

Dante Melito

Il consulente in tasca: impianti elettrici

**Manuale pratico degli adempimenti
di sicurezza per gli impianti elettrici**

*Contiene CD-Rom con tutta la legislazione di riferimento,
le norme tecniche pertinenti, una completa modulistica,
una tabella riassuntiva delle linee di condotta
da assumere e tutta la documentazione tecnica*

 **EPC**
EDITORE

a Beatrice e Giovanni

*"La teoria è quando si sa tutto e niente funziona.
La pratica è quando tutto funziona e nessuno sa il perché.
In questo caso abbiamo messo insieme la teoria e la pratica:
non c'è niente che funziona... e nessuno sa il perché!"
Albert Einstein (1879-1955), fisico tedesco.*

INDICE GENERALE

	Introduzione	9
CAPITOLO 1	LA SICUREZZA DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	11
1.1	Generalità	11
1.2	Elementi di sicurezza	13
1.2.1	<i>Effetti della corrente elettrica nel corpo umano</i>	16
1.2.2	<i>Considerazioni</i>	19
1.3	Rischio elettrico e rischi correlati.....	19
1.3.1	<i>Il rischio elettrico della persona – Contatti diretti ed indiretti</i>	21
1.3.2	<i>Le tensioni di contatto e di passo nei sistemi di categoria II (MT)</i>	28
1.3.3	<i>Il rischio di incendio per la presenza di impianti elettrici</i>	29
1.3.4	<i>Il rischio di esplosione per la presenza di impianti elettrici</i>	31
1.3.5	<i>Il rischio dovuto al fulmine</i>	37
1.3.6	<i>Il rischio elettrico nei cantieri temporanei o mobili</i>	38
CAPITOLO 2	LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO	41
2.1	Passata legislazione	41
2.2	Il D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.....	42
2.2.1	<i>Il committente o il proprietario dell'impianto</i>	43
2.2.2	<i>Esecuzione degli impianti</i>	43
2.2.3	<i>Imprese abilitate</i>	44

2.3	Il D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 - Testo Unico sulla sicurezza.....	56
2.3.1	<i>Gli obblighi</i>	57
2.3.2	<i>La valutazione dei rischi</i>	61
2.3.3	<i>Formazione, informazione e addestramento</i>	62
2.3.4	<i>Le attrezzature</i>	67
2.3.5	<i>I dispositivi di protezione individuali</i>	72
2.3.6	<i>Il rischio elettrico</i>	77
2.3.7	<i>Il rischio elettrico nei cantieri temporanei o mobili</i>	86
2.3.8	<i>Il rischio di esplosione</i>	89
2.3.9	<i>La segnaletica</i>	90
2.4	La regola tecnica di prevenzione incendi.....	94
2.5	Denuncia ed omologazione tecnico-amministrativa degli impianti	95
2.5.1	<i>Procedure per gli impianti elettrici di messa a terra e i dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche</i>	99
2.5.2	<i>Procedure per gli impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione</i>	101
2.6	La normativa tecnica applicabile.....	104
2.7	La norme tecniche di prodotto	111

**CAPITOLO 3 ACQUISIZIONE ED IDONEITÀ
DELLA DOCUMENTAZIONE ATTESA 117**

3.1	Generalità.....	117
3.2	La costruzione degli impianti	118
3.2.1	<i>La fase progettuale</i>	118
3.2.2	<i>La fase realizzativa</i>	128
3.2.3	<i>La fase di collaudo</i>	156
3.3	La conduzione degli impianti.....	157
3.3.1	<i>Manutenzione e verifiche periodiche</i>	158
3.3.2	<i>Verifiche di legge previste dal D.P.R. 462/01</i>	167

3.3.3	<i>Informazione, formazione e addestramento</i>	176
3.3.4	<i>Dispositivi di protezione individuale ed attrezzature</i>	201
3.4	Rischio elettrico	202
3.5	Disposizioni amministrative per impianti in MT (RTC)	207
3.5.1	<i>Prassi</i>	209
3.5.2	<i>Criteri di adeguamento</i>	209
3.5.3	<i>Il CTS</i>	210
CAPITOLO 4 ORGANI DI CONTROLLO, PRASSI ISPETTIVA E SANZIONI		223
4.1	Gli organismi di controllo	223
4.2	Prassi ispettiva	225
4.2.1	<i>Visita Ispettiva per impianti a rischio di incidente rilevante</i>	225
4.2.2	<i>Visita ispettiva dell'Ispettorato Provinciale del Lavoro</i>	227
4.2.3	<i>Visita ispettiva ai sensi del D.P.R. 462/01</i>	228
4.3	Aspetti sanzionatori	232
4.3.1	<i>Sanzioni previste dal Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81</i>	233
4.3.2	<i>Sanzioni previste dal D.P.R. 22 ottobre 2001, n.462</i>	258
Norme CEI di riferimento		263
Bibliografia		267
Contenuto del CD Rom		269



Introduzione



Teoria e pratica sembrano assumere una duplice appartenenza dove la prima è rapportata alle disposizioni di legge e la seconda all'esperienza concreta sul campo, ma non c'è alternativa che partire dalle disposizioni.

Le disposizioni tecniche e giuridiche riferite agli impianti elettrici, sotto la spinta degli appuntamenti europei, hanno subito negli ultimi cinquant'anni una straordinaria evoluzione e frammentazione, tali da rendere necessarie nuove figure tecniche di riferimento chiamate a dirimerne i poliedrici aspetti. Questa nuova figura potrebbe prendere il nome di *"consulente tecnico di impianti elettrici"*.

Soltanto una profonda conoscenza della materia, che stratifica ed intreccia aspetti squisitamente tecnici con il diritto, la giurisprudenza e la legislazione tecnica, può restituire al datore di lavoro un quadro chiaro ed inequivocabile di tutti gli adempimenti necessari sia alla sicurezza del lavoratore, sia alla sua tutela.

Il *"consulente in tasca – manuale pratico degli adempimenti in tema di impianti elettrici nei luoghi di lavoro"* si rivolge ai Datori di lavoro ed agli R.S.P.P. cercando di sintetizzare ogni ambito di pertinenza e dare un'immagine veloce e dettagliata di tutte le incombenze burocratiche in tema di sicurezza degli impianti elettrici, inclusi gli aspetti ispettivi sanzionatori.

1 | La sicurezza degli impianti elettrici

1.1 Generalità

La pericolosità di un impianto elettrico comincia con la sua messa in servizio; ad intendere che, per quanto nuovo, certificato e collaudato, un impianto conserva rigorosamente la sua pericolosità. Ancor più se l'impianto è datato, aggiungendo a questi una componente di pericolo legata al normale degrado delle apparecchiature in campo e ad una eventuale mancata manutenzione.

Quando si può asserire che un impianto elettrico è sicuro?

Un impianto elettrico non è mai completamente sicuro; mantiene sempre una componente di rischio. La questione va intesa piuttosto in termini di quantità di rischio che si vuole accettare.

Ad un impianto costruito oggi si chiede il massimo rigore come accettazione del rischio. La sicurezza si pretende già in fase di certificazione e verifica iniziale (DECRETO 22 gennaio 2008, n. 37) da parte dell'installatore e del progettista, oltre che, in caso di presenza di lavoratori subordinati, dal datore di lavoro in occasione dell'obbligatoria denuncia e verifica degli impianti di terra, parafulmine ed antideflagranti in applicazione del D.P.R. 22 ottobre 2001, n. 462; ma tali impianti, così concepiti, sono la punta dell'iceberg di tutto l'installato.

Per la maggior parte degli impianti esistenti, man mano che ci si allontana a ritroso dalla data della loro realizzazione, perdono di identità per il difficile reperimento dei documenti che ne accertano la regolare esecuzione, e di sicurezza per il susseguirsi di interventi di trasformazione o ampliamento eseguiti non a regola d'arte, la mancata esecuzione delle verifiche periodiche e la mancata manutenzione.

Per cercare di migliorare questa situazione, per quanto riguarda l'impiantistica civile e residenziale, il D.M. 37/08 chiede al distributore del servizio elettrico (Enel) di ricevere obbligatoriamente la prevista

dichiarazione di conformità ai densi del D.M. 37/08 quale condizione fondamentale alle nuove forniture di energia (allacci). Nulla purtroppo si impone in termini di verifica periodica e di manutenzione. Sono difatti ad oggi disattesi quegli emendamenti che prevedevano un reale sistema di verifica di tutti gli impianti elettrici (Legge 239/04 art. 44, lettera b).

Per gli impianti elettrici di tipo terziario ed industriale, luoghi spesso presenziati da lavoratori dipendenti, il riferimento è il Testo Unico sulla sicurezza, Il D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, che dedica al rischio elettrico ben otto articoli (80 ÷ 87) all'interno dei quali troviamo disposizioni afferenti ogni iniziativa tesa ad ottenere la sicurezza degli impianti, sia essa di tipo formale per l'acquisizione della documentazione tecnica, che sostanziale per la tenuta in efficienza degli impianti nel tempo: verifiche, controlli, collaudi, denuncia.

La sicurezza va poi considerata nei confronti di quelle figure tecniche che, per lavoro, sono esposte al rischio di elettrocuzione: elettricisti, installatori e manutentori. L'idonea formazione, il periodico addestramento e l'impiego di appropriati dispositivi di protezione individuale possono ridurre notevolmente il rischio elettrico cui queste figure sono esposte.

Non di minore importanza la responsabilità a carico dei costruttori di macchine elettriche i quali immettono sul mercato prodotti che devono mantenere un idoneo livello di sicurezza.

L'indiscusso riferimento per stabilire il buon livello di sicurezza da attribuire ad impianti, apparecchiature e macchinari sono le norme:

- UNI (*Ente Nazionale di Unificazione*);
- CEI (*Comitato Elettrotecnico Italiano*);
- CEN (*Comitato Europeo di normalizzazione*);
- CENELEC (*Comitato Europeo per la standardizzazione Elettrotecnica*);
- IEC (*Commissione Internazionale Elettrotecnica*);
- ISO (*Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione*).

In sintesi la sicurezza degli impianti elettrici viene disposta dalla giurisprudenza, regolata dalle norme tecniche, realizzata da progettisti ed installatori e mantenuta dai datori di lavoro con l'ausilio di tecnici e manutentori.

1.2 Elementi di sicurezza

Il corpo umano è formato da molecole cellulari, costituite prevalentemente di acqua, elemento notoriamente conduttore, strutturate in legami elettrochimici, tanto da poterlo assimilare, ad un conduttore elettrico.

La cellula organica viva, da un punto di vista elettrico si presenta come il modello riportato in fig. 1.1.

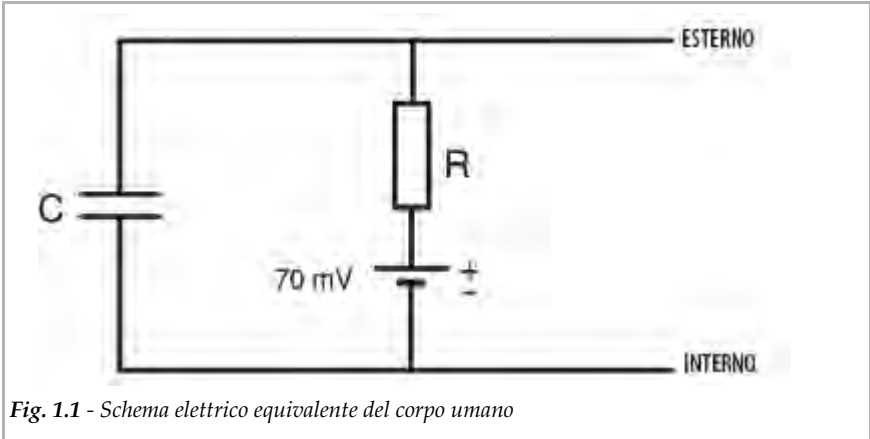


Fig. 1.1 - Schema elettrico equivalente del corpo umano

Il condensatore C rappresenta la risposta della natura elettrochimica dei tessuti al passaggio della corrente elettrica, capacità inversamente proporzionale alla frequenza. La resistenza R rappresenta la resistenza dei tessuti (prevalente su quelli superficiali), il generatore, il potenziale elettrico di riposo o di equilibrio.

La presenza della capacità sta ad indicare come il valore della corrente, e quindi la sua pericolosità aumentino con il diminuire della frequenza. Le correnti continue, a parità di tensione, sono più pericolose di quelle alternate. La resistenza risponde invece in modo inversamente proporzionale al passaggio della corrente a prescindere dalla frequenza: maggiore la resistenza, minore la corrente di transito, secondo la nota legge di Ohm:

$$I = V/R,$$

dove

I = è la corrente che attraversa il corpo umano

V = la tensione applicata, ed

R = la resistenza del corpo umano

A titolo di esempio si riportano alcuni dati caratteristici della soglia minima di sensibilità della percezione della corrente elettrica, tab. 1.1, e della corrente di rilascio (massimo valore di corrente che non provoca paralisi delle mani o degli arti consentendo così di allontanarsi).

Tab. 1.1 – Soglie di percezione e correnti di rilascio dell'organismo

	CORRENTE CONTINUA	CORRENTE ALTERNATA (50Hz)
LINGUA		45 μ A
POLPASTRELLI		0,5 mA
MANO	5,2 mA	1,1 mA
CORRENTE DI RILASCIO (DONNA)	51 mA	10 mA
CORRENTE DI RILASCIO (UOMO)	76 mA	16 mA

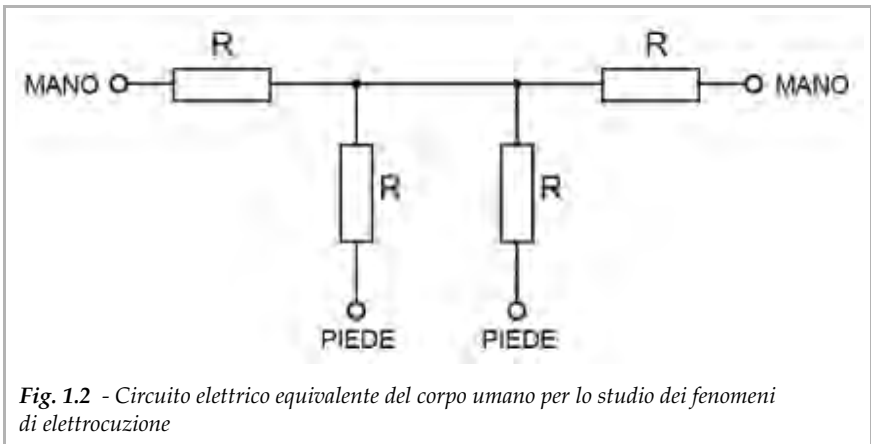
L'attendibilità di questo dato risente di numerose variabili qual: il tipo di cute (spessore, idratazione, rugosità, calli, ecc.) l'età ed il sesso dell'individuo, la lunghezza del percorso che la corrente attraversa, l'umidità superficiale (sudore), gli indumenti indossati. Più facilmente sono attraversabili i vasi, i nervi e le ossa, mentre il derma superficiale offre la maggior resistenza e, come visto, è più assimilabile ad un condensatore che ad una resistenza. Sperimentalmente si è anche osservato come la resistenza diminuisca all'aumentare della tensione, tab. 1.2.

Tab. 1.2 – Variazione della resistenza del corpo umano all'aumentare della tensione applicata

TENSIONE (V)	RESISTENZA DEL CORPO UMANO R_C (Ω)
25	3250 ÷ 6100
50	2625 ÷ 4375
220	1350 ÷ 2125
1000	1050 ÷ 1500

Degli elementi in gioco il più pericoloso è sicuramente la corrente elettrica che va ad interagire con i naturali impulsi che dal cervello arrivano a tutta la struttura nervosa e muscolare, volontaria (arti e tronco) ed involontaria (cuore e sistema respiratorio), anche se non affatto trascurabili sono gli effetti dell'arco elettrico legati alla tensione, con i relativi fenomeni di ustione ed abbagliamento.

Assimilando il corpo umano ad un circuito elettrico, questi si comporta come un circuito composto di resistenze e condensatori in collegamenti serie parallelo, più semplicemente, ai fini dello studio della resistenza di un uomo composto da arti superiori ed inferiori in relazione alle configurazioni di contatto possibili, si adotta lo schema di fig. 1.2.



Lo schema riassume il comportamento circuitale dell'uomo al passaggio della corrente offrendo più o meno resistenza a seconda che le parti in contatto con il potenziale pericoloso siano combinate tra mano destra, mano sinistra, piede destro e piede sinistro.

La frequenza più usata è quella di 50Hz per i Paesi europei e di 60 Hz per quelli anglosassoni ed americani, ma vi sono applicazioni che richiedono frequenze diverse, come ad esempio l'elettroterapia, la saldatura, la fusione elettrica dei metalli, i motori a velocità variabile, gli impianti aeronautici di servizio ai velivoli. Man mano che la frequenza aumenta si verificano nell'organismo due fenomeni opposti:

- **effetto pelle** (la corrente tende ad interessare la parte esterna del corpo senza attraversare gli organi interni, diminuendo, insieme alle risposte

di natura fisiologica dell'organismo, fortemente il pericolo di fibrillazione ventricolare del cuore);

- **riduzione dell'impedenza del corpo umano** (come si desume dal circuito equivalente del corpo umano, composto da resistenze e condensatori in parallelo tra loro, il condensatore in corrente continua si comporta come un interruttore aperto mentre, al crescere della frequenza, diventa via via sempre più conduttore sino a cortocircuitarsi).

Quindi all'aumentare della frequenza il corpo umano si lascia attraversare sempre più facilmente dalla corrente elettrica, ma i suoi effetti sono meno dannosi. In pratica il pericolo diminuisce al crescere della frequenza. Le correnti dell'ordine di kHz e MHz non sono più pericolose.

La pericolosità della corrente che attraversa il corpo umano dipende, quindi, da numerosi fattori, che si possono elencare come segue:

- forma d'onda (sinusoidale, continua, pulsante);
- frequenza della forma d'onda;
- resistenza del corpo umano;
- livello di tensione applicata;
- intensità di corrente;
- durata del contatto;
- estensione della superficie di contatto;
- pressione della superficie di contatto.

1.2.1 Effetti della corrente elettrica nel corpo umano

Ad oggi l'approccio scientifico allo studio della materia ci ha portati a definire i tre principali effetti dannosi:

1 - tetanizzazione;

- alterazioni della funzione respiratoria;
- lesioni neurologiche del midollo spinale (paralisi temporanee);
- fibrillazione ventricolare (contrazione scoordinata del muscolo cardiaco);

2 - ustioni nel punto di contatto (marchio elettrico);

- abbagliamento e danni alla vista per la presenza dell'arco elettrico;

3 - traumi per urti o cadute conseguenti all'elettrocuzione.

Tetanizzazione

Superata la soglia di percezione subentra l'effetto della tetanizzazione che consiste nella risposta dinamica della struttura muscolare al passaggio della corrente elettrica (contrazione involontaria dei muscoli). Tale circostanza è particolarmente grave quando un oggetto in tensione viene impugnato volontariamente, poiché la tetanizzazione paralizza i muscoli impedendone il rilascio. Il valore più grande di corrente per cui una persona è ancora in grado di staccarsi della sorgente elettrica è detta appunto corrente di rilascio e mediamente tale valore è compreso tra 1mA e 80mA a seconda che ci si trovi in presenza di correnti continue o alternate, o se a toccare sia un uomo o una donna.

Arresto della respirazione

Superata la corrente di rilascio inizia la paralisi dei centri nervosi che regolano la respirazione, con conseguente alterazione della funzione respiratoria. In questa fase il soggetto rischia il soffocamento, l'asfissia ed i danni cerebrali ad essa collegati. Può essere fondamentale in questa fase il contributo di primo soccorso con respirazione bocca a bocca.

Fibrillazione ventricolare

La fibrillazione ventricolare è descritta come "attività elettrica turbolenta e disorganizzata del cuore tale da causare un cambiamento continuo in forma, ampiezza e direzione del tracciato elettrocardiografico" [Robles de Medina 1978].

Aumentando la corrente a valori di circa 70÷100 mA andiamo incontro al fenomeno di fibrillazione ventricolare del cuore. Infatti le *fibrille* sono appunto i muscoli dei ventricoli cardiaci deputati a tradurre gli impulsi elettrici provenienti dal seno-atriale in contrazioni muscolari in numero di 60/100 volte al minuto.

Se, all'interno del ciclo elettro-cardiaco (elettrocardiogramma), nella fase di recupero dell'eccitazione ventricolare, subentra uno stimolo elettrico esterno anche di pochi millisecondi, si possono innescare fibrillazioni aritmiche che possono continuare anche se lo stimolo iniziale è cessato. Questo fenomeno porta a scompensi cardio-circolatori con le devastanti conseguenze per la mancata irrorazione del sangue ai vari organi.

Paralisi temporanea

Se l'elettrocuzione interessa direttamente il midollo spinale, ad esempio un contatto glutei-testa, è probabile l'insorgenza di svariati fenomeni come

la temporanea paralisi degli arti, la perdita di coscienza, l'alterazione dell'umore, l'amnesia, le vertigini, la sordità, il calo della vista.

Fenomeni questi reversibili ma di attenzione se insorti in un lavoratore che sta eseguendo operazioni in elevazione.

Ustioni

Se una corrente elettrica di circa 50-70 mA attraversa un millimetro quadrato di pelle, questi viene carbonizzato in pochi secondi. Il fenomeno è legato agli effetti termici della corrente elettrica secondo il principio di Joule e provoca l'annerimento e la carbonizzazione del punto di contatto, nonché la rottura delle arterie con conseguente emorragia.

Le ustioni sono generate fondamentalmente da:

- calore irradiato dall'arco elettrico;
- ustione elettrica dovuta al passaggio della corrente elettrica attraverso l'organismo.

La traccia cutanea successiva all'arco elettrico viene anche denominata *marchio elettrico* ed è il segno inequivocabile dell'elettrocuzione, elemento fondamentale per accertare le cause di un decesso dove autopsia e testimonianze non riescano a ricostruire un dato evento.

Danno alla vista

Se l'evento lesivo è derivato da un cortocircuito dell'impianto elettrico questi è sempre accompagnato dal fenomeno dell'arco elettrico: shock elettrico violento caratterizzato da produzione di calore, energia dinamica e forte luminosità. Questi fenomeni possono danneggiare il folgorato per la veloce proiezione di particelle calde all'interno del bulbo oculare e per il forte abbagliamento che può causare danni alla retina. Non va inoltre sottovalutato il disorientamento immediatamente conseguente allo shock, con la successiva perdita di equilibrio e caduta da eventuali impalcature, ponteggi o gru.

Traumi per caduta

Tutti i fenomeni che portano ad uno stato di alterazione della coscienza possono provocare la perdita dell'equilibrio con conseguente caduta dall'alto in caso di lavori in elevazione. In molte casistiche accertate di incidente, i maggiori danni, se non il decesso, derivano principalmente dai traumi subiti dal malcapitato in conseguenza di una caduta piuttosto che dalle conseguenze dirette di una elettrocuzione.

1.2.2 Considerazioni

- La tempestività nel primo soccorso al folgorato può concretamente salvargli la vita.
- L'impianto di terra serve fundamentalmente a prevenire il contatto accidentale con parti attive. Un dispositivo di protezione differenziale funziona anche senza impianto di terra.
- L'essere scalzi aumenta notevolmente la vulnerabilità della persona.
- All'interno di ambienti umidi come il bagno, il piatto doccia o la vasca da bagno, la persona risulta notevolmente più vulnerabile.
- Gli utensili elettrici portatili sono più pericolosi di quelli fissi perché è aumentata la superficie e la pressione di contatto, oltre al fatto che l'utensile portatile è più soggetto a guasti e rotture.
- I bambini e le donne sono più vulnerabili avendo una resistenza interna e di contatto ridotta rispetto all'uomo.
- Il dispositivo di protezione contro l'elettrocuzione (differenziale) non salva la vita matematicamente, la curva di sicurezza sulla quale è progettato è il risultato di un assunto normativo composto da valori medi e statistici.
- Il contatto mani-piedi è più pericoloso del contatto mano destra – mano sinistra.
- La corrente alternata è più pericolosa di quella continua.
- Frequenze più alte di corrente sono meno pericolose di quelle industriali a 50Hz.
- Un dispositivo di protezione differenziale può salvare la vita ma non può escludere gli effetti dolorosi e la tetanizzazione.
- Le alte tensioni (kilovolt) possono essere meno letali di quelle basse (centinaia di volt).

1.3 Rischio elettrico e rischi correlati

Da un punto di vista ingegneristico, il sostantivo “*rischio*” è definito come combinazione di probabilità e di gravità di possibili lesioni o danni alla salute in una situazione pericolosa; la “*valutazione del rischio*” consiste nella valutazione globale di tali probabilità e gravità; allo scopo di scegliere le adeguate misure di sicurezza.

Nella valutazione degli eventi possibili di un determinato ambito, il rischio è un valore definito dal prodotto:

$$R = P \times Vu \times Val$$

dove:

P = **pericolosità** dell'evento analizzato, ovvero la **probabilità** che un fenomeno accada in un determinato spazio con un determinato tempo;

Vu = **vulnerabilità**, ovvero l'attitudine di un determinato elemento a sopportare gli effetti legati al fenomeno pericoloso (ad esempio nel caso di folgorazione, la capacità di un individuo a resistere all'effetto dell'elettrocuzione);

Val = valore che l'elemento esposto al pericolo assume in termini di vite umane o economici (**danno**).

Il D.Lgs. n. 81 del 2008 (Testo Unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro) inserisce la valutazione del rischio elettrico (art. 80, commi 1, 2, 3) all'interno del Titolo III "*Uso delle attrezzature di lavoro e dei dispositivi di protezione individuale*", Capo III "*Impianti e apparecchiature elettriche*".

Secondo il decreto, i principali rischi di natura elettrica sono:

D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81

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.

Il decreto si concentra sui principali rischi di natura elettrica elencandoli nel comma 1, richiedendo una valutazione dei vari rischi e di adottare

tutti gli accorgimenti prevenzionistici, e successivamente di mantenere in efficienza impianti ed attrezzature.

Va da se che la prevenzione dei rischi di natura elettrica (lettere da **a** a **g** dell'articolo 1) deve essere applicata anche agli impianti esistenti.

Un altro importante indirizzo per gli impianti esistenti, ma riferito ai soli impianti civili, ci giunge dal D.M. 37/08, articolo 6, comma 3; testualmente:

“Gli impianti elettrici nelle unità immobiliari ad uso abitativo realizzati prima del 13 marzo 1990 si considerano adeguati se dotati di sezionamento e protezione contro le sovracorrenti posti all'origine dell'impianto, di protezione contro i contatti diretti, di protezione contro i contatti indiretti o protezione con interruttore differenziale avente corrente differenziale nominale non superiore a 30 mA.”

I rischi connessi alla presenza di impianti elettrici possono quindi derivare da:

Contatti elettrici diretti (rischio di elettrocuzione della persona)

--

Contatti elettrici indiretti (rischio di elettrocuzione della persona)

--

Innesco e propagazione di incendi e di ustioni dovuti a sovratemperature pericolose, archi elettrici e radiazioni

--

Innesco di esplosioni

--

Fulminazione diretta ed indiretta (rischio diretto di folgorazione ed indiretto per innesco di incendio o esplosione)

--

Sovratensioni (innesco di archi elettrici);

--

Altre condizioni di guasto ragionevolmente prevedibili.

1.3.1 Il rischio elettrico della persona – Contatti diretti ed indiretti

La principale fonte di pericolo per l'essere umano è quella di venire in contatto con una parte in tensione. Questo può avvenire in due modi diversi: toccando **direttamente** una parte che normalmente è in tensione oppure

venendo in contatto accidentalmente (**indirettamente**) con una parte che normalmente non è in tensione ma che lo può diventa per il guasto di un componente o di una apparecchiatura elettrica. Da qui nasce l'esigenza di proteggersi contro i contatti diretti ed indiretti.

I sistemi di protezione contro i contatti diretti ed indiretti, e quella combinata contro i contatti diretti ed indiretti simultaneamente, sono contemplati dalla norma CEI 64-8, parte 4.

La protezione contro i contatti diretti

Il contatto diretto si ha quando una persona viene in contatto direttamente con un una parte attiva.

La protezione contro i contatti diretti si può ottenere mediante l'adozione di almeno uno dei cinque metodi di seguito specificati:

- protezione mediante isolamento delle parti attive;
- protezione mediante involucri o barriere;
- protezione mediante ostacoli;
- protezione mediante distanziamento;
- protezione addizionale mediante impiego di interruttori differenziali.

Protezione mediante isolamento delle parti attive

Le parti attive devono essere completamente ricoperte con un isolamento che possa essere rimosso solo mediante *distruzione* e resistere agli agenti esterni comprese le sollecitazioni meccaniche. Solitamente vernici e smalti non sono idonei.

Si tratta dell'isolamento plastico dei cavi elettrici e le parti interne di morsetti e interruttori automatici.

Protezione mediante involucri o barriere

Le parti attive devono essere poste entro involucri o dietro barriere tali da assicurare *almeno* il grado di protezione IP2X od IPXXB.

I gradi di protezione IPXXB e IPXXD significano che, rispettivamente, il dito di prova oppure il filo di prova del diametro di 1 mm non possano toccare parti in tensione.

Il codice IP (International Protection) è una convenzione definita nella norma EN 60529 (recepita dal CEI come norma CEI 70-1) per individuare il grado di protezione degli involucri dei dispositivi elettrici ed elettronici (tensione nominale fino a 72.5 kV) contro la penetrazione di agenti esterni di natura solida o liquida. Al prefisso IP vengono fatte seguire due cifre:

- a prima individua la protezione contro il contatto di corpi solidi esterni e contro l'accesso a parti pericolose
 IP0X = nessuna protezione contro i corpi solidi esterni;
 IP1X = involucro protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50mm e contro l'accesso con il dorso della mano;
 IP2X = involucro protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12mm e contro l'accesso con un dito;
 IP3X = involucro protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2.5mm e contro l'accesso con un attrezzo;
 IP4X = involucro protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1mm e contro l'accesso con un filo;
 IP5X = involucro protetto contro la polvere (e contro l'accesso con un filo);
 IP6X = involucro totalmente protetto contro la polvere (e contro l'accesso con un filo).
- la seconda cifra individua la protezione contro la penetrazione dei liquidi:
 IPX0 = nessuna protezione;
 IPX1 = involucro protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua;
 IPX2 = involucro protetto contro la caduta di gocce con inclinazione inferiore a 15°;
 IPX3 = involucro protetto contro la pioggia;
 IPX4 = involucro protetto contro gli spruzzi d'acqua;
 IPX5 = involucro protetto contro i getti d'acqua;
 IPX6 = involucro protetto contro le ondate;
 IPX7 = involucro protetto contro gli effetti dell'immersione;
 IPX8 = involucro protetto contro gli effetti della sommersione.

Protezione mediante ostacoli

Va premesso che gli ostacoli sono destinati ad impedire il contatto *accidentale* con parti attive ma non il contatto intenzionale dovuto all'aggiramento volontario dell'ostacolo.

Gli ostacoli devono impedire l'avvicinamento o il contatto non intenzionale e possono essere rimossi senza l'ausilio di particolari attrezzature.

Protezione mediante distanziamento

Il distanziamento è destinato solo ad impedire il contatto non intenzionale con parti attive o il simultaneo contatto con due parti a potenziale diverso, e consiste nell'allontanare la parte pericolosa dal contatto involontario della persona.

In questo tipo di protezione parti simultaneamente accessibili a tensione diversa non devono essere a portata di mano. Per “*a portata di mano*” si intende quella zona che una persona di media statura non riesce a toccare senza l’ausilio di attrezzi.

Protezione addizionale mediante impiego di interruttori differenziali

E’ consentito l’uso di interruttori differenziali, con corrente differenziale nominale d’intervento non superiore a 30 mA, come protezione addizionale contro i contatti diretti in caso di insuccesso delle altre misure di protezione o di incuria da parte degli operatori.

La protezione contro i contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti consiste nel prendere le misure intese a proteggere le persone contro i pericoli risultanti dal contatto con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell’isolamento principale.

I principali metodi di protezione contro i contatti indiretti sono elencati come segue:

- a) protezione mediante interruzione automatica dell’alimentazione;
- b) protezione senza interruzione automatica del circuito (doppio isolamento, separazione elettrica, locali isolati, locali equipotenziali);
- c) alimentazione a bassissima tensione di isolamento.

La protezione mediante l’interruzione automatica dell’alimentazione è richiesta quando a causa di un guasto, si possono verificare sulle masse tensioni di contatto di durata e valore tali da rendersi pericolose per le persone.

Le prescrizioni da ottemperare per conseguire la protezione contro i contatti indiretti sono stabilite dalle norme CEI 64-8 per gli impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua e dalle Norme CEI 11-1 per gli impianti utilizzatori in media e in alta tensione.

Protezione mediante interruzione automatica dell’alimentazione

In caso di guasto o di contatto della persona con una parte in tensione, l’alimentazione elettrica del tratto di circuito interessato viene automaticamente interrotta da un dispositivo di protezione che può essere del tipo a corrente differenziale o di massima corrente (magnetotermico solo nei sistemi TN).

La protezione per interruzione automatica dell'alimentazione è richiesta quando si possono avere effetti fisiologici dannosi in una persona, in caso di guasto, a causa del valore e della durata della tensione di contatto, e richiede il coordinamento tra il modo di collegamento a terra della rete elettrica di alimentazione e le caratteristiche dei dispositivi automatici di protezione adottati (interruttori). Per stabilire le caratteristiche ed i tempi di intervento dei dispositivi di protezione sono state prese in considerazione le curve di sicurezza.

Rivestono grande importanza in questa fase, quindi, il sistema dispersivo di terra ed i collegamenti ad esso di tutte le parti metalliche accessibili connesse alle apparecchiature (masse), e di tutte le masse che normalmente non sono connesse alle apparecchiature ma che, per svariati e definiti motivi, anch'esse potrebbero andare in tensione (masse estranee).

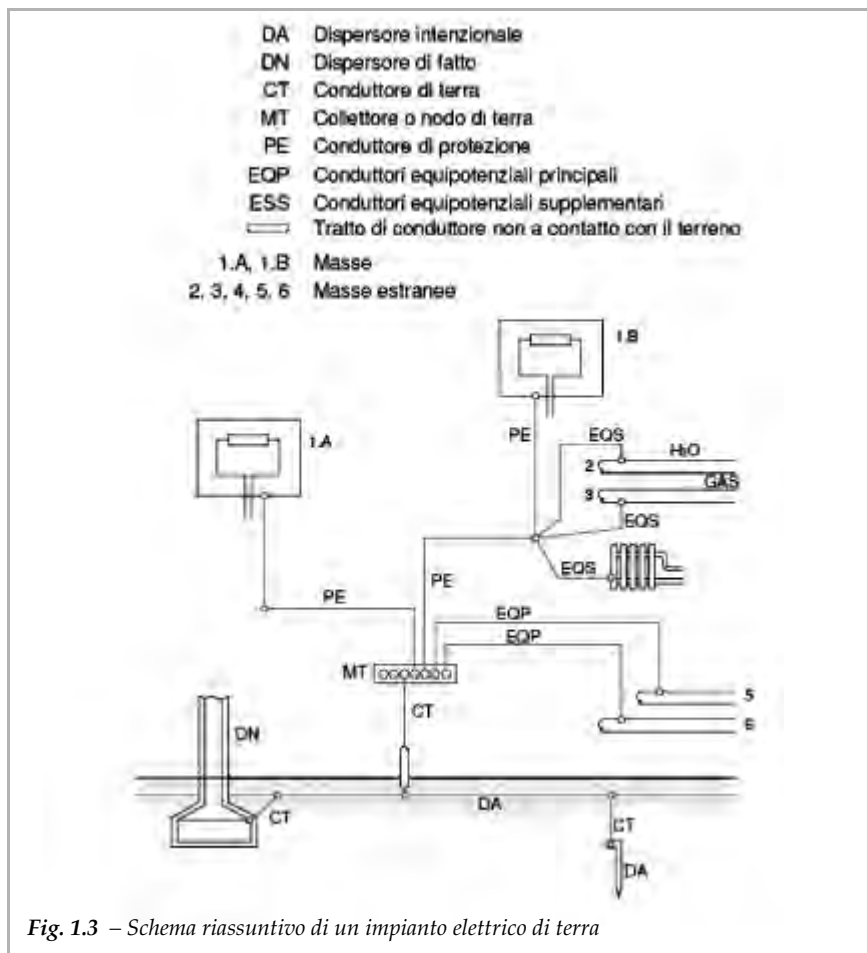
Tutte le masse devono essere collegate ad un *conduttore di protezione* (giallo-verde), questi ad un *collettore* generale che a sua volta è collegato al dispersore di terra tramite un *conduttore di terra*. Spesso si confonde, nella terminologia, il conduttore di terra ed il conduttore di protezione.

Vi sono poi dei collegamenti che servono a portare lo stesso potenziale di terra (zero) alle masse estranee, ad evitare pericolose differenze di potenziale tra la *massa* potenzialmente pericolosa di un apparecchio ed un elemento metallico estraneo (*massa estranea*) se simultaneamente accessibili alla persona (Fig. 6). Questi collegamenti aggiuntivi prendono il nome di: collegamento equipotenziale principale (EQP) e collegamento equipotenziale supplementare (EQS).

I collegamenti EQP devono essere portati dal collettore di terra a:

- tubi alimentanti servizi dell'edificio, per es. acqua e gas;
- parti strutturali metalliche dell'edificio e canalizzazioni del riscaldamento centrale e del condizionamento;
- d'aria quando queste non nascono nell'ambiente considerato ma arrivano dall'esterno;
- armature principali del cemento armato utilizzate nella costruzione degli edifici, ove possibile.

I collegamenti EQS sono invece dei collegamenti locali che vengono adottati quando le condizioni per l'interruzione automatica dell'alimentazione sono inapplicabili. Il collegamento equipotenziale supplementare può interessare l'intero impianto, una sua arte, un componente dell'impianto o, un luogo.



Protezione senza interruzione automatica del circuito

Questa misura è destinata ad impedire il manifestarsi di una tensione pericolosa sulle parti accessibili di componenti elettrici a seguito di un guasto nell'isolamento principale. Viene assicurata con componenti elettrici aventi un isolamento doppio o rinforzato (componenti elettrici di Classe II) ed identificati dal segno grafico:



Per questi componenti, laddove presentino delle masse metalliche accessibili, è vietato il collegamento a terra e devono presentare all'esterno dell'involucro in modo visibile il simbolo:



L'uso di questo sistema di protezione contro i contatti indiretti è sempre più diffuso viste le buone prestazioni degli isolanti commercializzati, trovando largo impiego per la costruzione di quasi tutti gli elettrodomestici ed attrezzature da lavoro portatili.

Protezione mediante luoghi isolanti

Questa misura di protezione è destinata ad evitare i contatti simultanei con parti che possano trovarsi ad un potenziale diverso a seguito di un guasto dell'isolamento principale di parti attive.

Le masse devono essere disposte in modo che, in circostanze ordinarie, persone non vengano simultaneamente in contatto con:

- due masse, oppure
- una massa ed una massa estranea, se queste parti sono suscettibili di trovarsi ad un potenziale diverso a seguito di un guasto dell'isolamento principale di parti attive.

Protezione mediante collegamento equipotenziale locale non connesso a terra

Il collegamento equipotenziale locale non connesso a terra è destinato ad evitare il manifestarsi di una tensione di contatto pericolosa. Allo scopo i conduttori di collegamento equipotenziale devono interconnettere tutte le masse e tutte le masse estranee simultaneamente accessibili ed il collegamento equipotenziale locale non deve essere connesso a terra, né direttamente, né tramite masse o masse estranee.

Protezione per separazione elettrica

La separazione elettrica è destinata ad evitare correnti pericolose a seguito di contatto con masse che possono andare in tensione da un guasto nell'isolamento principale del circuito. Si attua isolando l'impianto elettrico da terra e dagli altri circuiti elettrici.

Questa misura di protezione viene impiegata per alimentare apparecchiature mobili da impiegare all'aperto o in luoghi conduttori ristretti (es. all'interno di cisterne), oppure nei circuiti di uscita di alcuni UPS, soccorritori di tensione, saldatrici elettriche.