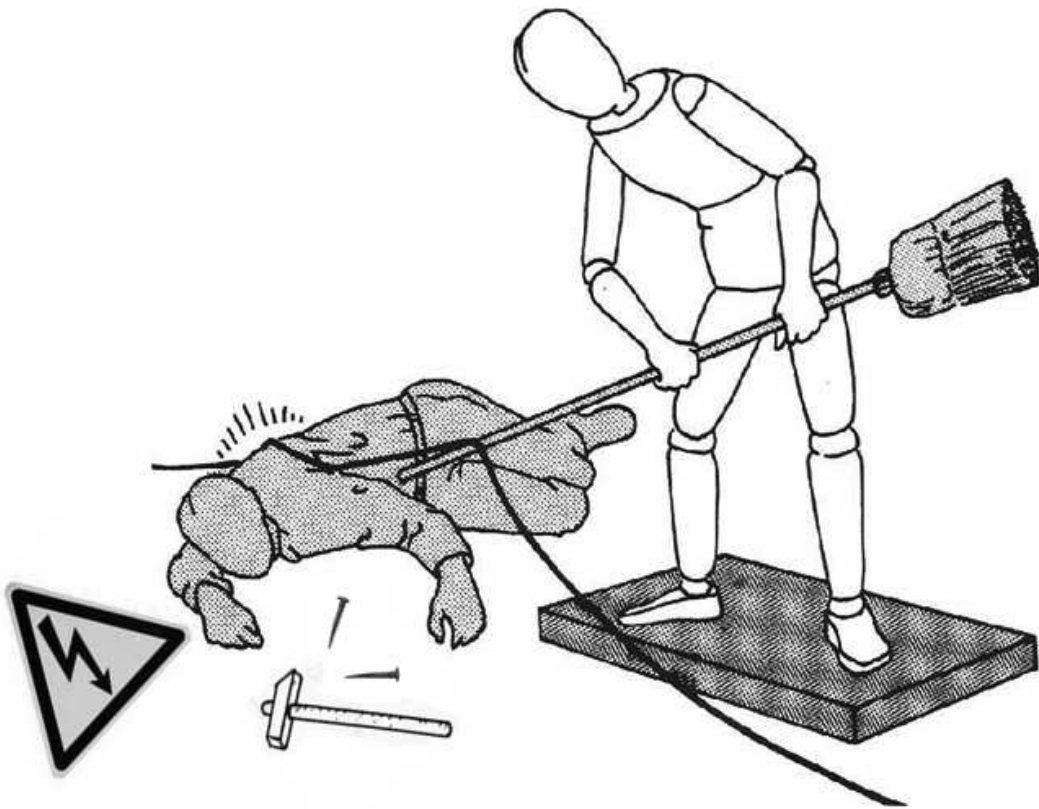


Università degli studi di Padova
Corso di PROGETTAZIONE DI SISTEMI
ELETTRICI
INDUSTRIALI

IL RISCHIO ELETTRICO NELLE CABINE MT/bt



Prof: Turri Roberto

Gruppo: Berto Valerio

Buna Davide

Poletto Matteo

ANNO ACCADEMICO 2010-2011

Sommario

Capitolo 1 La pericolosità della corrente elettrica	7
1.1 Incendi di origine elettrica.....	7
1.2 Esplosioni di origine elettrica	8
1.3 Corpo umano.....	8
1.3.1 <i>Conseguenze sul corpo umano</i>	8
1.3.2 <i>Segnali nervosi nel corpo umano</i>	10
1.3.3 <i>Modello elettrico del corpo umano</i>	12
1.3.4 <i>Limiti di pericolosità</i>	15
Capitolo 2 Il rischio elettrico.....	21
2.1 Definizioni.....	21
2.2 Dati statistici.....	24
Capitolo 3 La legge italiana.....	29
3.1 Costituzione.....	29
3.2 Codice civile.....	29
3.3 Codice penale	29
3.4 Decreti fondamentali	30
3.4.1 <i>D.P.R 547/55</i>	30
3.4.2 <i>D.Lgs. n. 626/94</i>	32
<i>Nota: I destinatari del D.Lgs. n. 626/94</i>	33
3.4.3 <i>D.Lgs. n. 81/08</i>	35
3.4.4 <i>Legge 46/90</i>	39
3.4.5 <i>D.M. n. 37/08</i>	41
Capitolo 4 La normativa tecnica	43
4.1 Enti preposti	43
4.1.1 <i>CEI</i>	43
<i>Nota: il valore giuridico delle norme tecniche</i>	44
4.1.2 <i>CENELEC</i>	45
4.1.3 <i>IEC</i>	45
4.2 Norme di riferimento	46
4.3 Definizioni.....	47

4.3.1 Zone di lavoro	47
4.3.2 Tipologie di lavoro elettrico.....	49
4.3.3 Qualifica del personale	53
4.3.4 Ruoli operativi	54
4.3.5 DPI (Dispositivi di Protezione Individuale).....	56
4.3.6 Contatti diretti e indiretti	56
Capitolo 5 La cabina elettrica	57
5.1 Classificazione.....	57
5.2 Apparecchi e componenti nei vari locali	60
5.2.1 Conduttori	61
5.2.2 Apparecchi di manovra	62
5.2.3 Gli apparecchi di misura	65
5.2.4 Trasformatori di potenza.....	65
5.2.5 Sistemi di protezione	67
5.2.6 Sezione bt	67
Capitolo 6 Il rischio delle cose	69
6.1 Definizioni.....	70
6.2 Prevenzione e protezione degli incendi	70
6.3 Prevenzione e protezione delle esplosioni.....	73
Capitolo 7 Il rischio delle persone.....	77
7.1 Contatti diretti.....	77
7.2 Contatti indiretti.....	86
Capitolo 8 La manutenzione nelle cabine MT/bt.....	89
8.1 Definizioni.....	89
8.2 Locale cabina MT/bt.....	90
8.3 Quadro MT	90
8.4 Quadro bt	91
8.5 Interruttore a volume d'olio ridotto.....	91
8.6 Interruttore in vuoto	92
8.7 Interruttore in SF6	92
8.8 Trasformatori in olio.....	93
8.9 Trasformatori a secco	93
8.10 Sezionatori e sezionatori sotto carico MT, fusibili MT	94
8.11 Sganciatori elettromagnetici ed elettronici.....	94

8.12 Gruppo elettrogeno.....	94
8.13 Impianto batterie	95
Capitolo 9 Inquinamento elettromagnetico	97
9.1 Obiettivo ed ambito di applicazione	97
9.2 Definizioni.....	98
9.3 Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto/dpa.....	99
Appendice	101
Allegato A: PdL Piano di Lavoro	101
Allegato B: Pdl Piano di intervento	102
Allegato C: modulo di consegna/restituzione dell'impianto	104
Bibliografia: documentazione e testi consultati.....	105

Capitolo 1

La pericolosità della corrente elettrica

L'energia elettrica, grazie agli indubbi vantaggi rispetto ad altre forme di energia, ha raggiunto oggi una diffusione capillare ed è divenuta un supporto essenziale per le attività umane. Questa vicinanza può divenire però, in circostanze accidentali, una fonte di pericolo. La pericolosità è dovuta fondamentalmente:

- alla possibilità di innescare incendi;
- alla possibilità di provocare esplosioni;
- alla possibilità di circolazione della corrente nel corpo umano, a causa del contatto fisico tra una persona e parti in tensione elettrica (cosiddetta elettrocuzione o folgorazione).

In questo capitolo si cercherà di approfondire questi problemi e in particolare di spiegare perché il corpo umano è così sensibile.

1.1 Incendi di origine elettrica

L'incendio, legato all'impiego dell'energia elettrica, è purtroppo molto frequente. Tale fenomeno è associabile a una o più delle seguenti cause:

- errata progettazione dell'impianto elettrico;
- errata installazione dell'impianto elettrico;
- carente manutenzione dello stesso;
- guasto di un dispositivo;
- scorretto utilizzo di apparecchiature ad alimentazione elettrica.

L'incendio può essere innescato da fenomeni di sovracorrenti, a seguito di sovraccarichi, che possono innalzare la temperatura dei componenti elettrici al di sopra della temperatura di sicurezza sino a provocarne l'innescio.

Anche un arco elettrico, che scaturisce ad esempio in seguito a un corto circuito, può essere causa d'incendio. L'arco è un fenomeno fisico di ionizzazione dell'aria con produzione di calore intenso, di gas tossici e raggi ultravioletti, esso è molto pericoloso in quanto provoca il raggiungimento di temperature elevatissime in grado di fondere anche materiali molto resistenti.

In ogni caso un incendio non può essere imputato esclusivamente a cause elettriche, ad esempio un arco elettrico in aria non ha di per se conseguenze, ma risulta fatale se innescato in presenza di materiali infiammabili.

1.2 Esplosioni di origine elettrica

Come per gli incendi, anche le esplosioni possono avere diverse cause scatenanti, in ogni caso sono dovute alla contemporanea presenza di un'atmosfera pericolosa (sostanze come miscele di gas o polvere potenzialmente esplosivi) e fenomeni elettrici (archi, scintille, punti caldi superficiali) atti ad innescare l'esplosione. Ovviamente, in impianti elettrici particolari come nelle raffinerie o nelle industrie petrolchimiche, l'esplosione e l'incendio possono diventare due fenomeni strettamente correlati.

1.3 Corpo umano

1.3.1 Conseguenze sul corpo umano

Gli effetti della corrente elettrica sul corpo umano dipendono principalmente dall'**intensità** di corrente che attraversa il corpo, dalla **durata** della stessa e dal **percorso** che la corrente segue nel corpo stesso.

Si tenga presente che le attività biologiche del corpo umano sono governate da impulsi elettrici, trasportati dai neuroni attraverso il sistema nervoso: proprio questa funzionalità giustifica la sensibilità del corpo nei confronti di corrente elettriche provenienti dall'esterno in quanto esse interferiscono con i segnali biologici. Ulteriori dettagli saranno presentati nel paragrafo "1.3.2 Segnali nervosi nel corpo umano".

Altro pericolo invece è dato dalla possibilità da parte della corrente di sviluppare calore per il noto effetto Joule: anche il corpo umano possiede resistenza elettrica e quindi può essere sede di tale fenomeno il quale può portare a gravi ustioni o bruciature, si veda ad esempio la figura 1.3 a) per avere un'idea delle possibili lesioni cutanee.

Per avere un'idea degli effetti della corrente nel corpo umano, vengono di seguito elencate alcune conclusioni derivanti dalle numerose ricerche¹ condotte sia su persone, fino ai limiti non pericolosi, sia su animali e dalle considerazioni e misure che si sono potute svolgere in occasione di perizie su incidenti gravi o mortali.

Per la corrente alternata, a frequenza industriale si può osservare che:

- la mano presenta una soglia di insensibilità di **circa 1 mA**;
- correnti **minori di 5 mA** sono avvertite sotto forma di formicolio;
- per correnti **superiori di 15 mA** i muscoli che comandano la mano possono venire fortemente contratti, fenomeno indicato con il termine tetanizzazione: si noti che il fenomeno della tetanizzazione è di per se reversibile e che piuttosto il pericolo è che l'infortunato non riesca ad abbandonare la presa, la quale potrebbe essere proprio la causa dell'elettrocuzione; di seguito viene riportato (figura 1.1) una possibile risposta di un muscolo al susseguirsi, via via crescente, di impulsi elettrici fino alla tetanizzazione;

¹ Si veda ad esempio: Dalziel, Lee, Reevaluation of lethal electric current, I.E.E. Trans. I.G.A., 4, 467-476 (1988)

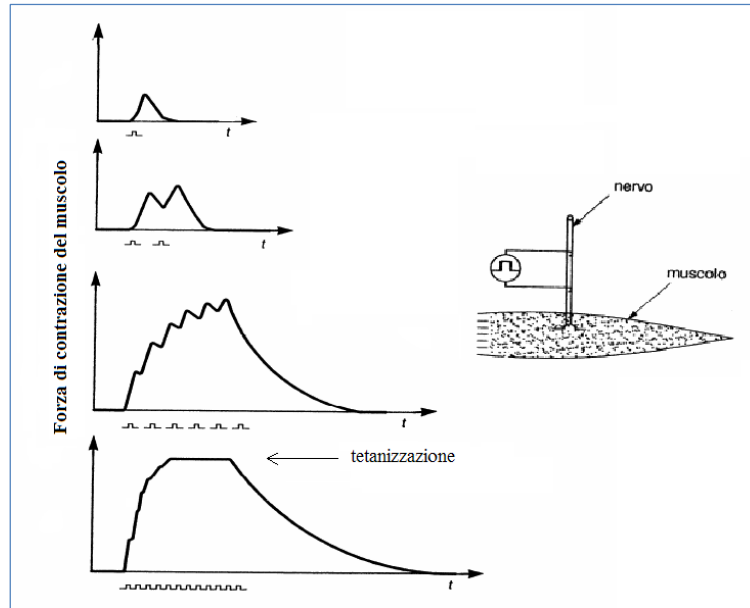


Figura 1.1: effetto sul muscolo di una successione crescente di stimoli elettrici applicati al nervo

- per correnti di circa **15 ÷ 30 mA** anche i muscoli del torace e del diaframma possono venire tetanizzati provocando così difficoltà respiratorie e il rischio di morte per asfissia, sia perché il passaggio della corrente può durare a lungo, sia perché, anche cessata la corrente, i muscoli riprendono a fatica la loro funzionalità;
- per intensità superiori ai **50 mA** si presenta un'elevata possibilità di fibrillazione ventricolare del cuore, cioè un insieme di contrazioni disordinate e non sincrone tra loro, contrazioni inefficaci per assicurare la circolazione del sangue, la cui pressione decade rapidamente, con l'impossibilità di ossigenazione dei tessuti e degli organi; di seguito ne viene riportato un esempio (figura 1.2);

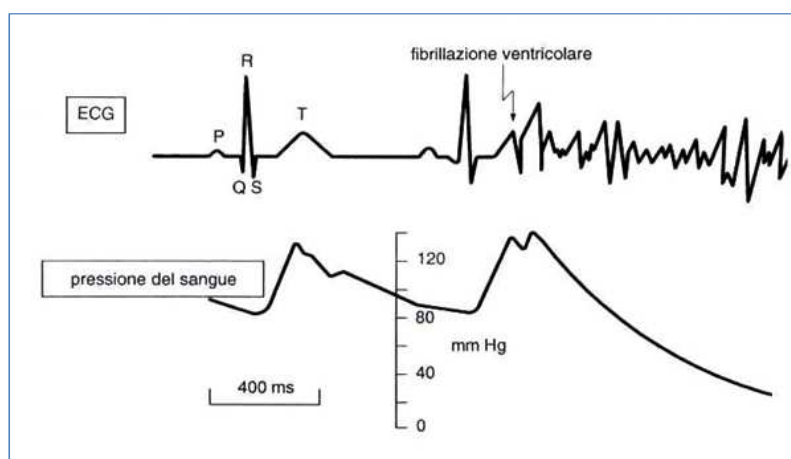


Figura 2.2: elettrocardiogramma del cuore e andamento della pressione sanguigna in seguito a fibrillazione

si noti che tale fenomeno è irreversibile e l'unico modo per arrestare la fibrillazione ventricolare consiste nell'applicare una violenta scarica elettrica nella regione cardiaca mediante un defibrillatore in modo da arrestare il cuore permettendone la successiva ripresa sotto l'azione degli stimoli naturali;

- per intensità superiori ai **5 A**, può accadere un vero e proprio arresto del funzionamento del cuore, inoltre, ai vari problemi suddetti, si aggiungono gravi bruciature o carbonizzazioni dei tessuti cutanei i quali, presentando maggiore resistenza, sono sede di maggiore dissipazione al passaggio della corrente: il punto di entrata, e talvolta quello di uscita, della corrente nel corpo umano lasciano ustioni caratteristiche dette “marchio elettrico” che, nell’esame autoptico, individuano la causa della morte per elettrocuzione; nella figura seguente (figura 1.3) il grafico **a**) riporta i danni che può causare una certa densità di corrente applicata per un determinato periodo di tempo, mentre l’immagine **b**) è un esempio del cosiddetto “marchio elettrico”;

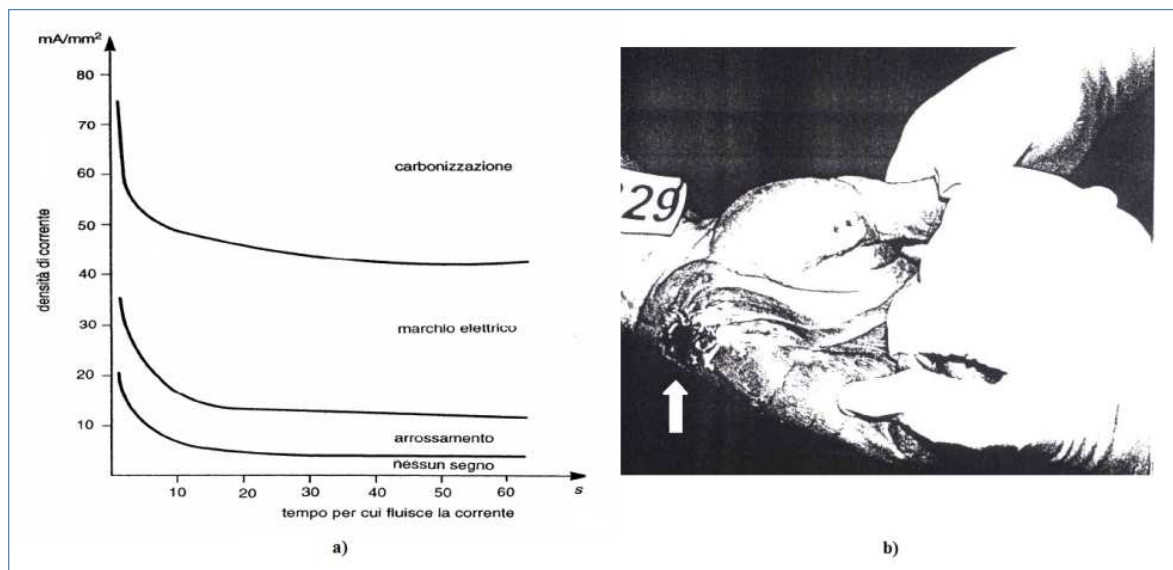


Figura 3.3: a) danni provocati dalla corrente b) “marchio elettrico”

La corrente continua presenta, in parte, effetti diversi da quelli prodotti dall’alternata a frequenza industriale: non si ha ad esempio il fenomeno della tetanizzazione perché le fibre muscolari si contraggono solo se sollecitate da impulsi, così l’abbandono della presa risulta meno difficile (100 mA anziché 15 mA), ma nel momento in cui cessa la corrente, l’impulso corrispondente provoca una forte contrazione dolorosa. Comunque se la corrente continua non è livellata e presenta armoniche, la tetanizzazione può presentarsi. È inoltre molto temibile l’effetto elettrolitico della corrente continua in particolare la scomposizione elettrolitica del sangue con conseguente incapacità ad esercitare la funzione di trasporto dell’ossigeno.

La corrente ad alta frequenza, a partire da circa 10 kHz, non esercita più alcuna azione nervosa sui muscoli, essa può solamente produrre riscaldamento, azione utilizzata in certe forme terapeutiche. Inoltre, come per i cavi elettrici, si verifica l’effetto pelle per il quale la corrente tende ad addensarsi sulle superfici esterne, nella fattispecie la cute, piuttosto che all’interno del corpo umano.

1.3.2 Segnali nervosi nel corpo umano

Il corpo umano è costituito da cellule al cui interno è presente una soluzione acquosa salina e da una matrice extracellulare che riempie gli spazi tra cellula e cellula, anch’essa assimilabile ad una

soluzione salina. I sali sono presenti in queste soluzioni sotto forma di ioni: Na^+ , K^+ , Cl^- , ecc. Questi ioni sono presenti in concentrazione differente tra l'interno della cellula (maggiore concentrazione di K^+) e l'ambiente extracellulare (maggiore concentrazione di Na^+), e poiché questo comporta una differenza nella quantità di cariche positive e negative, si viene a creare una differenza di potenziale elettrica tra l'interno e l'esterno delle cellule, denominato potenziale di riposo, pari a circa -70 mV (potenziale all'interno della cellula minore rispetto al potenziale esterno).

La membrana cellulare, separando cariche elettriche, si comporta come un condensatore. Per quanto descritto pocanzi, essa non può ritenersi perfettamente isolante ed è attraversata dagli ioni. Il modello elettrico semplificato delle cellule umane, come illustrato nel seguente schema elettrico (figura 1.4), è perciò rappresentato da un condensatore C in parallelo con una resistenza R e con un generatore di tensione che rappresenta il potenziale di riposo determinato dalla diversa concentrazione di ioni nella cellula.

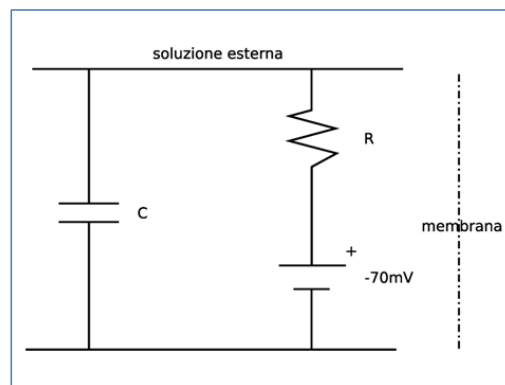


Figura 4.4: modello elettrico della membrana cellulare

Se alla cellula viene applicato un impulso di corrente di polarità inversa a quella della cellula stessa, il potenziale da negativo diviene positivo per ritornare di nuovo al valore iniziale. L'andamento del potenziale prende il nome di potenziale d'azione. L'ampiezza minima dell'impulso di corrente necessario ad eccitare la cellula e a determinarne l'inversione del potenziale, come illustrato nel seguente grafico (figura 1.5), decresce con l'aumentare della durata per tendere ad un valore costante secondo una curva denominata curva di eccitabilità.

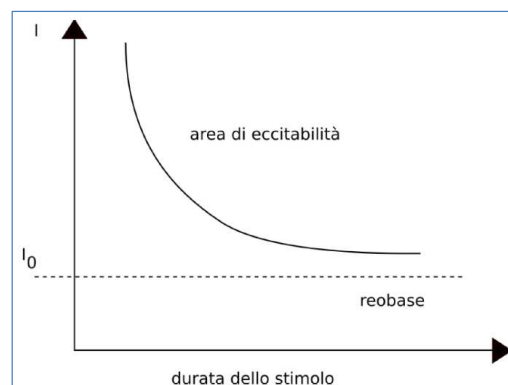


Figura 5.5: ampiezza di un impulso di corrente, in funzione della durata, tale da invertire il potenziale cellulare

Il termine I_0 rappresenta la minima intensità dello stimolo capace di produrre l'eccitazione della cellula se applicato per un tempo indefinito.

Questo è il meccanismo alla base della propagazione del segnale nervoso, della percezione degli stimoli e della contrazione muscolare. Stimoli elettrici provenienti dall'esterno che superano la soglia di eccitabilità possono quindi risultare pericolosi e influire sulle funzioni vitali.

La pericolosità di questi stimoli può variare a seconda di diversi fattori, peraltro già citati al paragrafo precedente, in particolare l'intensità e la durata del contatto influiscono secondo quanto si può intuire dal grafico superiore (figura 1.5): una corrente d'intensità elevata se applicata per un breve istante può essere meno pericolosa di un valore molto minore ma persistente per un lungo periodo. Ovviamente anche la costituzione fisica della persona colpita e la sua salute influiscono sulla pericolosità di questi eventi.

Dato che la durata dell'impulso necessario ad eccitare la cellula diminuisce all'aumentare della frequenza, a frequenze elevate, è necessario aumentare l'intensità dello stimolo per provocare la modificazione del potenziale di riposo. Inoltre la pericolosità della corrente elettrica diminuisce perché questa tende a passare attraverso la pelle per il noto fenomeno dell'effetto pelle.

Anche la corrente continua può essere pericolosa, ma ad un'intensità maggiore rispetto quella alternata a 50 Hz a causa di un fenomeno che avviene nella cellula sottoposta ad uno stimolo continuo detto di accomodazione. In poche parole, in presenza di uno stimolo ininterrotto, la cellula si adatta alla nuova situazione aumentando la sua soglia di eccitabilità.

1.3.3 Modello elettrico del corpo umano

Studiando i fenomeni appena descritti, si è giunti al seguente modello per l'impedenza del corpo umano: lo schema illustrato (figura 1.6) mostra l'impedenza del corpo, vista tra due ipotetici punti di contatto, come la serie di tre termini:

- l'impedenza del punto di entrata dovuta al contatto con la pelle, che alla frequenza industriale di 50 Hz, ha carattere prevalentemente ohmico e si può indicare con R_p , mentre a frequenze maggiori di 1 kHz ha carattere capacitivo;
- l'impedenza interna, di carattere ohmico e indicata con R_i , dovuta al percorso della corrente all'interno del corpo umano;
- l'impedenza del punto di uscita, analoga al primo termine e indicata sempre con R_p .

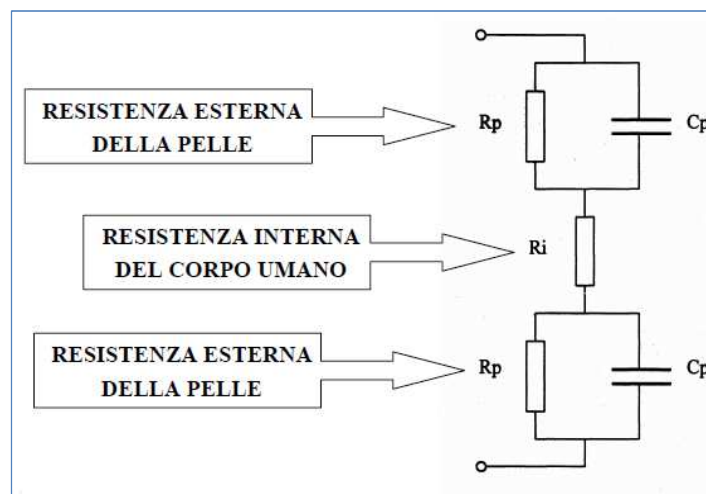


Figura 6.6: modello dell'impedenza del corpo umano

Alla frequenza industriale le capacità sono trascurabili e risulta:

$$Z_c = R_c = R_p + R_i + R_p$$

Il valore di R_c non si può stabilire con precisione poiché R_p ed R_i dipendono da vari fattori:

- percorso della corrente all'interno del corpo umano: tale percorso influenza R_i ; i percorsi che offrono la maggiore resistenza sono quello mano-mano e quello mano - piede, a quali corrisponde una resistenza R_i di circa 700 Ω ; il seguente disegno (figura 1.7) illustra come la resistenza interna si ripartisce percentualmente lungo il percorso mano - piede;

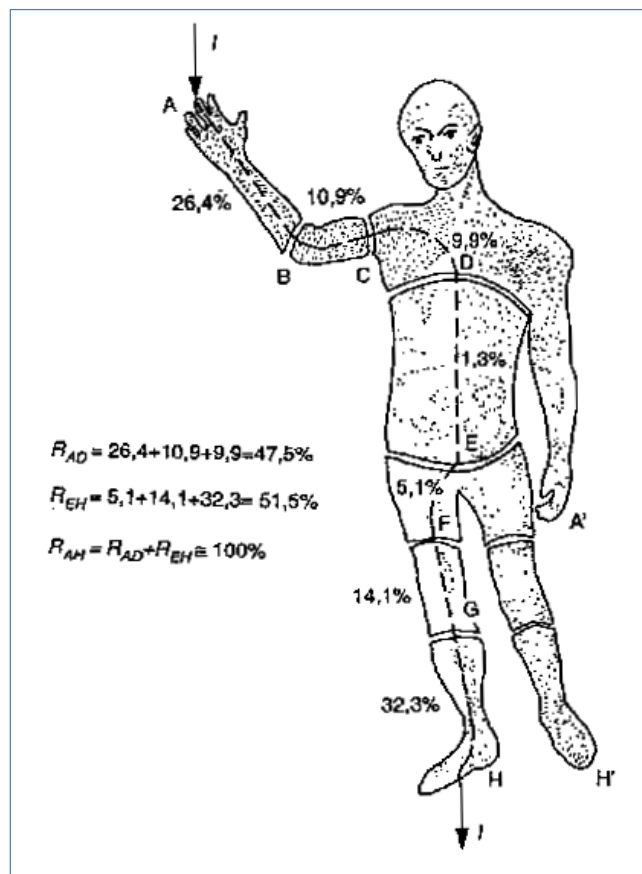


Figura 7.7: ripartizione percentuale della resistenza interna nel percorso mano - piede

- stato della pelle: questo influenza R_p che diminuisce con la presenza di sudore, umidità, ferite, graffi e aumenta con la presenza di calli;
- superficie di contatto: se questa aumenta R_p diminuisce;
- pressione di contatto: se questa aumenta R_p diminuisce;
- tensione di contatto: se questa aumenta R_p diminuisce.

Particolare attenzione va rivolta a quest'ultimo punto. Il grafico sottostante (figura 1.8) rappresenta, secondo la norma CEI 11-1, l'impedenza del corpo umano in funzione della tensione applicata: la determinazione è basata su dati statistici, infatti, nella famiglia di curve valevoli a 50 Hz, sono presenti tre curve diverse (il numero presente sta ad indicare che tale percentuale di persone, ha una resistenza inferiore ai valori indicati dalla corrispondente curva) e tale grafico si riferisce al contatto mano - due piedi in condizioni di pelle asciutta.

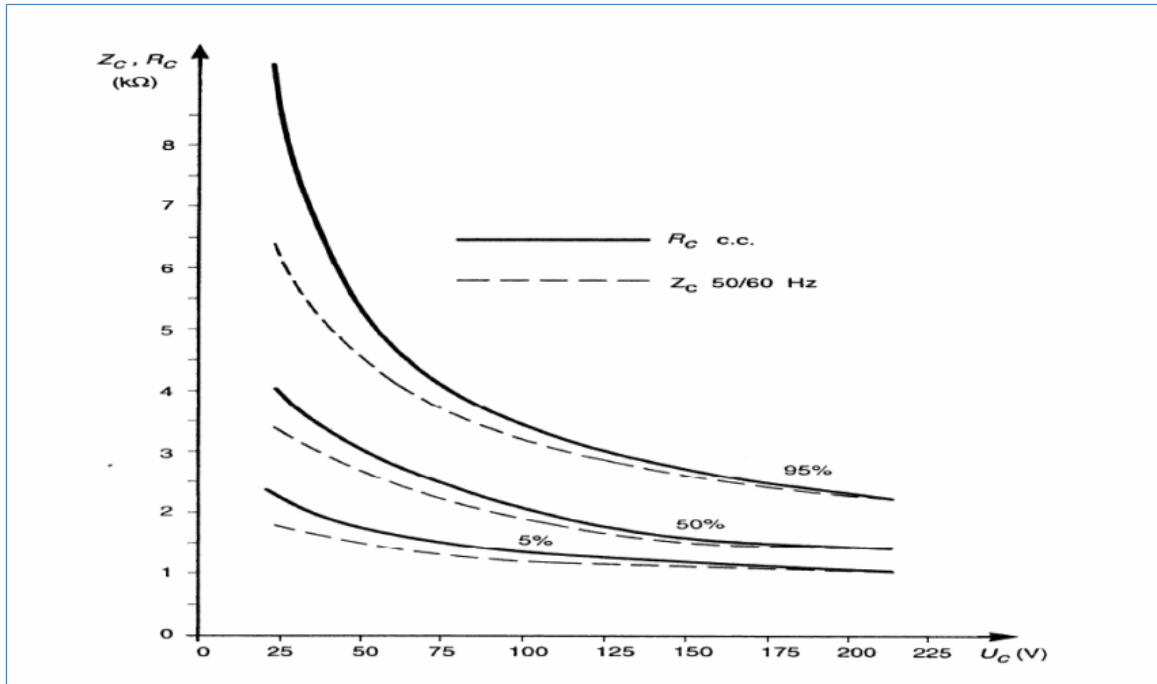


Figura 8.8: impedenza del corpo umano in funzione della tensione applicata e della frequenza

Osservando la curva più in basso, sempre fra quelle valevoli a 50 Hz, che fa riferimento al caso di maggiore pericolo per la persona, si può stimare che, nel 95% dei casi, per tensioni di circa 50 V vale $R_c=1500 \Omega$ mentre per tensioni di circa 220 V vale $R_c=1000 \Omega$. Quest'ultimo valore è stato assunto come resistenza convenzionale del corpo umano dalla norma CEI 11-8.

Altro grafico rappresentante la variazione dell'impedenza del corpo umano in funzione della tensione e della frequenza è di seguito presentato (figura 1.9).

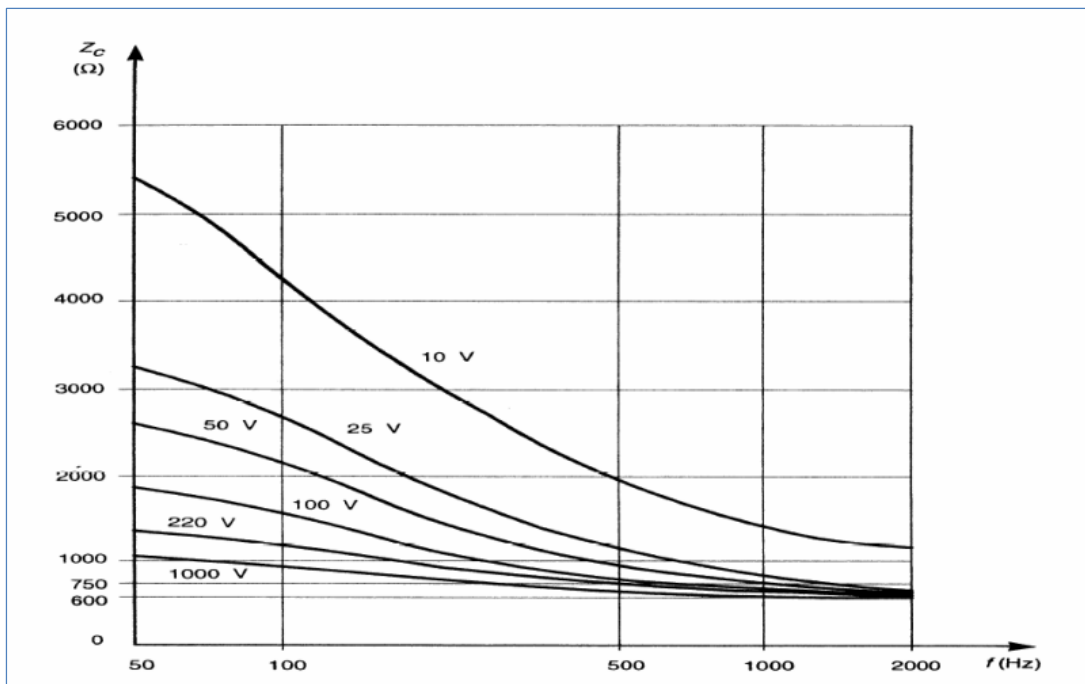


Figura 9.9: variazione dell'impedenza del corpo umano in funzione della tensione applicata e della frequenza

Si può osservare come l'impedenza del corpo umano diminuisca sia al crescere della tensione sia al crescere della frequenza.

1.3.4 Limiti di pericolosità

Per motivi pratici ci si riferisce, più che ai limiti di corrente pericolosa, ai limiti di tensione pericolosa. Gli uni e gli altri sono ovviamente legati dalla legge di Ohm, per il tramite della resistenza del corpo umano.

Per curva di sicurezza tensione/tempo s'intende la curva che individua il tempo per il quale è sopportabile un generico valore di tensione senza subire effetti inaccettabili.

Tale curva può essere ricavata partendo dalla curva di sicurezza corrente/tempo la quale invece individua il tempo per il quale è sopportabile un generico valore di corrente.

Viene di seguito illustrato il procedimento utilizzato nelle norme per ricavare la curva di sicurezza tensione/tempo partendo dalla curva corrente/tempo.

Nel caso di corrente alternata a frequenza industriale, la curva corrente/tempo è illustrata nel grafico sottostante (figura 1.10): la curva **a** è la soglia di percezione; la curva **b** è la soglia del cosiddetto shock elettrico; la curva **c1** individua il limite della fibrillazione ventricolare e in particolare la curva **c2** fa riferimento a una probabilità del 5% e la curva **c3** ad una probabilità del 50% che si verifichi tale avvenimento.

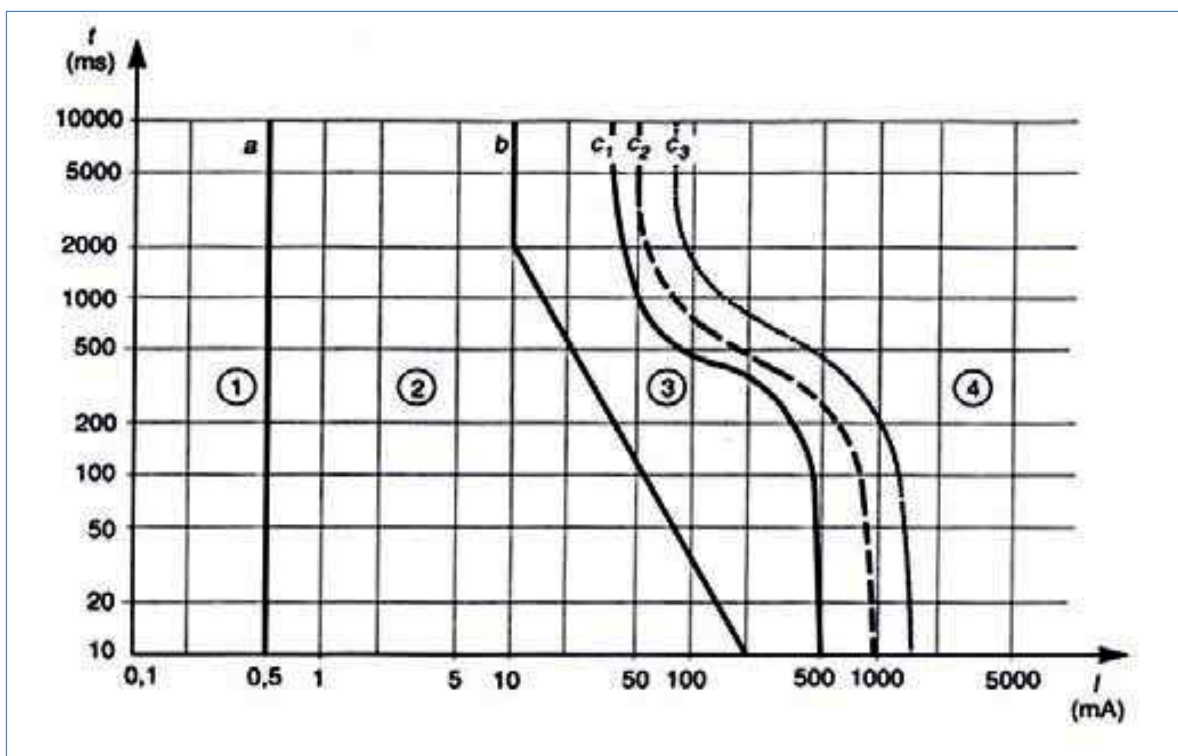


Figura 10.10: curva di sicurezza corrente/tempo

Le norme stabiliscono come soglia di pericolosità il valore di 10 mA, valore sufficientemente elevato da essere avvertito dall'infortunato, ma non abbastanza da impedirne la decontrazione volontaria della muscolatura.

Indicata con R_c la resistenza del corpo umano, con I_p la corrente che passa nella persona e con V_c la tensione di contatto, risulta:

$$V_c = R_c * I_p$$

Poiché i limiti di pericolosità della corrente I_p sono noti, osservando il grafico superiore (figura 1.10) e moltiplicando questi valori per R_c si ottengono i limiti di pericolosità della tensione di contatto V_c .

In realtà la procedura non è così semplice poiché:

- la resistenza R_c non è costante e in particolar modo varia in funzione della tensione di contatto stessa;
- la tensione di contatto V_c dipende dalla presenza di una resistenza aggiuntiva: la resistenza di terra.

Per resistenza di terra si intende quella resistenza presente tra la persona e la terra se la corrente attraversa il corpo in maniera longitudinale, ad esempio mani - piedi - terra, al contrario non è presente se la corrente attraversa il corpo in maniera trasversale, ad esempio mano - torace - mano. Una stima di questi valori è 200Ω all'aperto o negli edifici se il pavimento è bagnato, oppure 1000Ω se il pavimento è asciutto o in presenza di scarpe con suola isolante.

Si noti in ogni caso che la presenza di tale resistenza è a favore della sicurezza, sia perché limita il valore della corrente, sia perché limita la tensione di contatto. Per capire questo consideriamo il seguente schema elettrico (figura 1.11): è la rappresentazione di una persona di resistenza R_c che ha i piedi per terra e tocca con la mano una massa M sotto tensione. In serie alla resistenza R_c deve essere considerata la resistenza verso terra della persona R_{tp} . In assenza di contatto tra la persona e il punto sotto tensione M , la differenza di potenziale tra M e la terra si chiama tensione di contatto a vuoto e si indica con V_{co} mentre, in presenza di contatto, la differenza di potenziale che si stabilisce sulla persona è proprio la tensione di contatto V_c .

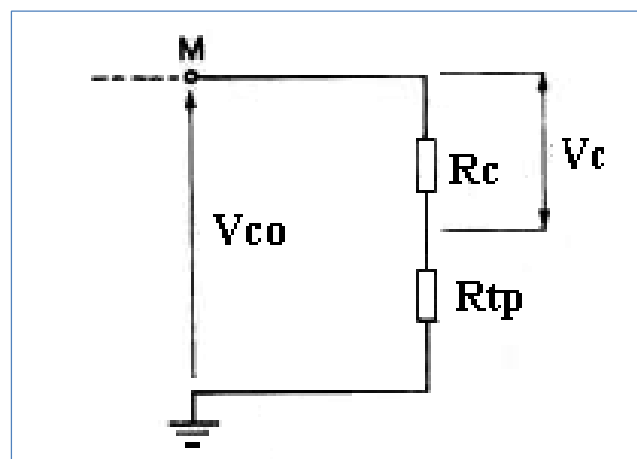


Figura 11.11: tensione di contatto e tensione di contatto a vuoto

La tensione V_c si può calcolare applicando la regola del partitore di tensione:

$$V_c = V_{co} * \frac{R_c}{R_c + R_{tp}} = \frac{V_{co}}{1 + \frac{R_{tp}}{R_c}}$$

Ovviamente risulta sempre $V_c < V_{co}$ tuttavia:

- se $R_{tp} \gg R_c$ (scarpe isolanti o pavimento asciutto), risulta $V_c \ll V_{co}$;
- se $R_{tp} \ll R_c$ (scarpe non isolanti, pavimento umido, all'aperto) risulta $V_c \approx V_{co}$.

A seguito di queste osservazioni, poiché la tensione di contatto V_c è difficilmente prevedibile mentre la tensione di contatto a vuoto V_{co} si conosce facilmente, si è stabilito di fissare i limiti di pericolosità non della tensione di contatto V_c ma della tensione di contatto a vuoto V_{co} . Si osservi che questa semplificazione è comunque a favore della sicurezza perché, come già detto, vale sempre $V_c < V_{co}$. Si noti anche che questa semplificazione non equivale a trascurare la resistenza di terra R_{tp} anzi equivale a considerarla come una maggiorazione della resistenza del corpo umano, infatti di seguito si considererà la seguente relazione tra tensione e corrente:

$$V_{co} = (R_c + R_{tp}) * I_c$$

Il problema della variabilità della resistenza R_c , viene superato dalle norme considerando convenzionalmente come riferimento una particolare curva $R_c(V_c)$ tra quelle illustrate nel grafico del paragrafo precedente (figura 1.8).

A questo punto, la procedura si differenzia per il calcolo dei limiti valevoli in bassa tensione e per quelli valevoli in media e alta tensione: la norma assume convenzioni diverse nei due casi.

Norma 64.8 per la bassa tensione

La curva di sicurezza tensione-tempo si ricava facendo riferimento ad una curva corrente/tempo intermedia fra le soglie b e $c1$, ad un percorso della corrente fra mano e piedi e alla curva della resistenza di contatto che non viene superato dal 5% della popolazione. Inoltre la curva di sicurezza tensione/tempo è stata dedotta assumendo in serie alla resistenza del corpo umano una resistenza verso terra:

- di 1000 Ω in condizioni ordinarie;
- di 200 Ω in condizioni particolari.

Fissate tali convenzioni il procedimento è quindi il seguente:

- calcolare, per un dato valore di tensione, la corrente che fluisce attraverso la somma delle resistenze $R_c + R_{tp}$;
- nella curva corrente/tempo leggere il tempo corrispondente al valore di corrente;
- tale è il tempo per cui può essere tollerato quel valore di tensione.

Si ottengono così le curve di sicurezza tensione/tempo illustrate nel seguente grafico (figura 1.12).

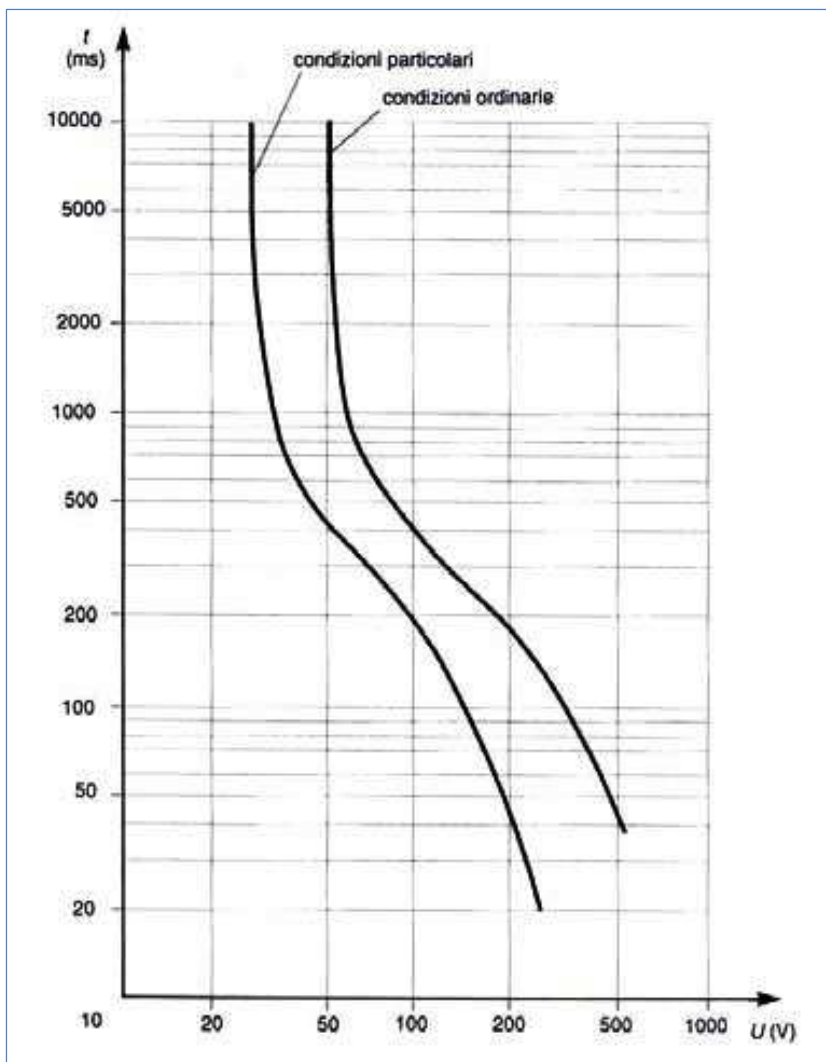


Figura 12.12: curve di sicurezza tensione/tempo norme 64.8

Un'analisi della figura rivela che, in condizioni ordinarie, una tensione di 50 V tra una massa e terra può essere considerata innocua infatti si può tollerare per un tempo indeterminato, mentre, in condizioni particolari, tale valore scende a 25 V. Ovviamente maggiore è la tensione e minore è il tempo di tollerabilità.

Norma 11.1 per la media e alta tensione

La curva di sicurezza tensione-tempo si ricava facendo riferimento alla curva corrente/tempo c2, ad un percorso della corrente fra mano e piedi e alla curva della resistenza di contatto che non viene superato dal 50% della popolazione.

Con lo stesso procedimento illustrato in precedenza, si ricava la curva di sicurezza illustrata nel seguente grafico (figura 1.13).

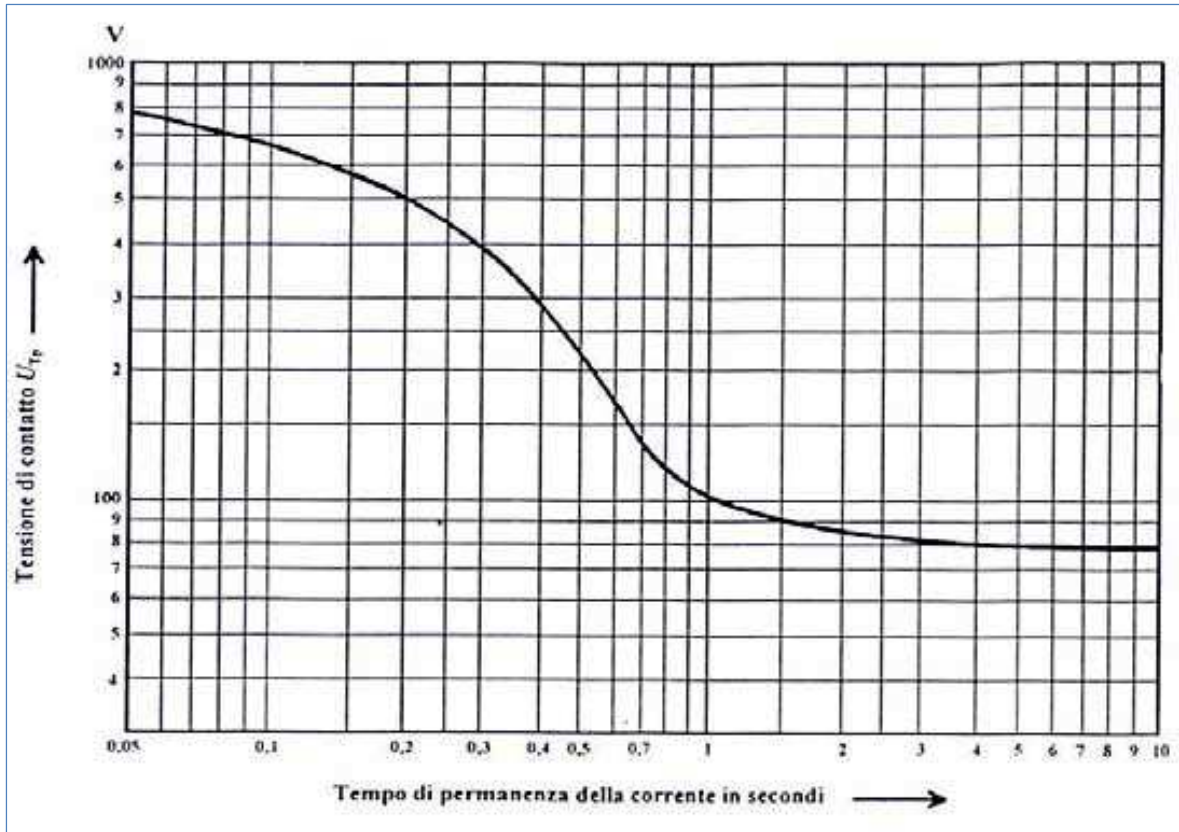


Figura 13.13: curva di sicurezza tensione/tempo norme 11.1

Il seguente grafico (figura 1.14) permette di confrontare le differenti curve imposte dalle norme.

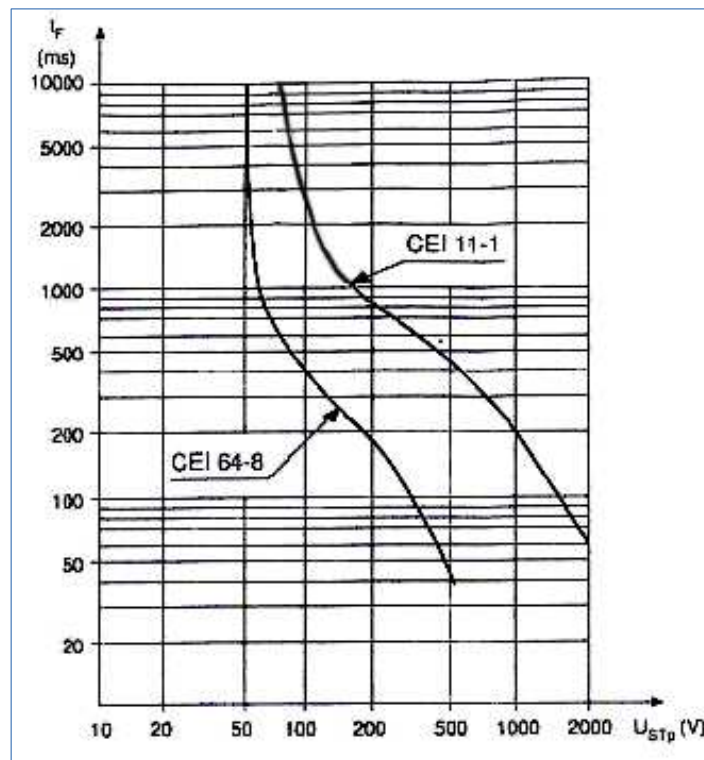


Figura 14.14: confronto curve di sicurezza tensione/tempo norme 64.8 e norme 11.1

Oltre a questi limiti sulle tensioni di contatto, le norme definiscono anche dei limiti per la tensione di passo.

Si ricordi che la tensione di passo è la tensione che una persona, suo malgrado, trova applicata ai piedi, posti alla distanza convenzionale di un metro, a causa di correnti circolanti nel terreno: le cause tipiche sono l'entrata in servizio di un impianto di messa a terra posto nelle vicinanze, oppure, come illustrato nel seguente disegno (figura 1.15), una scarica atmosferica sempre nell'immediate vicinanze.

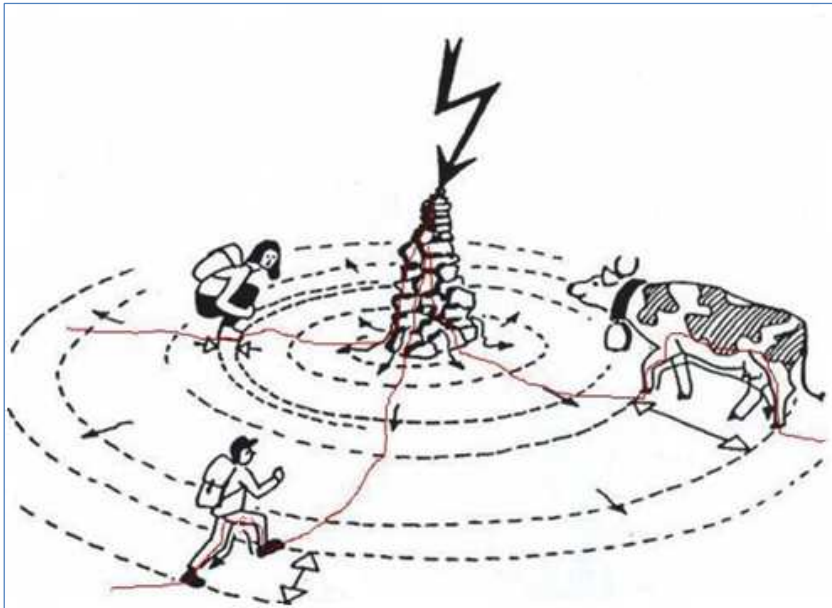


Figura 15.15: possibile formazione della tensione di passo a causa di una scarica atmosferica

La norma 11.27 prescrive che per la tensione di passo siano considerati gli stessi limiti di pericolosità delle tensioni di contatto, ma moltiplicati per 3, in quanto si assume un fattore di percorso piede-piede pari a 3. Il fattore di percorso è il rapporto tra il valore della corrente che implica una probabilità di fibrillazione nel percorso piede-piede, e il valore di corrente che determina la medesima probabilità di fibrillazione nel percorso mani-piedi.

Capitolo 2

Il rischio elettrico

La corrente elettrica è pericolosa ed è stato dimostrato nel capitolo precedente, ma è realmente un problema? In questo capitolo si cercherà di dare una risposta a questa domanda, innanzitutto fornendo gli strumenti di valutazione utilizzati nel mondo del lavoro, e in seguito effettuando un'analisi statistica.

2.1 Definizioni

Il pericolo è una fonte di possibili lesioni sia fisiche che materiali. Il rischio, indicato con R, è la probabilità, indicata con P, che sia raggiunto il limite di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione di un determinato fattore, moltiplicata per la gravità, anche detta magnitudo e indicata con M, delle possibili lesioni che l'evento può produrre:

$$R = P * M$$

L'indice di probabilità P può assumere i seguenti valori:

Valore	Criteri
4	Potrebbe accadere facilmente e spesso, altamente probabile
3	Potrebbe accadere facilmente qualche volta
2	Poco probabile
1	Probabilità molto bassa

Tabella 2.1: valori standard per l'indice di probabilità P

L'indice della gravità M può assumere i seguenti valori:

Valore	Criteri
4	Molto grave. Si sono verificati danni che hanno prodotto sulle persone effetti irreversibili sempre letali e/o di invalidità totale. L'esposizione cronica ha effetti letali e/o di invalidità totale. Nell'ambito dell'attività è stata individuata una tipologia di incidente durante una fase dell'attività che può causare danni gravi a persone o cose e/o produrre alta contaminazione dell'ambiente. Sono presenti sostanze e/o preparati cancerogeni tossici o molto tossici, altamente infiammabili, capaci di esplodere, molto pericolosi per l'ambiente, agenti biologici del gruppo 4 (rischio alto per l'uomo e per la collettività).
3	Grave. Si sono verificati danni che hanno prodotto sulle persone effetti irreversibili (morte, perdite anatomiche e/o funzionali). Si sono verificati danni che hanno prodotto inabilità temporanea con prima prognosi con più di 30 giorni di guarigione. L'esposizione cronica ha effetti irreversibili e/o parzialmente invalidanti. Nell'ambito dell'attività è stata individuata una tipologia di incidente durante una fase dell'attività che può causare dan-

	ni a persone o cose e/o produrre contaminazione dell'ambiente. Sono presenti sostanze e/o preparati cancerogeni tossici, altamente infiammabili, capaci di esplodere, pericolosi per l'ambiente, agenti biologici del gruppo 3 (rischio alto per l'uomo).
2	Rilevante. Si sono verificati danni che hanno prodotto inabilità temporanea con prognosi tra i 4 ed i 30 giorni di guarigione. L'esposizione cronica ha effetti reversibili. Nell'ambito dell'attività è stata individuata una tipologia di incidente durante una fase dell'attività che può causare danni moderati a persone o cose e/o produrre una limitata contaminazione dell'ambiente. Sono presenti sostanze e/o preparati cancerogeni, agenti biologici del gruppo 2, molto tossici per ingestione e/o contatto cutaneo, infiammabili, comburenti.
1	Modesto. Si sono verificati danni che hanno prodotto inabilità temporanea e rapidamente reversibile, con prognosi massima di 3 giorni di guarigione. L'esposizione cronica ha effetti rapidamente reversibili. Nell'ambito dell'attività è stata individuata una tipologia di incidente durante una fase dell'attività che può causare danni lievi a persone o cose. Sono presenti agenti biologici del gruppo 1, sostanze e/o preparati tossici per ingestione, nocivi per inalazione e/o contatto cutaneo o irritanti.

Tabella 2.2: valori standard per l'indice di gravità **M**

Il tutto è raffigurabile in un'opportuna rappresentazione grafico-matrice avente in ascisse la gravità del danno atteso ed in ordinata la probabilità del suo verificarsi:

4	4	8	12	16
3	3	6	9	12
2	2	4	6	8
1	1	2	3	4
	1	2	3	4

Tabella 2.3: valori standard per l'indice di rischio **R**

I rischi maggiori occuperanno in tale matrice le caselle in alto a destra (danno letale, altamente probabile), quelli minori le posizioni più vicine all'origine degli assi (danno lieve, improbabile), con tutta una serie di posizioni intermedie facilmente individuabili.

Per gli infortuni di origine elettrica, come sarà illustrato nel successivo paragrafo, ci si posiziona nella zona in basso e a destra della matrice suddetta cioè a gravità elevata ma a bassa probabilità.

Una tale rappresentazione costituisce di per sé un punto di partenza per la definizione delle priorità e la programmazione temporale degli interventi di protezione e prevenzione da adottare. I livelli di priorità sono illustrati nella seguente tabella:

Indice di rischio	Entità	Adempimenti
$R > 9$	priorità molto alta	Area in cui individuare e programmare azioni correttive urgenti, con interventi di protezione e prevenzione per ridurre sia la probabilità che il danno potenziale.
$5 \leq R \leq 9$	priorità alta	Area in cui individuare e programmare miglioramenti ed azioni correttive prioritarie con interventi di protezione e prevenzione per ridurre la probabilità o il danno potenziale.

$3 \leq R \leq 4$	priorità media	Area in cui individuare e programmare miglioramenti ed azioni correttive da programmare a medio termine; verificare che i pericoli potenziali siano sotto controllo.
$1 \leq R \leq 2$	priorità trascurabile	Area in cui i pericoli potenziali sono sufficientemente sotto controllo; valutare eventuali miglioramenti.

Tabella 2.4: livelli di priorità in base all'indice di rischio

Quello che può essere ottenuto tramite una valutazione oggettiva di probabilità e magnitudo, può anche essere valutato tramite gli strumenti statistici forniti dalla normativa.

La norma UNI 7249 ("Statistiche degli infortuni sul lavoro"), prevede gli indici di gravità e frequenza come principali misure rispettivamente del danno infortunistico (cioè della serietà delle conseguenze degli incidenti sul lavoro) e della dimensione del rischio infortunistico.

Gli indici di gravità vengono calcolati con una delle due formule seguenti, anche se in realtà la norma UNI cita solo la prima:

$$\frac{gT + gP + gM}{h} * 10000$$

$$\frac{gT + gP + gM}{n}$$

dove gT è la somma dei giorni di inabilità temporanea,

$$gP = \frac{\sum_i perc_i}{100} * 7500$$

è la somma dei giorni convenzionali di invalidità permanente, con $perc_i$ pari al grado di inabilità permanente del caso i -esimo, espresso in percentuale, e gM è la somma dei giorni convenzionali di invalidità dei casi mortali, pari a $7500M$, con M numero dei casi di morte. h e n indicano rispettivamente le "ore lavorate" e il numero di lavoratori all'anno. In pratica, guardando la seconda formula, l'indice di gravità rappresenta il numero di giornate mediamente perse da ogni addetto a causa degli infortuni. Per il calcolo si fanno le seguenti considerazioni sul numero di giorni persi:

- per un infortunio con inabilità temporanea si considera l'effettivo numero di giorni persi;
- per un infortunio con inabilità permanente si fa l'ipotesi che ogni grado di inabilità corrisponda a 75 giorni persi;
- per un infortunio con morte si ipotizzano 7500 giorni persi.

Gli indici di frequenza (i_f) previsti dalla norma UNI hanno al numeratore gli infortuni (n_i) verificatisi in un anno ed al denominatore le ore lavorate (h) nello stesso anno. Allo scopo di rendere più leggibile il risultato, tale rapporto viene poi moltiplicato per un milione. L'indice dunque fornisce il numero di infortuni avvenuti ogni milione di ore lavorate.

$$i_f = \frac{n_i}{h} * 10^6$$

In alcuni casi l'indice di frequenza è calcolato ponendo al denominatore il numero di operai (o di addetti, indicato con n) anziché le ore lavorate. Questa soluzione, benché sia più agevole, è meno accurata, dovendo produrre un indicatore del rischio di infortuni.

$$i_f = \frac{n_i}{n} * 10^6$$

Gli indici di frequenza annuali sono spesso influenzati da singoli avvenimenti straordinari, in cui sono coinvolti vari lavoratori. Ciò è particolarmente vero quando gli indici sono riferiti a piccole aree geografiche (es. una provincia), ad attività economiche con pochi addetti ed a conseguenze "rare" (es. morte). Per attenuare l'effetto degli avvenimenti eccezionali e, quindi, dare una misura del rischio più rappresentativa della realtà ordinaria talvolta si ricorre alle medie triennali. Gli infortuni esaminati al numeratore degli indici di frequenza sono quelli indennizzati dall'INAIL e "definiti" entro il 31 dicembre dell'anno successivo a quello di accadimento (solitamente il 95% dei casi). L'INAIL "copre" quasi la totalità dei lavoratori. Gli infortuni indennizzabili dall'INAIL sono:

- gli infortuni che rispondono alle seguenti caratteristiche:
 - sono avvenuti in occasione di lavoro;
 - hanno provocato:
 - morte;
 - (oppure) inabilità permanente;
 - (oppure) inabilità temporanea che abbia comportato; l'astensione dal lavoro per più di tre giorni;
 - hanno avuto causa violenta;
- gli infortuni avvenuti in itinere (cioè verificatisi durante il percorso tra l'abitazione del lavoratore ed il luogo di lavoro) che abbiano la seguente caratteristica:
 - siano avvenuti procedendo su un percorso obbligato;
 - (oppure) il mezzo di trasporto utilizzato sia stato prescritto o autorizzato dal datore di lavoro.

2.2 Dati statistici

In Italia avvengono circa 8000 infortuni dovuti ad elettrocuzione in un anno (sul lavoro e domestici), e circa il 5% di questi, quindi circa 400 infortuni all'anno, sono mortali, percentuale 30 volte superiore a quella degli infortuni di origine non elettrica.

Purtroppo il numero annuo di infortunati sale a 10.000 se si considerano anche quegli episodi che hanno origine elettrica, ma non figurano nelle statistiche tra quelli dovuti all'elettricità, ad esempio:

- cadute dall'alto (impalcature o scale) a seguito di azione eccito-motoria della corrente;
- morte per schiacciamento: un guasto del circuito elettrico, mal progettato e costruito, può provocare ad esempio l'azionamento improvviso di un'apparecchiatura o di una macchina utensile;

- cause connesse alla mancanza di energia elettrica ed al successivo ripristino, dove non è prevista un'adeguata alimentazione di sicurezza;
- esplosioni ed incendi la cui sorgente di innesco è di origine elettrica.

Non solo il contatto diretto con l'elettricità e l'elettrocuzione, quindi, è causa di infortunio.

Come evidenziato dallo studio condotto dall'A.S.L. 17 del Piemonte è difficile determinare quale sia realmente il rischio elettrico, in quanto dalle statistiche condotte sugli infortuni sul lavoro è difficile risalire a quelli realmente originati da cause di natura elettrica.

Le ricerche dell'INAIL riguardanti gli infortuni nel mondo del lavoro, riportano informazioni generiche dalle quali è comunque possibile estrapolare delle considerazioni.

Nella tabella seguente sono state riportate solo alcune attività economiche in modo da evidenziare i principali settori in cui avvengono incidenti sul lavoro:

Attività economica (ATECO 91)	Tipo evento				Totale	
	mortale		grave		n	%
	n	%	n	%	n	%
F Costruzioni	640	42,70	293	33,45	933	39,28
A Agricoltura, caccia e silvicoltura	281	18,75	68	7,76	349	14,69
DJ Produzione di metallo e fabbricazione di prodotti in metallo	118	7,87	114	13,01	232	9,77
I Trasporti, magazzinaggio e comunicazioni	98	6,54	40	4,57	138	5,81
G Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di auto, moto e di beni personali e per la casa	50	3,34	44	5,02	94	3,96
DI Fabbricazione di prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi	45	3,00	28	3,20	73	3,07
... ..						
E Produzione e distribuzione di energia elettrica, gas e acqua	3	0,20	/	/	3	0,13

Tabella 2.5: Infortuni sul lavoro per attività economica dell'azienda d'appartenenza del lavoratore

Si nota immediatamente che l'ambito delle costruzioni è luogo principale d'infortunio, in quanto sede ideale di una serie di circostanze "pericolose" (cantieri con impalcature, cavi ecc). Le attività esplicitamente di natura elettrica sono percentualmente poco rilevanti in rapporto alla totalità, anche se è da considerare come gli incidenti siano esclusivamente di natura mortale.

Se si analizza, poi, quali sono le origini degli infortuni mortali nel settore delle costruzioni, dati relativi al 2004, figura seguente, è possibile vedere come la caduta dall'alto sia la principale causa di decesso, anche se di tale causa non è possibile conoscere l'origine scatenante (malore, scossa elettrica ecc).

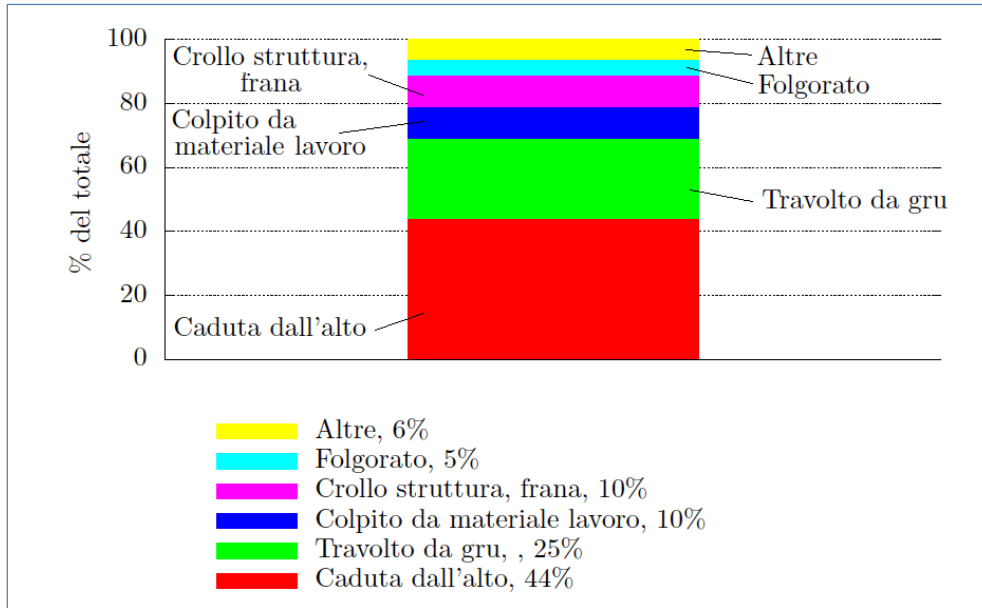


Tabella 2.6: cause degli infortuni mortali dei lavoratori nel settore delle costruzioni (anno 2004)

Secondo INAIL, la lista dei principali motivi che causano incidenti mortali e su cui bisogna incentrare i maggiori sforzi è la seguente:

- caduta degli infortunati dall'alto 26,40%;
- caduta di oggetti sugli infortunati 15,10%;
- perdita di controllo di mezzi di trasporto 15,70%;
- caduta, crollo di oggetti posti sotto gli infortunati 5,50%;
- perdita di controllo di macchinari 4,00%;
- **contatti elettrici diretti 3,30%;**
- esplosione 1,80%;
- fuoriuscita di liquido o vapore 1,10%.
- incendio 0,70%.

Cause, invece, d'infortunio grave sono, per esempio:

- caduta degli infortunati dall'alto 20,00%;
- perdita di controllo di macchinari 13,30%;
- movimenti non coordinati, gesti intempestivi ecc 8,50%;
- perdita di controllo di mezzi di trasporto 6,70%;
- essere afferrato, travolto da qualcosa 5,30%.

Ancora una volta si evidenzia come principale causa d'infortunio la caduta dall'alto e la pericolosità dell'infortunio di origine elettrica che, comunque, non può essere considerato indicativo del "problema elettrico" per quanto già detto in precedenza.

La figura seguente mostra, trascurando tutte quelle tipologie che compaiono con una percentuale inferiore al 3% del totale, come il contatto diretto con l'elettricità rappresenti una percentuale rilevante sulla casistica esposta, considerando che ben 40 infortuni su 49 sono mortali. Esistono an-

che, come classificazione, “il contatto indiretto con circuito elettrico o fulmine passivo” e “il contatto con la corrente elettrica”, ma hanno percentuali inferiori allo 0,5 e quindi non sono riportati.

Contatto	Tipo evento					
	mortale		grave		Totale	
	n	%	n	%	n	%
Movimento verticale, schiacciamento su/contro (risultato di una caduta)	370	35,34	15	28,14	529	32,82
Incastramento, schiacciamento sotto	183	17,48	51	9,03	234	14,52
Incastramento, schiacciamento fra	78	7,45	59	10,44	137	8,5
Urto da parte di oggetto in caduta	82	7,83	33	5,84	115	7,13
Urto da parte di oggetto - compresi i veicoli - in rotazione, in movimento, in spostamento	41	3,92	25	4,42	66	4,09
Contatto con agente materiale tagliente (coltello/lama)	6	0,57	44	7,79	50	3,1
Contatto diretto con elettricità, subire una scarica elettrica nel corpo	42	4,01	7	1,24	49	3,04
Perdita violenta, recisione d'un membro, di una mano, di un dito	1	0,1	48	8,5	49	3,04

Tabella 2.7: Infortuni sul lavoro per “contatto” e per tipologia di evento

La tabella seguente illustra il tipo di lavoro nel corso del quale è avvenuto l'infortunio:

Agente materiale dell'attività fisica specifica	Tipo evento					
	mortale		grave		Totale	
	n	%	n	%	n	%
Coperture (tetti), terrazze, vetrate, ossature	59	5,76	10	1,80	69	4,36
Trattore agricolo	48	4,69	2	0,36	50	3,16
Scale portatili (a pioli, estensibili, ecc.), sgabelli	23	2,25	12	2,15	35	2,21
Camion, rimorchi, semirimorchi - per il trasporto merci	27	2,64	3	0,54	30	1,90
Ponteggi, impalcature (non mobili)	22	2,15	5	0,90	27	1,71
Parti fisse di edifici in altezza (coperture, terrazze, aperture, scale, rampe)	20	1,95	2	0,36	22	1,39
...						
Impianti elettrici (impianti fissi a bassa tensione)	3	0,29	2	0,36	5	0,32
Reti elettriche (stazioni di trasformazione, linee aeree)	2	0,20	1	0,18	3	0,19
Dispositivi di trasmissione e stoccaggio di energia (meccanica, pneumatica, idraulica, elettrica, batterie e accumulatori compresi)	2	0,20	/	/	2	0,13
Trasmissioni elettriche (circuiti elettrici)	2	0,20	/	/	2	0,13
Motori, generatori di energia (termica, elettrica, di irraggiamento) ivi compresi i compressori e le pompe	1	0,10	/	/	1	0,06

Tabella 2.8: Infortuni sul lavoro per “agente materiale dell'attività fisica specifica” e per tipologia di evento

Dalla seguente tabella è possibile notare come la lesione di natura elettrica rientri tra le principali e sia, come sempre, principalmente di carattere mortale.

Natura della lesione	Tipo evento				Totale	
	mortale		grave			
	n	%	n	%	n	%
Contusione	245	19,81	98	14,00	343	17,71
Corpi estranei	13	1,05	2	0,29	15	0,77
Ferita	62	5,01	77	11,00	139	7,18
Frattura	763	61,68	351	50,14	1.114	57,51
Lesioni agenti infettivi e parassitari	2	0,16	/	/	2	0,10
Lesioni altri agenti: calore, elettricità , radiazioni, sostanze chimiche	127	10,27	41	5,86	168	8,67
Lesioni da sforzo	4	0,32	2	0,29	6	0,31
Lussazione, distorsione, distrazione	5	0,40	9	1,29	14	0,72
Perdita anatomica	16	1,29	120	17,14	136	7,02
Totale valido	1.237	100,00	700	100,00	1.937	100,00
Missing	274		187		461	
Totale	1.511		887		2.398	

Tabella 2.9: Infortuni sul lavoro per natura della lesione e per tipologia di evento

Un'ultima tabella è fornita per dare una visione d'insieme sugli infortuni nel panorama italiano. Il Gruppo di lavoro REGIONI - INAIL - ISPESL, ha evidenziato i risultati dell'indagine sugli infortuni mortali, secondo diversi comparti produttivi, utilizzando il flusso INAIL degli infortuni accaduti nel 2000 e definiti in permanente a tutto il 2001:

Regione	Industria									
	(1) Agricoltura	0 Commercio	2 Chimica	3 Costruzioni	4 Elettricità	5 Legno e affini	6 Metallurgia	7 Mineraria	8 Tessile e abbigl.	9 Trasporti
Piemonte	24,8	17,1	2,9	19,1	1,1	3,8	19,2	2,7	1,8	7,5
Liguria	9,5	29,6	2,5	23,8	1,6	1,8	18,8	2,1	0,5	9,7
Lombardia	10,7	17,5	6,9	23,5	0,6	4,7	23,6	2,1	3,5	6,9
Prov. Trento	24,3	17,0	2,9	30,6	0,0	3,9	9,7	2,4	1,9	7,3
Veneto	16,0	17,7	4,9	20,9	0,3	6,6	19,6	3,8	3,6	6,6
Emilia Romagna	20,9	20,6	3,5	20,7	0,6	2,7	16,6	3,6	2,4	8,3
Toscana	19,8	22,0	3,5	20,9	0,7	3,9	12,0	4,7	5,6	6,9
Umbria	22,1	19,1	3,2	24,0	0,8	4,9	14,7	2,3	2,8	6,2
Puglia	23,1	17,8	2,3	25,9	1,0	3,4	14,6	3,6	1,8	6,4
Basilicata	27,3	19,0	2,9	22,7	1,2	3,3	13,6	4,1	1,2	4,5
Sicilia	20,0	22,4	2,4	30,9	0,8	3,0	9,2	4,2	0,7	6,2
Sardegna	21,2	24,9	1,0	26,8	1,2	6	3,5	7,3	4,4	1,5
Italia	18,8	20,3	3,9	22,8	0,8	4,0	16,2	3,2	2,8	7,2

Tabella 2.10: Infortuni mortali sul territorio italiano suddivisi per settore industriale

Capitolo 3

La legge italiana

La legislazione italiana che regola il tema della sicurezza è molteplice. Tra le innumerevoli leggi riguardanti in particolare il settore elettrico, vengono di seguito presentate le principali disposizioni legislative organizzate per locazione.

3.1 Costituzione

La prima fonte legislativa è la Costituzione, dove si può leggere:

- art. 32: “La Repubblica tutela la salute come fondamentale diritto dell’individuo e interesse della collettività...”;
- art. 35: “La Repubblica tutela il lavoro in tutte le sue forme ed applicazioni...”;
- art. 41: “L’iniziativa economica privata è libera. Non può svolgersi in contrasto con l’utilità sociale o in modo da recare danno alla sicurezza, alla libertà, alla dignità umana...”.

L’art. 32 della Costituzione si riferisce all’individuo, in generale, come cittadino o lavoratore. A quest’ultimo sono rivolte la maggior parte delle leggi inerenti alla prevenzione degli infortuni.

La legge 23-12-1978 n. 833 “Istituzione del servizio sanitario nazionale” ha posto sullo stesso piano, almeno in teoria, la sicurezza in ambienti di lavoro e di vita.

3.2 Codice civile

Il Codice Civile stabilisce:

- art. 2050: “Chiunque cagiona danni ad altri nello svolgimento di una attività pericolosa, per sua natura o per la natura dei mezzi adoperati, è tenuto al risarcimento se non prova di aver adottato tutte le misure idonee ad evitare il danno”;
- art. 2087: “L’imprenditore è tenuto ad adottare nell’esercizio dell’impresa le misure che secondo la particolarità del lavoro, l’esperienza e la tecnica, sono necessarie a tutelare l’integrità fisica e la personalità morale dei prestatori di lavoro”.

3.3 Codice penale

Il Codice Penale sancisce:

- art. 437: “Chiunque omette di collocare impianti, apparecchi o segnali destinati a prevenire disastri o infortuni sul lavoro, ovvero li rimuove o danneggia, è punito con la reclusione

da sei mesi a cinque anni; se dal fatto deriva un disastro o un infortunio, la pena è della reclusione da tre a dieci anni”.

L'articolo suddetto si riferisce al caso in cui c'è volontà e intenzione di omettere le cautele e di non predisporre le misure di sicurezza, ad esempio per non sostenere la spesa relativa.

- art. 451: “Chiunque, per colpa, omette di collocare, ovvero rimuove o rende inservibili apparecchi o altri mezzi destinati all'estinzione di un incendio o al salvataggio o al soccorso contro disastri o infortuni sul lavoro, è punito con la reclusione fino a un anno e con la multa da lire quarantamila a duecentomila”.

In questo caso l'evento si verifica a causa di negligenza, imprudenza o imperizia.

- Gli artt. 589 (omicidio colposo) e 590 (lesioni personali colpose) nel codice penale sono stati integrati con la legge 11-5-1966 n. 296: quando il fatto è commesso in violazione delle norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro, sono aggravate le sanzioni a carico dei responsabili.
- Un precetto innovativo è stato introdotto con l'art. 9 della legge 20-5-1970 n. 300, nota come *Statuto dei Lavoratori*: “I lavoratori, mediante le loro rappresentanze, hanno il diritto di controllare l'applicazione delle norme per la prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali, e di promuovere la ricerca, l'elaborazione e l'attuazione di tutte le misure idonee a tutelare la loro integrità fisica”.

3.4 Decreti fondamentali

Tra le innumerevoli disposizioni legislative riguardanti il settore elettrico, sono particolarmente importanti:

- il Decreto del Presidente della Repubblica (D.P.R.) numero 547 del 27 aprile 1955 (“Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro”);
- la Legge numero 186/1968 (“Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici”);
- la Legge numero 46 del 5 marzo 1990 (“Norme per la sicurezza degli impianti”);
- il D.P.R. numero 447 del 1991 (“Regolamento di attuazione della legge numero 46/90”);
- il Decreto legislativo (D.Lgs.) numero 626 del 1994;
- il Decreto Ministeriale (D.M.) numero 37 del 22/01/2008 (“Riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici”);
- il D.Lgs. n. 81 del 9 Aprile 2008 (“Testo unico in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro”) successivamente integrato dal D.lgs. n. 106 del 3 agosto 2009 (“*Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo n. 81*”).

In questo capitolo si provvederà a darne una sostanziale presentazione.

3.4.1 D.P.R 547/55

La parte più consistente della legislazione antinfortunistica, contenente la normazione “generale”, perché applicabile a tutte le attività di natura industriale, commerciale o agricola alle quali siano

addetti lavoratori subordinati, risale agli anni 50. Essa è racchiusa nel D.P.R. n. 547/55 e nel D.P.R. n. 303/56, che riguarda più esplicitamente la salute del lavoratore.

Il D.P.R. 27 aprile 1955 numero 547 specifica misure di sicurezza che riguardano, in modo particolare, gli ambienti di lavoro, la protezione e la manutenzione di determinate macchine, la protezione dei lavori implicanti l'impiego di sostanze pericolose ed i mezzi personali di protezione o ai soccorsi d'urgenza.

Di particolare rilevanza, ai fini di questo elaborato, sono, per esempio, gli artt. 19-20 e 28-29, del titolo II. I primi due stabiliscono di fatto che ogni attività svolta in elevazione mediante l'uso di scale deve essere necessariamente sorvegliata da un secondo operatore a terra che eserciti una continua vigilanza della scala stessa. I secondi impongono che ogni luogo o elemento che presenti un particolare pericolo di infortunio, deve essere illuminato in modo diretto con mezzi particolari in modo da assicurare una sufficiente visibilità.

Dall'art. 267 emerge che

“gli impianti elettrici, in tutte le loro parti costruttive, devono essere costruiti, installati e mantenuti in modo da prevenire i pericoli derivanti da contatti accidentali con gli elementi sotto tensione ed i rischi di incendio e di scoppio derivanti da eventuali anomalie che si verifichino nel loro esercizio”.

Questo, insieme all'art. 374, per il quale

“gli impianti, le macchine, gli apparecchi, le attrezzature, gli utensili, gli strumenti, compresi gli appartenenti di difesa, devono possedere, in relazione alle necessità della sicurezza del lavoro, i necessari requisiti di resistenza e di idoneità ed essere mantenuti in buono stato di conservazione e di efficienza”,

evidenzia l'importanza della manutenzione. Si tratta di un aspetto che verrà ripreso sia dalla legge 46/90 (art.10), sia dal D.P.R. 626/94 (art.3, comma 1, lett. r) e dal D.P.R. 462/2001 (“Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi”, artt. 4 e 6).

Dal titolo VII, che riguarda esplicitamente l'ambito elettrico, vale la pena soffermarsi al capo XI (schemi d'impianto). L'art. 334 vieta

“di eseguire lavori su elementi in tensione e nelle loro immediate vicinanze, quando la tensione è superiore a 25 Volt verso terra, se alternata, od a 50 Volt verso terra, se continua”.

Questo divieto può essere non rispettato, per tensioni non superiori a 1000 Volt, purché l'ordine di eseguire il lavoro sia dato dal capo responsabile e siano adottate le misure per garantire l'incolumità dei lavoratori. L'art. 347 stabilisce che

“nei lavori in condizioni di particolare pericolo su macchine, apparecchi o conduttori elettrici la cui esecuzione sia affidata ad un solo lavoratore, deve essere presente anche un'altra persona”.

Inoltre i lavoratori devono essere provvisti di adeguata attrezzatura (artt. 348-349). L'art. 350 prevede che

“al governo delle officine e cabine elettriche presidiate devono essere adibiti almeno due lavoratori ogni qualvolta la presenza di uno solo sia insufficiente o pregiudizievole per la sicurezza personale in relazione all'ubicazione e alle speciali condizioni delle installazioni o alla particolare pericolosità delle manovre od operazioni di esercizio”.

Da qui si evince l'esigenza di più operatori nel caso di operazioni particolarmente pericolose.

Il D.P.R. 547/55 è stato abrogato e sostituito dal Decreto Ministeriale n. 37 del 22 gennaio 2008.

3.4.2 D.Lgs. n. 626/94

Il decreto legislativo del 19 settembre 1994 numero 626 ha accolto quasi completamente il sistema normativo della direttiva quadro numero 89/391/CEE del 12 giugno 1989, frutto del crescente interesse della Comunità Europea per il tema “sicurezza”. Esso ha introdotto un nuovo modo di considerare la materia della sicurezza sui luoghi di lavoro, modificando profondamente il profilo operativo degli adempimenti e delle responsabilità dei vari protagonisti del processo produttivo. In particolare, pone in evidenza il concetto di “prevenzione” come

“il complesso delle disposizioni o misure adottate o previste in tutte le fasi dell'attività lavorativa per evitare o diminuire i rischi professionali nel rispetto della salute della popolazione e dell'integrità dell'ambiente esterno (art. 2, lett. g)”.

La prevenzione, quindi, deve essere considerata come l'insieme della valutazione dei rischi e della predisposizione delle misure necessarie per prevenirli. L'art. 3 ne descrive i punti caratterizzanti, i quali si possono riassumere come segue:

- valutazione dei rischi e redazione del Documento di Valutazione dei Rischi (D.V.R.), contenente:
 - una relazione dei rischi per la sicurezza e la salute durante il lavoro (specificando il criterio di valutazione se non fornito dalla legge);
 - l'individuazione delle misure da adottare per prevenire e proteggere;
 - il programma delle misure da adottare, per garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza;
- organizzazione del Servizio di Prevenzione e Protezione (SPP);
- designazione dei lavoratori addetti alla gestione delle emergenze (pronto soccorso e antincendio, per esempio) e del medico competente;
- verifica costante dell'efficacia delle misure adottate;
- obblighi di formazione e informazione.

L'informazione risponde all'esigenza di far conoscere al lavoratore l'insieme delle misure tecniche organizzative e procedurali di sicurezza sul lavoro e quelle specifiche adottate dall'azienda. L'art. 21 si occupa di questo, andando a specificare che il lavoratore deve essere informato sui rischi professionali generali dell'azienda e specifici della propria attività e sulle procedure che riguardano il pronto soccorso, la lotta antincendio, l'evacuazione dei lavoratori.

Essa deve essere garantita (art.22) al momento dell'assunzione e quando c'è un cambio di mansione e deve essere ripetuta in modo da garantire l'aggiornamento dei lavoratori sui rischi dell'impresa. Per quei lavoratori che assumono ruoli specifici di prevenzione alla sicurezza, inoltre, sono stati previsti dei corsi di formazione di durata specificata (ad esempio, art. 8-bis).

Particolare attenzione viene posta sull'attrezzatura da lavoro, in particolare sui dispositivi di protezione individuale (D.P.I.), sancita al Titolo IV. Si prevede che siano adeguati ai rischi riscontrati nell'azienda, correlati ad un'adeguata formazione e salvaguardati da manomissione, usura o altro.

Nota: I destinatari del D.Lgs. n. 626/94

La tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro non è responsabilità di un singolo individuo, ma è posta in capo a più soggetti. Accanto ai soggetti obbligati appartenenti alla gerarchia dell'impresa (datore di lavoro, dirigente, preposto e lavoratore), il D. Lgs. n. 626/94 introduce nuove figure, che hanno il compito di assistere il datore di lavoro. Tali soggetti sono:

- il Responsabile e gli eventuali addetti del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP e ASPP);
- i lavoratori addetti al pronto soccorso, al servizio antincendio, all'evacuazione e alle emergenze;
- il medico competente;
- il Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza (RLS).

In sostanza il D. Lgs. n. 626/94 individua quattro figure chiave (definizioni all'art. 2):

- il datore di lavoro (preposto, dirigente), cioè il soggetto titolare del rapporto di lavoro con il lavoratore o, comunque, il soggetto che, secondo il tipo e l'organizzazione dell'impresa, ha la responsabilità dell'impresa stessa, in quanto titolare dei poteri decisionali e di spesa;
- i lavoratori, ovvero la persona che presta il proprio lavoro alle dipendenze di un datore di lavoro, e il RLS, cioè persona eletta o designata per rappresentare i lavoratori per quanto concerne gli aspetti della salute e della sicurezza durante il lavoro;
- il SPP (RSPP e ASPP);
- il medico competente.

Il datore di lavoro deve, secondo quanto espresso dall'art. 4,

- individuare e valutare i rischi per la sicurezza e la salute del lavoratore, in relazione all'attività dell'azienda, e quindi redigere il D.V.R.;
- designare il RSPP, gli eventuali ASPP e il medico competente;
- organizzare e gestire la prevenzione in azienda;
- adottare le necessarie misure di sicurezza tecniche, organizzative e procedurali;
- informare e formare i lavoratori sui rischi presenti in azienda, nonché assicurarsi che rispettino le disposizioni sulla sicurezza.

Il lavoratore (art. 5) deve

“prendersi cura della propria sicurezza e della propria salute e di quella delle altre persone presenti sul luogo di lavoro, su cui possono ricadere gli effetti delle sue azioni o omissioni, conformemente alla sua formazione ed alle istruzioni ed ai mezzi forniti dal datore di lavoro”.

Quindi, nei limiti delle sue possibilità (formazione, istruzioni, mezzi ecc) deve:

- osservare le disposizioni e le istruzioni impartite dal datore di lavoro;
- non rimuovere o modificare i dispositivi di sicurezza, di segnalazione e di controllo;
- non compiere di propria iniziativa operazioni pericolose per la propria o altrui sicurezza;
- utilizzare correttamente i D.P.I. e, dall’art. 39, averne cura, non manometterli e segnalare eventuali difetti;
- segnalare immediatamente situazioni di pericolo;
- sottoporsi ai controlli sanitari, ai programmi di formazione o di addestramento;
- contribuire agli obblighi di prevenzione e protezione per la sicurezza e la salute nei luoghi di lavoro.

In sostanza, il lavoratore viene chiamato in causa in materia di sicurezza, sia come singolo sia tramite il RLS, eletto dagli stessi lavoratori, scelto tra i lavoratori o nell’ambito delle rappresentanze sindacali, in numero variabile a seconda della grandezza dell’azienda.

Il RLS

“riceve le informazioni e la documentazione aziendale inerente la valutazione dei rischi e le misure di prevenzione relative, nonché quelle inerenti le sostanze e i preparati pericolosi, le macchine, gli impianti, l’organizzazione e gli ambienti di lavoro, gli infortuni e le malattie professionali (art. 19, lett. e)”.

Esso deve essere consultato per la valutazione dei rischi e delle misure per prevenire e proteggere. Il RLS deve anche essere interpellato per tutto quanto concerne la nomina del SPP e degli addetti al servizio di prevenzione. Il RLS ha il diritto, cioè, di dare osservazioni, pareri e formulare avvertenze (art. 19). Esso deve essere formato in adeguatezza allo svolgimento delle sue funzioni, secondo quanto definito dal D.M. del 16 gennaio 1997.

Il SPP è definito (art. 2) come lo

“insieme delle persone, sistemi e mezzi esterni o interni all’azienda finalizzati all’attività di prevenzione e protezione dai rischi professionali nell’azienda, ovvero unità produttiva”.

RSPP e ASPP, grazie all’introduzione dell’art. 8-bis, devono essere in possesso di attitudini e capacità professionali adeguate ai rischi presenti sul luogo di lavoro in cui svolgono la loro attività. RSPP e ASPP vengono nominati dal datore di lavoro con consultazione del RLS, ma hanno compiti solamente di natura teorico-procedurale. In effetti il D. Lgs. n. 626/94 non prevede alcuna sanzione per le inadempienze del RSPP e degli eventuali ASPP: di fatto, solo il datore di lavoro ha potere decisionale, avendo quello di spesa. Da quanto si legge all’art. 9, il SPP provvede a:

- individuare e valutare i fattori di rischio;
- individuare le misure per la sicurezza e la salute;
- elaborare le misure protettive e preventive;
- proporre i programmi di informazione e di formazione dei lavoratori;
- fornire ai lavoratori le informazioni sui rischi generali e specifici per la sicurezza e la salute;
- partecipare alla riunione periodica di prevenzione e protezione (meglio specificato all'art. 11).

Per tutelare la salute dei lavoratori, l'art. 4 prevede l'obbligo della "sorveglianza sanitaria". È il medico competente che deve attuarla

- tramite accertamenti preventivi, periodici e su richiesta del lavoratore, comunicando il giudizio di idoneità lavorativa anche al datore di lavoro;
- con l'aggiornamento delle cartelle sanitarie;
- collaborando all'informazione e alla formazione dei lavoratori e del RLS;
- partecipando all'individuazione e all'attuazione delle misure di prevenzione e protezione (tra cui la redazione del D.V.R.).

3.4.3 D.Lgs. n. 81/08

Per **Testo unico in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro** (noto anche con l'acronimo **TUSL**, col quale per brevità viene spesso citata la normativa) si intende, nell'ambito del diritto italiano, l'insieme di norme contenute nel **Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81** che, in attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, ha riformato, riunito ed armonizzato, abrogandole, le disposizioni dettate da numerose precedenti normative in materia di sicurezza e salute nei luoghi di lavoro succedutesi nell'arco di quasi sessant'anni, al fine di adeguare il corpus normativo all'evolversi della tecnica e del sistema di organizzazione del lavoro.

In particolare, il nuovo Testo unico ha previsto l'abrogazione (con differenti modalità temporali) delle seguenti normative:

- D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547;
- D.lgs. 19 settembre 1994, n. 626;

Il D.lgs 81/2008 è formato da 306 articoli, suddivisi nei seguenti titoli:

- Titolo I - (art. 1-61)
 - Principi comuni (Disposizioni generali, sistema istituzionale, gestione della previdenza nei luoghi di lavoro, disposizioni penali)
- Titolo II (art. 62-68)
 - Luoghi di lavoro (Disposizioni generali, Sanzioni)
- Titolo III (art. 69-87)
 - Uso delle attrezzature di lavoro e dei dispositivi di protezione individuale (Uso delle attrezzature di lavoro, uso dei dispositivi di protezione individuale, impianti e apparecchiature elettriche)

- Titolo IV (art. 88-160)
 - Cantieri temporanei o mobili (Misure per la salute e sicurezza nei cantieri temporanei e mobili, Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni e nei lavori in quota, sanzioni)
- Titolo V (art. 161-166)
 - Segnaletica di salute e sicurezza sul lavoro (Disposizioni generali, sanzioni)
- Titolo VI (art. 167-171)
 - Movimentazione manuale dei carichi (Disposizioni generali, sanzioni)
- Titolo VII (art. 172-179)
 - Attrezzature munite di videoterminali (Disposizioni generali, obblighi del datore di lavoro, dei dirigenti e dei preposti, sanzioni)
- Titolo VIII (art. 180-220)
 - Agenti fisici (Disposizioni generali, protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro, protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a vibrazioni, protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici, protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a radiazioni ottiche, sanzioni)
- Titolo IX (art. 221-265)
 - Sostanze pericolose (protezione da agenti chimici, protezione da agenti cancerogeni e mutageni, protezione dai rischi connessi all'esposizione all'amianto, sanzioni)
- Titolo X (art. 266-286)
 - Esposizione ad agenti biologici (obblighi del datore di lavoro, sorveglianza sanitaria, sanzioni)
- Titolo XI (art. 287-297)
 - Protezione da atmosfere esplosive (disposizioni generali, obblighi del datore di lavoro, sanzioni)
- Titolo XII (art. 298 - 303)
 - Disposizioni diverse in materia penale e di procedura penale
- Titolo XIII (art. 304 - 306)
 - Disposizioni finali

La struttura della legge è impostata prima con l'individuazione dei soggetti responsabili e poi con la descrizione delle misure gestionali e degli adeguamenti tecnici necessari per ridurre i rischi lavorativi. Alla fine di ciascun titolo sono indicate le sanzioni in caso di inadempienza.

Al testo degli articoli del decreto sono stati aggiunti altri 51 allegati tecnici che riportano in modo sistematico e coordinato le prescrizioni tecniche di quasi tutte le norme più importanti emanate in Italia dal dopoguerra ad oggi.

In ambito legislativo, la denominazione Testo Unico è tra l'altro erranea, in quanto la sicurezza è di competenza esclusiva delle Regioni, all'art.1 comma 2 si sottolinea la clausola di cedevolezza di questo Decreto Legislativo, ovvero nel caso in cui un soggetto con competenza in materia di sicurezza (regioni) legiferi in opposizione al D.Lgs. 81/08, esso viene a decadere sul territorio di competenza dell'organo legiferante.

Il D.lgs 81/2008 è stato successivamente integrato dal D.lgs. n. 106 del 3 agosto 2009 recante *Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*. Le norme contenute nel cosiddetto "decreto correttivo" sono entrate in vigore il 20 agosto 2009.

Nel D.Lgs. n. 81/08 ci sono solo 9 articoli dedicati alla sicurezza elettrica: qui di seguito vengono presentati già coordinati con il D.Lgs. n. 106/09:

TITOLO III - APPARECCHIATURE DI LAVORO, DPI
CAPO III - IMPIANTI E APPARECCHIATURE ELETTRICHE

Art. 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.

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.

Art. 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.

Art. 82. (Lavori sotto tensione)

1. È vietato eseguire lavori sotto tensione. Tali lavori sono tuttavia consentiti nei casi in cui le tensioni su cui si opera sono di sicurezza, secondo quanto previsto dallo stato della tecnica o quando i lavori sono eseguiti nel rispetto delle seguenti condizioni:

- a) le procedure adottate e le attrezzature utilizzate sono conformi ai criteri definiti nelle norme tecniche;
- b) per sistemi di categoria 0 e I purché l'esecuzione di lavori su parti in tensione sia affidata a lavoratori riconosciuti dal datore di lavoro come idonei per tale attività secondo le indicazioni della

pertinente normativa tecnica;

c) per sistemi di II e III categoria purchè:

- 1) i lavori su parti in tensione siano effettuati da aziende autorizzate, con specifico provvedimento del Ministero del lavoro, della salute e delle politiche sociali, ad operare sotto tensione
- 2) l'esecuzione di lavori su parti in tensione sia affidata a lavoratori abilitati dal datore di lavoro ai sensi della pertinente normativa tecnica riconosciuti idonei per tale attività.

2. Con decreto del Ministro del lavoro, della salute e delle politiche sociali, da adottarsi entro dodici mesi dalla data di entrata in vigore del presente decreto legislativo, sono definiti i criteri per il rilascio delle autorizzazioni di cui al comma 1, lettera c), numero 1).

3. Hanno diritto al riconoscimento di cui al comma 2 le aziende già autorizzate ai sensi della legislazione vigente.

Art. 83. (Lavori in prossimità di parti attive)

1. Non possono essere eseguiti lavori non elettrici in vicinanza di linee elettriche o di impianti elettrici con parti attive non protette, o che per circostanze particolari si debbano ritenere non sufficientemente protette, e comunque a distanze inferiori ai limiti di cui alla tabella 1 dell'allegato IX, salvo che vengano adottate disposizioni organizzative e procedurali idonee a proteggere i lavoratori dai conseguenti rischi.

2. Si considerano idonee ai fini di cui al comma 1 le disposizioni contenute nelle pertinenti norme tecniche.

Art. 85. (Protezione di edifici, impianti strutture ed attrezzature)

1. Il datore di lavoro provvede affinché gli edifici, gli impianti, le strutture, le attrezzature, siano protetti dai pericoli determinati dall'innesco elettrico di atmosfere potenzialmente esplosive per la presenza o sviluppo di gas, vapori, nebbie infiammabili o polveri combustibili infiammabili, o in caso di fabbricazione, manipolazione o deposito di materiali esplosivi.

2. Le protezioni di cui al comma 1 si realizzano utilizzando le specifiche disposizioni di cui al presente decreto legislativo e le pertinenti norme tecniche di cui all'allegato IX (N.d.r. L'elenco di norme è stato rimosso dall'allegato).

Art. 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 Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro del lavoro, della salute e delle politiche sociali, adottato sentita la Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano, 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.

TITOLO IV - CANTIERI TEMPORANEI O MOBILI

CAPO I - MISURE PER LA SALUTE E SICUREZZA NEI CANTIERI TEMPORANEI O MOBILI

Art. 88. (Campo di applicazione)

2. Le disposizioni del seguente capo non si applicano a:

g-bis) ai lavori relativi a impianti elettrici, reti informatiche, gas, acqua, condizionamento e riscaldamento che non comportino lavori edili o di ingegneria civile di cui all'allegato X (g-ter), alle attività di cui al decreto legislativo 27 luglio 1999, n. 272, che non comportino lavori edili o di ingegneria civile di cui all'allegato X.

Art. 117. (Lavori in prossimità di parti attive)

1. Ferme restando le disposizioni di cui all'articolo 83, quando occorre effettuare lavori in prossimità di linee elettriche o di impianti elettrici con parti attive non protette o che per circostanze particolari si

debbano ritenere non sufficientemente protette, ferme restando le norme di buona tecnica, si deve

rispettare almeno una delle seguenti precauzioni:

- a) mettere fuori tensione ed in sicurezza le parti attive per tutta la durata dei lavori;
- b) posizionare ostacoli rigidi che impediscano l'avvicinamento alle parti attive;
- c) tenere in permanenza, persone, macchine operatrici, apparecchi di sollevamento, ponteggi ed ogni altra attrezzatura a distanza di sicurezza.

2. La distanza di sicurezza deve essere tale che non possano avvenire contatti diretti o scariche pericolose per le persone tenendo conto del tipo di lavoro, delle attrezzature usate e delle tensioni presenti e comunque la distanza di sicurezza non deve essere inferiore ai limiti di cui all'allegato IX o a quelli risultanti dall'applicazione delle pertinenti norme tecniche.

ALLEGATO VI

6. (Rischi per Energia elettrica)

1. Le attrezzature di lavoro debbono essere installate in modo da proteggere i lavoratori dai rischi di natura elettrica ed in particolare dai contatti elettrici diretti ed indiretti con parti attive sotto tensione.

2. Nei luoghi a maggior rischio elettrico, come individuati dalle norme tecniche, le attrezzature di lavoro devono essere alimentate a tensione di sicurezza secondo le indicazioni delle norme tecniche.

3.4.4 Legge 46/90

A livello europeo, il pilastro della legislazione comunitaria sulla sicurezza elettrica è la direttiva numero 73/23/CEE, nota come "Direttiva bassa tensione", perché applicabile a tutte le apparecchiature elettriche ed elettroniche progettate per essere utilizzate con tensioni comprese tra 50 e

1000V in corrente alternata, e fra 75 e 1500V in corrente continua. In Italia tale normativa è stata recepita con la legge 791 del 1977, attuazione della direttiva del consiglio delle comunità europee n_72/23/CEE relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione”.

A questa legge ha fatto seguito la legge 46/90 con relativo decreto attuativo D.P.R. 447/91, che obbliga gli installatori ad eseguire gli impianti elettrici secondo precise normative tecniche di sicurezza. Le prescrizioni tecniche della legge 46/90 sono contenute nella norma CEI 64-8 (“Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua”).

La legge 46/90 si applica, relativamente agli impianti elettrici, a tutti gli edifici. Essa prevede delle sanzioni per chi non ottempera alle disposizioni della legge e fissa l’obbligo di:

- far eseguire i lavori relativi agli impianti elettrici solo da un installatore qualificato: in possesso di certificato attestante i requisiti tecnico professionali rilasciato da una apposita commissione nominata dalla giunta della camera di commercio;
- realizzare gli impianti elettrici a regola d’arte: per realizzare gli impianti a regola d’arte si intende la norma di buona tecnica specificata nel testo e che fa riferimento alla legge 186/68, che stabilisce, all’art. 2, che “i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici realizzati secondo le norme del Comitato Elettrotecnico Italiano si considerano costruiti a regola d’arte”;
- effettuare l’esecuzione sulla base di un progetto: il progetto va redatto nei soli casi previsti nell’articolo 4 della medesima legge e completato e definito dall’articolo 4 del DPR 447;
- dotare gli impianti elettrici di impianti di messa a terra e di interruttori differenziali ad alta sensibilità o di altri sistemi equivalenti;
- richiedere all’installatore il rilascio, a fine lavori, di una dichiarazione di conformità;
- adeguare gli impianti preesistenti all’entrata in vigore della legge entro tre anni da tale data: per “adeguamento” ci si deve riferire al regolamento di attuazione (art. 5 del D.P.R. 447/91).

Per impianti elettrici si può considerare la definizione del D.P.R. 447/91, che ne risulta il completamente logico. Dall’art. 3,

“per impianti di 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. Nell’ambito degli impianti elettrici rientrano anche quelli posti all’esterno di edifici se gli stessi sono collegati ad impianti elettrici posti all’interno. Gli impianti luminosi pubblicitari rientrano altre sì nello stesso ambito qualora siano collegati ad impianti elettrici posti all’interno”.

La materia fu poi integrata dal D.P.R. 18 aprile 1994, n. 392 (*Regolamento recante disciplina del procedimento di riconoscimento delle imprese ai fini della installazione, ampliamento e trasformazione degli impianti nel rispetto delle norme di sicurezza - contenente però anche disposizioni per gli utilizzatori*) ed infine ricompresa nel D.P.R. 6 giugno 2001, n.380, "*Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*".

La legge 46/90 è stata infine abrogata e sostituita dal Decreto Ministeriale n. 37 del 22 gennaio 2008. Sono rimasti in vigore solo 3 articoli:

- Art. 8 "Finanziamento dell'attività di normazione tecnica"
- Art. 14 "Verifiche"
- Art. 16 "Sanzioni"

3.4.5 D.M. n. 37/08

Il nuovo decreto D.M. 37 del 22/01/2008 "Riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 12 marzo 2008, abroga la Legge 46/90 e il suo decreto attuativo D.P.R. 447/91, andando a sostituire le principali normative sulla sicurezza degli impianti. Le principali novità sono di seguito riassunte.

- Vengono varati due tipi di progetti:
 - semplificato: può essere redatto dal Responsabile Tecnico dell'Impresa, è obbligatorio per tutti gli impianti dove non sia necessario il progetto complesso, deve contenere almeno lo schema dell'impianto da realizzare ed eventualmente integrato con dalla necessaria documentazione tecnica;
 - complesso: deve essere redatto da un professionista regolarmente iscritto all'Albo, è obbligatorio per impianti di un certo rilievo, come era già definito dalla Legge 46/90 e D.P.R. 447/91, con l'aggiunta di tutti gli impianti di potenza oltre i 6kW (condominiale, domestici, commerciali);
- Consegna obbligatoria da parte del committente all'azienda fornitrice dell'energia elettrica (Enel, Aem, etc) copia della Dichiarazione di Conformità dell'impianto al momento dell'allacciamento.
- Per i vecchi impianti, in cui la Dichiarazione di Conformità prevista non sia stata prodotta o non sia più reperibile, anziché da un installatore, la dichiarazione può essere compilata a posteriori da un Professionista iscritto ad un Albo professionale con almeno cinque anni di esperienza nel settore.
- La dichiarazione sottoscritta da un Professionista diviene indispensabile in caso di compravendita dell'immobile perché deve essere allegato dal venditore al rogito.
- I progetti vanno depositati presso lo Sportello Unico del Comune (se non esiste è l'Ufficio Tecnico del Comune).
- Verrà effettuato, da parte delle Camere del Commercio cui giungono le Dichiarazioni di Conformità, un controllo incrociato per vedere se l'impresa è regolarmente iscritta ai registri.

4.1 Enti preposti

Nello schema seguente (figura 4.1) è presentata l'organizzazione degli enti normatori dai quali nasce tutto il panorama normativo che verrà utilizzato per la trattazione del rischio elettrico.



Figura 4.16: panorama degli enti normatori

4.1.1 CEI

Fondato nel 1909, tra i primi Enti normatori al mondo, il CEI, **Comitato Elettrotecnico Italiano**, è l'Ente istituzionale riconosciuto dallo Stato Italiano e dall'Unione Europea, preposto alla normazione e all'unificazione in Italia del settore elettrotecnico, elettronico e delle telecomunicazioni. La legge italiana n. 186 del 1° marzo 1968 ne riconosce l'autorità stabilendo che:

“i materiali, le macchine, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici, realizzati secondo le Norme del CEI si considerano a regola d'arte”.

Le Norme tecniche pubblicate dal CEI stabiliscono i requisiti fondamentali che devono avere materiali, macchine, apparecchiature, installazioni e impianti elettrici ed elettronici per rispondere alla regola della buona tecnica, definendo le caratteristiche, le condizioni di sicurezza, di affidabilità, di qualità e i metodi di prova che garantiscono la rispondenza dei suddetti componenti alla regola dell'arte.

Finalità istituzionale del CEI è la promozione e la diffusione della cultura tecnica e della sicurezza elettrica. A tale scopo il CEI sviluppa una serie di attività normative e prenormative a livello nazionale ed internazionale che includono, oltre alla redazione dei documenti normativi e al recepimento

mento delle direttive comunitarie e dei documenti armonizzati, azioni di coordinamento, ricerca, sviluppo, comunicazione e formazione in sinergia con le parti coinvolte nel processo normativo.

Il CEI è rappresentante italiano nei principali organismi di normazione e certificazione internazionali: IEC, CENELEC, IECQ, IECEE, AVERE e, per il tramite del CONCIT, partecipa all'attività dell'ETSI, l'Ente normatore europeo nel settore delle telecomunicazioni.

Nota: il valore giuridico delle norme tecniche

La definizione più efficace di Norma tecnica è probabilmente quella che ne hanno dato gli stessi Enti Normatori europei, e che è contenuta nella Norma congiunta CEI UNI EN 45020:

“Per Norma, si intende un documento prodotto mediante consenso e approvato da un organismo riconosciuto, che fornisce, per usi comuni e ripetuti, regole, linee guida o caratteristiche relative a determinate attività o ai loro risultati, al fine di ottenere il miglior ordine in un determinato contesto”.

Le Norme tecniche sono state oggetto di numerose leggi, che hanno avuto come obiettivo quello di renderle più incisive, e cioè di attribuire loro maggiori possibilità di raggiungere gli obiettivi che si prefiggono.

Il primo riferimento di legge per il valore giuridico delle Norme CEI è la Legge 1 marzo 1968, n. 186 “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici”:

Articolo 1: **“Tutti i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici devono essere realizzati a regola d’arte”.**

Articolo 2: **“I materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici realizzati secondo le Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) si considerano costruiti a regola d’arte”.**

Dopo altre citazioni relative a casi particolari, o a recepimenti di Direttive Europee, si è arrivati ad un altro riferimento tuttora il pilastro del riconoscimento giuridico delle norme tecniche, la Legge 5 marzo 1990, n. 46 “Norme per la sicurezza degli impianti”, che all'art. 7, comma 1 cita:

“Le imprese installatrici sono tenute ad eseguire gli impianti a regola d’arte utilizzando allo scopo materiali parimenti costruiti a regola d’arte. I materiali ed i componenti realizzati secondo le Norme tecniche di sicurezza dell’Ente Italiano di Unificazione (UNI) e del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI), nonché nel rispetto di quanto prescritto dalla legislazione tecnica vigente in materia, si considerano costruiti a regola d’arte”.

Le Norme tecniche non sono strettamente obbligatorie, secondo quanto riportato anche dal Decreto Legislativo 23 novembre 2000, n. 427 “Modifiche ed integrazioni alla legge 21 giugno 1986, n. 317, concernenti la procedura di informazione nel settore delle norme e regolamentazioni tecniche e delle regole relative ai servizi della società dell'informazione, in attuazione delle direttive 98/34/CE e 98/48/CE" all'art. 2 lettera f):

“norma: una specifica tecnica, approvata da un organismo riconosciuto e abilitato ad emanare atti di normalizzazione, la cui osservanza non sia obbligatoria e che appartenga ad una delle seguenti

categorie: norma internazionale, norma europea, norma nazionale. Sono norme internazionali, europee o nazionali, le norme adottate e messe a disposizione del pubblico rispettivamente da un'organizzazione internazionale di normalizzazione, da un organismo europeo di normalizzazione o da un organismo nazionale di normalizzazione”.

In conclusione, **il valore giuridico delle Norme tecniche pubblicate da un organismo riconosciuto, è tale per cui la loro applicazione, sebbene non obbligatoria, garantisce il rispetto della regola d'arte, e quindi della legge.**

4.1.2 CENELEC

Il **Comitato europeo di normazione elettrotecnica** (in francese: Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique) meglio noto con l'acronimo CENELEC, è il comitato europeo per la normalizzazione elettrotecnica. Il CENELEC è responsabile della normalizzazione europea nell'area dell'ingegneria elettrica. Insieme a l'ETSI (telecomunicazioni) e al CEN (altre zone tecniche) il CENELEC forma il sistema europeo per la normalizzazione ed è costituito da tutti i comitati tecnici dei paesi Europei.

Il CENELEC emette:

- Norme Europee (EN)
- Documenti di Armonizzazione (HD)
- Norme Europee Sperimentali (ENV)
- Specifiche Europee (ES)
- Specifiche Tecniche (TS)
- Rapporti (R)
- Guide (G)

Le **Norme EN** devono essere obbligatoriamente adottate a livello nazionale(CEI), viene loro conferito lo status di Norma Nazionale e vengono ritirate tutte le Norme Nazionali contrastanti. I **Documenti HD** sono adottati o recependo nelle Norme Nazionali il loro contenuto tecnico o dandone comunicazione ed eliminando eventuali Norme Nazionali contrastanti.

Sia le **Norme EN** che i **Documenti HD** prendono come base le corrispondenti pubblicazioni IEC (non sono quindi in vendita separatamente dalla relativa Norma IEC): le norme EN riportano spesso solo i riferimenti e/o le varianti rispetto alla corrispondente Norma IEC. Esse vengono recepite come norme CEI per questo vi è la corrispondenza tra numerazione CEI EN e classificazione CEI.

Sebbene il CENELEC lavori in stretta collaborazione con l'Unione Europea, esso non è un'istituzione dell' UE.

4.1.3 IEC

L'IEC è l'organismo normatore su scala mondiale nel campo elettrico ed elettrotecnico e prepara Norme tecniche in inglese/francese che vengono adottate in oltre 60 paesi del mondo, tra cui quelli maggiormente industrializzati. Questo è l'organismo che fornisce le basi per le normative a livello Europeo in quanto vengono recepite dal CENELEC.

4.2 Norme di riferimento

Il testo a cui è necessario fare riferimento sono le *NORME CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore ad 1kV in alternata* (Lato media tensione), più precisamente la nona edizione del 1999.

Altre importanti norme di riferimento sono le *NORME CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua* (Lato bassa tensione), che vale per i sistemi BT presenti in cabina, nonché per le distanze minime da rispettare nei passaggi di servizio e manutenzione ed infine per la tecnica di posa dei cavi

Non è da dimenticare il fatto che, se la cabina è di proprietà dell'utente dovrà essere allacciata ad una rete MT, praticamente sempre di proprietà dell'ente fornitore, ovvero ENEL, e che ne qual caso dovranno essere rispettati i suoi criteri di allacciamento per poter essere esercita.

Qui di seguito sono elencati sinteticamente le NORME e i documenti tecnici ai quali fare riferimento per la costruzione, esercizio e manutenzione di una cabina:

- NORMA CEI 11-1 – Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata
- NORMA CEI 64-8 – Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore di 1000V in corrente alternata 1500V in corrente continua
- NORMA CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasporto, distribuzione energia elettrica. Linee in cavo
- NORMA CEI 11-27 – Lavori su impianti elettrici
- NORMA CEI 11-35 – Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente.
- NORMA CEI EN 60832 – Aste isolanti ed attrezzi adattabili per lavori sotto tensione.
- NORMA CEI 14 Trasformatori di potenza NORMA CEI 14-12 – Trasformatori trifase di distribuzione di tipo a secco 50Hz, da 100kVA a 2500kVA, con tensione massima per il componente non superiore a 36kV. Parte 1: Prescrizioni generali e prescrizioni per trasformatori con una tensione massima per il componente non superiore a 24kV.
- NORMA CEI 14-13 – Trasformatori trifase per distribuzione a raffreddamento naturale in olio, di potenza 50-2500 kVA, 50 Hz, con tensione massima U_m per il componente non superiore a 36 kV. Parte 1: Prescrizioni generali e prescrizioni per trasformatori con tensione massima U_m per il componente non superiore a 24 kV.
- NORMA CEI 14-14 Trasformatori trifase per distribuzione a raffreddamento naturale in olio, di potenza 50-2500 kVA, 50 Hz, con tensione massima U_m per il componente non superiore a 36 kV. Parte 2: Trasformatori per distribuzione con muffole sul lato alta tensione e/o bassa tensione. Sezione 1: Prescrizioni generali.
- NORMA CEI 14-15 Guida di carico per trasformatori immersi in olio.
- NORMA CEI 14-16 Trasformatori trifase per distribuzione a raffreddamento naturale in olio, di potenza 50-2500 kVA, 50 Hz, con tensione massima U_m per il componente non superiore a 36 kV. Parte 3: Prescrizioni supplementari per trasformatori con tensione massima per il componente uguale a 36 kV.
- NORMA CEI 14-16 Trasformatori trifase per distribuzione a raffreddamento naturale in olio, di potenza 50-2500 kVA, 50 Hz, con tensione massima U_m per il componente non superiore a 36 kV. Parte 4: Determinazione della potenza nominale equivalente di un trasformatore avente correnti di carico non sinusoidali.

- NORMA CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV.
- NORMA CEI EN 60644 – Specifica per i fusibili ad alta tensione utilizzati nei circuiti di motore.

Inoltre è da tenere presente anche i documenti forniti dall'ente distributore, ovvero la *DK 5600 "Criteri di allacciamento di clienti alla rete MT della distribuzione"* ed.V del giugno 2006 per quanto riguarda i vari componenti presenti all'interno della cabina.

4.3 Definizioni

Proprio perché le norme sono documenti che servono ad armonizzare il lavoro, nei documenti tecnici spesso si trovano termini tecnici, sigle, le quali servono a rendere univoca la definizione di un oggetto, persona, zona, etc. Senza questo lavoro, la comprensione del lavoro o comunque la comprensione universale risulterebbe spesso arbitraria.

E' opportuno innanzitutto precisare che cosa si intenda per lavoro elettrico. La norma CEI 11-27 da la seguente definizione:

"Lavoro su impianti elettrici con accesso alle parti attive e conseguente rischio di folgorazione o arco elettrico".

Inoltre la norma CEI 11-48 (CEI EN 50110) considera lavoro elettrico così:

"Un lavoro su, con od in prossimità di un impianto elettrico quali prove e misure, sostituzioni, modifiche, ampliamenti, montaggi, ispezioni e riparazioni."

E' evidente quindi che ogni misura o manutenzione su un apparecchiatura o impianto elettrico è da ritenersi un lavoro elettrico.

Il caso più semplice di lavoro elettrico è l'intervento sulle parti attive di un impianto, apparecchio, apparecchiatura o equipaggiamento elettrico, rimane ora da chiarire che cosa si intenda per accesso alle parti attive: come noto, una parte attiva è una parte in tensione nel servizio ordinario.

In occasione dei lavori la parte attiva può essere in tensione, oppure fuori tensione proprio per effettuare i lavori: in entrambi i casi si tratta di lavoro elettrico e si devono prendere precauzioni ai fini della sicurezza. Se la parte attiva rimane in tensione è necessario isolare la persona mentre se la parte attiva viene messa fuori tensione occorre garantire che sia, e rimanga, effettivamente fuori tensione.

Quindi per lavoro elettrico si intende sia l'intervento in cui l'operatore tocca le parti attive sia quando si trova nelle sue immediate vicinanze. Se "immediate vicinanze" può sembrare una misura soggettiva, in realtà la norma fornisce misure ben precise per poter definire il luogo e quindi il tipo di lavoro.

4.3.1 Zone di lavoro

Come è noto, la distanza alla quale può avvenire una scarica in aria aumenta con la tensione (distanza elettrica), ma non basta che l'operatore si tenga a questa distanza per essere al sicuro. L'o-

peratore potrebbe infatti con un movimento accidentale (non volontario) toccare le parti attive, con una parte del corpo o per mezzo di oggetti.

Alla distanza elettrica la norma aggiunge quindi un franco, si ottiene quindi una distanza totale denominata distanza ergonomica **DL** (in bassa tensione **DL=15cm**). L'insieme dei punti circostanti la parte attiva posti a distanza inferiore a **DL** prende il nome di zona di guardia (figura 4.2).

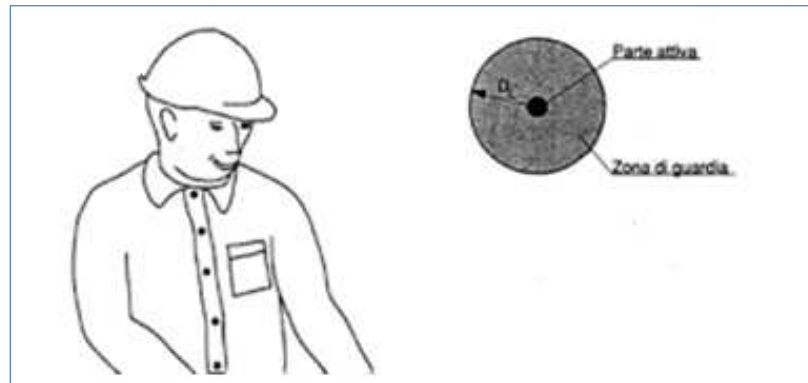


Figura 4.2: la distanza ergonomica **DL** definisce il limite della zona di guardia

Per le norme, tutte le volte che l'operatore entra nella zona di guardia con una parte del corpo, oppure con un oggetto isolato o conduttore, si configura un lavoro elettrico, che prende il nome di lavoro elettrico a contatto.

Soltanto quando l'operatore si trova oltre una certa distanza dalla parte attiva si può ragionevolmente assumere che sia al sicuro, cioè che non possa entrare nella zona di guardia. Questa distanza, convenzionalmente stabilita dalla norma e denominata **DV** (in bassa tensione **DV = 65 cm**), individua la zona di prossimità.

Il pedice '**L**' sta a ricordare che la zona di guardia va considerata in tensione (Live) mentre il pedice '**V**' sta appunto a ricordare la zona prossima Vicinity zone (figura 4.3).

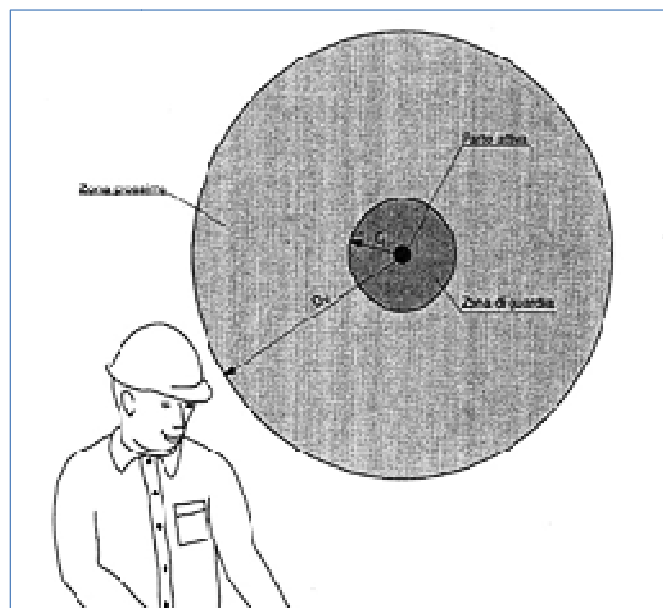


Figura 4.3: la distanza **DV** individua la zona prossima.

Uno schermo isolante può ridurre sia la zona di guardia, se è vicino alla parte attiva, sia la zona prossima (figura 4.4). Se lo schermo viene applicato in occasione dei lavori ed esso costituisce una misura di protezione per effettuare il lavoro elettrico, se invece lo schermo è presente in condizioni ordinarie, ad esempio l'involucro di un quadro, il lavoro al riparo dello schermo non costituisce più un lavoro elettrico.

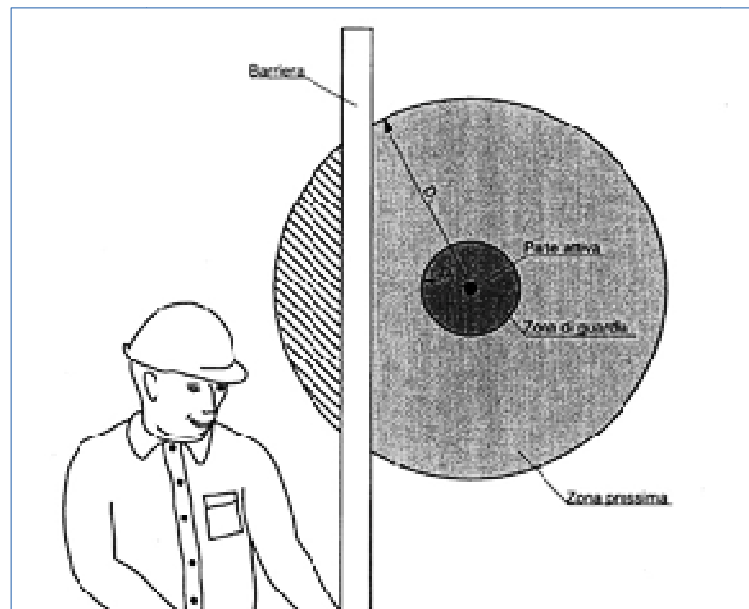


Figura 4.4: l'applicazione di una barriera deforma la zona prossima la parte tratteggiata non fa più parte della zona prossima

Le distanze che delimitano le zone di guardia e di prossimità sono raccolte nella tabella seguente:

Tensione nominale (kV)	Distanza DL = Dg zona di guardia (cm)	Distanza Dv zona prossima (cm)
≤ 1	15	65
3	15	115
6	15	115
10	15	115
15	20	120
20	28	128
132	109 – 152	309 - 352
150	131 – 167	331 - 367

Tabella 4.1: zone di guardia e di prossimità

4.3.2 Tipologie di lavoro elettrico

Dalle precedenti definizioni è possibile quindi determinare il tipo di lavoro elettrico, che può assumere diverse forme. Principalmente queste sono di quattro tipi:

- **Lavoro elettrico a contatto (o sotto tensione):** in questo tipo di lavoro (figura 4.5) l'operatore entra in contatto con le parti attive, o si avvicina a distanza inferiore a DL (di-

stanza di guardia) sicché il contatto con le parti attive è probabile. Questo lavoro è permesso in bassa tensione (fino a 1000 V) ed è proibito in alta tensione.

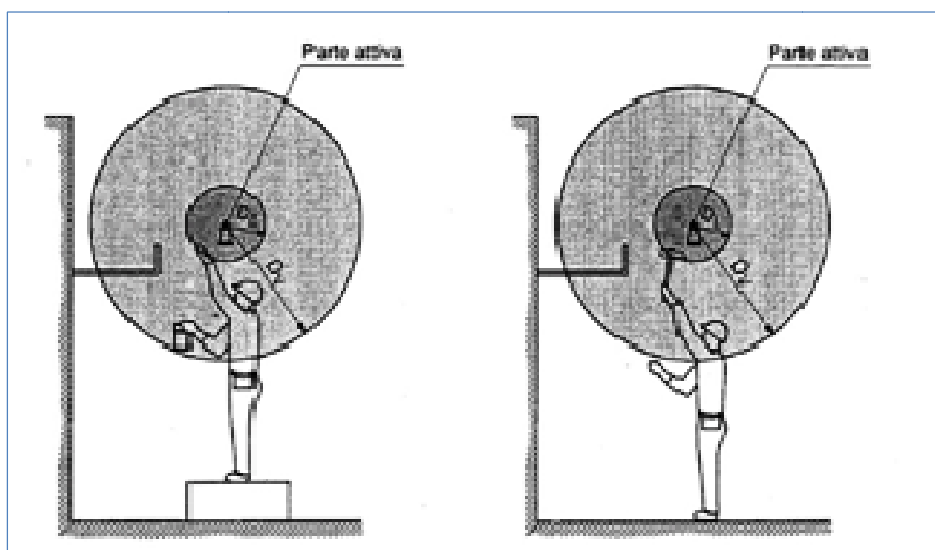


Figura 4.5: nel lavoro elettrico a contatto l'operatore entra nella zona di guardia
a) con una parte del corpo; b) con un oggetto (conduttore o isolante)

- Lavoro elettrico in prossimità:** nel lavoro elettrico in prossimità (figura 4.6) l'operatore lavora vicino alle parti attive, cioè a distanza inferiore a DV ma può toccare le parti attive solo accidentalmente, poiché non deve entrare nella zona di guardia. In tal caso bisogna posare delle barriere isolanti nei confronti delle parti attive che distano meno di DV dalla zona di lavoro, oppure si può applicare la protezione mediante distanza con sorveglianza (un'altra persona sorveglia affinché l'operatore non entri nella zona di guardia). In questo caso il lavoro è sotto tensione perché le parti attive non vengono disalimentate, ma non lo si può considerare come tale in quanto l'operatore non entra in alcun modo nella zona di guardia.

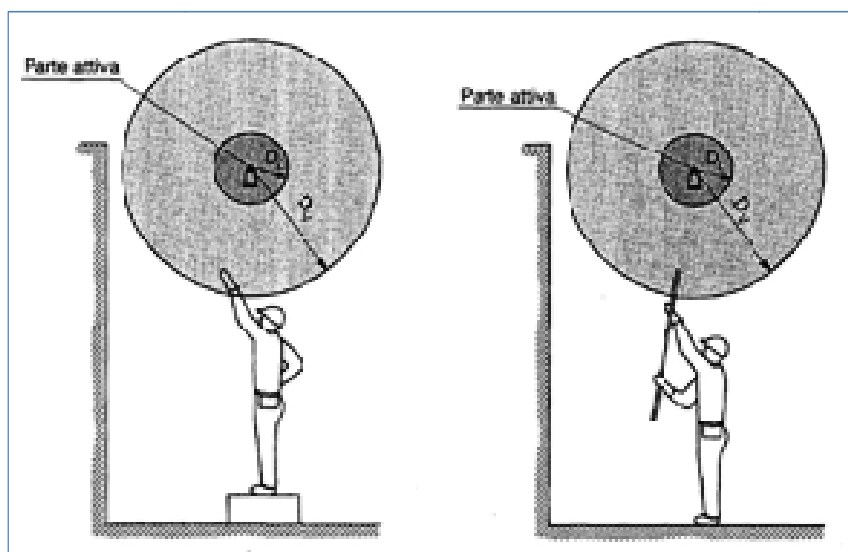


Figura 4.6: nel lavoro elettrico in prossimità l'operatore entra nella zona prossima, ma non nella zona di guardia
a) con una parte del corpo; b) con un oggetto (conduttore o isolante)

- **Lavoro elettrico a distanza:** l'operatore entra nella zona di guardia con aste isolanti, ma rimane con il corpo fuori della zona prossima (figura 4.7). La sicurezza risiede soprattutto nell'asta isolante (CEI 11-48).

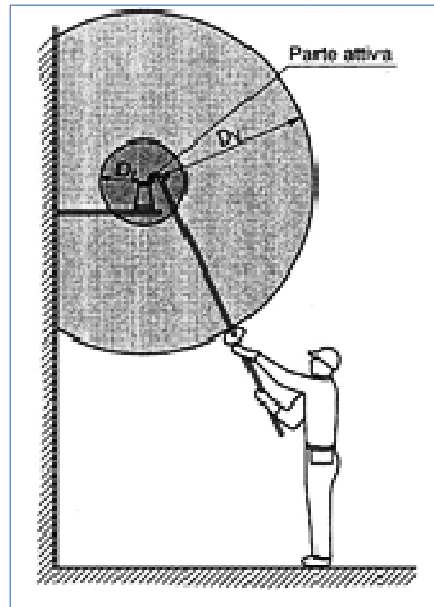


Figura 4.7: nel lavoro elettrico a distanza l'operatore entra nella zona di guardia con un'asta isolante ma non entra con una parte del corpo nella zona prossima.

- **Lavoro non elettrico:** è la forma di lavoro più comune, in cui l'operatore mette fuori tensione e in sicurezza l'impianto e poi opera sulle parti fuori tensione (figura 4.8).

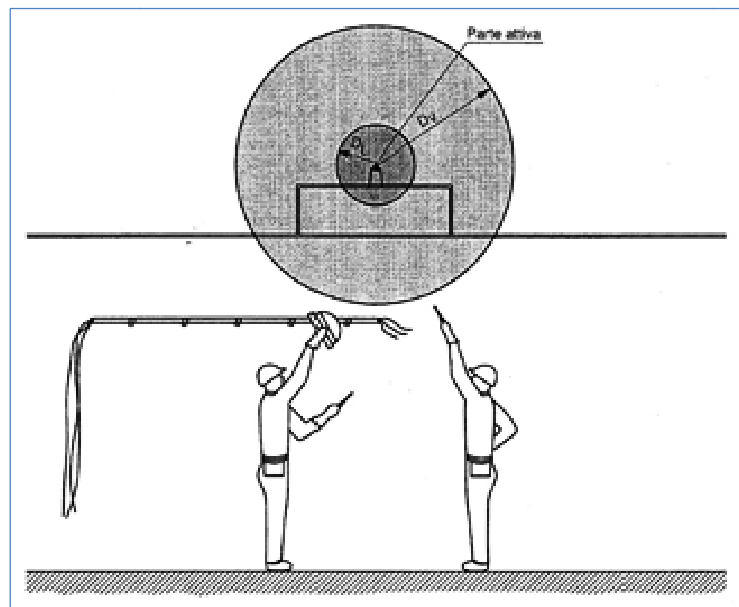
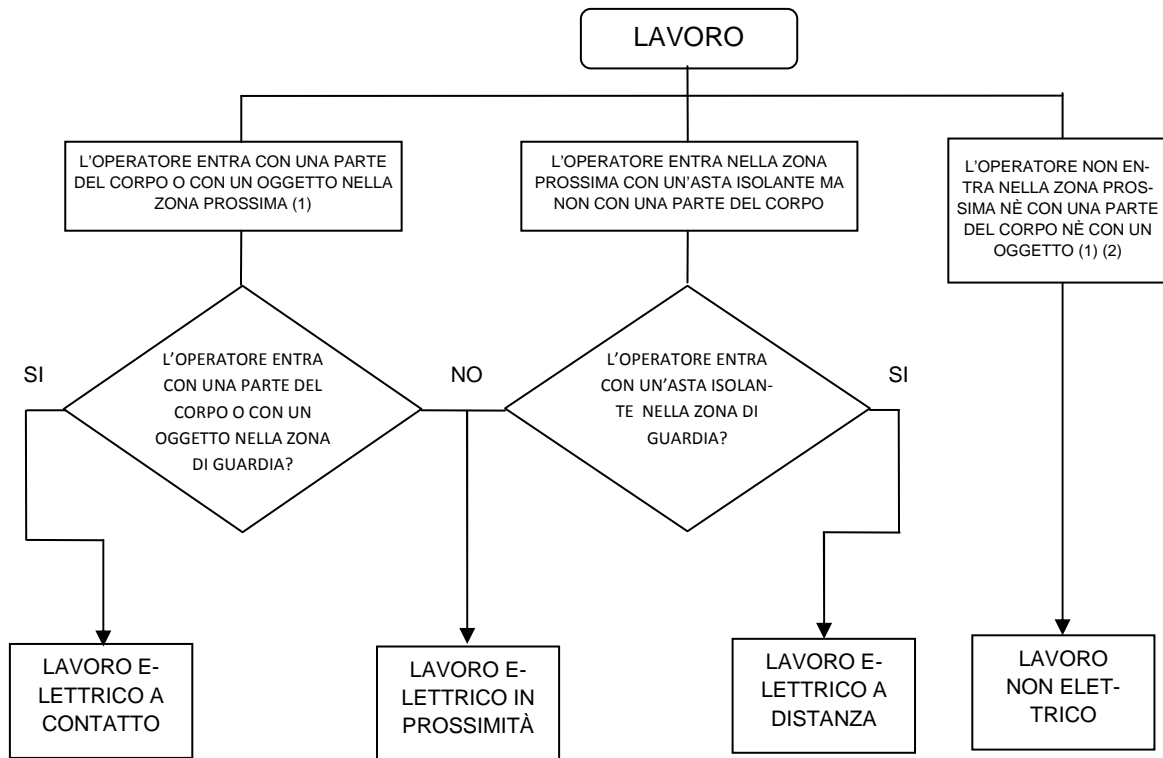


Figura 4.8: nel lavoro non elettrico l'operatore non entra nella zona prossima (e ovviamente nella zona di guardia) né con una parte del corpo né con un oggetto (conduttore o isolante)

- **Lavoro elettrico misto:** l'operatore compie un lavoro fuori tensione sulle parti attive con le quali entra in contatto, ma contemporaneamente si trova a distanza inferiore a DV da

altre parti rimaste in tensione, sicché compie un lavoro fuori tensione e insieme un lavoro in prossimità e si deve quindi applicare le misure di sicurezza indicate per entrambi i tipi di lavoro.

Possiamo riassumere quanto detto in questo diagramma *flow-chart*:



(1) l'oggetto può essere isolante (isolato) o conduttore

(2) se l'operatore non entra con una parte nella zona prossima a maggior ragione non può entrare nella zona di guardia

Ricordiamo inoltre che per il lavoro è bene rispettare una sequenza di azioni in modo da garantire la massima sicurezza di chi opera. Ad esempio per il lavoro non elettrico non basta aprire l'interruttore, bisogna inoltre:

- determinare la zona di lavoro;
- aprire i dispositivi di sezionamento di tutte le parti attive che distano meno della distanza DV (distanza prossima) dalla zona di lavoro, pari a 65 cm in bassa tensione, mentre aumenta con la tensione in alta tensione (ad esempio a 20 kV si ha DV = 128cm).
- chiudere a chiave il dispositivo di sezionamento, in modo che altri non possano richiuderlo, ed esporre il cartello "Lavori in corso non effettuare manovre";
- verificare l'assenza di tensione (il dispositivo di sezionamento potrebbe essere infatti difettoso, oppure l'operatore potrebbe sezionare un circuito diverso da quello sul quale si vuole lavorare);
- mettere a terra e in cortocircuito le parti sezionate; sempre in alta tensione, nei casi indicati dalla norma in bassa tensione.

Mentre per il lavoro elettrico a contatto, l'operatore per una maggiore sicurezza deve inoltre:

- indossare guanti isolanti
- indossare l'elmetto con visiera
- utilizzare strumenti isolanti o in alternativa indossare stivaletti isolanti o predisporre tappetini/pedane isolanti

4.3.3 Qualifica del personale

Nessun lavoro elettrico deve essere eseguito da persone prive di adeguata formazione. Per formazione s'intende l'insieme d'iniziativa che conducono il soggetto a possedere conoscenze, capacità e abilità sufficienti a permettergli di compiere in piena sicurezza le attività che gli sono affidate. L'iter formativo dovrà prevedere, oltre all'acquisizione di conoscenze teoriche, lo sviluppo di capacità organizzative (valutazioni, decisioni, interpretazioni) e l'acquisizione di abilità esecutive. Le qualifiche sono attribuite dal datore di lavoro per iscritto. Le CEI 11-27 e CEI 11-48 distinguono i seguenti tipi di persone:

- **Persona esperta (PES)**

In particolare, è una persona che, con adeguata attività e/o percorso formativo e maturata esperienza, ha acquisito quanto segue:

- conoscenza generali dell'antifortunistica elettrica;
- approfondita conoscenza della problematica infortunistica per almeno una precisa tipologia di lavori;
- capacità di affrontare in autonomia l'organizzazione e l'esecuzione in sicurezza di qualsiasi lavoro di precisa tipologia
- capacità di individuare e prevenire i rischi elettrici connessi con il lavoro e di mettere in atto le misure idonee e ridurli o a eliminarli;
- capacità di affrontare gli imprevisti che possono accadere in occasione di lavori elettrici;
- capacità di sovrintendere e coordinare altri lavori;
- capacità di informare e istruire correttamente una PAV affinché esegua un lavoro in sicurezza;

La caratteristica fondamentale della PES è individuabile nell'affidabilità nell'affrontare, in autonomia, qualunque situazione presenti la specifica attività.

- **Persona avvertita (PAV)**

In particolare, è una persona che, con adeguata formazione ha acquisito quanto segue:

- conoscenza dell'antifortunistica elettrica relativa a precise tipologie di lavoro;
- capacità di comprendere le istruzioni fornite da una PES per una precisa tipologia di lavori;
- capacità di organizzare ed eseguire in sicurezza un lavoro di una precisa tipologia, dopo aver ricevuto istruzioni da una PES;
- capacità di affrontare i pericoli e le difficoltà previste;
- capacità di riconoscere i pericoli originati da imprevisti anche se potrebbe non essere in grado di affrontarli correttamente in autonomia;

In sintesi la PAV si distingue dalla PES per la sufficiente capacità di affrontare in autonomia l'impostazione del lavoro e gli imprevisti. La PAV è in grado di evolversi in PES con l'esperienza e può comunque lavorare da sola dopo le istruzioni ricevute da una PES.

- **Persona comune (PEC)**

È una persona che, dal punto di vista elettrico, non rientra nelle categorie di PES o PAV e può operare solo sotto la sorveglianza di PES o PAV, se i rischi elettrici residui non sono stati eliminati, e sotto la supervisione di PES o PAV in caso contrario. L'esecuzione di piccoli interventi volti alla sostituzione di lampade o fusibili, ad esempio, possono essere eseguite in autonomia da persone comuni purché siano rispettate entrambe le seguenti condizioni:

- il materiale utilizzato sia conforme alle relative norme di prodotto;
- la PEC sia stata preventivamente istruita del corretto comportamento da tenere nell'esecuzione dell'intervento.

I lavori sotto tensione possono essere seguiti soltanto da persone idonee (PEI = PES o PAV + conoscenze teorico/pratiche relative ai lavori sotto tensione). Gli altri tipi di lavori elettrici devono essere eseguiti da persone esperte o avvertite, quest'ultima nei limiti sopra indicati. In effetti la CEI 11-48 prevede che sia una PES o una PAV a mettere fuori servizio prima di lavori fuori tensione o a rimettere in servizio dopo gli stessi.

Se questa è una possibile qualificazione, in realtà le definizioni della normativa sono molteplici. Per esempio, la CEI 64-8 distingue la persona istruita, ovvero quella avente conoscenze tecniche o esperienza, dalla persona avvertita, che ha ricevuto istruzioni specifiche sufficienti per permetterle di prevenire i pericoli dell'elettricità, in relazione a determinate operazioni condotte in condizioni specifiche.

Quando più persone sono adibite ad uno stesso lavoro elettrico, il datore di lavoro, o chi per lui, nomina un preposto ai lavori, il quale ha tra gli altri compiti, quello di far rispettare le misure di sicurezza. In effetti la CEI 11-48 prevede anche dei casi in cui siano necessari più operatori (sistemi di categoria 0 e I², lavori complessi).

4.3.4 Ruoli operativi

Prima di poter eseguire qualsiasi lavoro presente nelle norme, nello specifico CEI 11-27, è indispensabile nominare due figure:

- la persona preposta alla conduzione dell'impianto elettrico cioè il Responsabile dell'impianto RI; più precisamente è la persona responsabile di:

² Classificazione dei sistemi elettrici in base alla loro tensione nominale:

CATEGORIA		TENSIONE NOMINALE U_n	
Definizione normativa	Definizione di uso corrente	In corrente alternata	In corrente continua
0 zero	Bassissima tensione	$U_n \leq 50V$	$U_n \leq 120V$
I prima	Bassa tensione	$50V < U_n \leq 1000V$	$120V < U_n \leq 1500V$
II seconda	Media tensione	$1000V < U_n \leq 30000V$	$1500V < U_n \leq 30000V$
III terza	Alta tensione	$U_n > 30000V$	$U_n > 30000V$

- della pianificazione e della programmazione dei lavori;
- della redazione del Piano di Lavoro³;
- della programmazione ed esecuzione delle modifiche gestionali (p. es. modifiche taratura protezioni, esclusione richiuse, inibizione di controalimentazioni) e delle manovre sull'impianto elettrico, o sua parte, oggetto dei lavori;
- per lavori fuori tensione, dell'esecuzione dei sezionamenti, dei provvedimenti per evitare richiuse intempestive, della realizzazione di eventuali terre di sezionamento e dell'apposizione dei cartelli monitori;
- dell'individuazione dell'impianto elettrico, o parte di esso, interessato dai lavori e della delimitazione dell'area entro la quale il lavoro può svolgersi con le modalità previste
- del trasferimento al PL delle informazioni sugli eventuali rischi ambientali ed elettrici specifici dell'impianto oggetto dei lavori
- della consegna dell'impianto elettrico al preposto ai lavori

Per l'individuazione del RI è utile seguire le considerazioni seguenti. All'interno delle aziende, in dipendenza della loro dimensione e struttura, la responsabilità degli impianti elettrici può essere demandata ad unità operative che possono essere specializzate (es. squadra elettricisti) o meno (es. reparto di produzione). Questa situazione risponde bene alle esigenze di esercizio normale.

- la persona preposta alla conduzione dell'attività lavorativa cioè il Preposto ai lavori PL. È la persona incaricata e responsabile dell'esecuzione del lavoro, che, ponendo in opera le misure di protezione necessarie, anche in base alle informazioni ricevute dal RI, è responsabile della:
 - preparazione dei lavori
 - pianificazione delle attività: definizione della sequenza più opportuna per l'esecuzione dei lavori
 - stesura del piano di intervento⁴, se del caso
 - presa in carico dell'impianto elettrico o di sua parte dal RI e successiva riconsegna
 - verifica dell'assenza di tensione nell'impianto e dell'apposizione delle terre di lavoro⁵, nel caso di lavori fuori tensione
 - verifica della sicurezza delle masse
 - verifica e controllo delle condizioni ambientali prima e durante l'esecuzione dei lavori
 - adozione delle procedure previste per i lavori in prossimità nei confronti di parti attive prossime, potenziali fonti di pericolo

³ Piano di Lavoro: "...esso è un documento su cui sono riportate le modifiche da apportare all'impianto elettrico per poter eseguire i lavori e le altre informazioni riguardo all'assetto che deve essere mantenuto durante i lavori..." (vedi definizione completa NORMA CEI 11-27 ed. III cap 8.3 e vedi allegato A in appendice.)

⁴ Piano di Intervento: "...esso è un documento su cui sono riportate tutte le informazioni circa le misure di sicurezza e le modalità di intervento (vedi definizione completa NORMA CEI 11-27 ed. III cap. 8.4 e vedi allegato B in appendice).

⁵ Terra di lavoro: "Collegamento di tutti i conduttori attivi dell'impianto a terra ed in cortocircuito nel punto in cui si esegue il lavoro. Le terre di lavoro possono essere più d'una..." (vedi definizione completa NORMA CEI 11-27 ed. III cap. 3)

- gestione e trasferimento al personale a lui subordinato delle informazioni necessarie per il lavoro e la sicurezza
- messa in opera di ulteriori misure di protezione a fronte dell'insorgenza di rischi elettrici e non elettrici non valutati preventivamente, o sospensione dei lavori nel caso non sia in grado di farvi fronte
- organizzazione delle risorse lavorative assegnate o necessarie, compreso il coordinamento di eventuali lavoratori autonomi che interferiscono nell'attività lavorativa che si svolge all'interno della zona di lavoro, rendendoli edotti dei rischi ai quali sono esposti e adottando le eventuali misure di sicurezza necessarie per evitarli
- accertamento dell'adeguatezza delle attrezzature, della strumentazione e dei mezzi speciali necessari al lavoro

4.3.5 DPI (Dispositivi di Protezione Individuale)

Ai fini di garantire una maggior sicurezza al lavoratore si prevede l'utilizzo dei DPI che secondo l'articolo 40 del DLGS 626/94 si intendono:

"... qualsiasi attrezzatura ad essere indossata e tenuta dal lavoratore allo scopo di proteggerlo contro uno o più rischi suscettibili di minacciare la sicurezza e la salute durante il lavoro, nonché ogni elemento o accessorio destinato a tale scopo".

I DPI per essere a norma di legge devono soddisfare i seguenti requisiti generali:

- possesso della marcatura CE;
- presenza di istruzioni di utilizzo chiare, in lingua nazionale o comunque comprensibile dal lavoratore;
- adeguatezza del DPI al rischio da prevenire (si deve evitare, in sostanza, che il DPI sia un rischio maggiore di quello che deve prevenire);
- adeguatezza del DPI alle esigenze ergonomiche e di salute del lavoratore.

4.3.6 Contatti diretti e indiretti

Prima di parlare di contatti diretti ed indiretti è bene dare delle definizioni preventive:

- parte attiva: è un conduttore o una parte conduttrice che si trova in tensione nel normale servizio;
- massa: è un conduttore o una parte conduttrice, facente parte dell'impianto elettrico, che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie d'isolamento, ma che può andare in tensione in caso di un cedimento dell'isolamento principale.

Per contatto diretto s'intende il contatto di una parte del corpo con una parte attiva dell'impianto; questo tipo di contatto è poco probabile nel normale funzionamento, mentre possono avvenire più spesso durante le fasi di manutenzione.

Per contatto indiretto, invece, si intende il contatto di una parte del corpo con una massa o con un oggetto conduttore collegato ad essa che assume potenziale in caso di guasto; è il tipo di guasto più insidioso e difficile da evitare in quanto è assai difficile capire se una massa entra in tensione.

Capitolo 5

La cabina elettrica

5.1 Classificazione

La norma CEI 11-1 definisce la cabina come

“un’area elettrica chiusa connessa soltanto a sistemi di I e II categoria (art. 1 nota 1)”,

dove per area elettrica chiusa si intende

“un locale per l’esercizio degli impianti, il cui accesso è consentito solo a persone autorizzate tramite apertura di porte o rimozione di barriere sulle quali siano applicati segnali di pericolo, con l’uso di chiavi o attrezzi(art.2.2.1)”.

Una cabina elettrica è in genere un'officina elettrica destinata ad almeno una delle seguenti funzioni: trasformazione, conversione, regolazione o smistamento dell'energia elettrica.

La cabina di trasformazione è costituita dall’insieme dei dispositivi (conduttori, apparecchiature di misura e controllo e macchine elettriche) dedicati alla trasformazione della tensione fornita dalla rete di distribuzione in media tensione (10-15- 20kV), in valori di tensione adatti per l’alimentazione delle linee in bassa tensione (400V - 690V).

La cabina di smistamento consente di derivare da una o più linee in arrivo un maggior numero di linee in partenza, senza effettuare alcuna trasformazione; essa costituisce un nodo di diramazione dell’energia.

La cabina di conversione consente di modificare sia l’ampiezza sia la forma d’onda della tensione che andrà ad alimentare il carico.

Le più diffuse sono le cabine di trasformazione e possono essere suddivise in:

- pubbliche, che sono di proprietà della società fornitrice di energia;
- d’utente, che sono di proprietà della società privata.

Le cabine pubbliche possono a loro volta essere suddivise in base al tipo:

- rurale, installate all’esterno, direttamente sul traliccio della MT, in grado di alimentare sia utenze civili sia industriali (chiamate *PTP, postazioni di trasformazione su palo*);
- urbano, con pareti in muratura costruite in loco o prefabbricate a loro volta suddivise in:
 - di tipo alto, per linee aeree (figura 5.1);
 - di tipo basso, per linee in cavo (figura 5.2).

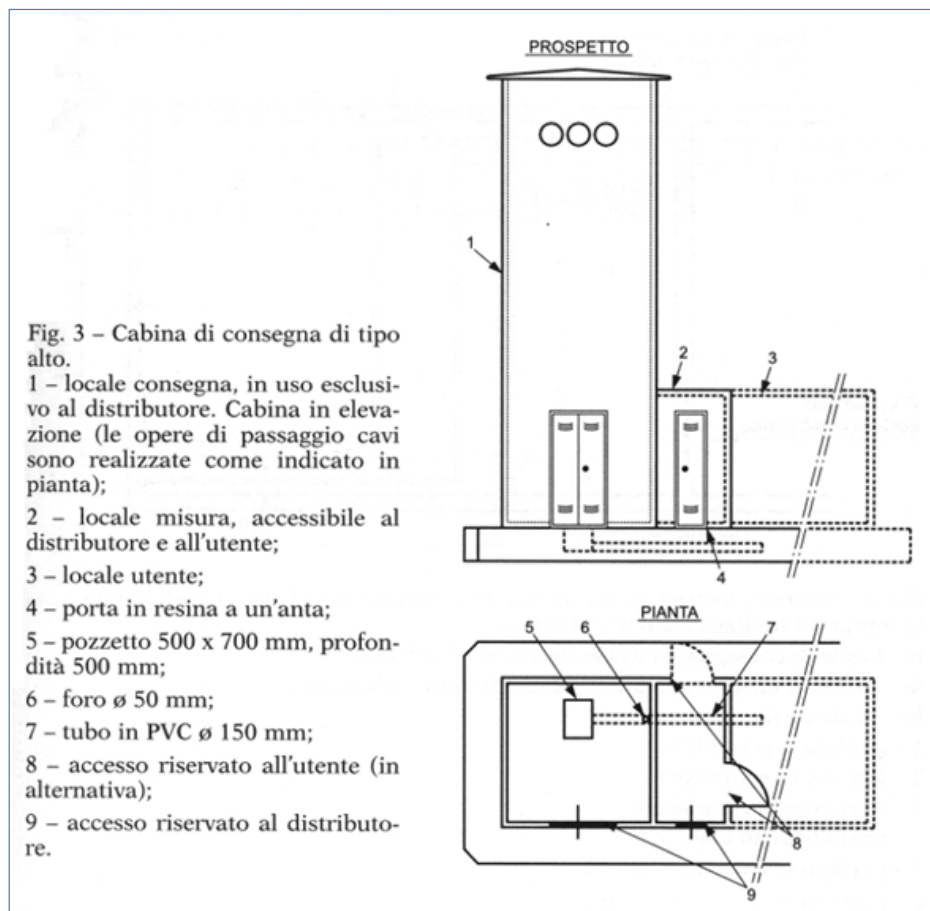


Figura 5.1: cabina di trasformazione urbana di tipo alto

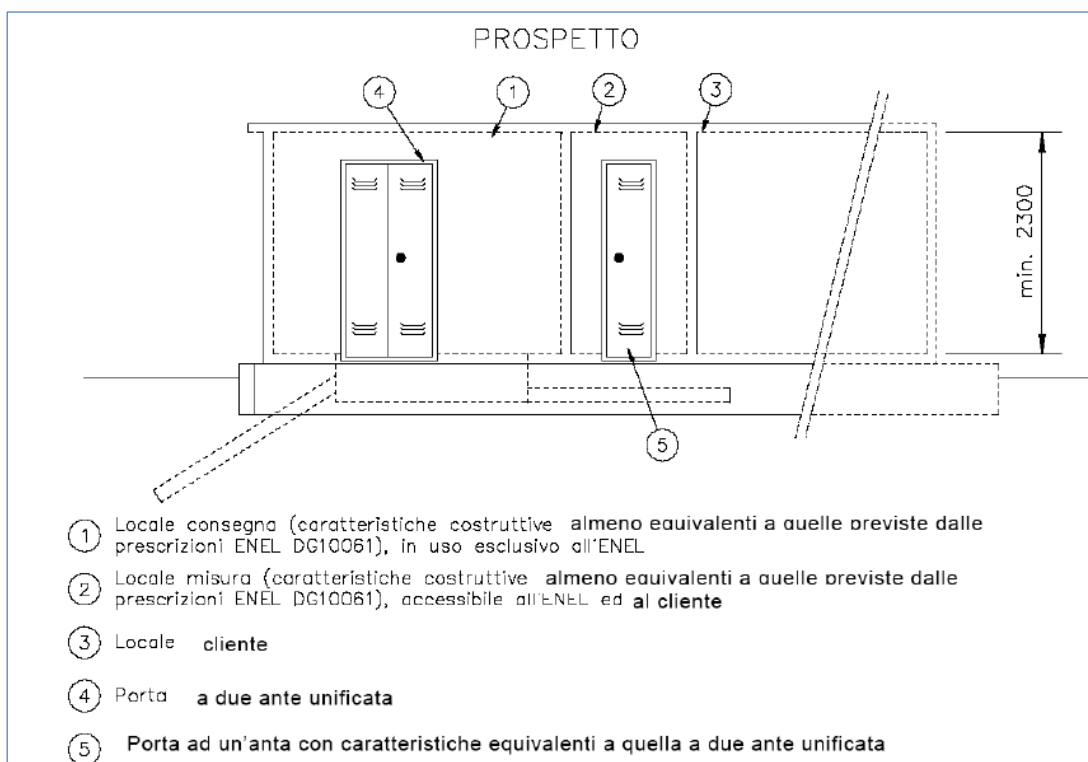


Figura 5.1: cabina di trasformazione urbana di tipo basso

Le norme e i documenti cui fanno riferimento sono quelle indicate nel capitolo precedente, in aggiunta vi è la *DK 5600 "CRITERI DI ALLACCIAMENTO DI CLIENTI ALLA RETE MT DELLA DISTRIBUZIONE"*, ossia un documento fornito dal distributore qualora un privato voglia allacciarsi alla rete ENEL.

Le cabine d'utente si possono spesso considerare come cabine di tipo terminale, cioè cabine in cui la linea in MT si ferma nel punto di installazione della cabina stessa, può capitare che sia anche presente il sistema *entra-esce*, usato per creare una alimentazione ad anello o in derivazione.

In entrambi i casi la costruzione di nuove cabine d'utente sarà solo di tipo basso e non più di tipo alto in quanto vi è sempre più la necessità di ridurre le linee aeree.

Tipicamente le cabine d'utente alimentano utenze civili (scuole, ospedali, ecc.) o utenze di tipo industriale con fornitura dalla rete pubblica in MT.

Queste cabine sono nella maggioranza dei casi ubicate nei locali stessi dello stabilimento da esse alimentato e sono costituite fondamentalmente da tre locali distinti (figura 5.3).

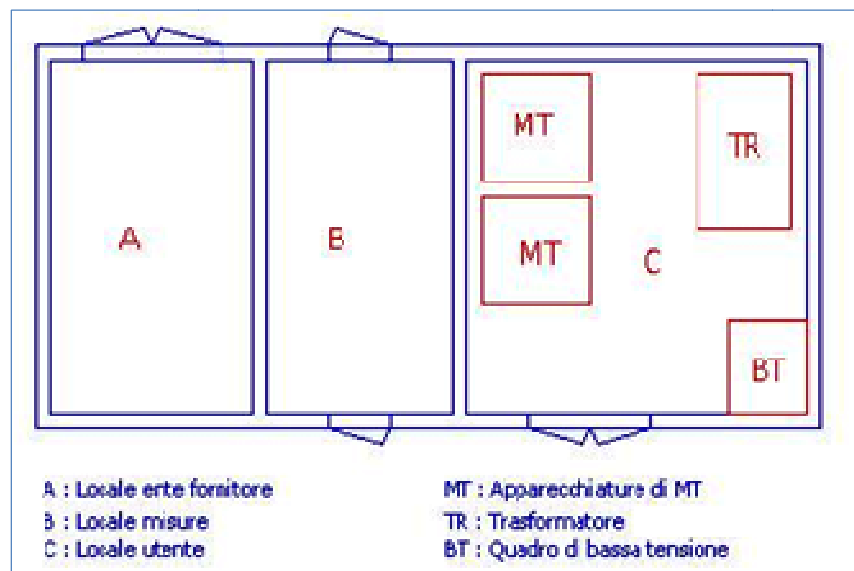


Figura 5.3: locali di una cabina d'utente

Locale di consegna: dove sono installate le apparecchiature di manovra dell'ente distributore. Tale locale deve avere dimensioni tali da consentire l'eventuale realizzazione del sistema entra esci che l'ente distributore ha facoltà di realizzare anche in un secondo tempo per soddisfare le proprie nuove esigenze.

Nel locale consegna è presente il punto di prelievo che rappresenta il confine e la connessione tra l'impianto di rete pubblica e l'impianto di utenza. In questo locale l'accesso è riservato all'ente distributore.

Locale misura: in cui sono collocati i gruppi di misura. Entrambi questi locali devono avere l'accesso da strada aperta al pubblico, per permettere l'intervento al personale autorizzato indipendentemente dalla presenza dell'utente. In questo locale l'accesso è permesso sia al privato che all'ente distributore.

Locale utente: destinato a contenere il trasformatore e le apparecchiature di manovra e protezione in MT e BT di pertinenza dell'utente. Tale locale deve normalmente essere adiacente agli altri due locali. In questo locale l'accesso è riservato al proprietario della cabina.

Una ulteriore suddivisione delle cabine, fornita dalla NORMA CEI 11-35, è da fare in base all'isolamento delle parti attive all'interno della cabina:

- cabina con apparecchiature prefabbricate, sono cabine create utilizzando apparecchiature prefabbricate di I e II categoria, con involucro metallico conformi alle relative norme vigenti (CEI 17-6 per la II categoria e CEI 17-13 per la I categoria) in grado di assicurare la protezione dai contatti diretti.
- cabine a giorno, sono cabine che non utilizzano in tutto o in parte apparecchiature prefabbricate conformi alla relativa Norma CEI (1.3.1) e i cui componenti sono disposti entro una o più celle segregate da pareti non metalliche o metalliche collegate a terra.
- cabine prefabbricate, sono cabine complete di apparecchiature di I e II categoria, trasformatore, collegamenti, parti ausiliarie e involucro esterno, totalmente costruite, assemblate e collaudate in fabbrica in conformità a una specifica Norma CEI (IEC 1330), questa tipologia non è trattata dalla NORMA CEI 11-35 bensì dalle CEI EN 61330 (classificazione CEI 17-63)

5.2 Apparecchi e componenti nei vari locali

Il seguente schema (figura 5.4) mostra, a grandi linee, le parti costituenti una cabina elettrica:

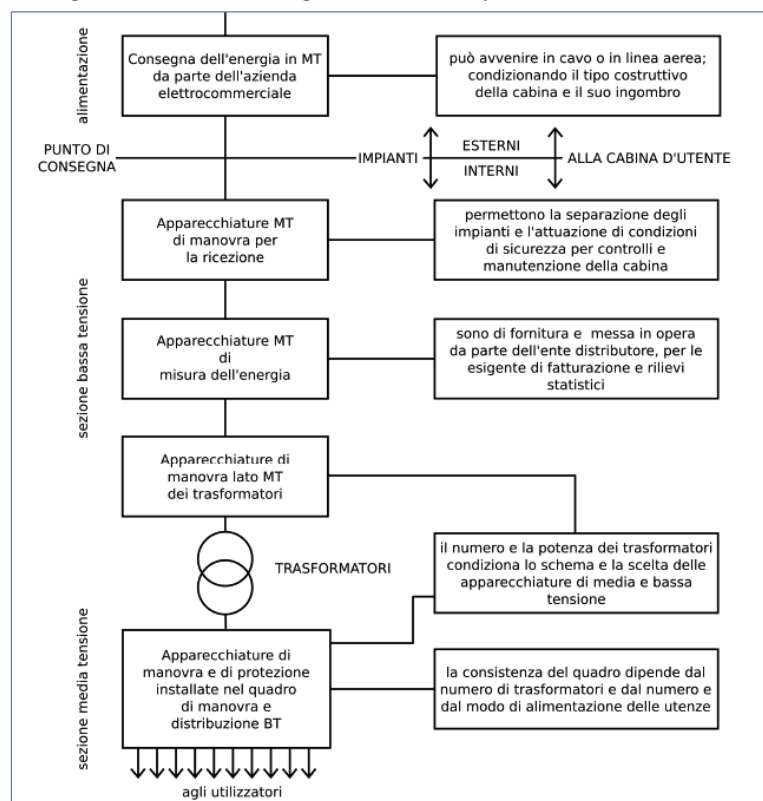


Figura 5.4: apparecchi e componenti nei vari locali

Più in dettaglio possiamo trovare:

- conduttori nudi (possibile solo sul lato MT) o isolati

- apparecchi di manovra quali:
 - interblocchi meccanici ed elettrici atti ad impedire operazioni indebite e pericolose
 - dispositivi di sezionamento, sia a terra che tra le fasi, atti a garantire la sicurezza per le persone che lavorano sull'impianto
 - interruttori di manovra
- apparecchi di misura (wattmetri, varmetri, trasformatori di misura, contatori di energia, ecc)
- trasformatori di potenza
- sistemi di protezione:
 - contro incendi (mediante l'adozione di materiali adatti, adeguati sistemi di asportazione del calore, pozzetti di raccolta olio, ecc)
 - contro esplosioni
 - elettrici (protezioni da sovratensioni, sovracorrenti e corto circuiti)
 - contro i contatti indiretti (impianto di terra, protezione differenziale)
 - contro i contatti diretti (barriere, involucri, segregazione delle parti attive, isolamenti in gas, DPI, distanziamento elettrico)
- apparecchiature di manovra e protezione in bassa tensione

Di seguito sono trattate le parti più inerenti al lavoro elettrico e quindi al rischio elettrico, quali apparecchi di manovra, protezioni elettriche e protezioni da contatti diretti e indiretti.

5.2.1 Conduttori

I conduttori tipicamente utilizzati nelle cabine sono di rame e possono essere nudi (cioè privi di isolamento principale) oppure in cavo.

I primi devono essere adeguatamente posati (su percorsi rigidi) e, per evitare contatti diretti, dotati di barriere o distanziamento elettrico (figura 5.5)

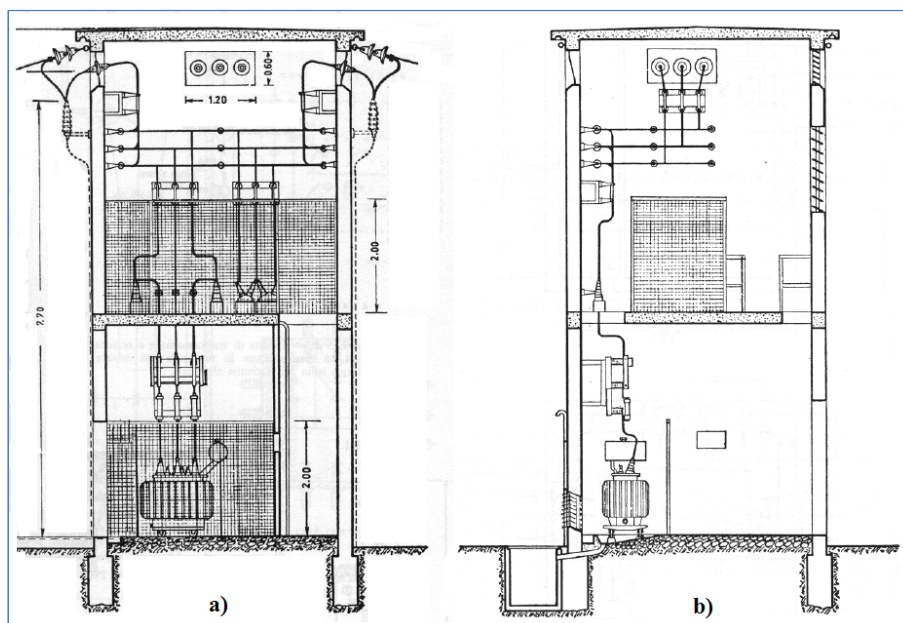


Figura 5.5: posa dei conduttori nudi a) vista frontale b) vista laterale

I secondi (figura 5.6) godono di maggiore libertà in quanto essendo isolati possono essere posati più agevolmente.



Figura 5.6: posa di conduttori in cavo

5.2.2 Apparecchi di manovra

Gli apparecchi di manovra vanno scelti in base alla tensione di esercizio, al livello nominale del sistema nel quale devono operare, al livello di isolamento corrispondente, alla portata e al potere di interruzione che sono chiamati a garantire. Nel caso la cabina fosse del privato, l'ente fornitore vincola l'utente nella sua scelta in quanto, per evitare scatti intempestivi delle protezioni, le apparecchiature di ambo i lati (a monte e a valle del punto di prelievo) devono garantire la corretta selettività.

A questo scopo viene definito il dispositivo generale, d'ora in poi chiamato DG, che è quell'apparecchio in grado di interrompere il circuito nonché di garantirne il sezionamento. Il DG può avere varie configurazioni:

- DG composto da sezionatore interruttore automatico con potere di interruzione minimo di 12,5 kA (figura 5.7);

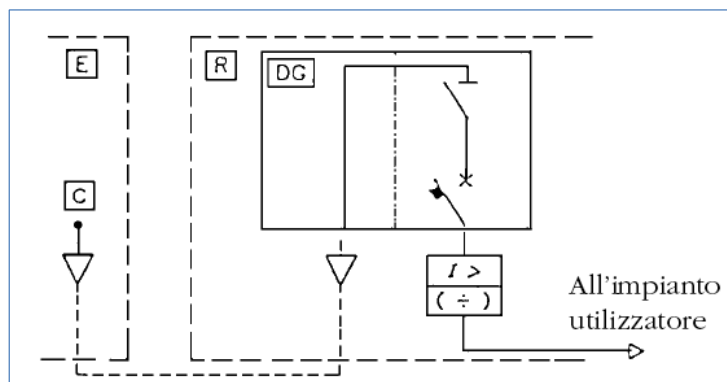


Figura 5.7: configurazione di dispositivo generale

- DG composto da interruttore automatico di tipo estraibile, proprio questa ultima caratteristica garantisce il sezionamento (figura 5.8);

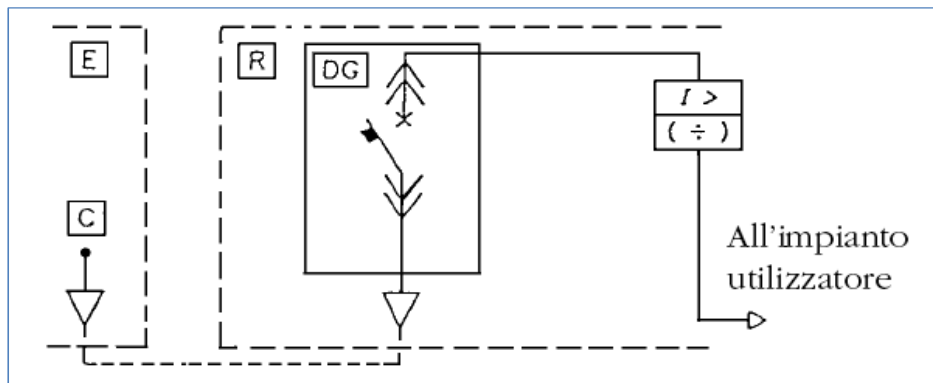


Figura 5.8: configurazione di dispositivo generale

- DG composto da IMS (interruttore di manovra sezionatore) azionato da fusibile. Soluzione adottabile solo nel caso di utenza con unico trasformatore di potenza inferiore a 400 kVA

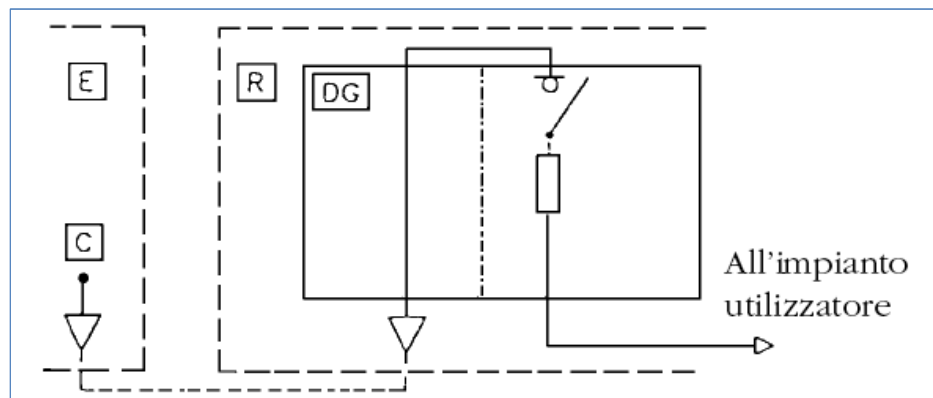


Figura 5.9: configurazione di dispositivo generale

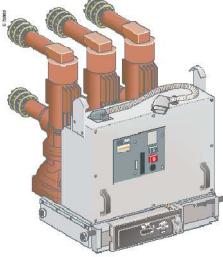
Il sezionatore è un apparecchio meccanico che deve garantire l'isolamento elettrico tra i contatti elettrici e non è chiamato ad agire su correnti, pertanto dovrà essere azionato una volta che si sia interrotta la corrente e opportunamente interbloccato per evitare le chiusure sotto carico o verso terra. Ne esistono di due tipi, il sezionatore di linea, che garantisce la separazione elettrica tra linea ed impianto e il sezionatore di terra, utilizzato quando si eseguono lavori in cabina che richiedono l'azionamento dell'interruttore.

L'interruttore automatico, è un apparecchio meccanico di manovra capace di stabilire, portare ed interrompere (su comando di relè dedicati) i vari regimi di corrente che possono stabilirsi nel circuito (corrente nominale, apertura e chiusura su corto circuito). Con il termine "automatico" si intende che l'interruttore interviene automaticamente quando è attraversato da una corrente superiore alla nominale. Le modalità di intervento dipendono dall'entità della corrente (sovraccarico o corto circuito) e dalla sua caratteristica di intervento. Ogni interruttore automatico è fornito di due sganciatori, uno che interviene con una caratteristica a tempo inverso l'altro che interviene con una caratteristica a tempo pressoché costante. Di questi interruttori ne esistono di vari tipi:

- *a volume di olio ridotto*, sono costituiti da tre colonne, contenenti ciascuna un polo. La connessione è garantita da un contatto a tulipano e l'estinzione dell'arco avviene entro una idonea camera di interruzione immersa in alcuni litri di olio isolante. Interrompe agevolmente correnti vicini al potere di interruzione mentre è meno brillante per correnti più basse. Ha un costo contenuto e buona affidabilità, tuttavia richiede una oculata manutenzione periodica.



- *in vuoto*, realizzano l'interruzione all'interno di una ampolla dove è stato creato un vuoto spinto ($10^{-7} \div 10^{-5}$ mmHg); essendo l'ambiente di estinzione molto rarefatto, la distanza tra i contatti (uno fisso e uno mobile) è molto contenuta (20÷30 mm). La vita dei contatti è molto lunga ed esente da manutenzione che invece va prevista per le parti meccaniche.



- *in SF₆*, si utilizza questo gas sia per le sue proprietà dielettriche (rigidità doppia rispetto all'aria) sia per le sue proprietà chimiche (elevata densità ed elevata stabilità chimica-termica). Queste doti, accompagnate dalla possibilità di installazione in posizione orizzontale l'hanno reso competitivo nei confronti dell'olio ridotto.



- *in aria compressa o a deionizzazione magnetica*, questi interruttori trattano l'arco in aria atmosferica allungandolo e spezzandolo sul caminetto per estinguerlo. Lo spostamento dell'arco è garantito o da aria compressa che spinge l'arco oppure attraverso un campo magnetico, creato dalla corrente stessa. Ha un costo elevato, visti i processi di fabbricazione delle camere di estinzione e, nel caso di aria compressa, si rischia di stappare l'arco se la corrente è troppo bassa

- L'*IMS* (Interruttore di Manovra Sezionatore) infine si può considerare una via di mezzo tra un interruttore ed un sezionatore in quanto è in grado di interrompere il circuito quando esso è sotto carico. Si tratta di un apparecchio meccanico di manovra in grado di stabilire, portare ed interrompere correnti in condizioni normali e, per una durata specificata, anche in condizioni anormali del circuito, grazie anche alla presenza del fusibile. Diventa anche sezionatore quando nella posizione di aperto soddisfa anche le condizioni specificate nella CEI 17-11.



5.2.3 Gli apparecchi di misura

Il luogo dove sono installati questi oggetti è il locale misure, che è accessibile sia dal privato (proprietario della cabina) sia dall'ente fornitore. In questo locale si effettuano i conteggi, per la fatturazione o per il monitoraggio, del flusso di energia elettrica che transita in cabina. Tipicamente si trovano installati:

- TA, ovvero trasformatori amperometrici; sono trasformatori che sulla presa secondaria forniscono una corrente proporzionale alla corrente che transita al primario. La corrente secondaria ha valori normalizzati secondo la norma CEI EN 60044-1 (classificazione CEI 38-1) di 5A, ma sono ammessi anche valori di 2A e 1A
- TV, ovvero trasformatori voltmetrici; ve ne sono di due tipi, uno che fornisce una tensione secondaria proporzionale alla tensione concatenata (in quanto collegato tra fase e fase) e uno che fornisce una tensione secondaria proporzionale alla tensione di fase (in quanto collegato tra fase e neutro). In questi trasformatori la tensione secondaria è di solito 100V e la norma di riferimento è la CEI EN 60044-2 (classificazione CEI 38-2)
- Wattmetri, che misurano la potenza istantanea richiesta in cabina
- Amperometri
- Voltmetri
- Frequenzimetri
- Cosfimetri

Si ricorda che questa strumentazione non solo è importante per il corretto conteggio dell'energia, ma è anche usata per il coordinamento con le apparecchiature di protezione. Infine per un corretto utilizzo delle apparecchiature è bene sempre tenere a mente la tensione nominale di esercizio in cui l'oggetto andrà a lavorare e la classe di isolamento, altrimenti detta massima tensione di esercizio.

5.2.4 Trasformatori di potenza

Il trasformatore di potenza è il cuore della cabina. È una macchina statica destinata principalmente ad adattare il valore di tensione in base alle esigenze di utilizzo. Le norme di riferimento sono le CEI EN 60076-1, integrata dalla norma EN 60076-1/A1 (classificazione CEI 14-4/1) e dalla CEI EN 60076-2 (classificazione CEI 14-4/2) e le CEI 14-8 per i trasformatori a secco.

I trasformatori sono caratterizzati da una sigla a 2 o 4 lettere che specifica il tipo di isolamento e le modalità di raffreddamento di quest'ultimo (figura 5.10).

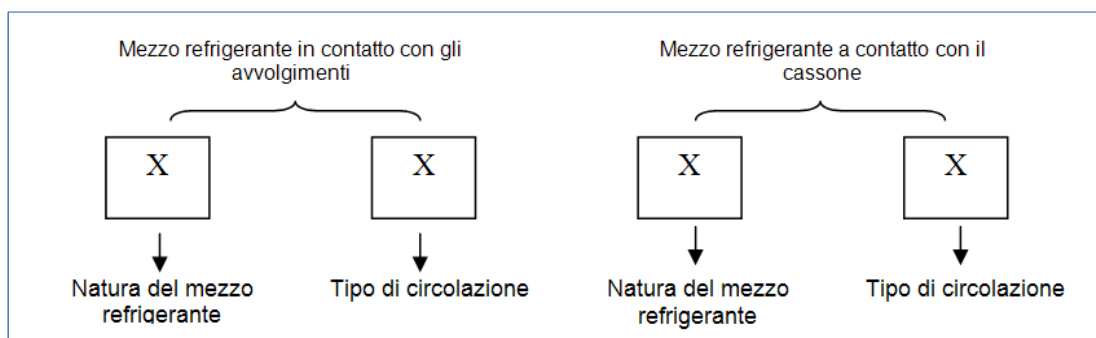


Figura 5.10: sigla dei trasformatori in base all'isolamento e al raffreddamento

La natura del mezzo refrigerante può essere:

- olio
- L liquido isolante non infiammabile
- G gas
- W acqua
- A aria

Mentre per il tipo di circolazione possiamo trovare:

- N naturale
- F forzato
- D forzata e guidata, dove il flusso di refrigerazione è in parte incanalato in modo da passare attraverso gli avvolgimenti

Ulteriore classificazione è fatta in base ai collegamenti interni e al gruppo di appartenenza. La codifica utilizza un codice alfa numerico a 6 cifre (figura 5.11).

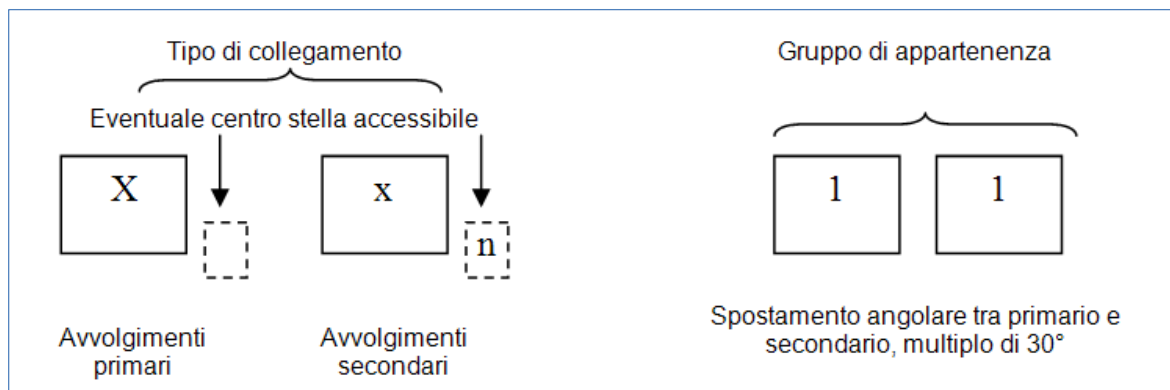


Figura 5.11: sigla di un trasformatore in base al collegamento degli avvolgimenti e al gruppo di appartenenza

Le lettere utilizzate sono:

- Y per indicare il collegamento a stella;
- D per il collegamento a triangolo;
- Z per il collegamento zig-zag;

Inoltre la lettera riportata in maiuscolo si riferisce al primario mentre quella in minuscolo si riferisce al secondario. Il pedice "N" o "n" sta ad indicare l'accessibilità al neutro. Le due lettere successive indicano il gruppo, ovvero l'angolo di sfasamento tra vettore tensione primario e vettore tensione secondario espresso in multipli di 30° elettrici.

Trasformatore tipico per cabine di utente è di tipo Dy_n11 , perché presenta migliore simmetria sulle tensioni di fase, migliore protezione in caso di sovracorrenti ed impedisce, in caso di guasto monofase lato bt, la circolazione di componenti omopolari.

Per quanto riguarda le taglie dei trasformatori, ovvero la loro potenza nominale, i valori sono spesso normalizzati 100-160-200-250-315-400-500-630-800-1000-1250-1600-2000-2500 kVA.

Infine particolare attenzione è da prestare alle protezioni da adottare per proteggere il trasformatore da sovratensioni, con scaricatori e da sovratemperature tramite:

- adeguato smaltimento delle perdite a vuoto e per effetto joule, tramite adeguata ventilazioni
- adeguate protezione da corto circuiti o sovraccarichi, tramite taratura delle protezioni

5.2.5 Sistemi di protezione

Nei capitoli successivi verranno trattati in modo approfondito le protezioni che si trovano in cabina per quanto riguarda la sicurezza di persone e cose; in questo capitolo sono trattati solo in modo introduttivo le protezioni che si possono incontrare.

In particolare teniamo presente:

- segnalatori di presenza di tensione, sono degli isolatori portanti con derivatori capacitivi connessi a lampade al neon
- fusibili, chiamati ad intervenire sia in caso di sovraccarico che di corto circuito
- relè di protezione
- scaricatori *SPD*(*surge protective device*), possono essere a corna spinterometriche o ad ossido
- impianto di terra
- sezionatori di terra
- impianto antincendio
- barriere, involucri, DPI

5.2.6 Sezione bt

In una cabina di trasformazione MT/bt all'uscita del trasformatore di potenza ha inizio la sezione di bassa tensione dell'impianto. Essa comprende, per prima cosa, le sbarre o i cavi che collegano i morsetti di uscita della macchina al quadro di potenza sul quale trova posto l'interruttore di protezione della macchina.

Le norme di riferimento sono le CEI 64-8 (impianti elettrici con tensione inferiore a 1000V) tuttavia per alcune apparecchiature ci sono altre norme cui fare riferimento, come la norma CEI EN 60439-1 (classificazione CEI 17-13/2) "*Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione(bt)...*"

La configurazione per i quadri di bt dipende dal loro grado di segregazione (realizzata con barriere e/o diaframmi) e dalla separazione o meno dei conduttori esterni rispetto alle sbarre.

Sui quadri bt di cabina trovano normalmente posto:

- interruttori automatici principali dei trasformatori: posto in uscita dal secondario del trasformatore, deve essere in grado di sopportare per breve tempo regimi di guasto. Questo al fine di garantire la selettività verticale rispetto alle protezioni a valle. Possono essere di tipo tripolare o quadripolare, questo dipende dal sistema di distribuzione(TT, TN-C, TN-S, IT)

- interruttori di partenza dai quadri: posti in partenza delle linee di distribuzione, servono a proteggere la linea nella quale sono inseriti. Come per gli interruttori visti sopra, devono anch'essi garantire la selettività verticale
- relè di protezione: possono riferirsi ai trasformatori (Buchholz, rilevatori di temperatura, ecc) e alle partenze della bt e trovano posto a fianco di altra strumentazione sotto forma di moduli a pannello
- comando di emergenza: questo comando non è una prescrizione normativa, bensì dei Vigili del Fuoco che in caso di intervento possono mettere integralmente fuori tensione l'impianto. Questo dispositivo deve fare riferimento alla norma CEI EN 60947-5-5(classificazione CEI 17-65) *"Apparecchiature BT. Parte5: Dispositivo elettrico di arresto di emergenza con blocco meccanico"*

Capitolo 6

Il rischio delle cose

All'interno di una cabina di distribuzione, il rischio elettrico riguarda sia persone sia cose. Il rischio maggiore per ciò che riguarda le cose si ha in caso di cortocircuito o di sovraccarico.

Il cortocircuito rappresenta una condizione di guasto che può comportare il raggiungimento di temperature estremamente elevate nei circuiti ed il formarsi di archi elettrici, visto l'elevato valore di corrente raggiunto (tale valore di corrente viene limitato esclusivamente dall'impedenza di guasto).

Il sovraccarico rappresenta un'altra condizione di funzionamento anomalo in cui si ha un valore di corrente superiore rispetto alla corrente di dimensionamento. Se tale sovracorrente non viene interrotta in maniera tempestiva si avrà un anomalo surriscaldamento dell'impianto elettrico.

Tali condizioni possono portare all'incendio e all'esplosione di componenti ed apparati. Per evitare tali fenomeni si rende necessario agire in due direzioni: da un lato la prevenzione, dall'altro la protezione.



Figura 6.1: effetti di un incendio in cabina



Figura 6.2: prova di propagazione alla fiamma

6.1 Definizioni

Per prevenzione s'intende la riduzione della frequenza, della probabilità che un evento si verifichi e quindi diminuire il rischio di incendio od esplosione.

Per protezione s'intende l'attuazione di tutte le misure tese alla riduzione della sola magnitudo. Le protezioni a loro volta possono essere discriminate in protezioni attive o protezioni passive a seconda che richiedano o meno un intervento di un operatore o di un impianto per essere attivate.

Le misure preventive e protettive non sono da intendere alternative, bensì complementari ovvero devono essere intraprese entrambi per minimizzare il rischio il più possibile.

Possono essere inoltre adottate ulteriori misure precauzionali d'esercizio atte ad evitare eventuali errori di un operatore, come le procedure di manovra.

Si definisce il carico d'incendio come potenziale termico della totalità dei materiali combustibili contenuti in uno spazio, ivi compresi i rivestimenti dei muri, delle pareti provvisorie, dei pavimenti e dei soffitti; esso viene espresso come $\frac{kJ}{kg}$.

Viene definito anche il carico d'incendio specifico come il carico specifico commisurato alla superficie del locale, quindi viene misurato in $\frac{kJ}{m^2}$.

Si definisce come esplosione una reazione chimica di combustione rapida su larga scala di natura distruttiva, con generazione di calore e rapida espansione di gas. L'esplosione può manifestarsi con una deflagrazione o con una detonazione.

La deflagrazione è un'esplosione in cui la fiamma si propaga a velocità inferiore rispetto a quella del fronte di pressione, ovvero la fiamma si propaga ad una velocità inferiore a quella del suono. In tale caso è possibile attuare delle forme di mitigazione degli effetti distruttivi tramite dispositivi attivi, passivi ed inertizzazione dell'ambiente.

La detonazione è un'esplosione in cui il fronte di fiamma e quello di pressione sono coincidente, cioè la fiamma viaggia ad una velocità pari a quella del suono. La rapidità di tale evento rende improponibile l'impiego di tecniche di mitigazione.

I danni di una esplosione possono essere quantificati in base al valore della sovrappressione creata:

- 0.03 bar: danni reversibili;
- 0.05 bar: possibile rottura dei timpani;
- 0.07 bar: danni irreversibili;
- 0.14 bar: danni ai polmoni, ferite letali.

6.2 Prevenzione e protezione degli incendi

Le principali misure di prevenzione degli incendi sono individuate in:

- Realizzazione d'impianti elettrici a regola d'arte secondo le norme CEI;

- Collegamento all'impianto di terra;
- Installazione d'impianti parafulmine e di dispositivi di protezione dalle scariche atmosferiche;
- Evitare la presenza, per quanto possibile, di sostanze infiammabili nei locali della cabina;
- Ventilazione opportuna dei locali;
- Impiego di strutture e materiali incombustibili;

Le misure di protezione passiva non richiedono l'azione dell'uomo o l'azionamento di un impianto e hanno come obiettivo la limitazione degli effetti dell'incendio nello spazio e nel tempo come garantire l'incolumità dei lavoratori, limitare gli effetti nocivi dei prodotti della combustione e contenere danni a strutture, macchinari, impianti. Tali misure di protezione possono essere perseguiti tramite:

- Barriere antincendio
 - Isolamento dell'edificio;
 - Distanze di sicurezza interne ed esterne;
 - Elementi di segregazione;
- Strutture aventi caratteristiche di resistenza commisurate al carico d'incendio;
- Sistemi di ventilazione.

Le barriere antincendio non sono in grado di resistere in maniera indefinita agli effetti del fuoco. Viene definito come resistenza al fuoco l'attitudine di una struttura o di un elemento, di conservare la stabilità, la tenuta e l'isolamento termico.

A tale scopo si definisce il grado REI in cui:

- R è la stabilità ovvero l'attitudine di un elemento a conservare la resistenza meccanica sotto l'azione del fuoco;
- E è la tenuta ovvero l'attitudine di non lasciar passare, né produrre (se esposto al fuoco su di un solo lato) fiamme, vapori o gas caldi sul lato non esposto al fuoco;
- I è l'isolamento termico ovvero l'attitudine a ridurre entro un dato limite la trasmissione del calore.

Le misure di protezione attiva, le quali richiedono l'intervento di un operatore o l'azionamento di un impianto atto a rilevare, segnalare e spegnere l'incendio stesso. Sotto questa tipologia ricadono:

- Estintori;
- Rete idrica antincendio;
- Impianti di rilevazione automatica d'incendio;
- Impianti di spegnimento automatici;
- Dispositivi di segnalazione e d'allarme;
- Evacuatori di fumo e calore.

Nella CEI 11-35 sono indicati i requisiti che deve possedere il locale cabina nel caso di incendio dei trasformatori, in base alle caratteristiche:

- REI minimo 60 per trasformatori fino a 1000 kVA in olio di tipo O;
- REI minimo 90 per trasformatori oltre 1000 kVA in olio tipo O1;
- REI minimo 60 per trasformatori a secco classe F0;
- Nessuna particolare requisito per trasformatori a secco classe F1 e F2;
- Nella cabina con trasformatori in liquido isolante non sono necessari ulteriori vie di protezione contro l'incendio (devono essere previsti accorgimenti per le perdite di liquido per non inquinare l'ambiente).

Classe di comportamento al fuoco	Luogo d'installazione
F0	Non è previsto particolare rischio d'incendio
F1	È previsto rischio d'incendio. È richiesta infiammabilità ridotta (autoestinguenza) e minima emissione di sostanze tossiche e fumi opachi
F2	Sono previste le stesse prescrizioni della classe F1, con in più la capacità del trasformatore di funzionare per un certo tempo, anche se investito da un incendio esterno

Tabella 6.1: classe di comportamento al fuoco dei trasformatori a secco

Lettera	Mezzo refrigerante interno
O	Olio minerale o liquido isolante con temperatura di combustione inferiore o pari a 300°C
K	Liquido isolante con temperatura di combustione superiore a 300°C
L	Liquido isolante con temperatura di combustione non misurabile

Numero	Potere calorifero inferiore
1	Maggiore o uguale a 42 MJ/kg
2	Compreso tra 32 e 42 MJ/kg
3	Inferiore a 32 MJ/kg

Tabella 6.2: codice d'identificazione del refrigerante di un trasformatore in olio con relativo potere calorifico (CEI EN 61100)

Esistono anche tecniche di mitigazione del rischio e contenimento d'incendio che tende a ridurre gli effetti dell'incendio. Sotto questa ottica si utilizzano particolari disposizione quali:

- Vasca di raccolta olio per evitare che la rottura della cassa dell'eventuale trasformatore o interruttore in olio faccia fuoriuscire tutto il volume d'isolante all'interno della cabina (per dispositivi contenenti più di 500 kg di liquido);
- Massetto di fondo in pendenza che va ad integrare l'azione della griglia di captazione posta al di sotto dei dispositivi isolati in olio.
- Passaggio cavi poiché si rende necessaria la segregazione di due ambienti contigui;
- Barriere tagliafuoco che schermano apparecchiature ed ambienti dal fuoco;
- Compartimentazione;
- Verniciatura cavi con particolari materiali ignifughi visto che i cavi rappresentano la via naturale di propagazione degli incendi.

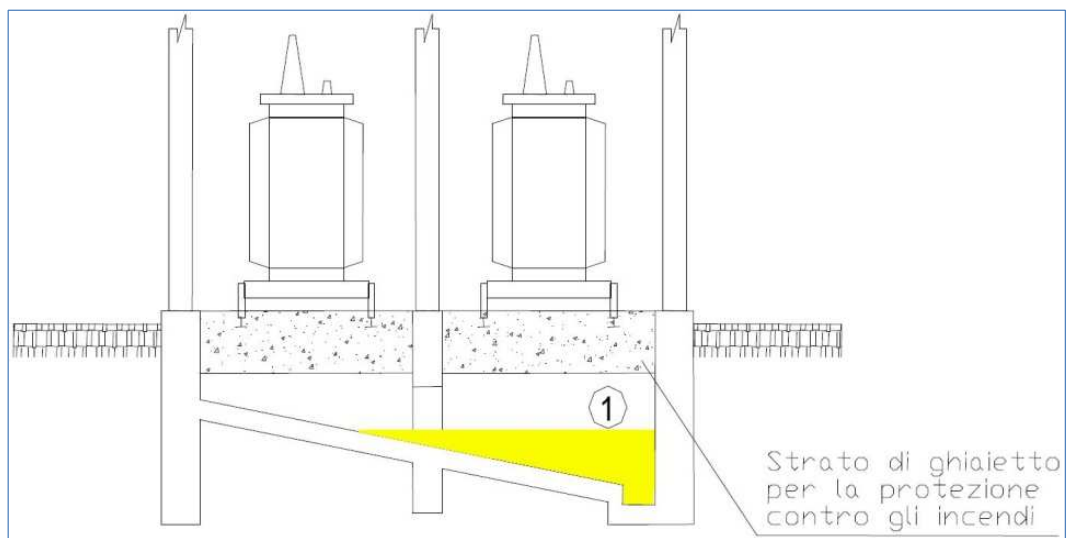


Figura 6.3: esempio di vasca di raccolta dell'olio

6.3 Prevenzione e protezione delle esplosioni

Il rischio d'esplosione è dovuto alla produzione di gas e vapori ad alta temperatura che si generano durante l'arco elettrico. Questo porta ad una sovrappressione che può distruggere in maniera violenta il contenitore del dispositivo interessato dall'arco elettrico, con la conseguente fuoriuscita dei gas e dei vapori e possibile incendio ed esplosione secondaria.

La prevenzione avviene eliminando almeno uno degli elementi che determinano la deflagrazione ovvero la presenza del combustibile e del comburente in concentrazione tale da rientrare nei limiti di infiammabilità e la presenza del calore. Qualsiasi intervento atto all'eliminazione di questi elementi previene ma non offre alcuna protezione una volta innescata l'esplosione.

La protezione dalle esplosioni tende a ridurre l'estensione delle zone investite dall'esplosione e a ridurre l'entità delle sovrappressioni che si vengono a creare. In questa sezione rientrano anche le tecniche di soppressione e di mitigazione che tendono a rilevare l'esplosione e ad inertizzare l'ambiente. In tal modo s'interrompe lo sviluppo della combustione iniziale, evitando le conseguenze disastrose. Per ottenere ciò:

- Condizionamento continuo e costante dell'ambiente della cabina che prescinde dalla presenza di una miscela esplosiva;

- Rilascio di opportuni agenti di soppressione (gas inerti, atmosfere povere di ossigeno) nei primi istanti del fenomeno della combustione; tale procedimento richiede un'opportuna rete di sensori concepita e tarata per intercettare in tempo utile l'insorgere dell'evento esplosivo;
- Introduzione nell'area in cui può verificarsi l'esplosione di opportune aree di sfogo (relief panels, venting) in grado di rilasciare all'esterno della cabina ed in sicurezza le sovrappressioni.
- Introduzione di barriere fisiche e/o chimiche in grado di resistere a fiamme e/o fronti di pressione;
- Controllo del fronte di propagazione tramite barriere fisiche attive o passive.

Nel caso pratico delle cabine di distribuzione, in cui si ha un trasformatore (nella maggior parte delle volte in olio), un sistema di prevenzione dalle esplosioni e dagli incendi consiste nel confinamento del trasformatore stesso in un contenitore metallico riempito di una adeguata concentrazione di anidride carbonica o di azoto, in modo da mantenere la concentrazione di ossigeno al di sotto della concentrazione limite di ossidazione. Nel caso di piccole cabine, questo metodo può essere esteso all'intero volume della cabina, previa progettazione adeguata di porte ed accessi a tenuta. Tale metodologia, d'altro canto, non permette la presenza di personale e ciò influisce sui sistemi di controllo, poiché è necessario un controllo remoto, e sulle procedure operative, visto che è necessario ripristinare la concentrazione di ossigeno adeguata prima di accedere. Altra via di prevenzione è la riduzione della presenza di combustibile (ovvero vapori di olio e di gas dovuti alla decomposizione dell'olio sottoposto ad arco) tramite una abbondante ventilazione.

La protezione dalle esplosioni, consiste nell'adozione di:

- Sistemi di sfogo che proteggono dagli effetti dell'esplosione
 - membrane di sfogo;
 - dischi di rottura;
 - filtri di fiamma;
 - diverter;
- Sistemi di contenimento ed isolamento che impediscono la propagazione
 - valvole a ghigliottina;
 - valvole flottanti;
 - elementi e porte strutturali antiscoppio.

La soppressione tende a ridurre l'efficienza del processo di combustione che può portare alla deflagrazione in modo da ridurre la velocità d'incremento della sovrappressione. Per tale tipologia di protezione richiede la presenza di una rete di sensori, con una unità di controllo ed una rete di dispositivi di scarico rapido dell'agente di soppressione. Gli elementi utilizzabili per la soppressione sono:

- gas inerti (come CO₂ o N₂);
- gas chimicamente attivi che sono ossido riducenti (come CHF₃);
- liquidi evaporanti che sottraggono calore evaporando e agendo come sostanza ossido riducente (come Halon e fluorocarbon);

- liquidi che assorbono calore e fanno precipitare le polveri rese umide (come acqua e water mist);
- polveri che sottraggono calore e svolgendo un'azione ossido riducente, una volta sottoposte all'azione del calore (come talco, bicarbonato, gesso).

Capitolo 7

Il rischio delle persone

Il rischio delle persone riguarda i contatti diretti e contatti indiretti. Per la definizione di contatti diretti ed indiretti si rimanda al paragrafo 4.3.5.

7.1 Contatti diretti

La prevenzione contro i contatti diretti si esplica con:

- Formazione adeguata del personale che si trova a lavorare all'interno della cabina;
- Riducendo il tempo di esposizione al pericolo con interventi di organizzazione del lavoro e pianificazione adeguata dell'intervento.

La protezione dai contatti si ottiene:

- Facendo indossare obbligatoriamente agli esposti:
 - I dispositivi di protezione individuale DPI;
 - I dispositivi di protezione collettiva.
- Mettendo fuori tensione ed in sicurezza gli impianti ogni qualvolta sia possibile (lavori elettrici fuori tensione);
- Effettuando un'adeguata sorveglianza.

L'adeguata organizzazione del lavoro avviene tramite la stesura del Piano di Lavoro PdL (vedi allegato A in appendice); esso è un documento in cui sono riportate le modifiche da apportare all'impianto per poter eseguire i lavori e tutte le informazioni che deve essere mantenute durante il lavoro, ovvero sezionamenti, messe a terra, esclusione automatismi, cartellonistica.

Inoltre deve essere compilato il Piano d'Intervento PDI (vedi allegato B) in cui sono riportate tutte le informazioni riguardo le sicurezze e le modalità d'intervento, quali installazioni di barriere e protettori, adozione di DPI valutazione delle distanze e compiti assegnati agli addetti ai lavori.

All'inizio dei lavori deve essere consegnato l'impianto tramite l'apposito modulo di consegna impianto al PL (vedi allegato C); in tal modo si avvisa il RI che i lavori hanno inizio e che è necessario mantenere la configurazione d'impianto previsto nel PdL. La consegna dell'impianto può essere orale, purché sia documentata ed in qualche modo tracciabile.

Alla fine dei lavori, il PL restituisce l'impianto al RI tramite l'apposito modulo che certifica la fine dei lavori, la rimozione delle misure di sicurezza, il personale allontanato e che è possibile riprendere il normale esercizio dell'impianto

Per quello che riguarda i DPI vi sono tre categorie funzionali:

- Alla prima categoria appartengono i DPI con compito di salvaguardare da:
 - Azioni lesive di lieve entità prodotte da strumenti meccanici;
 - Azioni lesive di lieve entità prodotte da prodotti detergenti;
 - Rischi derivanti dal contatto o da urti con oggetti caldi, che non espongano ad una temperatura superiore a 50°C;
 - Ordinari fenomeni atmosferici nel corso di attività professionali;
 - Urti e vibrazioni di entità tale da non raggiungere gli organi vitali e da provocare lesioni di carattere permanente.
- Alla seconda categoria appartengono i DPI che non sono di prima e di terza categoria;
- Alla terza categoria appartengono i DPI che salvaguardano dai rischi di morte di lesioni gravi e di carattere permanente, ovvero i cosiddetti DPI salvavita. In questa tipologia deve presuppirsi che la persona che usa il DPI non abbia la possibilità di percepire in maniera tempestiva il verificarsi dell'evento lesivo.

I DPI impiegati nei lavori elettrici sono tutti appartenenti alla terza categoria, devono possedere un grado di isolamento adeguato ai valori di tensione ai quali l'utilizzatore è esposto nelle più sfavorevoli condizioni di impiego prevedibili. I materiali scelti per la realizzazione di tali dispositivi devono essere coordinati in modo tale che la corrente di fuga, misurata attraverso l'involucro protettore in condizioni di prova effettuate a tensioni corrispondenti a quelle della classe d'impianto, sia la più piccola possibile e comunque inferiore a dei valori limite corrispondenti alla soglia di tolleranza. Ogni DPI deve riportare l'indicazione di:

- La classe di protezione e/o la tensione d'impiego;
- Il numero di serie e la data di fabbricazione;
- Data di messa in servizio;
- Date delle prove o dei controlli da effettuare periodicamente;
- Uso esclusivo del DPI;
- Natura e frequenza delle prove dielettriche da compiere durante il periodo di vita.

I DPI si dividono in varie tipologie:

- Guanti dielettrici i quali, sono costituiti in lattice naturale, hanno una forma anatomica che ne facilita l'uso, con tensione d'utilizzo garantito da 5 a 30 kV. Su di essi viene apposta una etichetta indelebile con i livelli di prestazione alle prove elettriche, chimiche, meccaniche, di calore, di freddo e di rischio biologico oltre alla marchiatura CE e alle date di produzione e scadenza. Sono suddivisi in classi identificabili mediante due triangoli colorati stampati sul guanto stesso:
 - Classe 00 con colore beige;
 - Classe 0 con colore rosso;
 - Classe 1 con colore bianco;
 - Classe 2 con colore giallo;
 - Classe 3 con colore verde;
 - Classe 4 con colore arancione.

I guanti di classe 00 e classe 0 vengono utilizzati in bassa tensione e prima del loro utilizzo devono essere controllati tramite una prova pneumatica (gonfiandoli) verificando

l'assenza di fori o tagli su entrambi i guanti. I guanti di classe 1, 2, 3 e 4 sono utilizzati in alta tensione e devono essere provati ogni 6 mesi anche se non vengono mai utilizzati.

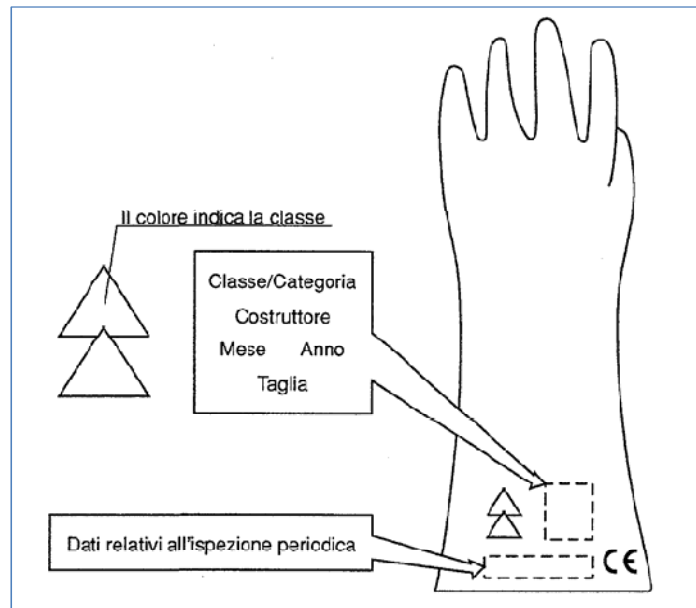


Figura 7.1: esempio di etichetta apposta sul guanto

- Stivali dielettrici: realizzati in gomma e foderati di cotone pesante.



Figura 7.2: stivale dielettrico

- Elmetti e visiere di protezione: servono per evitare i danni derivanti da eventuali archi elettrici, fiammate e schizzi. Sono caratterizzati dalla discontinuità delle eventuali parti metalliche contenute; devono essere difficilmente infiammabili e dotati nella parte interna di una lamina di protezione dalle scariche elettrostatiche.

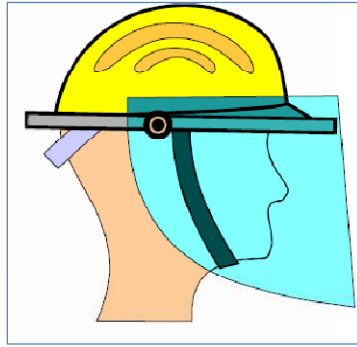


Figura 7.3: esempio di visiera elettrostatica

Altre attrezzature accessorie sono:

- Attrezzature manuali quali pinze, cacciaviti e similari, dotati anch'essi dei dati riguardo costruttore, data costruzione, tensione nominale, simbolo doppio triangolo e marchiatura CE (CEI EN 60743 e CEI EN 60900);



Figura 7.4: esempio di attrezzi isolati

- Rivelatori di presenza di tensione con segnale ottico e luminoso;



Figura 7.5: esempi di rivelatori di tensione capacitivo e resistivo

- Fioretti isolati di manovra: costituiti in vetroresina o poliestere e verniciati per renderli completamente anigroscopici;



Figura 7.6: esempi di fioretti isolati

- Tappeti isolanti in gomma con spessori da 3,5 a 5 mm;



Figura 7.7: esempio di tappeto isolante

- Pedane isolanti costruito in materiale plastico rinforzato con fibra di vetro;



Figura 7.8: esempio di pedana isolante

- Dispositivi di messa a terra e in cortocircuito;

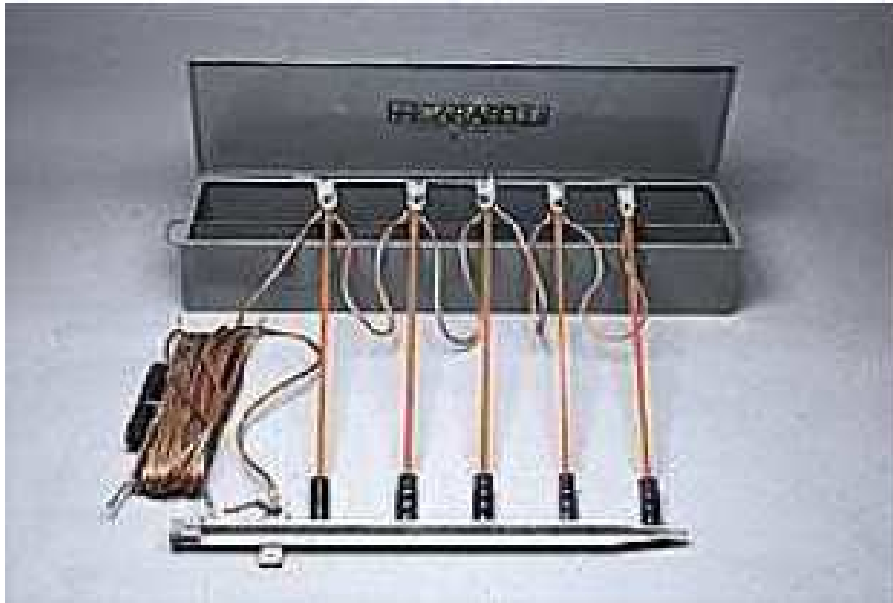


Figura 7.9: esempio di messa a terra e in cortocircuito

- Supporti;
- Barriere o impedimenti meccanici di cui:
 - Involucro: elemento che assicura la protezione dell'apparecchio e ne impedisce il contatto con le parti attive. Questo è parte integrante e permanente dell'apparecchiatura; solitamente è realizzato in materiale isolante ma non necessariamente o non integralmente;
 - Protettore: elemento di materiale isolante utilizzato durante il lavoro per coprire le parti attive ed impedire contatti accidentali. Il protettore è sempre di materiale isolante, non permanente in opera ma viene installato prima di iniziare il lavoro e rimosso al termina. Visto la sua vicinanza alle parti attive, la sua installazione viene considerata lavoro elettrico sotto tensione;



Figura 7.10: Esempio di protettore

- Schermo: ogni dispositivo usato per prevenire l'avvicinamento a qualsiasi parte che presenti pericolo elettrico. Può essere di tipo metallico od isolante e con schermo viene indicato qualsiasi impedimento non ulteriormente specificato;
 - Barriera: riparo che assicura la protezione contro i contatti diretti in tutte le direzioni abituali di accesso. Tale barriera può essere permanente o messa in opera in occasione dei lavori; possono essere di materiale qualsiasi e devono essere installate sempre al di fuori della zona limite.
- Nastri di segnalazione per ostacoli.

Gli impedimenti meccanici, quali involucri e barriere devono garantire una resistenza alla penetrazione di oggetti, di polvere e di liquidi. Per tale motivi è stato introdotto il grado IP: tale parametro indica, tramite l'utilizzo di due cifre e di eventuali lettere aggiuntive, la protezione dell'oggetto in questione alla penetrazione di corpi solidi e alla penetrazione di liquidi.

Cifra	Protezione del materiale	Protezione delle persone
0	Non protetto	Non protetto
1	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm	Protetto contro l'accesso del dorso della mano
2	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12 mm	Protetto contro l'accesso di 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

Tabella 7.1: gradi di protezione contro corpi solidi estranei indicati nella prima cifra caratteristica

Cifra	Protezione del materiale
0	Non protetto
1	Protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua
2	Protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua con inclinazione massima di 15° rispetto alla verticale
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 7.2: gradi di protezione contro l'acqua indicati nella seconda cifra caratteristica

Lettera	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

Tabella 7.3: gradi di protezione contro accessi a parti pericolose se indicati dalla lettera aggiuntiva

Lettera	Protezione del materiale
H	Apparecchiature ad alta tensione
M	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso dell'acqua con apparecchiatura in moto
S	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso dell'acqua con apparecchiatura non in moto
W	Adatto all'uso in condizioni atmosferiche specificate

Tabella 7.4: gradi di protezione contro accessi a parti pericolose se indicati dalla lettera aggiuntiva

Nei sistemi in categoria 0 e in categoria I risulta importante realizzare una condizione di doppia protezione isolante verso le parti in tensione su cui si lavora e questo avviene tramite l'utilizzo di guanti isolanti e di pedane isolanti o stivali isolanti o tappeti isolanti.

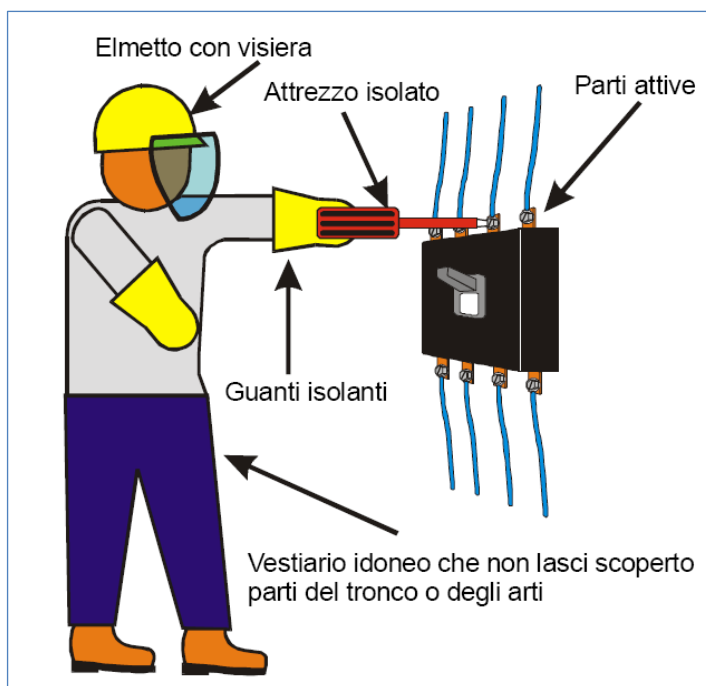


Figura 7.11: esempio di utilizzo corretto dei DPI

Altra via di protezione dai contatti diretti è la messa fuori servizio degli impianti. Questa procedura può essere adottata ogni qualvolta non sia necessario l'impianto in tensione. Nel caso di impianto in tensione (quali ricerca guasti), si devono adottare tutte le altre tecniche di protezione ovvero DPI, sorveglianza e personale altamente formato. La messa fuori tensione viene divisa in varie fasi:

- Vengono individuati il Responsabile d’Impianto RI ed il Preposto ai Lavori PL per stabilire:
 - Pianificazione delle attività, ovvero sequenza e priorità di esecuzione;
 - Tempizzazione di esecuzione;
 - A partire dalle fasi preliminari, necessarie per il raggiungimento delle condizioni di sicurezza per eseguire il lavoro, alla fase di tali condizioni fino alla fase di ritorno in servizio in sicurezza della parte d’impianto interessata dal lavoro. La collaborazione è indispensabile affinché le scelte insite nella progettazione del lavoro da parte del PL, si coordinino con le decisioni che deve prendere il RI riguardo l’esercizio dell’impianto, nonché con la pianificazione delle manovre preliminari utili a far conseguire all’impianto l’assetto desiderato per il lavoro.
- Fatte le dovute valutazioni, il RI definisce il Piano di Lavoro;
- Il PL pianifica l’attività e organizza il lavoro da svolgere, definendo nei dettagli, conoscendo i rischi, gli aspetti di prevenzione e protezione per i lavoratori impegnati ed elabora il Piano d’Intervento se richiesto;
- Alla data e ora stabilite, d’intesa con il PdL, il RI effettua le manovre necessarie e realizza quanto previsto nel PdL e delimita la zona di lavoro;
- Il RI, terminate le attività che gli competono, consegna l’impianto elettrico al PL, certifica tale evento con la compilazione del documento di Consegna Impianto CI, che di fatto autorizza il PL a dar corso al lavoro programmato;
- Il PL, ricevuto di fatto l’impianto, effettua il lavoro come previsto dal Piano d’Intervento effettuando dapprima la verifica di assenza di tensione e quindi la eventuale messa a terra ed in cortocircuito dell’impianto sul posto di lavoro. Predisporrà quindi gli eventuali impedimenti necessari ad evitare la penetrazione nella zona di lavoro sotto tensione di parte rimaste in tensione nella cui prossimità si deve operare;
- Terminato il lavoro, il PL restituisce l’impianto al RI notificando l’evento con comunicazione documentata analoga a quella con la quale è stata effettuata la consegna.

La messa fuori tensione ed in sicurezza comporta il sezionamento delle parti attive di tutti i conduttori attivi dai quali può derivare il pericolo ma non del conduttore di produzione. Alcune parti di impianto restano in tensione dopo il sezionamento (come i banchi di condensatori di rifasamento e lunghi tratti di cavi) quindi devono essere scaricate con appositi dispositivi quali sezionatori di terra. Il sezionamento dei conduttori attivi deve porre particolare attenzione nel sezionamento del neutro: esso può essere sezionato nei sistemi TT e deve essere sezionabile nei sistemi IT ma non deve essere assolutamente sezionato nei sistemi TN-C. per il sistema TN-S il neutro è considerato conduttore attivo quindi andrebbe sezionato ma si potrebbe valutare il rischio che possa andare effettivamente in tensione ed agire di conseguenza.

Si rendono necessari provvedimenti contro la richiusura tramite l’apposizione di cartelli monitori, rendere inaccessibili i dispositivi di richiusura; per rendere inaccessibili si intende la segregazione all’interno di un locale chiuso a chiave o sorvegliato da una persona appositamente incaricata oppure con l’apposizione di un lucchetto e chiusura a chiave.

A seguito della verifica di assenza di tensione, si provvede alla messa in cortocircuito e a terra. Tutte le parti attive devono essere messe in cortocircuito e a terra. Tale operazione deve essere effettuata ogni qualvolta:

- Vi siano incertezze nella corretta individuazione di tutti i punti di possibile alimentazione delle parti attive;
- Se non sono soddisfatte le condizioni di inaccessibilità dei dispositivi di sezionamento;
- Nel caso di tensioni indotte.

All'interno della protezione dai contatti diretti rientra l'apposizione di opportuni cartelli:

- Di divieto;



- Di pericolo;



- Monitori;



- Procedurali: illustrano come eseguire certe manovre, quali quelle di primo soccorso;



7.2 Contatti indiretti

Nei contatti indiretti l'unica via di effettuare una prevenzione risiede nel sistema IT visto che nel caso di un guasto a terra la corrente di guasto è limitata dalle capacità parassite. La difficoltà nell'individuazione del contatto indiretto risiede nel fatto che il pericolo non è immediatamente visibile. L'unica via di difendersi è la protezione; nel caso specifico si può parlare di protezione:

- Attiva ovvero protezione differenziale;
- Passiva ovvero sistemi:
 - A bassissima tensione;
 - A doppio isolamento;
 - Con luoghi non conduttori;
 - Con collegamento equipotenziale locale non connesso a terra;
 - Con separazione elettrica.

Un sistema è a bassissima tensione quando non supera i 50 V di tensione efficace in corrente alternata, o i 120 V in corrente continua, e proviene da un sistema di tipo SELV (Safety Extra Low Voltage, sistema a bassissima tensione di sicurezza) o da un sistema PELV (Protective Extra Low Voltage, sistema a bassissima tensione di protezione); il primo sistema viene ottenuto tramite una sorgente autonoma (come una batteria) o una sorgente di sicurezza (tramite un trasformatore di isolamento) che non presenta punti collegati a terra e separato dagli altri sistemi elettrici, mentre il secondo è strutturalmente simile al SELV tranne la presenza di almeno un punto collegato a terra. È previsto dalle norme CEI 64-8 anche il sistema FELV che non costituisce un sistema di sicurezza ma un sistema a bassissima tensione funzionale, ovvero che serve al funzionamento del circuito; deve essere quindi prevista una protezione per i contatti diretti ed indiretti (quest'ultima tramite conduttore di terra).

Il doppio isolamento viene ottenuto tramite un isolamento supplementare a quello fondamentale; secondo le norme viene considerato doppio isolamento anche uno strato unico rinforzato tale da avere caratteristiche meccaniche ed elettriche maggiori o al più uguali a quelle che si otterrebbero con un doppio isolamento.

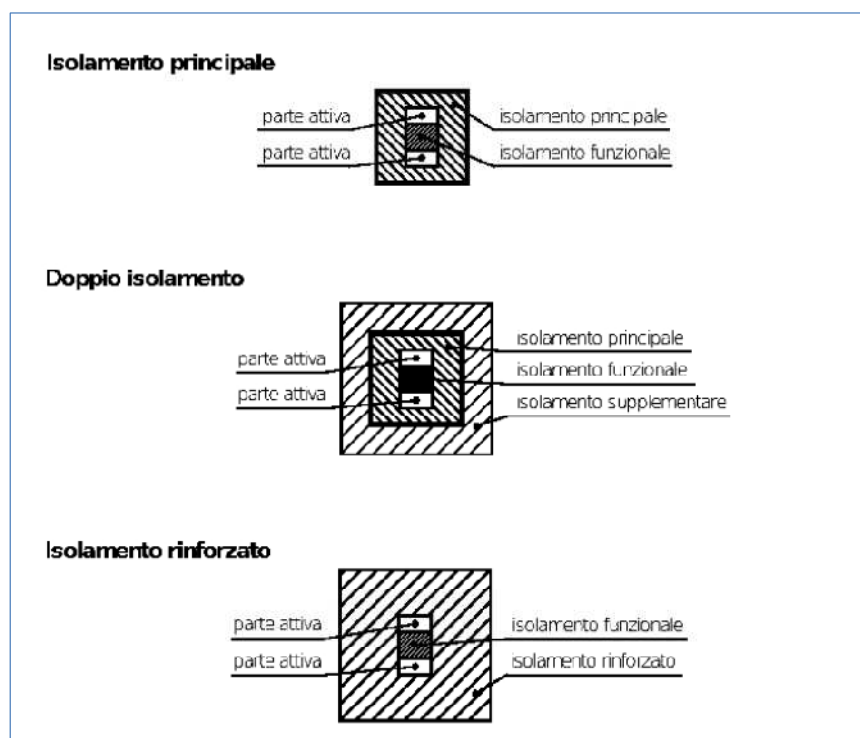


Figura 7.12: tipi di isolamento

La possibilità di avere luoghi non conduttivi tra masse a potenziale diverso garantisce l'impossibilità che una persona le tocchi e quindi sia sottoposta ad una differenza di potenziale. Tuttavia i locali non hanno dimensioni tali da permettere di ospitare questa forma di protezione. Il collegamento equipotenziale locale non connesso a terra permetterebbe il non manifestarsi di tensioni di contatto pericolose, però non è normalmente ottenibile.

La separazione elettrica consente di evitare correnti pericolose nel caso di contatto con masse che possono andare in tensione; questo permette di alimentare più utilizzatori tramite la stessa fonte a condizione di:

- Tutto il circuito deve essere mantenuto perfettamente isolato tramite un trasformatore d'isolamento, ovvero un trasformatore con uno schermo elettrostatico in grado di evitare un qualsiasi collegamento tra i due avvolgimenti;
- Tutte le masse del circuito separato devono essere collegate tra di loro tramite un collegamento equipotenziale, evitando un qualsiasi collegamento al conduttore di protezione;
- Tutti i circuiti devono essere protetti dalle sovracorrenti.

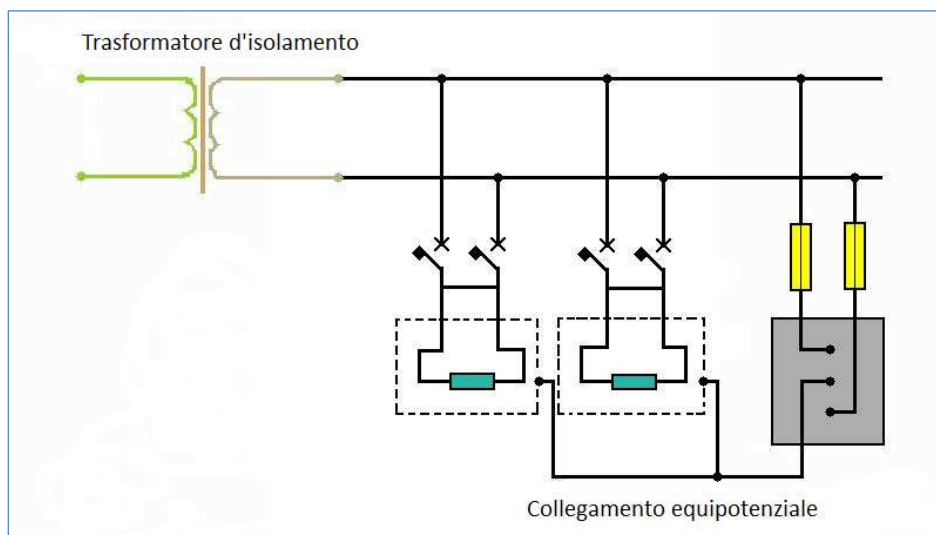


Figura 7.13: modalità di collegamento per separazione elettrica

Capitolo 8

La manutenzione nelle cabine MT/bt

Si sta registrando un forte interesse ad incaricare le ditte costruttrici delle cabine di trasformazione Mt/bt, di occuparsi anche della manutenzione, interesse incentivato dai provvedimenti assunti dall'Autorità per l'Energia Elettrica e del Gas (AEEG). Una manutenzione ordinaria programmata in maniera corretta permette una riduzione del rischio elettrico, poiché si riduce la probabilità di danni da affaticamento dei componenti (quali gli isolamenti). La normativa di riferimento per la manutenzione delle cabine elettriche MT/bt è la CEI 0-15.

8.1 Definizioni

Per manutenzione di cabine s'intende l'insieme di interventi:

- finalizzati a contenere il degrado normale d'uso nonché a far fronte ad eventi accidentali che comportino la necessità di primi interventi, che comunque non modifichino la struttura essenziale dell'impianto o la loro destinazione d'uso;
- che non modifichino in maniera sostanziale le prestazioni dell'impianto, con rinnovo e sostituzione di sue parti che siano destinati a riportare l'impianto stesso in condizioni ordinarie di esercizio e che richiedano in genere l'impiego di strumenti o attrezzi particolari di uso non corrente.

Si vede subito che la manutenzione prevede, sostanzialmente, il ripristino dell'impianto e non le eventuali migliorie. Il ripristino riduce il rischio di eventuali contatti diretti ed indiretti ed il rischio d'incendio. Il rischio dai contatti diretti viene ridotto perché viene ripristinato la condizione di funzionamento dell'impianto nuovo, tipicamente il ripristino dell'isolamento attorno le parti attive; il rischio di contatto indiretto viene ridotto anch'esso perché si ripristina la condizione di isolamento tra parti attive e le parti normalmente non in tensione e l'eventuale continuità del collegamento al conduttore di terra delle parti previste. Viene ridotto anche il rischio d'incendio e di esplosione perché si ripristinano gli apparati come in origine, eliminando eventuali componenti che potevano essere sede di cortocircuiti o sovraccarichi ed eventuali perdite di vapori e gas altamente infiammabili.

Si distingue tra manutenzione ordinaria e straordinaria. La prima si ha quando vi sono gli interventi destinati a contenere il degrado e mantenere l'impianto in efficienza mentre la seconda prevede verifiche specifiche da parte di personale competente, con alterazione delle caratteristiche dell'impianto e relativo rilascio di certificazione. Si distingue inoltre in manutenzione preventiva,

atta a mantenere l'impianto in perfetta efficienza e pertanto programmata a priori in un piano di manutenzione, e manutenzione correttiva, ovvero a seguito di un guasto.

La cadenza di manutenzione, ove non venga specificato altrimenti, è annuale.

Andremo ora ad analizzare le varie parti su cui effettuare la manutenzione.

8.2 Locale cabina MT/bt

Risulta di importanza essenziale il controllo del locale dove avviene la trasformazione dell'energia elettrica e la sua distribuzione, poiché in essa sono contenuti tutti i dispositivi necessari e caratteristici di una cabina. In questa fase di manutenzione viene previsto:

- Controllo d'integrità dei muri, degli intonaci e del tetto, infiltrazioni di acqua e umidità;
- Verifica dell'integrità, pulizia ed ingombri dell'interno della cabina;
- Verifica della funzionalità di porte, finestre, botole e cunicoli;
- Verifica della temperatura e dell'umidità della cabina;
- Verifica del fissaggio, dell'intelleggibilità e della completezza dei cartelli di avvertimento e pericolo;
- Verifica dell'intelleggibilità delle indicazioni di primo soccorso e degli schemi elettrici;
- Verifica dell'efficienza degli impianti d'illuminazione ordinaria e di sicurezza;
- Verifica dell'intelleggibilità delle eventuali uscite di emergenza;
- Verifica di integrità, ossidazione e del serraggio dei bulloni dei conduttori e collegamenti di protezione;
- Controllo dei sistemi di prevenzione ed emergenza;
- Controllo dell'esistenza e/o integrità delle barriere tagliafiamma.

8.3 Quadro MT

Il quadro MT deve essere pulito con cadenza annuale sia internamente che esternamente con aspirapolvere e/o soffiando aria secca a bassa pressione per evitare condensa e danneggiamento delle parti. In particolare bisogna rimuovere la polvere depositata sugli isolatori visto che può essere causa di guasti. Bisogna inoltre:

- Verificare la presenza di corpi estranei all'interno del quadro;
- Controllare il serraggio della bulloneria;
- Controllo aperture per passaggio cavi e tamponature;
- Pulizia cinematismi e relativa lubrificazione;
- Controllo blocchi ed interblocchi;
- Pulizia e serraggio morsettiere;
- Controllo collegamenti ausiliari;
- Controllo illuminazione interna, resistenza anticondensa, segnalatori di presenza/assenza tensione;
- Funzionalità delle parti estraibili;

- Funzionalità degli otturatori.

8.4 Quadro bt

Le verifiche da effettuare nel quadro di bassa tensione sono:

- Verifica a vista dello stato dell'intera struttura metallica;
- Verifica della presenza di corpi estranei all'interno del quadro;
- Pulizia delle parti isolanti e delle parti attive;
- Controllo serraggio della bulloneria meccanica;
- Controllo serraggio della bulloneria elettrica;
- Controllo aperture per passaggio cavi e tamponature;
- Pulizia cinematismo e lubrificazione;
- Controllo blocchi ed interblocchi;
- Pulizia e serraggio morsettiere;
- Controllo collegamenti ausiliari;
- Intelleggibilità e completezza targhe per sequenza manovre;
- Funzionalità delle parti estraibili;
- Funzionalità degli otturatori.

Vi sono varie tipologie d'interruttori utilizzati nelle cabine di media tensione:

- A volume d'olio ridotto;
- In vuoto;
- In SF₆;

Gli interruttori in VOR sono stati man mano abbandonati a causa della presenza di vapori d'olio (impiegati nell'estinzione dell'arco e contenenti vari gas di degradazione dell'olio stesso tra cui l'idrogeno) potenzialmente infiammabili (con tutti i rischi conseguenti). Gli interruttori maggiormente diffusi nelle cabine di media tensione sono gli interruttori in vuoto a causa della ridotta manutenzione a cui devono essere sottoposti rispetto agli interruttori in SF₆.

8.5 Interruttore a volume d'olio ridotto

Gli interruttori in volume d'olio ridotto sono in via di sostituzione ma dove sono presenti bisogna effettuare:

- Controllo generale e delle condizioni di installazione;
- Controllo integrità delle parti isolanti;
- Pulizia di tutte le parti isolanti;
- Prelievo di una parte di olio per verifica delle caratteristiche e della rigidità dielettrica, se necessario (da effettuarsi ogni 5 anni);
- Controllo usura dei contatti principali e delle camere d'interruzione (da effettuarsi ogni 5 anni);
- Pulizia e lubrificazione dei meccanismi di comando;

- Regolazione del meccanismo di comando, se necessario;
- Verifica tensioni ausiliarie e funzionamento (bobina apertura, bobina di chiusura, motore di azionamenti);
- Funzionalità relè diretto;
- Verifica dei tempi di apertura e di chiusura con opportuni strumenti, ad esempio oscilloscopio (da effettuarsi ogni 5 anni);
- Controllo codoli di ingresso e di uscita fissi;

8.6 Interruttore in vuoto

Questa tipologia presenta una manutenzione molto ridotta, che ne rende semplice l'utilizzo in media tensione; gli interventi da effettuare sono:

- Controllo generale e installazione;
- Controllo dell'integrità delle parti isolanti;
- Pulizia delle parti isolanti;
- Pulizia lubrificazione dei meccanismi di comando;
- Regolazione del comando;
- Verifica dei tempi di apertura e di chiusura (ad esempio tramite un oscilloscopio);
- Verifica del funzionamento elettrico (da effettuarsi ogni 5 anni);
- Verifica delle tensioni ausiliarie;
- Verifica della funzionalità del relè diretto da TA integrati e delle impostazioni delle regolazioni;
- Verifica della funzionalità del relè indiretto e delle impostazioni delle regolazioni.

Come si può notare, le principali operazioni da compiere sono la pulizia delle parti esterne e delle parti isolanti, oltre alla funzionalità dei relè. Questo permette ridotti tempi d'intervento e semplicità delle operazioni per la manutenzione.

8.7 Interruttore in SF6

Questi interruttori utilizzano un gas fortemente elettronegativo per estinguere l'arco. Le operazioni da compiere sono:

- Controllo generale e installazione;
- Controllo integrità delle parti isolanti;
- Controllo integrità delle parti attive;
- Pulizia delle parti isolanti;
- Pulizia e lubrificazione dei meccanismi di comando;
- Regolazione del comando;
- Verifica dei tempi di apertura e chiusura (da effettuarsi ogni 5 anni);
- Verifica del funzionamento elettrico;
- Verifica tensioni ausiliarie;

- Verifica della funzionalità del relè diretto da TA integrati e delle impostazioni delle regolazioni;
- Verifica della funzionalità del relè indiretto e delle impostazioni delle regolazioni;
- Controlli per SF₆.

8.8 Trasformatori in olio

Questa è la tipologia di trasformatori normalmente utilizzata nel passato. Vengono definiti ad olio anche quei trasformatori che utilizzano un fluido diverso dall'olio minerale (come ad esempio un olio siliconico). Gli interventi da effettuare sono:

- Controllo dei dati di targa e del tipo di liquido isolante;
- Controllo rigidità dielettrica (da effettuarsi ogni 5 anni);
- Controllo presenza dei dispositivi contro la dispersione del liquido;
- Controllo livello liquido isolante;
- Controllo stato dei sali essiccatori dell'aria;
- Pulizia degli isolanti e controllo dello stato di conservazione;
- Verifica dell'intervento del relè bucholz;
- Controllo dell'indicatore della temperatura, se presente;
- Controllo posizione aste spinterometriche;
- Controllo stato dei dispositivi meccanici per movimentazione TR (da effettuarsi ogni 5 anni);
- Pulizia e controllo dei radiatori, controllo del serraggio della bulloneria;
- Controllo serraggio delle connessioni;

8.9 Trasformatori a secco

Questa tipologia di trasformatori si affida a un sistema solido d'isolamento; il raffreddamento avviene attraverso un canale d'aria tra avvolgimento primario e secondario. Questi trasformatori presentano minori rischi dal punto di vista degli incendi poiché non è presente la massa d'olio, possibile fonte di incendi ed esplosioni. D'altro canto il materiale isolante potrebbe essere soggetto ad incendi; per tale motivo si definiscono delle classi di resistenza agli incendi (Tabella 6.1). Le operazioni da effettuare durante la manutenzione sono:

- Controllo dei dati di targa;
- Pulizia generale da polvere e sporcizia;
- Controllo della presenza di ostruzioni nei canali di raffreddamento;
- Controllo serraggio bulloneria di fissaggio a pavimento;
- Controllo serraggio bulloneria terminali MT/bt;
- Controllo funzionamento eventuali ventilatori e centralina comandi;
- Controllo collegamenti delle sonde di temperatura;
- Controllo dei dispositivi meccanici per movimentazione TR (da effettuare ogni 5 anni).

8.10 Sezionatori e sezionatori sotto carico MT, fusibili MT

È necessario controllare i dispositivi di sezionamento e di protezione sul lato MT. Gli interventi da effettuare sono:

- Verifica fissaggio del dispositivo di sgancio dei fusibili e corrispondenza della taglia dei fusibili alle prescrizioni di progetto;
- Esame a vista e pulizia delle parti attive;
- Controllo dell'integrità delle parti isolanti;
- Controllo e regolazione delle trasmissioni meccaniche;
- Controllo generale delle condizioni d'installazione;
- Pulizia di tutte le parti isolanti;
- Lubrificazione di tutti i meccanismi;
- Controllo distanze dei contatti;
- Controllo stato di usura dei contatti;
- Controllo funzionalità dei blocchi ed interblocchi meccanici ed elettrici, con le relative manovre;
- Ingrassaggio dei contatti fissi e mobili con esclusione di quelli d'arco;
- Controllo inserzione delle lame di contatto del sezionatore e sezionatore sotto carico;
- Controllo serraggio delle connessioni.

8.11 Sganciatori elettromagnetici ed elettronici

Questi dispositivi sono necessari per far intervenire gli interruttori durante gli eventi di guasto. La loro manutenzione risulta quindi molto importante e avviene tramite le seguenti operazioni:

- Pulizia generale;
- Funzionalità e azionamento del meccanismo dei tiranti;
- Integrità dell'involucro della bobina;
- Controllo dispositivo d'intervento e regolazione;
- Corretto serraggio delle connessioni.

8.12 Gruppo elettrogeno

Spesso le cabine sono fornite di un sistema di alimentazione secondaria, che sia in grado di mantenere in efficienza i sistemi di protezione nel caso di mancanza della rete. I controlli di questo apparato devono essere effettuati ogni 6 mesi; tali controlli sono:

- Controllo delle cartucce dell'olio, dei filtri dell'aria, del livello del combustibile, dell'acqua e del lubrificante del motore primo;
- Controllo dello stato di carica e del livello dell'elettrolita delle batterie;
- Controllo dell'efficienza di interruttori, fusibili, commutatore rete e gruppo di controllo tensione in corrente continua degli ausiliari del quadro comando.
- Pulizia del radiatore del generatore;

- Prova di funzionamento a vuoto, a carico ed in parallelo con verifica delle tensioni;
- Verifica dei silenziatori, degli scarichi e della rumorosità;
- Verifica della funzionalità dei pulsanti d'arresto;
- Controllo del serraggio delle connessioni delle parti attive;
- Ingrassaggio dei cuscinetti dell'alternatore e controllo del giunto elastico.

8.13 Impianto batterie

Le batterie assicurano la continuità dell'alimentazione dei sistemi ausiliari, anche in mancanza della rete e prima dell'intervento del gruppo elettrogeno; la loro manutenzione deve essere accurata, in particolare per ciò che riguarda la ventilazione, poiché durante il processo di ricarica si ha la produzione di idrogeno potenzialmente infiammabile ed esplosivo. Gli interventi di manutenzione devono essere effettuati ogni 6 mesi e sono:

- Controllo del corretto serraggio delle connessioni, comprese quelle per le eventuali connessioni di terra;
- Controllo della funzionalità della ventilazione del locale;
- Controllo delle distanze di sicurezza da eventuali apparecchiature elettriche in zone di pericolo;
- Controllo dell'integrità delle batterie e di eventuale fuoriuscita di elettrolita sulla pavimentazione;
- Controllo livello elettrolita ed eventuale rabbocco.

Capitolo 9

Inquinamento elettromagnetico

In questo capitolo verranno fatti dei cenni per quanto riguarda i livelli di campo elettrico e magnetico nelle cabine elettriche e in particolare, facendo riferimento a documenti ENEL, alle cabine approvate dall'ENEL.

Nell'ottica del miglioramento continuo del Sistema di Gestione Ambientale è stata realizzata l'Istruzione Operativa *"Campi magnetici da correnti a 50 Hz - Distanza di Prima Approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche"*. Detta Istruzione è stata emessa al fine di dare un indirizzo comune a tutte le Unità Produttive relativamente all'iter autorizzativo per la costruzione ed esercizio degli elettrodotti (linee e cabine elettriche) ed alla fornitura di dati tecnici su richiesta delle amministrazioni locali, in sede di progettazioni di nuovi luoghi tutelati pubblici o privati.

9.1 Obiettivo ed ambito di applicazione

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 μ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10 μ T) e l'obiettivo di qualità (3 μ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati presenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La *"metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti"* prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza Prima Approssimazio-

ne (DPA). Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ del campo magnetico (art. 4 del DPCM 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

Le DPA permettono, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dell'esposizione ai campi magnetici.

Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

9.2 Definizioni

Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto (Figura 9.1). Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$). Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

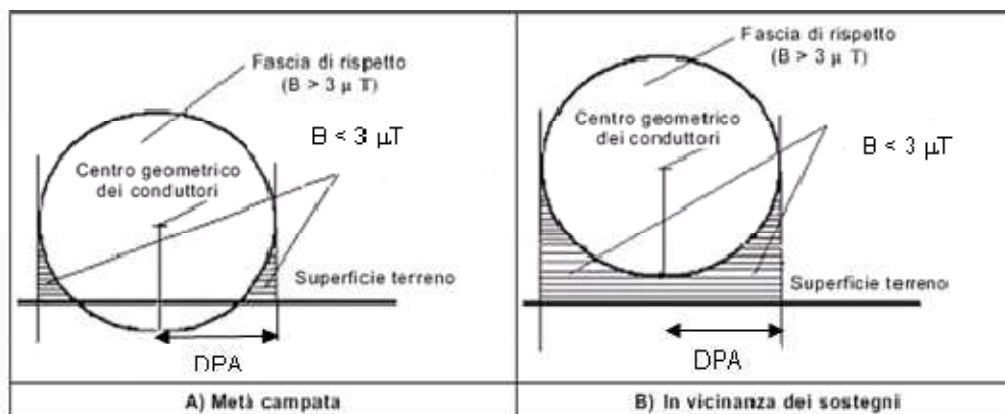


Figura 9.1: Schema Fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni

Limiti di esposizione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 1): nel caso di esposizione, della popolazione, a campi elettrici e magnetici, alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

Valore di attenzione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 2): a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μT , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4): nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

9.3 Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto/dpa

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, prevede che il proprietario/gestore dell'elettrodotto comunichi alle autorità competenti l'ampiezza delle fasce di rispetto ed i dati utilizzati per il calcolo dell'induzione magnetica, che va eseguito, ai sensi del § 5.1.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (G.U. n. 156 del 5 luglio 2008), sulla base delle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea, tenendo conto della presenza di eventuali altri elettrodotti. Detto calcolo delle fasce di rispetto va eseguito utilizzando modelli:

- bidimensionali (2D), se sono rispettate le condizioni di cui al § 6.1 della norma CEI 106-11 Parte I;
- tridimensionali (3D), in tutti gli altri casi.

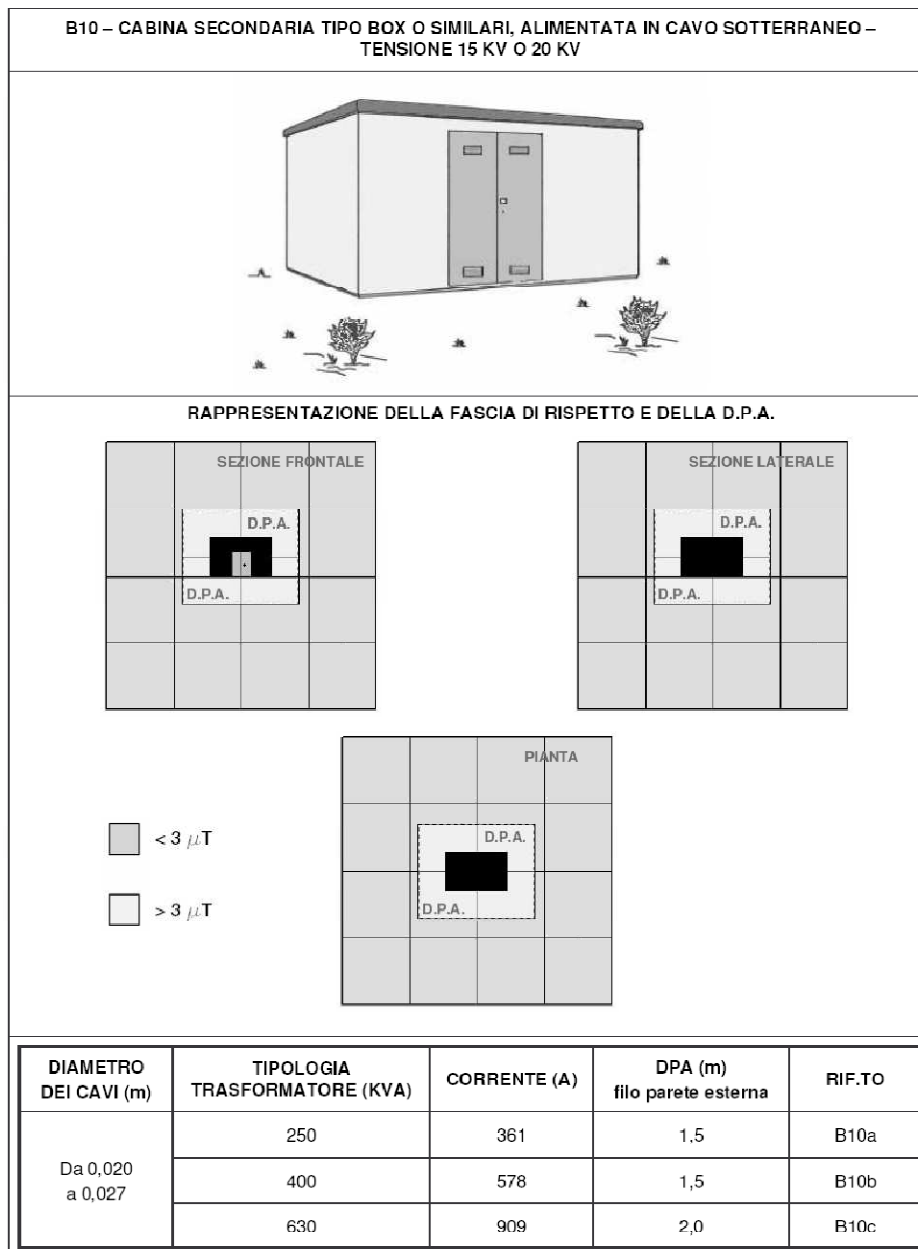
Nel caso di **cabine elettriche**, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata come segue:

- Cabine Primarie, generalmente la DPA rientra nel perimetro dell'impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.
- Cabine Secondarie, nel caso di cabine di tipo box (con dimensioni mediamente di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

$$Dpa = 0,40942 \cdot x^{0,5241} \cdot \sqrt{I}$$

- Per Cabine Secondarie differenti dallo standard “box” o similare sarà previsto il calcolo puntuale, da applicarsi caso per caso.
- Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la Dpa da considerare è quella della linea MT entrante/uscente; qualora sia presente anche un trasformatore e la cabina sia assimilabile ad una “box”, la Dpa va calcolata con la formula di cui sopra (§ 5.2.1. del DM 29.05.08).
- Nel caso di più cavi per ciascuna fase in uscita dal trasformatore va considerato il cavo unipolare di diametro maggiore. Come prescritto all’art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 i proprietari/gestori provvedono a comunicare non solo l’ampiezza delle fasce di rispetto, ma anche i dati per il calcolo delle stesse ai fini delle verifiche delle autorità competenti, trasmessi mediante relazione contenente i dati caratteristici delle linee o cabine e le relative DPA.

Esempio di cabina ENEL:



Appendice

Allegato A: PdL Piano di Lavoro

Ragione sociale della Ditta o Logo	PIANO DI LAVORO n. del
Impianto:	Tensione di esercizio
Descrizione del lavoro	
Piano di lavoro richiesto da	
Elaborato da	
Incaricato della consegna impianto: Sig. Ditta:	
Addetto alle manovre: Sig. Ditta:	
Preposto ai Lavori: Sig. Ditta:	
Tempo previsto per l'esecuzione dei lavori: dalle ore..... del alle ore del.....	
Elementi d'impianto da mettere fuori tensione ed in sicurezza:.....	
Punti di sezionamento ed apposizione cartelli monitori.....	
Eventuali punti di messa a terra di sezionamento:	
Eventuali parti in tensione circostanti il punto di lavoro:.....	
Ulteriori misure di sicurezza da realizzare prima dell'inizio dei lavori:	
Note:	
Firma del responsabile	Data

Allegato B: Pdl Piano di intervento

Ragione sociale o Logo	PIANO D'INTERVENTO N. DEL	
Impianto: Tensione.....Piano di lavoro n.		
Obiettivo dell'intervento:		
Tipo di lavoro	Fuori tensione <input type="checkbox"/> Sotto tensione <input type="checkbox"/>	
Identificazione della parte d'impianto:		
Preposto ai lavori	Responsabile impianto	
Tempo previsto per l'intervento dalle ore del alle ore del		
Area occupata dal cantiere:		
Terre di lavoro SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
Punti di apposizione		
Collegamenti equipotenziali SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
Punti di realizzazione		
Parti in tensione in prossimità SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
Descrizione delle misure da adottare:		
Impedimenti:.....		
Distanze:		
Attrezzatura e mezzi speciali da usare:		
Dispositivi di protezione individuale:.....		
N. Operatori Compiti:(segue).		

Sequenza delle fasi operative.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Note

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Il Responsabile

.....

Firma

.....

Allegato C: modulo di consegna/restituzione dell'impianto

Ragione sociale o logo	Impianto	Data	Ora	N. identificativo
<p>In conformità a quanto indicato dal Piano di Lavoro n. del</p> <p>il Sig. (Incaricato della consegna)</p> <p style="text-align: center;">consegna</p> <p>al Sig. (Preposto ai lavori)</p> <p>i seguenti elementi d'impianto nelle condizioni di sicurezza previste dal Piano di Lavoro:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Note:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p style="text-align: center;">Firma dell'Incaricato della consegna Firma del Preposto ai lavori</p> <p>.....</p>				
Ragione sociale o logo	Impianto	Data	Ora	N. identificativo
<p>Con riferimento al Piano di Lavoro n. del</p> <p>il Sig. (Preposto ai Lavori)</p> <p style="text-align: center;">restituisce</p> <p>al Sig. (Incaricato della consegna)</p> <p>gli elementi d'impianto ricevuti con la consegna n. del e dichiara che per quanto lo riguarda essi possono riprendere l'esercizio normale.</p> <p>Note:</p> <p>.....</p> <p style="text-align: center;">Firma dell'Incaricato della consegna Firma del Preposto ai lavori</p> <p>.....</p>				

Bibliografia

Documentazione e testi consultati

- Carradore Loredana
Analisi e valutazione dei rischi della cabina elettrica
Tesi di laurea
Anno accademico 2006 2007
- Casagrande Carlo
La sicurezza elettrica le cabine MT/BT
Tesi di laurea
Anno accademico 2007 2008
- Fellin Lorenzo
Complementi di impianti elettrici
Cusl Nuova Vita Coop Sociale, Padova
2006
- Grassani Enrico
Cabine elettriche di utente: progettazione, realizzazione, esercizio e manutenzione
Ed. Delfino, Torino
2002
- Vari dossier tecnici Schneider Electric, in particolare:
Guida per l'esecuzione di cabine elettriche mt/bt del cliente/utente finale
- Sito internet della CEI all'indirizzo www.ceiuni.it
- Supporti didattici per lo svolgimento dell'attività formativa alle aziende da parte dei Comandi Provinciali dei Vigili del Fuoco – Corpo nazionale dei vigili del fuoco
http://www.vigilfuoco.it/asp/page.aspx?IdPage=4519#ancora_1
- Varie norme CEI, in particolare:
CEI 11-35
CEI 11-27
CEI EN 61100