prodotto e di quelle indicate nelle pertinenti norme tecniche.

...

Il processo si completa aggiungendo alle procedure per uso e manutenzione anche le verifiche periodiche previste dall'art. 86

Articolo 86 – Verifiche e controlli

1. Ferme restando le disposizioni del decreto del Presidente della Repubblica 22 ottobre 2001, n. 462, in materia di verifiche periodiche, il datore di lavoro provvede affinché gli impianti elettrici e gli impianti di protezione dai fulmini siano periodicamente sottoposti a controllo secondo le indicazioni delle norme di buona tecnica e la normativa vigente per verificarne lo stato di conservazione e di efficienza ai fini della sicurezza.

2. Con decreto del... sono stabilite le modalità ed i criteri per l'effettuazione delle verifiche e dei controlli di cui al comma 1.

3. L'esito dei controlli di cui al comma 1 è verbalizzato e tenuto a disposizione dell'autorità di vigilanza.

¹³ All'art.2 del d.lgs. 81/08 le norme tecniche sono definite come "specifiche tecniche, approvate e pubblicate da un'organizzazione internazionale, da un organismo europeo o da un organismo nazionale di normalizzazione, la cui osservanza non sia obbligatoria".

È quindi possibile trarre conclusioni su cosa debba intendersi per valutazione (e gestione) del rischio elettrico, nel caso in cui i lavoratori non svolgano attività specifiche che li esponano ad un rischio elettrico aumentato rispetto ad utenti generici di impianti o componenti elettrici¹⁴. Essendo ben definiti a livello legislativo e normativo i rischi elettrici e le misure necessarie per farvi fronte, dopo aver stabilito la destinazione d'uso dei materiali e delle installazioni elettriche, le condizioni ambientali e quelle di esercizio, la valutazione e la gestione del rischio elettrico comportano in prima battuta la verifica della applicazione della legislazione e delle idonee norme tecniche. A questa fase segue l'adozione di procedure per il corretto utilizzo e mantenimento delle condizioni di sicurezza iniziali, secondo norme tecniche e indicazioni fornite dai costruttori e dagli installatori. Per gli impianti elettrici e per gli impianti di protezione dai fulmini il processo si conclude con l'organizzazione di un opportuno sistema di controlli periodici¹⁵ da svolgere in conformità alle norme tecniche e con le verifiche periodiche previste dal d.p.r. 462/01.

Ciò va integrato con una idonea formazione del personale, in conformità all'art. 37 del d.lgs. 81/08, volta al trasferimento di conoscenze su rischio elettrico, modalità di accadimento dei relativi infortuni, misure di protezione, corretto utilizzo di componenti ed impianti (in relazione anche a quanto prescritto dai libretti d'uso e manutenzione), comportamenti idonei da adottare e situazioni particolari di rischio in cui potrebbe essere necessario avvertire immediatamente le figure preposte.

2.2. Caso in cui i lavori debbano essere svolti direttamente in contatto con parti attive di linee o impianti elettrici o a distanza ravvicinata da esse

Si tratta di tutte le situazioni in cui la peculiarità del lavoro porta o potrebbe portare ad operare direttamente su parti attive accessibili di linee o impianti elettrici o a distanze ravvicinate da esse, esponendo il lavoratore al rischio di contatti diretti o innesco di archi elettrici.

Le misure di sicurezza adottate per proteggere in condizioni normali gli utilizzatori degli apparecchi o degli impianti sono, in questo caso, rese inefficaci dalla necessità di accedere alle parti attive non protette o a zone ad esse vicine.

Il d.lgs. 81/08 tratta specificamente questi casi, all'art. 82 per lo svolgimento dei "lavori sotto tensione", all'art. 83 per lo svolgimento di "lavori non elettrici in vicinanza di linee elettriche o di impianti elettrici con parti attive non protette", e nel titolo IV all'art. 117 per lo svolgimento dei "lavori in prossimità di linee elettriche o di impianti elettrici con parti attive non protette" nell'ambito di un cantiere temporaneo o mobile.

¹⁴ La prima valutazione del rischio elettrico è in realtà svolta in sede normativa, ove vengono stabiliti, per determinati usi, condizioni di esercizio e caratteristiche ambientali, i requisiti cui deve rispondere l'oggetto della norma (impianto, apparecchio o, comunque, componente elettrico) per poter essere considerato ad un livello di sicurezza accettabile e, in fase di redazione dei manuali d'uso e manutenzione delle apparecchiature, che forniscono le indicazioni necessarie per l'impiego e conservazione in sicurezza delle stesse.

¹⁵ Il decreto per la definizione delle modalità e criteri per l'effettuazione dei controlli periodici secondo le indicazioni della normativa tecnica, di cui al comma 2 dell'art. 86, non è ancora stato emanato. Tuttavia, ai sensi dell'art. 87, l'assenza di tali controlli ed il mancato rilascio dei relativi verbali sono già sanzionabili.

In particolare, per i "lavori sotto tensione", l'art. 82 prescrive l'adozione di procedure e attrezzature di lavoro conformi alle norme tecniche nonché il riconoscimento dell'idoneità all'esecuzione di tali lavori secondo le indicazioni delle stesse norme. Per sistemi di II e III categoria, i lavori su parti in tensione possono essere effettuati solamente da aziende autorizzate con specifico provvedimento emanato congiuntamente dal Ministero del lavoro e delle politiche sociali e dal Ministero della salute, in conformità a quanto indicato dal d.m. 4 febbraio 2011¹⁶.

Gli articoli 83 e 117, riferiti a lavori vicini o in prossimità (ma eseguiti comunque su oggetti diversi dall'impianto in considerazione) definiscono delle distanze dalle linee elettriche o dalle parti attive non protette al di sotto delle quali non si può operare, salvo porre l'impianto fuori tensione e in sicurezza per tutta la durata dei lavori, o comunque adottare disposizioni organizzative e procedurali idonee a proteggere i lavoratori dai conseguenti rischi¹⁷. Sono indicate come idonee le disposizioni contenute nelle pertinenti norme tecniche.

Le suddette **distanze di sicurezza** sono riportate, in funzione del valore di tensione, nell'allegato IX del d.lgs. 81/08 (tab. 1).

Tabella n.1	Allegato IX del d.lgs. 81/08: distanze di sicurezza in funzione del livello di tensione	
	Un (kV)	D (m)
≤1		3
1<Un≤30		3.5
30< Un≤132		5
>132		7

Dalla lettura congiunta dei tre articoli sopra riportati si evince che, dovendo operare al di sotto delle distanze previste dall'allegato IX (da linee elettriche o da impianti elettrici con parti attive non protette), è sempre necessario porre fuori tensione e in

¹⁶ L'art. 82 del d.lgs. 81/08 reca il riferimento al "Ministero del lavoro, della salute e delle politiche sociali", perchè i due ministeri, all'epoca, erano unificati. Il d.m. 4 febbraio 2011, attuativo dell'art. 82 del d.lgs 81/08 sancisce che i lavori sotto tensione su sistemi di II e III categoria sono consentiti "alle aziende che abbiano ricevuto l'autorizzazione con decreto dirigenziale del direttore generale della Tutela delle Condizioni di Lavoro del Ministero del lavoro e delle politiche sociali e del direttore generale della Prevenzione Sanitaria del Ministero della salute", essendo stati già separati i due ministeri.

¹⁷ I lavori in prossimità di linee elettriche o in presenza di conduttori nudi in tensione, se svolti in assenza di disposizioni organizzative e procedurali idonee a proteggere i lavoratori dai conseguenti rischi, costituiscono "gravi violazioni ai fini dell'adozione del provvedimento di sospensione dell'attività imprenditoriale", ai sensi dell'allegato I del d.lgs. 81/08.

sicurezza gli impianti, oppure adottare opportune misure tecniche, organizzative e procedurali per garantire la sicurezza dei lavoratori (oltre alle misure autorizzative previste espressamente dall'art. 82 per i lavori sotto tensione in sistemi di II e III categoria). Nella pratica, tali misure si attuano applicando le prescrizioni delle norme tecniche¹⁸ che indicano anche le modalità con cui porre fuori tensione e in sicurezza gli impianti.

L'impiego delle norme tecniche consente anche di individuare univocamente la tipologia dei lavori, classificandoli in funzione della distanza dalle parti attive non protette degli impianti¹⁹, indipendentemente dalla natura del lavoro (ad es. impiantistico, edile, agricolo, ecc.) (fig.3).



In particolare nel caso di impianti in tensione, la norma CEI 11-27 (2014)²⁰ individua tre tipologie specifiche di lavori (fig. 4):

- i **lavori sotto tensione**, nei quali un lavoratore deve entrare in contatto con le parti attive in tensione o deve raggiungere l'interno della cosiddetta "zona di lavoro sotto tensione" con parti del suo corpo o con attrezzi, con

¹⁸ Nel caso dei "lavori sotto tensione", le procedure adottate e le attrezzature utilizzate devono obbligatoriamente essere conformi ai criteri definiti nelle norme tecniche.

¹⁹ Nei tre articoli citati del d.lgs.81/08, si fa riferimento, senza definirli, ai "lavori sotto tensione", "lavori in prossimità di parti attive", "lavori non elettrici in vicinanza di linee elettriche o di impianti elettrici con parti attive non protette", "lavori in prossimità di linee elettriche o di impianti elettrici con parti attive non protette".

²⁰ Le prescrizioni della norma CEI 11-27 si applicano ai "lavori sotto tensione" su sistemi di I categoria, "lavori in prossimità di parti attive", "lavori non elettrici" e "lavori fuori tensione" su sistemi di qualunque categoria, così come definiti dalla norma stessa. Per i "lavori sotto tensione" in sistemi di II e III categoria, le norme tecniche di riferimento sono la CEI EN 50110-1 (CEI 11-48) e la CEI 11-15.

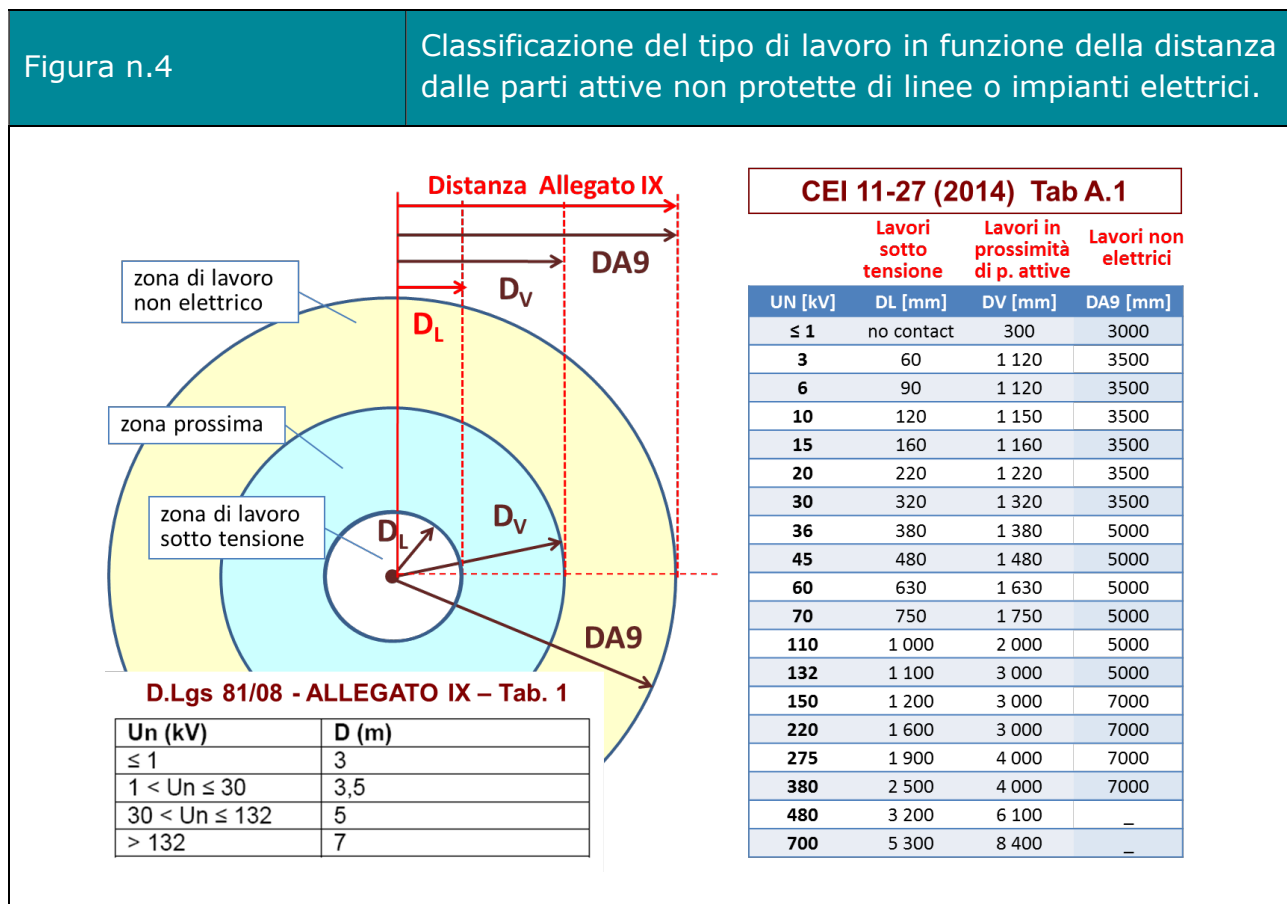
equipaggiamenti o con dispositivi che da lui vengono maneggiati. La zona di lavoro sotto tensione è delimitata da una distanza prestabilita dalle parti attive non protette D_L , funzione del livello di tensione dell'impianto (in bassa tensione tale distanza è nulla). In tali situazioni, il contatto con le parti attive potrebbe essere intenzionale e funzionale al lavoro da svolgere;

- i **lavori in prossimità di parti attive**, nei quali un lavoratore deve entrare nella cosiddetta "zona prossima" con parti del proprio corpo, con un attrezzo o con qualsiasi altro oggetto, senza invadere la zona di lavoro sotto tensione. La zona prossima è delimitata internamente dalla distanza D_L ed esternamente dalla distanza D_V , in funzione del livello di tensione. In tali situazioni è evidente che l'oggetto del lavoro non è costituito dalle parti attive in questione, e l'eventuale contatto con esse potrebbe avvenire solo accidentalmente, in mancanza delle necessarie misure di protezione;
- i **lavori non elettrici**, nei quali il lavoro viene svolto nella cosiddetta "zona di lavoro non elettrico", delimitata internamente dalla distanza D_V dalle parti attive non protette ed esternamente dalla distanza **DA9** dalle stesse, sempre in funzione del livello di tensione²¹. In tal caso è ancor più evidente che l'oggetto del lavoro non può essere costituito dalle parti attive in questione.

Infine, la norma definisce come **lavori elettrici**:

- tutti i lavori svolti a distanza minore o uguale di D_V dalle parti attive accessibili di linee o di impianti elettrici (quindi sia i **lavori sotto tensione**, sia i **lavori in prossimità di parti attive**);
- tutti i **lavori fuori tensione** svolti sugli stessi, intendendo con tale definizione le attività lavorative svolte su un impianto elettrico messo in sicurezza, secondo quanto previsto dalla norma stessa.

²¹ La distanza DA9, corrispondente alla distanza definita dalla tabella dell'allegato IX del d.lgs. 81/08, è stata introdotta dall'edizione 2014 della norma CEI 11-27 proprio per allineare le prescrizioni tecnico-normative a quelle legislative.



Stabilita la tipologia del lavoro, il passo successivo è la gestione del rischio attraverso l'adozione di procedure operative, attrezzature e dispositivi di protezione collettivi e individuali adeguati, in conformità alle norme tecniche applicabili.

Fondamentali sono le caratteristiche professionali del lavoratore, derivanti da formazione, addestramento ed esperienza²², puntualmente individuate dalle norme tecniche in relazione al tipo di lavori da svolgere, nonché, nel caso specifico dei "lavori sotto tensione", il formale riconoscimento dell'idoneità a svolgere tali lavori, da parte del datore di lavoro.

Anche queste fasi sono previste e descritte puntualmente dalle citate norme tecniche di riferimento.

Bibliografia

- V. Carrescia: "Fondamenti di sicurezza elettrica", TNE, 2009
- V. Carrescia: "Il rischio accettabile nei nuovi e vecchi impianti", TNE, 1997
- V. Carrescia: "Elettroquesiti", TNE, 2010

²² È questo un caso che rientra tra quelli previsti dall'art.28, comma 2, lettera f) del D.Lgs. 81/08, che richiede di individuare, nella redazione del documento di valutazione dei rischi, le mansioni che eventualmente espongono i lavoratori a rischi specifici, che richiedono una riconosciuta capacità professionale, esperienza specifica, adeguata formazione e addestramento.

- AAVV: "Parliamo di Direttive e di Marcatura CE: Direttiva Bassa Tensione", CEI, 1998
- AAVV: "Guida al confronto fra la nuova direttiva macchine 2006/42/CE e la direttiva 98/37/CE", ISPESL, 2008
- Guida CEI 0-10: Guida alla manutenzione degli impianti elettrici
- Norma CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
- Guida CEI 64-14: Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori
- Norma CEI 11-27: Lavori su impianti elettrici
- Norma CEI EN 50110-1 (CEI 11-48): Esercizio degli impianti elettrici
- Norma CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2): Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio

Data di chiusura del documento: 02/11/2018

Conoscere il rischio

Nella sezione Conoscere il rischio del portale Inail, la Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (Contarp) mette a disposizione prodotti e approfondimenti normativi e tecnici sul rischio professionale, come primo passo per la prevenzione di infortuni e malattie professionali e la protezione dei lavoratori. La Contarp è la struttura tecnica dell'Inail dedicata alla valutazione del rischio professionale e alla promozione di interventi di sostegno ad aziende e lavoratori in materia di prevenzione.

Per informazioni

contarp@inail.it

GUIDA ALLA VALUTAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO ELETTRICO

Premessa

Il processo di valutazione e gestione del rischio elettrico derivante dall'applicazione congiunta del d.lgs. 81/08 e degli altri testi di legge in vigore (v. documento "Il quadro generale della legislazione per la protezione dal rischio elettrico" allegato alla pagina "Legislazione") consente di ridurre tale rischio ad un livello accettabile, in conformità a quanto previsto dalle stesse leggi.

Nelle attività ordinarie, nelle quali i lavoratori sono considerati utenti generici degli impianti, delle apparecchiature e dei componenti elettrici messi loro a disposizione, il datore di lavoro dovrà compiere tutte le azioni necessarie a garantire:

- la realizzazione a regola d'arte di tutto il materiale elettrico reso disponibile, tenuto conto delle caratteristiche del lavoro e delle condizioni ambientali e di esercizio;
- il corretto utilizzo di tale materiale, volto a prevenire i rischi;
- l'adeguata manutenzione e i necessari accertamenti periodici finalizzati al mantenimento nel tempo delle condizioni di sicurezza.

La valutazione potrà seguire modalità diverse e fare riferimento a documenti o attestazioni specifici per ciascuna sorgente di rischio: l'impianto elettrico, gli apparecchi utilizzatori, gli organi di collegamento mobile. Essa dovrà considerare, comunque, le condizioni di sicurezza conseguite nella costruzione del componente o nell'installazione dell'impianto, nel loro utilizzo e nel loro mantenimento nel tempo.

Nelle attività specifiche che possono portare i lavoratori ad operare direttamente su parti attive accessibili (in tensione o fuori tensione) di linee o impianti elettrici, o a distanze ravvicinate da esse, la gestione del rischio elettrico richiede anche la formazione specialistica dei lavoratori, l'attribuzione dell'idoneità ad eseguire i lavori sotto tensione (ove necessario), l'adozione di specifiche procedure di lavoro, di idonee attrezzature e dispositivi di protezione collettivi e individuali, secondo quanto previsto dalle leggi e dalle norme tecniche.

In ogni caso, dovrà essere effettuata la specifica valutazione del rischio per le scariche atmosferiche e, in caso di necessità, dovranno essere adottate le necessarie misure

previste dalle norme tecniche per ridurre tale rischio al di sotto di quello convenzionalmente ritenuto accettabile.

1. Le attività ordinarie

In via preliminare, è necessario essere ben consapevoli del tipo di attività svolta o prevista nel luogo di lavoro, della classificazione degli ambienti¹ (ad es. locali ad uso medico, ambienti a maggior rischio in caso di incendio, luoghi con pericolo di esplosioni, cantieri), delle condizioni di rischio specifiche (es. presenza di acqua, ambienti polverosi, esposizione ad agenti atmosferici, esposizione a danneggiamenti meccanici, ecc.) nonché delle possibili condizioni di esercizio (condizioni ordinarie, di emergenza, alimentazioni temporanee, ecc.). Di tali aspetti bisognerà tener conto in tutte le fasi della valutazione.

1.1. La sicurezza iniziale

Si prendono in esame gli elementi relativi alla corretta realizzazione/installazione di impianti, apparecchi e collegamenti. Per la protezione dalle scariche atmosferiche si prende in considerazione anche la valutazione preliminare, finalizzata a stabilire l'eventuale necessità di adottare specifiche misure di protezione.

Le azioni da compiere sono riportate di seguito, in dettaglio.

Per gli **impianti elettrici**, si deve verificare la presenza della dichiarazione di conformità alla regola dell'arte², rilasciata ai sensi dell'art. 9 della legge 46/90 (o ai sensi dell'art. 7 del d.m. 22/01/08, n. 37, per interventi successivi al 27/03/08), correttamente compilata e provvista di tutti gli allegati obbligatori (certificato di riconoscimento dei requisiti tecnico-professionali dell'installatore, progetto, relazione con i materiali installati, ecc.)^{3,4}.

Nel caso di impianti elettrici precedenti al 1990, mancando la dichiarazione di conformità⁵, non si hanno indicazioni sullo stato di sicurezza iniziale dell'impianto da parte dell'installatore. Se sullo stesso sono già stati effettuati in maniera approfondita controlli periodici secondo quanto previsto dal d.lgs. 81/08 art. 86, co. 1, più avanti

¹ La classificazione degli ambienti viene effettuata sulla base della legislazione o della normativa tecnica. Esempi di ambienti che richiedono misure di sicurezza specifiche, in aggiunta a quelle previste per ambienti ordinari, sono: gli ambienti a maggior rischio in caso di incendio (CEI 64-8/7), i locali ad uso medico (CEI 64-8/7), i cantieri (d.lgs. 81/08, tit. IV, CEI 64-8/7, CEI 64-17), i luoghi con pericolo di esplosione (d.lgs. 81/08, tit. XI e norme tecniche emanate dal comitato tecnico 31 del CEI).

² Si ricorda che, ai sensi del d.p.r. 462/01, copia della dichiarazione di conformità dell'impianto elettrico deve essere inviata ai dipartimenti territoriali Inail e all'ASL/ARPA competenti entro trenta giorni dalla messa in esercizio dell'impianto, unitamente alla denuncia dell'installazione del relativo impianto di terra. Per gli impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione la dichiarazione di conformità deve essere inviata solo all'ASL/ARPA.

È possibile scaricare i moduli di denuncia direttamente dal sito: <http://www.inail.it>.

³ Nella dichiarazione di conformità, l'installatore dichiara di aver rispettato il progetto e le norme tecniche applicabili (facendone esplicita menzione), di aver impiegato materiali idonei al luogo di installazione, di aver effettuato tutti i controlli e le verifiche previsti dalla normativa vigente ai fini della sicurezza.

⁴ Per impianti realizzati dopo il 13/03/90 e prima del 27/03/2008, qualora la dichiarazione di conformità non sia stata prodotta o non sia più reperibile, la stessa può essere sostituita da una dichiarazione di rispondenza resa, ai sensi dell'art. 7, comma 6 del d.m. 22/01/08, n. 37 ad esito di sopralluogo e accertamenti, da un professionista iscritto all'albo professionale o, in casi specificati, dal responsabile tecnico di un'impresa abilitata.

⁵ L'obbligo del rilascio della dichiarazione di conformità degli impianti è stato introdotto dalla legge 46/90. Per impianti realizzati prima del 13/03/90, non era richiesta da alcuna legge.

descritti, gli esiti e la relativa documentazione possono fornire indicazioni sul rispetto della regola dell'arte e sullo stato di sicurezza dell'impianto. In alternativa si potrebbe richiedere ad un soggetto avente i requisiti di cui all'art. 7, comma 6, del d.m. 22/01/08, n. 37 di effettuare una verifica approfondita dell'impianto elettrico finalizzata all'accertamento del rispetto dei requisiti del d.lgs. 81/08 art. 80, co. 1, per il tramite della rispondenza alle norme tecniche applicabili.

I risultati di tale verifica potrebbero sostanziare una dichiarazione di rispondenza di cui all'art. 7, comma 6, del d.m. 22/01/08, n. 37, pur non essendo, in questo caso, espressamente prevista da tale decreto.

Per gli **apparecchi** rientranti nel campo di applicazione della **Direttiva Bassa Tensione**, realizzati dopo il 1° gennaio 1997, si deve verificare la presenza della marcatura CE⁶.

È comunque necessario che gli apparecchi rechino chiaramente leggibile l'indicazione del costruttore o del venditore responsabile, il nome o il codice identificativo del modello, il valore e la natura della tensione e della corrente (o della potenza) nominali e le altre eventuali informazioni necessarie per l'uso sicuro⁷.

Pur non essendo obbligatori, ulteriori garanzie di sicurezza possono essere fornite dal contrassegno riportante il numero di norma CEI applicata, rilasciato come autocertificazione dal costruttore, oppure da altri marchi volontari, come il marchio IMQ che, sotto opportune condizioni⁸, viene concesso dall'Istituto Italiano del Marchio di Qualità, per indicare la rispondenza di determinati prodotti alle relative norme tecniche.

Nel caso di **apparecchi** rientranti nel campo di applicazione della cosiddetta **Direttiva Macchine**, la cui seconda edizione è stata recepita in Italia dal d.lgs. 17/2010, oltre ad apporre la marcatura CE sul prodotto, è necessario che il costruttore fornisca anche la dichiarazione di conformità a tale direttiva. Si ricorda che la conformità alla direttiva macchine garantisce anche dai rischi di natura elettrica.

Per gli **organi di collegamento mobile "ad uso industriale"**, si deve verificare la presenza della marcatura CE, in quanto gli stessi sono soggetti alla **Direttiva Bassa**

⁶ La marcatura CE, per il materiale elettrico in bassa tensione, è stata introdotta dal d.lgs. 626/1996, in vigore dal 1° gennaio 1997. Gli apparecchi soggetti a tale decreto sprovvisti di marcatura CE non potevano essere messi in commercio, perché privi di garanzie di sicurezza. L'impiego di tali apparecchi espone i lavoratori a rischi di entità non valutata e controllata, ed è in contrasto con quanto previsto dall'art. 70, comma 1, del d.lgs. 81/08. Il d.lgs. 626/1996 e la legge 791/1977, precedenti recepimenti della Direttiva Bassa Tensione, sono stati sostituiti dal d.lgs. 86/2016. Le indicazioni in merito alla marcatura CE sono rimaste sostanzialmente le stesse.

⁷ Il marchio di fabbrica o il marchio commerciale, unitamente alle informazioni necessarie all'uso sicuro del prodotto, erano già richiesti dall'Allegato I della legge 791/1977, per apparecchi soggetti alla Direttiva Bassa Tensione. Per apparecchi realizzati prima dell'entrata in vigore di tale direttiva è l'Allegato V del d.lgs. 81/08 a richiedere "l'indicazione della tensione, dell'intensità e del tipo di corrente e delle altre eventuali caratteristiche costruttive necessarie all'uso".

⁸ La possibilità di ottenere il marchio di qualità, dopo le necessarie verifiche dell'IMQ, è specificata dalla norma tecnica relativa ad ogni apparecchio elettrico. In generale è prevista per i prodotti di grande serie, principalmente per quelli ad uso domestico o similare. Per concedere il marchio di qualità, vengono presi in esame la struttura produttiva e di controllo dei costruttori, il prototipo dell'apparecchio e la produzione, mediante controlli a campione.

Tensione (per quelli “**ad uso domestico**” la marcatura CE non è prevista⁹).

Tanto per i dispositivi ad uso domestico quanto per quelli ad uso industriale le norme tecniche prescrivono che siano indicati il nome o il marchio di fabbrica del costruttore o del venditore responsabile, il riferimento al tipo, la corrente e la tensione nominali.

Anche in questo caso, ulteriori garanzie di sicurezza possono essere fornite dalla presenza di marchi volontari come ad esempio il marchio IMQ.

Per la **protezione dalle scariche atmosferiche**, si deve verificare la presenza della valutazione del rischio dovuto al fulmine, eseguita in conformità alle norme tecniche, e, in caso di installazione del sistema di protezione, la presenza del progetto e della dichiarazione di conformità alla regola dell’arte secondo la legge 186/68 o secondo il d.m. 22/01/08, n. 37¹⁰ (per gli impianti successivi all’entrata in vigore del decreto). Ai sensi del d.p.r. 462/01, copia della dichiarazione di conformità dell’impianto di protezione dalle scariche atmosferiche deve essere inviata ai dipartimenti territoriali Inail e all’ASL/ARPA competenti entro trenta giorni dalla messa in esercizio dell’impianto, unitamente alla denuncia dell’installazione dello stesso.

Il progetto, le dichiarazioni di conformità, le marcature o i marchi di qualità, individuano delle precise responsabilità sulla sicurezza elettrica da parte delle diverse figure tecniche e professionali coinvolte.

È bene non dimenticare che, anche in presenza di tali documenti e attestazioni, possono presentarsi delle situazioni di rischio non sufficientemente gestite, causate dalla negligenza di progettisti, costruttori o installatori, o da eventi indipendenti dalla loro responsabilità (atti vandalici, danneggiamenti durante il trasporto o la conservazione dei materiali, danneggiamenti meccanici dovuti ad altre lavorazioni durante l’installazione, ecc.).

Nel caso di vizi palesi¹¹ causati dalle situazioni descritte, è possibile intervenire, scongiurando eventuali infortuni, eseguendo l’esame a vista di un impianto o di un componente elettrico in fase di accettazione o, comunque, prima della loro messa in esercizio. Questa semplice operazione, può consentire di individuare alcune carenze o danneggiamenti dai quali la documentazione o gli attestati non possono tutelare¹².

1.2. Il corretto utilizzo

Il corretto utilizzo di impianti e componenti elettrici (apparecchi e organi di

⁹ Le prese e le spine ad uso domestico sono espressamente escluse dal campo di applicazione della Direttiva Bassa Tensione, al contrario di quelle ad uso industriale.

¹⁰ La legge 46/90 era applicabile agli edifici adibiti ad attività produttive solo per gli impianti elettrici e non per quelli di protezione contro le scariche atmosferiche. Per i parafulmini realizzati prima dell’entrata in vigore del d.m. 37/08, pertanto, la dichiarazione di conformità alla regola dell’arte veniva rilasciata, su richiesta, facendo riferimento alla legge 186/68.

¹¹ Per vizio palese si intende qui una anomalia dei componenti o dell’impianto in grado di introdurre una condizione di rischio elettrico non gestita, ma rilevabile facilmente mediante esame a vista, senza necessità di eseguire misure o di possedere specifiche competenze elettrotecniche (ad esempio, la mancanza o la rimozione di uno schermo o il danneggiamento di un involucro, con la possibilità di accesso a parti attive scoperte).

¹² Ovviamente spetta al datore di lavoro, nell’ambito del più generale processo di valutazione dei rischi di natura elettrica, decidere se effettuare o no tale ulteriore esame, specialmente nel caso di impianti elettrici provvisti di dichiarazione di conformità rilasciata dall’installatore dopo l’esecuzione delle verifiche di sicurezza.

collegamento mobile) deriva essenzialmente da un'adeguata informazione e formazione del personale, dalla conoscenza adeguata delle specifiche istruzioni d'uso, nonché da un opportuno addestramento, nei casi più complessi.

Ai programmi di formazione contenenti nozioni generali sul rischio elettrico è consigliabile, allora, aggiungere parti che consentano di trasferire ai lavoratori interessati i principali contenuti dei manuali di uso e manutenzione di impianti e apparecchi, le istruzioni operative o le procedure per l'utilizzo delle attrezzature in sicurezza¹³.

In particolare, i lavoratori devono essere in grado di riconoscere e segnalare tempestivamente le carenze delle attrezzature e le possibili condizioni di pericolo (d.lgs. 81/08, art.20, comma 2, lettera e). Nell'appendice 1 è riportato un elenco non esaustivo di situazioni tipiche da segnalare, in quanto sintomo o causa di possibili guasti e/o condizioni di pericolo.

L'impiego degli organi di collegamento richiede specifiche cautele.

In particolare, le spine devono avere sempre lo stesso standard delle prese in cui vengono inserite o, comunque, le prese devono essere compatibili con lo standard delle spine¹⁴; le spine non devono mai essere forzate dentro prese con standard diversi, per non danneggiare i componenti, creare contatti incerti, possibili riscaldamenti localizzati e sviluppo di incendi; l'impiego di standard diversi tra prese e spine può portare inoltre al mancato collegamento del contatto di terra (es. spina con polo di terra laterale, tipo "schuko", forzata in presa con terra centrale), che fa decadere l'efficacia delle misure di protezione dai contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione.

L'inserimento delle spine nelle prese deve essere sempre completo per evitare contatti incerti e possibili surriscaldamenti locali.

Nel caso di adattatori multipli, cordoni di prolunga o delle cosiddette "ciabatte", la potenza in Watt (W) assorbita in totale dalle apparecchiature collegate non deve superare quella indicata sul dispositivo (es. 1000 W), per non sovraccaricarlo, determinandone il surriscaldamento (l'interruttore automatico a protezione dell'impianto può non intervenire per un sovraccarico dell'organo di collegamento mobile se la corrente è comunque inferiore a quella nominale dello stesso interruttore).

Nell'uso di dispositivi mobili deve essere prestata particolare attenzione alla protezione da danneggiamenti meccanici e alla protezione contro la penetrazione di liquidi.

L'uso di prese multiple o di prolunghe in cascata è da evitare, per ridurre le possibilità di danneggiamenti meccanici, per limitare i punti deboli del sistema in cui possono

¹³ La predisposizione delle istruzioni per l'uso e la manutenzione degli impianti da parte dell'impresa installatrice è prevista dal d.m. 37/08. L'obbligo per i costruttori di accompagnare con le istruzioni per l'uso e la manutenzione le apparecchiature rientranti nei campi di applicazione delle specifiche direttive di prodotto è previsto dalle direttive stesse.

¹⁴ Spesso, per tale motivo, i gruppi prese vengono equipaggiati con componenti in grado di accogliere prese aventi più standard diversi.

verificarsi riscaldamenti localizzati e per consentire il corretto funzionamento degli interruttori automatici dell'impianto, nei casi di corto circuito¹⁵.

Il corretto utilizzo di impianti, apparecchi e organi di collegamento deve essere esteso anche al personale esterno all'azienda, temporaneamente operante nella stessa area di lavoro, per evitare indebiti rischi ed interferenze pericolose tra le attività (ad esempio, l'utilizzo di apparecchiature elettriche non idonee in presenza di acqua o altri liquidi conduttori, la generazione di inneschi elettrici in presenza di materiale infiammabile, possibili danneggiamenti meccanici ad impianti elettrici non adeguati in un cantiere, la messa in opera non sicura di impianti o collegamenti temporanei in occasione di manutenzioni o installazioni, ecc.). Anche in questi casi, è generalmente possibile trovare riferimenti nella normativa tecnica (ad es. per i cantieri, nella guida CEI 64-17).

1.3. Il mantenimento nel tempo

Il mantenimento delle condizioni di sicurezza conseguite mediante la corretta realizzazione e l'adeguato utilizzo, deve essere garantito nel tempo tramite un'adeguata manutenzione e accertamenti periodici: controlli periodici (possibilmente nell'ambito di programmi generali di manutenzione preventiva) e verifiche periodiche (ove previsto dalla legge). In particolare, per ciò che concerne gli **impianti elettrici** installati a partire dal 27/03/08, il d.m. 37/08¹⁶, stabilisce che la conservazione delle caratteristiche di sicurezza sia attuata tenendo conto delle istruzioni d'uso e manutenzione predisposte dall'installatore dell'impianto e dai fabbricanti delle apparecchiature installate. Il principale riferimento tecnico per la manutenzione degli impianti elettrici è la guida CEI 0-10. Si segnala anche la norma CEI 78-17, per la manutenzione delle cabine di trasformazione MT/BT di proprietà degli utenti.

Gli accertamenti periodici che interessano gli impianti elettrici sono di due tipi:

- le verifiche periodiche previste dal d.p.r. 462/2001 relative ai soli impianti di terra e agli impianti elettrici installati nei luoghi con pericolo di esplosione (da richiedere all'ASL, all'ARPA o agli Organismi Abilitati, secondo le periodicità indicate nel decreto);
- i controlli da svolgere in conformità all'art. 86 del d.lgs. 81/08 "secondo le indicazioni delle norme di buona tecnica e la normativa vigente". Il decreto ministeriale che avrebbe dovuto definire le modalità di esecuzione di questi ultimi non è stato ancora emanato; tuttavia tali controlli sono già obbligatori¹⁷.

¹⁵ A tal fine, è importante limitare la lunghezza dei collegamenti provvisori, per non ridurre troppo le correnti di corto circuito che potrebbero verificarsi all'estremità terminale della prolunga, che impedirebbero l'intervento tempestivo degli interruttori automatici.

¹⁶ Il d.lgs. 81/01, all'art. 80, comma 3 bis, richiede che le procedure d'uso e manutenzione siano predisposte e attuate tenendo conto di disposizioni legislative vigenti, delle indicazioni contenute nei manuali di uso e manutenzione delle apparecchiature ricadenti nelle direttive specifiche di prodotto e di quelle indicate nelle pertinenti norme tecniche.

¹⁷ Nelle more dell'emanazione del decreto ministeriale di cui al comma 2 dell'art. 86 del d.lgs. 81/08, i requisiti del soggetto che deve compiere queste verifiche non sono definiti. La parte 6 della norma CEI 64-8, per le verifiche sugli impianti utilizzatori in bassa tensione, richiede semplicemente che la verifica sia effettuata da "persona esperta, competente in lavori di verifica". È responsabilità del datore di lavoro individuare il soggetto in possesso della competenza ed esperienza adeguate.

Nelle norme tecniche il termine "controlli" non compare. Compare il termine "verifiche". In sostanza anche per svolgere i controlli periodici di cui all'art. 86 del d.lgs. 81/08, si fa riferimento alle "verifiche" descritte nelle norme tecniche. La parte 6 della norma CEI 64-8 fornisce indicazioni sulle verifiche periodiche da eseguire sugli impianti elettrici in bassa tensione attraverso esami a vista e prove (funzionali e/o strumentali); tale norma può essere integrata dalle indicazioni della guida CEI 64-14, specifica per le verifiche sugli impianti in bassa tensione. Per locali ad uso medico, si può far riferimento alle prescrizioni della parte 7 della norma CEI 64-8. Per impianti in luoghi con pericolo di esplosione si possono seguire le indicazioni delle norme del comitato tecnico 31 del CEI.

I verbali dei controlli effettuati in conformità alle norme tecniche devono essere conservati dai datori di lavoro, così come quelli rilasciati dalle ASL, ARPA o dagli Organismi Abilitati, per le verifiche ex d.p.r. 462/2001.

Per le **apparecchiature elettriche** in generale, ed in particolare per quelle rientranti nel campo di applicazione della Direttiva Bassa Tensione e in quello della Direttiva Macchine, gli accertamenti periodici e la manutenzione devono essere eseguiti in base alle prescrizioni dei libretti di uso e manutenzione rilasciati dal costruttore, che devono essere pertanto disponibili. In casi particolari o in assenza dei sopraccitati libretti (per apparecchi non rientranti nel campo di applicazione delle direttive) sarà necessario effettuare le manutenzioni e gli accertamenti facendo riferimento alle norme tecniche specifiche applicabili e prestando particolare attenzione alla valutazione di tutte le condizioni che possono determinare incendi di origine elettrica, esplosioni o folgorazioni.

Per gli **organi di collegamento mobile**, in assenza di segnalazioni specifiche di funzionamenti anomali, l'accertamento periodico può consistere essenzialmente in un esame a vista per valutarne l'integrità meccanica, il mantenimento delle caratteristiche di protezione contro i contatti diretti e contro la penetrazione di liquidi ed anche per accertarne il corretto impiego.

Per quanto riguarda la protezione dalle **scariche atmosferiche**, in assenza di parafulmine (perché non richiesto dalla relativa valutazione del rischio), è necessario verificare che non siano mutate le condizioni alla base della valutazione (ampliamento dello stabile, modifica della destinazione d'uso o delle condizioni di esercizio, presenza di pubblico, ecc.); altrimenti è necessario ripetere la valutazione.

In presenza di impianto di protezione dalle scariche atmosferiche, analogamente agli impianti elettrici, il d.m. 37/08 richiede di tener conto delle istruzioni d'uso e manutenzione predisposte dall'installatore dell'impianto e dai fabbricanti delle apparecchiature installate. I riferimenti tecnici per la manutenzione degli impianti di protezione dalle scariche atmosferiche sono contenuti nella norma CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3) e nella guida CEI 81-2.

Anche per gli impianti di protezione dalle scariche atmosferiche, sono previsti due tipi di accertamenti periodici:

- le verifiche periodiche richieste dal d.p.r. 462/2001;
- i controlli periodici da svolgere in conformità alle norme tecniche richiamate

dall'art. 86 del d.lgs. 81/08. Si utilizzano la norma CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3) e la guida CEI 81-2.

Si ritiene opportuno evidenziare ancora una volta che gli accertamenti periodici relativi alla sicurezza elettrica non devono riguardare solamente i singoli impianti, gli apparecchi, gli organi di collegamento, ecc., ma devono tener conto in generale dell'ambiente di impiego e delle condizioni di esercizio degli stessi, considerando con particolare attenzione la classificazione dei locali (ambienti ordinari, a maggior rischio in caso di incendio, con pericolo di esplosione, ecc.) e le influenze di fattori ambientali quali la presenza di liquidi, i valori di temperatura, di umidità, ecc.. Le condizioni iniziali, considerate compatibili con la sicurezza, in fase di progettazione ed installazione, devono rimanere le stesse o eventualmente migliorare nel tempo; in caso contrario l'accertamento svolto sugli impianti e sui componenti elettrici deve verificare anche la compatibilità degli stessi con le nuove condizioni ambientali e operative.

1.4. Riepilogo adempimenti (per attività ordinarie)

A conclusione del capitolo si osserva che, anche nel caso in cui i lavoratori siano esposti al rischio elettrico solamente in qualità di utenti di impianti, apparecchi od organi di collegamento mobile, la gestione del rischio in tutte le fasi sopra trattate (realizzazione, uso, mantenimento) richiede molteplici adempimenti e interessa soggetti e figure professionali diversi. Si tratta, da una parte, dei lavoratori e dei soggetti appartenenti alla catena gerarchica aziendale, con compiti e responsabilità in materia di sicurezza progressivamente crescenti, quali i preposti ed i dirigenti, ove presenti, e, in ogni caso, il datore di lavoro; dall'altra, di figure professionali quali i progettisti, gli installatori, i fabbricanti o i distributori del materiale elettrico, gli organi di vigilanza, ognuno dei quali, per la parte di competenza. Nelle aziende di maggiori dimensioni, inoltre, si deve tener conto anche del coinvolgimento di strutture specialistiche, quali gli uffici tecnici, gli uffici preposti agli acquisti, i servizi di manutenzione, aventi numerosi compiti, orientati non solo alla sicurezza, ma anche alla funzionalità e fruibilità di impianti, macchine e strumenti.

Ai fini della valutazione e gestione del rischio elettrico risulta estremamente proficuo tener conto in maniera coordinata e sistematica di tutto ciò che è previsto da leggi, normativa tecnica, indicazioni di buona tecnica per garantire la sicurezza dei lavoratori, ancorché gli adempimenti specifici risultino in capo ai vari soggetti coinvolti.

Un metodo particolarmente efficace consiste nell'impiego di liste di controllo, tese a raccogliere ordinatamente l'insieme degli adempimenti previsti. In alcuni casi, a questi potrà assolvere direttamente il datore di lavoro in collaborazione con il servizio di prevenzione e protezione, anche in assenza di competenza tecnica specifica. Negli altri casi, le liste di controllo dovranno consentire al datore di lavoro e al servizio di prevenzione e protezione di sapere tempestivamente cosa richiedere a strutture e figure tecniche specialistiche (es. ufficio tecnico, servizio di manutenzione, professionisti esterni o installatori, ecc.).

Nelle tabelle che seguono sono richiamati i principali elementi da considerare nella

predisposizione di liste di controllo per la valutazione e la gestione del rischio elettrico relativo a ciascuna sorgente di rischio. Per la corretta applicazione delle tabelle è opportuno tener conto di quanto finora riportato per esteso nel presente testo e nel documento "Il quadro generale della legislazione per la protezione dal rischio elettrico" già citato, nonché nelle leggi e nelle norme tecniche citate, come riferimenti, nelle tabelle stesse.

Tabella n.1		Adempimenti per la gestione del rischio: impianti elettrici		
Elemento da considerare	Caratteristiche che deve avere	Riferimento di legge	Ulteriori indicazioni	Norme tecniche applicabili
PER LA REALIZZAZIONE A REGOLA D'ARTE				
Progetto	Redatto da responsabile tecnico impresa installatrice o professionista	D.m. 37/08 , art. 5, co. 1, co. 2		
	Eseguito a regola d'arte	D.m. 37/08 , art. 5, co. 3	Presunzione di conformità se redatto secondo norme e guide UNI, CEI, Enti di normalizzazione Stati UE, Enti di normalizzazione stati contraenti accordo SEE	Esempi: CEI 64-8 (in generale, per impianti BT in ambienti ordinari) CEI 64-8/7 (per impianti BT in ambienti ed applicazioni particolari ¹⁸) CEI 99 - 2 e 99-3 (per sistemi di II e III categoria)
	Contenuti Minimi	D.m. 37/08 , art. 5, co. 3	Deve tener conto anche della classificazione degli ambienti e delle specifiche condizioni ambientali e di esercizio	CEI 0-2 (per la definizione della documentazione di progetto necessaria)
Abilitazione dell'impresa installatrice	In possesso di iscrizione al registro imprese CIAA	D.m. 37/08 , art. 3		
	In possesso dei requisiti Tecnico-Professionali (RTP)	D.m. 37/08 , art. 4		
Dichiarazione Conformità (DICO)	Rilasciata dall'impresa installatrice al termine dei lavori	D.m. 37/08 , art. 7 D.m. 19/05/10	Deve essere completamente compilata e provvista degli allegati obbligatori	
Dichiarazione Rispondenza (nei casi previsti)	Rilasciata dal responsabile tecnico impresa installatrice o professionista	D.m. 37/08 , art. 7, co. 6		

¹⁸ Ad esempio per locali ad uso medico, ambienti a maggior rischio in caso di incendio, ecc.

Esame a vista		Non esiste un riferimento legislativo esplicito; può consentire di rispondere all' art.80 del d.lgs.81/08	Da condurre direttamente per escludere vizi palesi ¹⁹ anche in presenza di dichiarazione di conformità	
Denuncia Impianti di terra	Da inviare a Inail ASL/ARPA insieme alla DICO	D.p.r. 462/01 , art.2		
PER L'USO SICURO				
Informazione	Su rischi specifici, normative e disposizioni aziendali	D.lgs. 81/08 , art. 36, co.2, lett. a)		
Formazione	Su rischi specifici di cui al titoli successivi al I	D.lgs. 81/08 , art. 37, co.3 Accordo Conferenza Stato Regioni del 21/12/11		
Procedure e istruzioni operative	In base a istruzioni d'uso e manutenzione dell'installatore e dei fabbricanti apparecchiature installate	D.m. 37/08 , art. 8, co.2		
PER IL MANTENIMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA				
Manutenzione	In base a istruzioni d'uso e manutenzione dell'installatore e dei fabbricanti apparecchiature installate	D.m. 37/08 , art. 8, c.2		
	In base a disposizioni legislative, manuali d'uso e manutenzione, norme tecniche	D.lgs. 81/08 , art. 80, c.3 -3bis		Esempi: Guida CEI 0-10 Norma CEI 78-17 (per le cabine MT/BT e MT/MT)
Verifiche periodiche Imp. Terra	Da richiedere ad ASL/ARPA oppure Organismi Abilitati (O.A.) Frequenza 2 o 5 anni Conservare verbale	D.p.r. 462/01 art.4		Guida CEI 0-14

¹⁹ Per vizio palese si intende una anomalia dell'impianto (o di un componente) in grado di introdurre una condizione di rischio elettrico non gestita, ma rilevabile facilmente mediante esame a vista, senza necessità di eseguire misure o di avere specifiche competenze elettrotecniche (ad esempio, presenza di parti attive scoperte e accessibili).

Controlli Periodici	Sull'intero impianto elettrico Secondo norme di buona tecnica e normativa vigente Conservare verbale	D.lgs. 81/08 , art. 86	La legge non specifica chi può fare i controlli. Si suggerisce tecnico esperto, a giudizio del datore di lavoro.	Esempi: Norma CEI 64-8/6 Norma CEI 64-8/7 (per i locali ad uso medico)
Segnalazioni da parte degli utilizzatori (lavoratori e preposti)		D.lgs. 81/08 , artt. 19 e 20, co.2	Gli utilizzatori e i preposti devono essere formati, per riconoscere situazioni di pericolo	

Tabella n.2		Adempimenti per la gestione del rischio: apparecchi elettrici		
Elemento da considerare	Caratteristiche che deve avere	Riferimento di legge	Ulteriori indicazioni	
PER LA REALIZZAZIONE A REGOLA D'ARTE				
Marcatura CE	Apposta sul materiale ²⁰ dal fabbricante	D.lgs. 86/2016 art. 3 comma 2 D.lgs. 17/10 (se applicabile) D.lgs. 17/10 (se applicabile) art. 3, c. 3, lett. f)		
Dichiarazione di conformità CE	Rilasciata dal fabbricante	Se applicabile D.lgs. 17/10		
Individuazione del costruttore	Apposta sul materiale dal fabbricante	D.lgs. 86/2016 , art. 3 comma 6 D.lgs. 17/10 (se applicabile) all. 1, art. 1.7.3		
Marchio IMQ	Apposto sul materiale dal fabbricante		Il marchio è volontario.	
Esame a vista		Non esiste un riferimento legislativo esplicito, ma consente di rispondere all' art. 80 del d.lgs. 81/08	Da condurre direttamente per escludere vizi palesi anche in presenza di marcature, marchi e dichiarazioni di conformità	
PER L'USO SICURO				
Informazione	Su rischi specifici, normative e disposizioni aziendali	D.lgs. 81/08 , art. 36, co.2, lett. a)		
Formazione	Su rischi specifici di cui al titoli successivi al I	D.lgs. 81/08 , art. 37, co.3 Accordo Conferenza Stato Regioni del 21/12/11		
Procedure e istruzioni operative	In base a istruzioni d'uso e manutenzione fornite dal fabbricante	D.lgs. 81/08 , art. 80, c.3 -3bis D.lgs. 86/2016 , art. 3 comma 7 D.lgs. 17/10 (se applicabile) art. 3, c. 3, lett. c); all. 1, art. 1.7.4		

²⁰ Nel caso di prodotti rientranti nel campo di applicazione della Direttiva Bassa Tensione, la marcatura CE può essere apposta anche sull'imballaggio, sulle avvertenze d'uso o sul certificato di garanzia, qualora non sia possibile farlo sul materiale.

PER IL MANTENIMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA			
Manutenzione	Procedure secondo: <ul style="list-style-type: none"> • Disposizioni legislative • Manuali d'uso e manutenzione • Norme tecniche 	D.lgs. 81/08 , art. 80, c.3 – 3 bis D.lgs. 86/2016 , art. 3 comma 7 D.lgs. 17/10 (se applicabile) art. 3, c. 3, lett. c); all. 1, art. 1.7.4	
Segnalazioni dagli utilizzatori (lavoratori e preposti)		D.lgs. 81/08 , artt. 19 e 20, co.2	Lavoratori e preposti devono essere formati per riconoscere le situazioni di pericolo

Tabella n.3		Adempimenti per la gestione del rischio: organi di collegamento mobile (OCM)		
Elemento da considerare	Caratteristiche che deve avere	Riferimento di legge	Ulteriori indicazioni	Norme tecniche applicabili
PER LA REALIZZAZIONE A REGOLA D'ARTE				
Marcatura CE	Apposta sul materiale dal fabbricante	D.lgs. 86/2016 art. 3 comma 2	Per componenti per uso industriale	
Individuazione del costruttore	Apposta sul materiale dal fabbricante	D.lgs. 86/2016 art. 3 comma 6	Per componenti per uso industriale	
Marcatura ex norme tecniche	Apposta sul materiale dal fabbricante		Richiede l'individuazione del costruttore e altre informazioni	Es: Norma CEI 23-12 Norma CEI 23-50
Marchio IMQ	Apposto sul materiale dal fabbricante		Il marchio è volontario.	
Esame a vista		Non esiste un riferimento legislativo esplicito, ma consente di rispondere a d.lgs. 81/08 , art. 80	Da condurre direttamente per escludere vizi palesi anche in presenza di marcature, marchi e dich. di conformità	
PER L'USO SICURO				
Informazione	Su rischi specifici, normative e disposizioni aziendali	D.lgs. 81/08 , art. 36, co.2, lett. a)		
Formazione	Su rischi specifici di cui al titoli successivi al I	D.lgs. 81/08 , art. 37, co.3 Accordo Conferenza Stato Regioni del 21/12/11		
Procedure e istruzioni operative	In base a istruzioni d'uso e manut. fornite dal fabbricante	D.lgs. 81/08 , art. 80, c.3 – 3 bis		

PER IL MANTENIMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA				
Manutenzione	Procedure secondo: <ul style="list-style-type: none"> • Disposizioni legislative • Manuali d'uso e manutenzione • Norme tecniche 	D.lgs. 81/08 , art. 80, c.3 – 3 bis		
Segnalazioni da parte degli utilizzatori (lavoratori e preposti)		D.lgs. 81/08 , artt. 19 e 20, co.2	Lavoratori e preposti devono essere formati per riconoscere le situazioni di pericolo	

2. Attività svolte su parti attive accessibili di impianti o linee elettriche o a distanza ravvicinata da esse.

Per lo svolgimento di tali attività, ai fini della corretta gestione del rischio elettrico, è sempre necessario definire chiaramente l'obiettivo del lavoro, individuandone i pericoli in relazione alle distanze dalle parti attive non protette; quindi stabilirne le modalità di esecuzione più appropriate tenendo conto delle esigenze di continuità di servizio, delle specifiche competenze, attrezzature di lavoro e DPI necessari, nonché delle procedure da adottare sulla base delle indicazioni contenute nelle norme tecniche applicabili.

Di seguito si farà riferimento a quanto previsto dall'edizione 2014 della norma CEI 11-27 e della norma CEI EN 50110-1 (CEI 11-48)²¹.

Per ciascuna tipologia e metodo di lavoro, devono essere definiti i compiti, le qualifiche del personale e gli aspetti essenziali da gestire negli interventi. In particolare devono essere individuati i seguenti profili professionali:

- **persona esperta (PES)**: persona con istruzione, conoscenza ed esperienza rilevanti tali da consentirle di analizzare i rischi e di evitare i pericoli che l'elettricità può creare.
- **persona avvertita (PAV)**: persona adeguatamente avvisata da persone esperte per metterla in grado di evitare i pericoli che l'elettricità può creare.

Nel caso di lavoratori dipendenti, l'assegnazione dell'attributo di PES o PAV deve essere fatta dal datore di lavoro, sulla base del possesso di requisiti formativi, esperienza e caratteristiche personali.

Prima di ogni lavoro, inoltre, è necessario che siano definite due figure ben precise, il responsabile dell'impianto ed il preposto ai lavori.

Il **responsabile dell'impianto (RI)** è la persona che ha la responsabilità dello stesso

²¹ Le prescrizioni della norma CEI 11-27 si applicano ai **"lavori sotto tensione"** su **sistemi di I categoria**, **"lavori in prossimità di parti attive"**, **"lavori non elettrici"** e **"lavori fuori tensione"** su sistemi di **qualsiasi categoria**, così come definiti dalla norma stessa. Per i **"lavori sotto tensione"** in **sistemi di II e III categoria**, le norme tecniche di riferimento sono la CEI EN 50110-1 (CEI 11-48) e la CEI 11-15. Per un richiamo al significato delle definizioni dei diversi tipi di lavoro si veda il già citato documento "Il quadro generale della legislazione per la protezione dal rischio elettrico".

durante lo svolgimento del lavoro. Si riportano alcuni dei principali compiti ad esso attribuiti dalla norma CEI 11-27:

- redazione del "piano di lavoro";
- attuazione delle manovre per la messa in sicurezza dell'impianto prima del lavoro;
- provvedimenti per evitare le richiuse intempestive (nei lavori fuori tensione) nonché apposizione dei cartelli monitori;
- identificazione e delimitazione della parte di impianto interessata dal lavoro;
- mantenimento dell'assetto previsto per lo svolgimento del lavoro;
- consegna dell'impianto elettrico al preposto ai lavori e autorizzazione all'inizio del lavoro;
- ricevimento dell'impianto, a conclusione del lavoro, e ripristino delle normali condizioni di esercizio.

Il **preposto ai lavori** (PL) è la persona che ha la responsabilità della conduzione operativa del lavoro sul posto di lavoro. La norma gli attribuisce, tra gli altri, i seguenti compiti e responsabilità:

- recepimento e condivisione del "piano di intervento" (ove non redatto direttamente);
- presa in carico dell'impianto elettrico dal responsabile dell'impianto;
- verifica all'inizio e durante l'attività, della sussistenza delle condizioni previste dal piano di intervento;
- assegnazione dei compiti ai lavoratori incaricati;
- illustrazione degli obiettivi dell'intervento e dei compiti assegnati;
- controllo del comportamento dei lavoratori, durante lo svolgimento dei lavori;
- decisioni in merito all'inizio, la continuazione, la sospensione, il termine dei lavori.

L'edizione 2014 della norma ha introdotto altre due figure, l'**Unità responsabile dell'impianto** (URI) e l'**Unità responsabile del lavoro** (URL).

La prima è la struttura avente il compito di garantire la sicurezza dell'impianto elettrico durante il normale esercizio, provvedendo anche alla pianificazione e programmazione dei lavori sullo stesso. La seconda è la struttura responsabile della realizzazione del lavoro. La norma specifica i casi e le modalità con cui le figure di URI, RI, URL e RL possono essere fatte coincidere.

È infine necessario verificare che i lavori siano svolti facendo riferimento ai due documenti caratteristici sopra menzionati, il piano di lavoro ed il piano di intervento.

Il **piano di lavoro**, redatto dal RI individua l'assetto dell'impianto durante i lavori e le manovre da compiere per conseguirlo e mantenerlo, in funzione delle modalità operative e delle misure di prevenzione scelte per l'esecuzione dei lavori.

Il **piano di intervento**, redatto dall'URL o, in sua assenza dal PL, individua le modalità di svolgimento dei lavori, le misure di sicurezza, le attrezzature da utilizzare e i DPI da adottare.

La redazione del piano di lavoro e del piano di intervento è necessaria in caso di lavori complessi. La valutazione di questa condizione può essere fatta sulla base delle indicazioni della norma CEI 11-27. Per lavori ripetitivi il piano di intervento può essere sostituito da schede di lavoro che ne definiscano le modalità di esecuzione.

Una volta definito l'obiettivo del lavoro, la parte di impianto interessata e la distanza dalle parti attive entro cui è necessario operare, quanto sopra descritto deve consentire di adottare le più opportune modalità di esecuzione, le attrezzature e i DPI necessari, gli adeguati profili professionali delle figure responsabili e degli addetti per poter svolgere in sicurezza i lavori, riconducendoli ad una delle procedure espressamente previste dalla norma:

- lavori fuori tensione;
- lavori sotto tensione;
- lavori in prossimità di parti attive;
- lavori non elettrici.

È importante ricordare che i lavori sotto tensione in sistemi di I categoria (bassa tensione) possono essere eseguiti solo da PES o da PAV che abbiano conseguito l'idoneità a svolgerli. Tale idoneità deve essere attestata dal datore di lavoro sulla base della formazione, dell'addestramento e degli altri requisiti indicati nella norma CEI 11-27.

I lavori sotto tensione nei sistemi di II e III categoria possono essere svolti solo da aziende espressamente autorizzate dal Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali e dal Ministero della Salute, secondo quanto previsto dal Decreto Interministeriale del 4 febbraio 2011.

APPENDICE 1	Possibili cause o sintomi di condizioni di pericolo.
	Parti dell'impianto elettrico o di apparecchi danneggiate, fissate male, difettose
	Parti conduttrici scoperte
	Componenti particolarmente caldi durante il funzionamento
	Componenti che producono scintille, archi elettrici o che emettono fumo o odore di bruciato durante il funzionamento
	Casi di dispersione di corrente o scosse elettriche
	Casi frequenti di guasti elettrici a impianti o apparecchiature
	Frequenti abbassamenti di tensione o disturbi nell'alimentazione elettrica
	Frequenti interruzioni dell'alimentazione elettrica
	Presenza di materiale infiammabile in prossimità di componenti elettrici
	Infiltrazioni d'acqua o gocciolamenti che possono interessare l'impianto elettrico

Accumulo di sporco o polvere in prossimità di componenti elettrici
Aperture di ventilazione ostruite
Urti violenti subiti da apparecchi elettrici

Bibliografia

- V. Carrescia: "Fondamenti di sicurezza elettrica", TNE, 2009.
- V. Carrescia: "Il rischio accettabile nei nuovi e vecchi impianti", TNE, 1997
- Guida CEI 0-10: Guida alla manutenzione degli impianti elettrici
- Norma CEI 11-27: Lavori su impianti elettrici
- Norma CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
- Guida CEI 64-14: Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori
- Norma CEI 78-17: Manutenzione delle cabine elettriche MT/MT e MT/BT dei clienti/utenti finali
- Norma CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2): Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio
- Norma CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3): Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- Guida CEI 81-2: Guida per la verifica delle misure di protezione contro i fulmini

Data di chiusura del documento: 02/11/2018

Conoscere il rischio

Nella sezione Conoscere il rischio del portale Inail, la Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (Contarp) mette a disposizione prodotti e approfondimenti normativi e tecnici sul rischio professionale, come primo passo per la prevenzione di infortuni e malattie professionali e la protezione dei lavoratori. La Contarp è la struttura tecnica dell'Inail dedicata alla valutazione del rischio professionale e alla promozione di interventi di sostegno ad aziende e lavoratori in materia di prevenzione.

Per informazioni

contarp@inail.it