

Armando Ferraioli

Impianti elettrici nelle strutture sanitarie

Nozioni fondamentali ed esempi progettuali

II edizione

Scarica i file partendo dall'indicazione
presente nell'ultima voce dell'indice



Dario Flaccovio Editore

*Il voler conoscere è una disposizione
dell'animo, una passione.
L'esser costretti a conoscere
è una mania, un'ossessione.
Non è affatto vero che è lo scienziato
a rincorrere la verità, è questa piuttosto
che rincorre lo scienziato
e gli crea una esistenziale
sofferenza.*

Søren Kierkegaard

*Sovente penso a quanto meravigliosa possa essere la vita
nel lasciarsi pervadere da quell'infinita sete di conoscenza
che non conosce appagamento, fino a restarne (come me)
consapevolmente prigioniero.*

*Da sempre dedico gran parte del mio tempo migliore allo studio,
alla progettazione ospedaliera e alla ricerca “mio primo amore”
nel campo delle scienze biomediche in costante evoluzione.*

*Nutro il desiderio costante di trasmettere condividendo tutto
quanto appreso e personalmente elaborato nel corso degli anni.*

**A mio nipote Guido
e alla sua inappagata
sete di Vita ...**

Un ringraziamento particolare a Pat mia fedele e costante correttrice di bozze.



DARIOFLACCOVIO

- ▶ entra su Instagram
- ▶ clicca sulla lente di ingrandimento
- ▶ clicca in alto a destra sul nametag
- ▶ inquadra questo nametag DF
- ▶ e seguici!

Armando Ferraioli

Impianti elettrici nelle strutture sanitarie

Nozioni fondamentali ed esempi progettuali



Dario Flaccovio Editore

Armando Ferraioli
IMPIANTI ELETTRICI NELLE STRUTTURE SANITARIE

ISBN 9788857903651

© 2015 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686



linktr.ee/DarioFlaccovioEditore

Seconda edizione: luglio 2022

Ferraioli, Armando <1949->

Impianti elettrici nelle strutture sanitarie : nozioni fondamentali ed esempi
progettuali / Armando Ferraioli. - Palermo : D. Flaccovio, 2015.

ISBN 978-88-579-0365-1

1. Ospedali – Impianti elettrici.

621.31 CDD-22 SBN Pal0284316

CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana “Alberto Bombace”

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

INDICE

| | | |
|---|------|----|
| <i>Premessa alla seconda edizione</i> | pag. | 17 |
| <i>Introduzione</i> | » | 19 |

PARTE I Nozioni fondamentali

| | | |
|---|---|----|
| 1. Principi fondamentali | » | 23 |
| 1.1. Prescrizioni per la sicurezza | » | 23 |
| 1.2. Progettazione dell'impianto elettrico | » | 25 |
| 1.3. Caratteristiche dell'impianto elettrico | » | 26 |
| 1.3.1. Tensioni | » | 26 |
| 1.3.2. Contatti elettrici | » | 27 |
| 1.3.3. Messa a terra | » | 29 |
| 1.3.4. Circuiti elettrici | » | 30 |
| 1.3.5. Condutture elettriche e altri componenti elettrici | » | 30 |
| 1.3.6. Sistemi di distribuzione | » | 31 |
| 1.4. Alimentazione dei servizi di sicurezza | » | 38 |
| 1.5. Protezione combinata contro i contatti diretti e indiretti | » | 39 |
| 1.6. Protezione con bassissima tensione di sicurezza | » | 40 |
| 1.7. Protezione contro i contatti diretti | » | 41 |
| 1.7.1. Protezione mediante isolamento delle parti attive | » | 41 |
| 1.7.2. Protezione mediante involucri o barriere | » | 42 |
| 1.7.3. Protezione addizionale mediante interruttori differenziali | » | 42 |
| 1.8. Protezione contro i contatti indiretti | » | 43 |
| 1.8.1. Interruzione dell'alimentazione | » | 43 |
| 1.8.2. Messa a terra | » | 43 |
| 1.9. Collegamenti equipotenziali | » | 43 |
| 1.9.1. Collegamento equipotenziale principale | » | 43 |
| 1.9.2. Collegamento equipotenziale supplementare | » | 44 |
| 1.9.3. Sistemi TN | » | 44 |
| 1.9.4. Sistemi TT | » | 46 |
| 1.9.5. Collegamento equipotenziale supplementare | » | 47 |
| 1.10. Protezione mediante componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente | » | 47 |
| 1.11. Protezione mediante separazione elettrica | » | 48 |
| 1.12. Protezione contro gli incendi | » | 49 |
| 1.13. Protezione contro le ustioni | » | 49 |
| 1.14. Protezione contro le correnti di sovraccarico | » | 50 |

| | | |
|--|----------|-----------|
| 1.15. Protezione contro le correnti di cortocircuito | » | 51 |
| 1.16. Coordinamento tra la protezione contro i sovraccarichi e la protezione contro i cortocircuiti..... | » | 52 |
| 1.16.1. Protezione assicurata da un dispositivo unico | » | 52 |
| 1.16.2. Protezione assicurata da dispositivi distinti..... | » | 52 |
| 1.17. Protezione contro gli abbassamenti di tensione..... | » | 52 |
| 2. Effetti della corrente attraverso il corpo umano..... | » | 53 |
| 2.1. Effetti della corrente attraverso il corpo umano | » | 53 |
| 2.2. Resistenza del corpo umano | » | 59 |
| 2.3. Macroshock e microshock | » | 61 |
| 3. Strutture sanitarie..... | » | 67 |
| 3.1. Organizzazione delle strutture sanitarie | » | 67 |
| 3.1.1. Influenze esterne alle quali è soggetto l'impianto elettrico | » | 68 |
| 3.2. Fabbisogno di energia elettrica..... | » | 70 |
| 3.3. Classificazione dei locali | » | 73 |
| 3.4. Zona del paziente..... | » | 79 |
| 4. Protezione contro i contatti diretti e indiretti nei locali ad uso medico | » | 81 |
| 4.1. Protezione contro i contatti indiretti | » | 81 |
| 4.2. Protezione mediante interruzione automatica del circuito..... | » | 81 |
| 4.3. Protezione mediante bassissima tensione di sicurezza SELV e PELV | » | 83 |
| 4.4. Protezione mediante sistema IT-M..... | » | 85 |
| 4.4.1. Principio di funzionamento del sistema IT-M..... | » | 86 |
| 4.5. Applicazione dei sistemi di protezione contro i contatti indiretti nei locali di gruppo 1 e di gruppo 2..... | » | 87 |
| 4.6. Protezioni contro le sovracorrenti..... | » | 88 |
| 4.7. Protezione contro le interferenze elettromagnetiche | » | 88 |
| 4.7.1. Esempi di sorgenti di interferenza | » | 90 |
| 4.7.2. Provvedimenti..... | » | 91 |
| 4.7.3. Prescrizioni particolari contro i disturbi causati da campi elettrici a frequenza di rete..... | » | 91 |
| 4.7.4. Prescrizioni particolari contro i disturbi causati da campi magnetici a frequenza di rete..... | » | 92 |
| 4.8. La sicurezza elettrica del paziente: il sistema IT-medicale | » | 94 |
| 4.8.1. Conclusioni sulla sicurezza del sistema IT | » | 100 |
| 4.9. Prescrizioni particolari per i trasformatori di isolamento per alimentazione di locali ad uso medico..... | » | 101 |
| 4.10. La sorveglianza dell'isolamento nei locali ad uso medico | » | 106 |
| 4.11. Equipotenzialità | » | 108 |
| 4.12. Nodo equipotenziale | » | 113 |

| | | |
|---|----------|------------|
| 4.13. Realizzazione dell'impianto elettrico | » | 119 |
| 4.13.1. Alimentazione e struttura della rete elettrica | » | 119 |
| 4.13.2. Distribuzione principale: montante | » | 121 |
| 4.13.3. Generalità dei quadri elettrici | » | 124 |
| 4.13.4. Condutture | » | 129 |
| 4.13.5. Selettività delle protezioni | » | 129 |
| 4.13.6. Dispositivi di sezionamento e di manovra | » | 132 |
| 4.13.7. Circuiti di illuminazione | » | 133 |
| 4.13.8. Schemi e documentazione | » | 133 |
| 4.13.9. Istruzioni operative | » | 133 |
| 5. Esempi di dotazioni impiantistiche di alcuni locali medici | » | 135 |
| 5.1. Camera di degenza a due posti letto con bagno in camera – Locale di gruppo 1 | » | 135 |
| 5.2. Complesso operatorio – Locale di gruppo 2 | » | 144 |
| 5.3. Terapia intensiva – Locale di gruppo 2 | » | 157 |
| 6. L'illuminazione negli edifici di cura | » | 161 |
| 6.1. Specifiche di illuminazione nelle strutture sanitarie | » | 161 |
| 6.1.1. Distribuzione delle luminanze | » | 162 |
| 6.1.2. Illuminamento | » | 162 |
| 6.1.3. Abbagliamento | » | 166 |
| 6.1.4. Zona di sfondo | » | 167 |
| 6.1.5. Griglia di illuminamento | » | 167 |
| 6.1.6. Direzione della luce | » | 167 |
| 6.1.7. Resa dei colori e temperatura di colore | » | 167 |
| 6.1.8. Sfarfallamento ed effetti stroboscopici | » | 168 |
| 6.1.9. Fattore di manutenzione | » | 168 |
| 6.1.10. Luce diurna | » | 169 |
| 6.1.11. Efficienza energetica | » | 169 |
| 6.2. Procedure di verifica | » | 169 |
| 6.3. Specifiche tecniche ed esempi di progettazione illuminotecnica di reparti ospedalieri | » | 169 |
| 6.3.1. Sale operatorie: illuminazione del tavolo operatorio | » | 170 |
| 6.3.2. Sale per terapia intensiva | » | 171 |
| 6.3.3. Sale di degenza | » | 172 |
| 6.3.4. Ambulatori e locali per esami | » | 172 |
| 6.3.5. Locali radiologici e laboratori di analisi | » | 173 |
| 6.3.6. Altre sale e ambienti particolari | » | 174 |
| 6.3.7. Morgue | » | 174 |
| 6.3.8. Illuminazione di sicurezza | » | 175 |
| 6.4. L'alimentazione dei servizi di sicurezza negli ambienti adibiti ad uso medico | » | 177 |

| | | |
|--|----------|------------|
| 6.4.1. Apparecchi utilizzatori..... | » | 183 |
| 6.4.2. Altri servizi ed altre apparecchiature elettromedicali..... | » | 184 |
| 7. Servizi di emergenza..... | » | 185 |
| 7.1. Introduzione..... | » | 185 |
| 7.2. Sorgenti di energia..... | » | 186 |
| 7.2.1. Batterie di accumulatori..... | » | 186 |
| 7.2.2. Gruppi statici di continuità..... | » | 187 |
| 7.2.3. Gruppi elettrogeni..... | » | 190 |
| 7.3. Circuiti di alimentazione..... | » | 191 |
| 7.4. Protezione contro le sovracorrenti..... | » | 191 |
| 7.5. Protezione contro i contatti indiretti..... | » | 193 |
| 7.6. Protezione contro il fuoco..... | » | 194 |
| 8. Locali adibiti ad uso medico: esami a vista, prove, verifiche da eseguire prima della messa in funzione di impianti elettrici e verifiche periodiche ... | » | 195 |
| 8.1. Introduzione..... | » | 195 |
| 8.2. Esame a vista..... | » | 196 |
| 8.3. Verifiche..... | » | 196 |
| 8.4. Verifiche periodiche..... | » | 201 |
| 8.5. Prove e modalità di esecuzione delle prove..... | » | 203 |
| 8.5.1. Prova della continuità dei conduttori di terra, di protezione ed equipotenziali..... | » | 203 |
| 8.5.2. Misure per verificare il collegamento equipotenziale supplementare..... | » | 205 |
| 8.5.3. Prova di funzionamento dei dispositivi di protezione a corrente differenziale..... | » | 208 |
| 8.5.4. Prova funzionale dei dispositivi di controllo dell'isolamento dei sistemi IT-M e dei sistemi di allarme ottico ed acustico..... | » | 211 |
| 8.5.5. Controllo mediante esame a vista delle tarature dei dispositivi di protezione regolabili..... | » | 212 |
| 8.5.6. Prove funzionali dell'alimentazione dei servizi di sicurezza con motori a combustione (gruppo elettrogeno)..... | » | 212 |
| 8.5.7. Prove funzionali dell'alimentazione dei servizi di sicurezza a batteria secondo le indicazioni del costruttore (batterie di accumulatori e UPS)..... | » | 212 |
| 9. Apparecchiature e sistemi elettromedicali..... | » | 215 |
| 10. Sicurezza elettrica: terminologia e definizioni..... | » | 219 |
| 10.1. Sicurezza elettrica..... | » | 219 |
| 10.1.1. Parte applicata..... | » | 219 |
| 10.1.2. Parti applicate..... | » | 220 |

| | | |
|---|----------|------------|
| 10.2. Isolamento fondamentale | » | 224 |
| 10.2.1. Sicurezza fondamentale | » | 226 |
| 10.2.2. Corrente di dispersione | » | 226 |
| 10.2.3. Messa a terra di protezione | » | 227 |
| 10.2.4. Condizione di primo guasto | » | 228 |
| 11. Corrente di dispersione | » | 231 |
| 11.1. Definizioni..... | » | 231 |
| 12. Apparecchiature elettromedicali e la norma CEI EN 60601-1 | » | 247 |
| 12.1. Introduzione | » | 247 |
| 12.2. La sicurezza delle apparecchiature elettromedicali: normativa di riferimento e modalità di esecuzione delle prove elettriche previste... | » | 247 |
| 12.3. Natura dei rischi | » | 248 |
| 12.4. Norma CEI EN 60601-1 (CEI 62-5) | » | 249 |
| 12.5. Classificazione delle apparecchiature elettromedicali | » | 250 |
| 12.6. Apparecchiature alimentate da una sorgente elettrica esterna | » | 250 |
| 12.7. Apparecchiature alimentate internamente..... | » | 252 |
| 12.7.1. Parte applicata | » | 252 |
| 12.8. Prove previste dalla norma..... | » | 254 |
| 12.9. Condizioni di primo guasto | » | 260 |
| 12.9.1. Circuiti adeguati di alimentazione di misura | » | 261 |
| 12.9.2. Connessioni degli apparecchi al circuito di alimentazione di misura..... | » | 264 |
| 12.9.3. Dispositivo di misura (DM) | » | 264 |
| 12.10. Misure | » | 266 |
| 12.10.1. Misura della corrente di dispersione verso terra e della corrente nella connessione della terra funzionale | » | 266 |
| 12.10.2. Misura della corrente di contatto..... | » | 267 |
| 12.10.3. Misura della corrente di dispersione nel paziente | » | 268 |
| 12.10.4. Misura della corrente ausiliaria nel paziente..... | » | 276 |
| 12.11. Esempi di connessione del dispositivo per la misura (DM) della corrente di dispersione nel paziente e della corrente ausiliaria nel paziente | » | 277 |
| 12.11.1. Esempio di misura di sicurezza elettrica | » | 279 |
| 13. Rivelazione incendi | » | 287 |
| 13.1. Introduzione | » | 287 |
| 13.1.1. Progettazione e installazione dei sistemi fissi automatici | » | 290 |
| 13.2. Scelta del rivelatore..... | » | 293 |
| 13.3. Pulsanti di allarme manuali..... | » | 307 |
| 13.4. Dispositivi di allarme ottico-acustico..... | » | 307 |

| | | |
|--|----------|------------|
| 13.5. Elettromagneti per porte tagliafuoco..... | » | 308 |
| 13.6. Combinatori telefonici | » | 308 |
| 13.7. Centrale di controllo e segnalazione | » | 308 |
| 13.8. Linee di interconnessione..... | » | 313 |
| 13.9. Tipologie di impianti di rivelazione incendi | » | 314 |
| 13.10. Verifiche periodiche..... | » | 318 |
| 13.11. Impianto di diffusione acustica di emergenza..... | » | 319 |
| 13.12. Ascensori antincendio | » | 320 |
| 13.13. Pompe antincendio..... | » | 320 |
| 14. Alimentazione di sicurezza dei servizi antincendio..... | » | 323 |
| 15. Chiamata infermieri | » | 329 |
| 16. Strutture sanitarie: ambienti a maggior rischio in caso di incendio | » | 333 |
| 16.1. Prescrizioni comuni di protezione contro l’incendio per i componenti elettrici (escluse le condutture) | » | 333 |
| 16.2. Prescrizioni di protezione contro l’incendio per le condutture | » | 335 |
| 16.3. Interruzione dell’alimentazione degli impianti in caso di incendio..... | » | 337 |
| 16.4. Frequenza delle verifiche periodiche | » | 338 |

PARTE II
Esempi progettuali

| | | |
|--|----------|------------|
| 17. Progetto di una cabina di trasformazione MT/BT a servizio di una casa di cura | » | 341 |
| 18. Criteri progettuali per una casa di cura polispecialistica | » | 365 |
| 19. Impianto elettrico in un reparto di degenza | » | 389 |
| 20. Impianto elettrico in un complesso operatorio | » | 413 |
| 21. Impianto elettrico in un reparto di rianimazione e terapia intensiva | » | 459 |
| 22. Impianto elettrico per un pronto soccorso ospedaliero | » | 495 |
| 23. Impianto elettrico in un reparto di diagnostica per immagini | » | 531 |
| 24. Impianto elettrico di un reparto di emodinamica | » | 561 |
| 25. Impianto elettrico per un centro di dialisi | » | 589 |

| | | |
|---|---|-----|
| 26. Impianto elettrico in uno studio dentistico | » | 617 |
| 26.1. Introduzione | » | 617 |
| 26.2. Caratteristiche elettriche | » | 617 |
| 26.2.1. Protezione contro i contatti indiretti | » | 618 |
| 26.2.2. Collegamento equipotenziale supplementare | » | 618 |
| 26.2.3. Sistema di protezione delle linee e verifica dell'energia passante e della selettività | » | 618 |
| 26.2.4. Illuminazione | » | 619 |
| 26.2.5. Alimentazione di riserva e/o di sicurezza | » | 619 |
| 26.3. Impianti speciali..... | » | 620 |
| 26.3.1. Impianto TV..... | » | 620 |
| 26.3.2. Impianto antintrusione | » | 620 |
| 26.3.3. Impianto di rivelazione incendi | » | 620 |
| 26.3.4. Impianto di diffusione sonora | » | 620 |
| 26.3.5. Impianto videocitofonico e TV c.c. | » | 620 |
| 27. Impianto elettrico di un dipartimento di cardiologia comprensivo di degenze, diagnostica ambulatoriale, UTIC, emodinamica ed elettrofisiologia | » | 643 |
| 27.1. Impianti elettrici ordinari – impianti elettrici speciali | » | 646 |
| 27.1.1. Impianti elettrici ordinari | » | 646 |
| 27.1.1.1. Impianti speciali..... | » | 649 |
| 27.1.2. Impianto di videosorveglianza..... | » | 652 |
| 27.1.2.1. Telecamere | » | 652 |
| 27.1.3. Impianto rivelazione incendio | » | 653 |
| 27.1.4. Impianto citofonico..... | » | 655 |
| 27.1.5. Impianto di chiamata | » | 655 |
| 27.1.6. Impianto di ricezione televisiva..... | » | 655 |
| 27.2. Illuminazione ordinaria..... | » | 655 |
| 27.2.1. Linee di energia | » | 657 |
| 27.2.2. Quadristica elettrica | » | 668 |
| Bibliografia | » | 687 |
| Istruzioni per scaricare i file | » | 693 |

Premessa alla seconda edizione

L’ottava edizione della Norma CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in corrente alternata e a 1.500 V in corrente continua” in vigore dall’1/12/2021 (dopo nove anni dalla precedente edizione), nella Sezione 710 “Locali medici” integra, modifica o annulla alcune delle prescrizioni generali che si riferiscono principalmente a: ospedali; cliniche private; studi medici e dentistici; locali ad uso estetico e locali ad uso medico nei luoghi di lavoro (inclusi quelli temporanei e di emergenza, quali ad esempio gli ospedali Covid); locali adibiti ad uso medico all’interno di case di cura e case per anziani, dove i pazienti sono sottoposti a cure mediche; centri medici; ambulatori; pronto soccorso ed altre tipologie di ambulatori presenti nelle industrie; negli impianti sportivi ecc. I dettami della Norma possono essere applicati anche ai locali ad uso veterinario, la cui applicazione diventa facoltativa in base alla valutazione del rischio del responsabile della struttura.

La Guida CEI 64-56 “Edilizia ad uso residenziale e terziario. Guida per l’integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici: Criteri particolari per locali medici” in vigore dall’1/7/2021, fornisce informazioni relative alla progettazione ed alla realizzazione degli impianti elettrici utilizzatori sia negli edifici adibiti essenzialmente ad uso medico, quali ospedali e case di cura (cliniche) che nei locali medici (quali ambulatori e poliambulatori), inseriti in edifici anche ad uso residenziale.

La Norma CEI IEC 60479-1 e 2 “Effetti della corrente attraverso il corpo umano e negli animali. Parte 1: aspetti generali; Parte 2: aspetti speciali”, in vigore dall’1/11/2020, rappresenta una guida atta a far comprendere gli effetti della corrente elettrica sia che essa attraversi il corpo umano che gli animali e va a sostituire completamente la precedente Norma CEI 64-18: 2011. Essa è stata pubblicata nella sola lingua inglese in quanto mirata a settori specialistici.

La norma UNI 9795 “Sistemi fissi automatici di rivelazione e di segnalazione allarme d’incendio. Progettazione, installazione ed esercizio” in vigore dal 2/12/2021, prescrive i criteri per la progettazione, l’installazione e l’esercizio dei dispositivi destinati ad essere installati negli edifici, indipendentemente dalla loro destinazione d’uso.

L’avvenuta pubblicazione di questi aggiornamenti normativi ha ingenerato quale naturale conseguenza l’aggiornamento della prima edizione di questo volume (apparso nel 2015 e già ristampato nel 2019). In questa ultima edizione sono state riportate tutte le modifiche e/o i chiarimenti prescritti e dettagliati dalle nuove Norme.

Il testo è stato arricchito di nuovi paragrafi e di nuovi capitoli senza peraltro stravolgere l’impostazione generale che è risultata particolarmente fruibile da quanti si siano approcciati per la prima volta a questa tipologia di impianti oltre che per tutti quegli studenti afferenti alle Facoltà Universitarie in cui questo testo è stato adottato.

Introduzione

Progettare per la Sanità è una professione altamente specialistica che offre una concreta opportunità a poter migliorare e garantire in sicurezza il recupero e il mantenimento della salute.

I luoghi della Sanità Pubblica e Privata appartengono a tipologie edilizie tanto complesse da far prediligere, per la loro realizzazione, la scelta di operatori del settore altamente qualificati.

L'impiantistica elettrica al servizio di una Struttura Sanitaria introduce una serie di rischi sia per il personale preposto che per i pazienti, che vanno attentamente valutati, quali:

1. l'applicazione di circuiti elettrici o di dispositivi medicali contenenti liquidi conduttori collegati direttamente al corpo umano (mediante inserimento di sonde negli organi interni o tramite contatto esterno);
2. il supporto o la sostituzione delle funzioni corporee vitali (che dipendono esclusivamente dall'affidabilità sia delle apparecchiature elettromedicali sia degli impianti elettrici);
3. l'assenza di normali reazioni del paziente (che può essere infermo, incosciente, anestetizzato o immobilizzato);
4. i pericoli in ambito chirurgico di incendio o di esplosione (dovuti alla presenza di gas comburenti quali ad esempio l'ossigeno, insieme a sostanze combustibili e a fonti d'innescio);
5. il pericolo del microshock (ovvero la folgorazione del paziente con il cuore in collegamento elettrico con l'esterno).

Le tecnologie biomediche, sempre più sofisticate per la diagnosi, la cura e il monitoraggio del paziente, contengono componenti facilmente soggetti a malfunzionamenti, a causa delle possibili variazioni di parametri nominali quali: tensione, frequenza dell'alimentazione elettrica, ecc. È d'obbligo quindi che la progettazione e la conseguente realizzazione dell'impianto elettrico siano effettuate nel massimo rispetto delle regole dell'arte per poter garantire quei requisiti di affidabilità, continuità e flessibilità richiesti. Si rende pertanto necessario in fase progettuale effettuare una classificazione delle utenze, calcolando i danni possibili derivanti da:

1. approssimata conoscenza delle problematiche specifiche dei locali adibiti ad uso medico e delle norme ad essi collegati;
2. interruzione dell'alimentazione elettrica;
3. durata di un'eventuale interruzione.

Ai fini della prevenzione incendi, gli impianti delle strutture sanitarie (considerate a maggior rischio) devono essere integrati con misure di protezione specifiche.

Tutti i locali medici, compresi quelli estetici, devono essere progettati da un professionista iscritto all'albo.

La meticolosa classificazione dei locali medici già in fase progettuale è un imprescindibile dato iniziale per la corretta progettazione dei relativi impianti elettrici che altrimenti risulterebbero inadeguati e pericolosi. Per una corretta esecuzione del progetto, è fondamentale avere nei dati d'ingresso anche l'elenco delle apparecchiature che necessitano di un'alimentazione di sicurezza (in caso di interruzione dell'alimentazione ordinaria) e il suo tempo di azione. I criteri di dimensionamento e le caratteristiche degli impianti elettrici sono ampiamente definiti dalle norme CEI; in ambito ospedaliero le norme danno indicazioni specifiche sulla sicurezza e la funzionalità elettrica.

Nella prima parte di questo manuale di impiantistica elettrica ospedaliera, vengono raggruppate le nozioni fondamentali sugli impianti elettrici, in particolar modo quelle relative alle strutture sanitarie. In essi vengono innanzitutto richiamati concetti di base e parametri che caratterizzano gli impianti elettrici di queste strutture nonché gli effetti della corrente che potrebbe attraversare il corpo umano. Successivamente vengono classificati e analizzati: i componenti degli impianti atti alla protezione da contatti diretti e indiretti; i servizi di emergenza, l'illuminazione negli edifici di cura; le verifiche da eseguire prima della messa in funzione dell'impianto e quelle periodiche; le apparecchiature elettromedicali; la rivelazione incendi; la chiamata infermieri. La seconda parte del manuale è dedicata alle progettazioni di diverse tipologie di reparti ospedalieri, quali: complesso operatorio; rianimazione e terapia intensiva; pronto soccorso; emodinamica; emodialisi; diagnostica per immagini; degenza; oltre che ad un'intera struttura ospedaliera ed uno studio odontoiatrico.

Gli esempi progettuali riprodotti hanno lo scopo di tradurre in pratica la teoria illustrata nella parte I del presente volume, senza tuttavia riportare in maniera esaustiva le informazioni relative al progetto.

Questi esempi non possono pertanto essere applicati in maniera acritica a casi analoghi perché occorre valutarne l'aderenza tenendo conto dei parametri del progetto specifico, valutando le informazioni e i dati in maniera globale. Per esigenze editoriali, le tabelle di progettazione e/o di sintesi dei dati ed i relativi disegni sono proposti in formato ridotto ed in alcuni casi adattati all'impaginazione.

Nel testo vengono riportati alcuni stralci delle norme CEI. L'unica versione che fa fede è quella originale reperibile in versione integrale presso la CEI.

PARTE I

Nozioni fondamentali

1. Principi fondamentali

1.1. Prescrizioni per la sicurezza

Due sono le tipologie di pericolo più evidenti che possono verificarsi negli impianti elettrici:

- correnti elettriche con effetti lesivi per il corpo umano;
- temperature tanto elevate da procurare ustioni al contatto, incendi e altri effetti lesivi.

Imprescindibile quindi la previsione di adeguate misure di protezione, affinché la corrente non risulti fisiopatologicamente pericolosa nell'attraversamento di un corpo umano.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Le persone devono essere protette contro i pericoli derivanti dal contatto con parti attive dell'impianto (figura 1.1).

Questa protezione può essere ottenuta attraverso uno dei seguenti metodi:

- impedendo che la corrente passi attraverso il corpo;
- limitando la corrente che può attraversare il corpo ad un valore inferiore a quello fisiopatologicamente pericoloso.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Le persone devono essere protette contro i pericoli derivanti dal contatto con masse che in caso di guasto provochino la mancanza dell'isolamento (figura 1.2). Questa protezione può essere ottenuta mediante uno dei seguenti metodi:

- impedendo che la corrente passi attraverso il corpo;
- limitando la corrente che può attraversare il corpo a un valore inferiore a quello fisiopatologicamente pericoloso;
- interrompendo automaticamente il circuito in un tempo determinato al verificarsi di un guasto che possa provocare attraverso il corpo, in contatto con le masse, una corrente almeno uguale a quella pericolosa per il corpo umano.

PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

Le persone e i beni devono essere protetti contro le conseguenze dannose di temperature troppo elevate o di sollecitazioni meccaniche dovute a sovracorrenti che si possano propagare nei conduttori attivi.

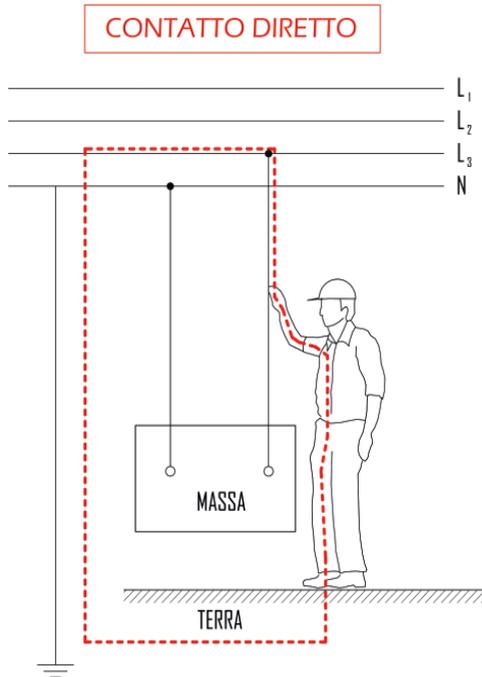


Figura 1.1

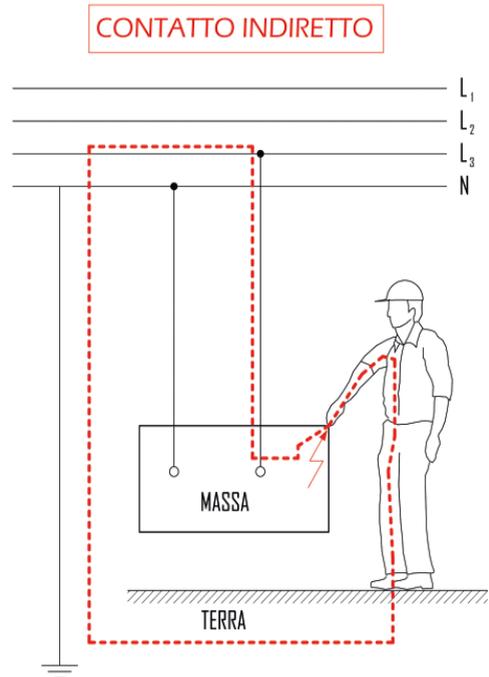


Figura 1.2

Questa protezione può essere ottenuta mediante uno dei seguenti metodi:

1. interruzione automatica della sovracorrente prima che essa permanga per una durata pericolosa;
2. limitazione della sovracorrente massima ad un valore non pericoloso tenuto conto della sua durata.

PROTEZIONE CONTRO GLI EFFETTI TERMICI

L'impianto elettrico deve essere realizzato in modo che non ci sia in servizio ordinario, pericolo di innesco dei materiali infiammabili a causa di temperature elevate o di archi elettrici. Inoltre, non deve esserci alcun rischio per le persone di esserne ustionate.

PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI GUASTO

I conduttori diversi dai conduttori attivi e qualsiasi altra parte destinata a portare correnti di guasto devono essere in grado di portare queste correnti senza raggiungere temperature troppo elevate.

PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

Le persone e i beni devono essere protetti contro le conseguenze dannose di un guasto verificatosi tra le parti attive di circuiti alimentati con tensioni di valore differente.

Le persone e i beni devono essere protetti contro le conseguenze dannose di sovratensioni che possano verificarsi per altre cause, quali ad esempio quelle prodotte da fenomeni atmosferici e sovratensioni di manovra.

PROTEZIONE CONTRO GLI ABBASSAMENTI DI TENSIONE

Quando un abbassamento di tensione o la mancanza di tensione e il suo successivo ripristino possono comportare pericolosi effetti su persone e cose, devono essere adottate opportune precauzioni affinché ciò non si verifichi.

1.2. Progettazione dell'impianto elettrico

L'impianto elettrico deve assicurare il suo corretto funzionamento all'uso previsto, prevenendo la messa in sicurezza delle persone e dei beni ipotizzati nei luoghi dell'installazione in accordo alle prescrizioni per la sicurezza. L'alimentazione può essere alternata o continua. I conduttori sono di fase, neutro e di protezione. I loro valori caratteristici sono le tensioni e le frequenze con le relative tolleranze, la corrente massima d'impiego e la corrente presunta di cortocircuito.

Il numero e le tipologie di circuiti necessari per l'illuminazione, la forza motrice o il comando, il riscaldamento, la segnalazione, le telecomunicazioni, ecc. vengono determinati sulla base delle seguenti indicazioni:

- punti di consumo dell'energia elettrica richiesta;
- carico prevedibile nei diversi circuiti;
- variazione giornaliera e annuale della richiesta di energia;
- condizioni particolari;
- prescrizioni per il comando, la segnalazione, le telecomunicazioni, ecc.

L'alimentazione dei servizi di sicurezza o di riserva è costituita da sorgenti (natura e caratteristiche) e da circuiti alimentati da queste sorgenti.

La sezione dei conduttori deve essere determinata in funzione:

- della loro massima temperatura di servizio, corrente d'impiego, lunghezza del cavo;
- della caduta di tensione ammissibile;
- delle sollecitazioni elettromeccaniche e termiche che possono essere prodotte in caso di cortocircuito;
- delle altre sollecitazioni meccaniche alle quali i conduttori possono venire sottoposti;
- del valore massimo dell'impedenza che permetta di assicurare il funzionamento della protezione contro i cortocircuiti.

La scelta del tipo di conduttura e della relativa modalità di posa dipende:

- dalla natura dei luoghi;
- dalla natura delle pareti o delle altre parti dell'edificio che sostengono le condutture;
- dalla possibilità che le condutture siano accessibili a persone e ad animali;

- dalla tensione;
- dalle sollecitazioni termiche ed elettromeccaniche che si possono produrre in caso di cortocircuito;
- dalle altre sollecitazioni alle quali le condutture possono prevedibilmente venire sottoposte durante la realizzazione dell'impianto elettrico o durante il servizio.

Le caratteristiche dei dispositivi di protezione devono essere determinate secondo la loro funzione che può essere, per esempio, la protezione contro gli effetti:

- delle sovracorrenti (sovraccarichi, cortocircuiti);
- delle correnti di guasto a terra;
- delle sovratensioni;
- degli abbassamenti o della mancanza di tensione.

I dispositivi di protezione devono funzionare con valori di corrente, tensione e tempi adatti alle caratteristiche dei circuiti e alle possibilità di pericolo.

Quando in caso di pericolo è necessario mettere fuori tensione un circuito, deve essere installato un dispositivo di interruzione in modo tale che sia facilmente riconoscibile e rapidamente manovrabile.

Devono essere previsti dispositivi che permettano il sezionamento dell'impianto elettrico, dei circuiti o dei singoli apparecchi, quando questo sia richiesto per ragioni di manutenzione, verifiche, rivelazione di guasti o per riparazioni.

L'impianto elettrico deve essere disposto in modo da escludere qualsiasi mutua influenza dannosa tra lo stesso impianto elettrico e gli altri impianti non elettrici dell'edificio.

I componenti elettrici devono essere installati in modo da lasciare spazio sufficiente per l'installazione iniziale e la successiva sostituzione dei singoli componenti elettrici permettendo l'accessibilità per ragioni di funzionamento, verifica, manutenzione o riparazione.

1.3. Caratteristiche dell'impianto elettrico

1.3.1. Tensioni

In relazione alla loro tensione nominale, i sistemi elettrici si suddividono in:

- a. sistemi di categoria 0: quelli a tensione nominale minore o uguale a 50 V se sono a c.a. o a 120 V se sono a c.c. (non ondulata);
- b. sistemi di I categoria: quelli a tensione nominale da oltre 50 fino a 1000 V compresi se sono a c.a. o da oltre 120 fino a 1500 V compresi se sono a c.c.;
- c. sistemi di II categoria: quelli a tensione nominale oltre i 1000 V se sono a c.a. o oltre i 1500 V se sono a c.c., fino a 30.000 V compresi;
- d. sistemi di III categoria: quelli a tensione nominale maggiore di 30.000 V.

Qualora la tensione nominale verso terra sia superiore alla tensione nominale fra le fasi, agli effetti della classificazione del sistema si considera la tensione nominale verso terra.

La tensione effettiva può variare entro le abituali tolleranze. I transitori non vengono considerati. Questa classificazione non esclude l'introduzione nelle diverse categorie di limiti intermedi per ragioni particolari.

La tensione di contatto che, come termine, per convenzione è usata nei confronti della protezione contro i contatti indiretti è la tensione che si stabilisce fra parti simultaneamente accessibili in caso di guasto dell'isolamento. In alcuni casi il valore della tensione di contatto può essere influenzato notevolmente dall'impedenza del soggetto a contatto con quelle parti.

Il più alto valore della tensione di contatto che si può stabilire in caso di un guasto di impedenza trascurabile in un impianto elettrico utilizzatore è definito *tensione di contatto presunta*.

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

La tensione totale di terra è quella che si stabilisce a seguito di un cedimento dell'isolamento tra masse e un punto sufficientemente lontano, a potenziale zero. Per tensione nominale verso terra di un sistema, si intende:

1. nei sistemi trifase con neutro isolato o con neutro a terra attraverso impedenza, la “tensione nominale”;
2. nei sistemi trifase con neutro direttamente a terra, la “tensione stellata corrispondente alla tensione nominale”;
3. nei sistemi monofase, o a c.c., senza punti di messa a terra, la “tensione nominale”;
4. nei sistemi monofase, o a c.c., con punto di mezzo messo a terra, la “metà della tensione nominale”.

1.3.2. Contatti elettrici

La parte attiva è il conduttore o la parte conduttrice in tensione nel servizio ordinario, compreso il conduttore di neutro, escluso per convenzione il conduttore PEN (conduttore che svolge insieme le funzioni sia di conduttore di protezione che di conduttore di neutro). La massa è la parte conduttrice di un componente elettrico che può essere toccata e non è in tensione in condizioni ordinarie, ma può andare in tensione in condizioni di guasto. Tale termine designa essenzialmente le parti conduttrici accessibili facenti parte dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori, separate dalle parti attive solo con l'isolamento principale. Il guasto si riferisce pertanto all'isolamento principale.

Una parte metallica è considerata accessibile non solo quando è a portata di mano, ma anche quando può essere toccata nel servizio ordinario.

Una parte conduttrice che può andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale, posta dietro un involucro o una barriera, non saldamente fissati (o rimovibili) senza l'uso di un attrezzo, è da considerarsi una massa se essa diviene accessibile dopo la rimozione dell'involucro o della barriera; se invece l'involucro o la barriera sono saldamente fissati oppure sono rimovibili soltanto con l'uso di un attrezzo, le parti retrostanti

non sono da considerarsi masse, se non è necessario rimuovere l'involucro o la barriera nell'esercizio ordinario. Una parte metallica non accessibile, che non è in tensione nel servizio ordinario, ma che può andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale, viene denominata *parte intermedia*.

La massa estranea è la parte conduttrice non facente parte dell'impianto elettrico in grado di introdurre un potenziale, generalmente il potenziale di terra.

In generale una massa estranea è passibile di poter introdurre il potenziale di terra: solo in casi particolari si considerano masse estranee le parti conduttrici passibili di introdurre altri potenziali. Esempi di masse estranee sono gli elementi metallici facenti parte delle strutture degli edifici e le condutture metalliche di gas, acqua e riscaldamento.

Sono da considerare masse estranee (che possono introdurre il potenziale di terra) le parti metalliche non facenti parte dell'impianto elettrico (tubazioni, infissi, ecc.) che presentano verso terra un valore di resistenza inferiore a 1000Ω in tutti gli ambienti in cui si applica la norma CEI 64-8.

Il contatto elettrico diretto è il contatto di persone con parti attive mentre il contatto indiretto è il contatto di persone con una massa in tensione in seguito ad un guasto.

La corrente pericolosa per l'uomo è quella che passa attraverso il corpo avente caratteristiche tali da causare effetti patologici.

La corrente di dispersione verso terra è la corrente che, in assenza di guasto, fluisce verso terra o verso le masse.

La corrente differenziale è la somma algebrica dei valori istantanei delle correnti che percorrono tutti i conduttori attivi di un circuito in un punto dell'impianto.

Le parti simultaneamente accessibili sono i conduttori o parti conduttrici che possono essere toccati simultaneamente da un soggetto e possono essere: le parti attive; le masse; le masse estranee; i conduttori di protezione; i collettori di terra; i pavimenti e le pareti non isolanti.

Le parti accessibili sono i conduttori o le parti conduttrici situati nella zona che si estende da un punto o da una superficie occupata o percorsa ordinariamente da uno o più soggetti fino ai limiti che egli può raggiungere con una mano senza l'uso di attrezzi. L'involucro è la parte che assicura la protezione di un componente elettrico contro determinati agenti esterni e in ogni direzione, contro i contatti diretti.

La barriera è la parte che assicura protezione contro i contatti diretti, nelle direzioni abituali di accesso.

L'ostacolo è l'elemento inteso a prevenire un contatto diretto involontario con le parti attive, ma non ad impedire il contatto diretto intenzionale.

La parte attiva pericolosa è la parte attiva che può dare origine, in determinate condizioni di influenze esterne, ad una corrente pericolosa.

La protezione per limitazione della corrente e/o della carica elettrica è la protezione contro lo shock elettrico per mezzo di un circuito o di un'apparecchiatura, progettati in modo che, in condizioni ordinarie o di guasto dell'isolamento, la corrente e/o la carica elettrica siano limitate al di sotto di un livello ritenuto pericoloso.

L'isolamento principale è l'isolamento delle parti attive utilizzato per la protezione base contro i contatti diretti e indiretti. Tale isolamento non coincide necessariamente con l'isolamento utilizzato esclusivamente per scopi funzionali.

L'isolamento supplementare è l'isolamento indipendente previsto in aggiunta all'isolamento principale, atto ad assicurare la protezione contro i contatti elettrici in caso di guasto dell'isolamento principale.

Il doppio isolamento è l'isolamento comprendente sia l'isolamento principale che l'isolamento supplementare.

L'isolamento rinforzato è un sistema unico di isolamento applicato alle parti attive, tale da assicurare un grado di protezione contro i contatti elettrici, equivalente al doppio isolamento nelle condizioni specificate dalle relative norme.

Pavimenti e pareti isolanti sono quelli dei locali la cui resistenza è sufficientemente elevata tanto da limitare la corrente ad un valore ritenuto non pericoloso.

1.3.3. *Messa a terra*

Si intende per “terra” il terreno come conduttore, il cui potenziale elettrico in ogni punto è convenzionalmente considerato uguale a zero.

Il dispersore è un corpo conduttore o un gruppo di corpi conduttori in contatto elettrico con il terreno che realizza un collegamento elettrico con la terra.

La resistenza di terra è quella tra il collettore (o nodo) principale di terra e la terra.

Gli impianti di terra elettricamente indipendenti sono quelli aventi dispersori separati e tali che la corrente massima che uno di questi impianti può disperdere non modifica il potenziale rispetto alla terra dell'altro impianto in misura superiore a un valore determinato. Il conduttore di protezione è quello prescritto per alcune misure di protezione, per esempio contro i contatti indiretti per il collegamento di alcune delle seguenti parti:

- masse;
- masse estranee;
- collettore (o nodo) principale di terra;
- dispersore;
- punto di terra della sorgente o neutro artificiale.

Il conduttore PEN è quello che svolge insieme le funzioni sia di conduttore di protezione che di conduttore di neutro.

Il conduttore di terra è il conduttore di protezione che collega il collettore (o nodo) principale di terra al dispersore o i dispersori tra di loro.

Il collettore (o nodo) principale di terra è l'elemento previsto per il collegamento al dispersore dei conduttori di protezione, inclusi i conduttori equipotenziali e di terra, nonché i conduttori di terra funzionali, se esistenti.

Il collegamento equipotenziale è il collegamento elettrico che mette diverse masse e masse estranee al medesimo potenziale.

Il conduttore equipotenziale è quello di protezione destinato ad assicurare il collegamento equipotenziale.

L'impianto di terra è l'insieme dei dispersori, dei conduttori di terra, dei collettori (o nodi) principali di terra e dei conduttori di protezione ed equipotenziali, destinato a realizzare la messa a terra di protezione e/o di funzionamento.

1.3.4. Circuiti elettrici

Il circuito elettrico di un impianto è l'insieme dei componenti di un impianto, alimentato da uno stesso punto e protetto contro le sovracorrenti da uno stesso dispositivo di protezione. Il circuito di distribuzione è quello che alimenta un quadro di distribuzione.

Il circuito terminale è il circuito direttamente collegato agli apparecchi utilizzatori o alle prese a spina.

La corrente d'impiego di un circuito è quella che può fluire in un circuito del servizio ordinario.

La portata in regime permanente di una conduttura è il massimo valore della corrente che può fluire in una conduttura, in regime permanente e in determinate condizioni, senza che la sua temperatura superi un valore specificato.

La sovracorrente è ogni corrente che supera il valore nominale. Per le condutture, il valore nominale è la portata.

La corrente di sovraccarico di un circuito è la sovracorrente che si verifica in un circuito elettrico sano.

La corrente di corto circuito (franco) è la sovracorrente che si verifica in seguito a un guasto di impedenza trascurabile fra due punti fra i quali esiste tensione in condizioni ordinarie di esercizio.

La corrente convenzionale di funzionamento di un dispositivo di protezione è il valore specificato di corrente che provoca l'intervento del dispositivo di protezione entro un tempo specificato, denominato *tempo convenzionale*.

Il rilevamento di sovracorrente è la funzione che permette di stabilire che l'intensità di corrente in un circuito superi un valore determinato, per un periodo di tempo specificato.

La corrente di guasto è quella che si stabilisce a seguito di un cedimento dell'isolamento o quando l'isolamento è cortocircuitato.

La corrente di guasto a terra è la corrente che si chiude attraverso l'impianto di terra.

1.3.5. Condutture elettriche e altri componenti elettrici

La conduttura è l'insieme costituito da uno o più conduttori elettrici e dagli elementi che assicurano il loro isolamento, il loro supporto, il loro fissaggio e la loro eventuale protezione meccanica.

Il tubo protettivo è l'involucro chiuso, di sezione circolare o non circolare, destinato alla messa in opera o alla sostituzione mediante tiro di cavi.

Il canale è invece l'involucro chiuso da coperchio che assicura la protezione meccanica dei cavi e che permette la messa in opera e la rimozione di questi cavi con mezzi diversi dal tiro e anche il montaggio di altri eventuali componenti.

È considerato componente dell'impianto ogni elemento utilizzato per la produzione, trasformazione, trasmissione o distribuzione di energia elettrica, come macchine, trasformatori, apparecchiature, strumenti di misura, apparecchi di protezione e condutture.

I componenti elettrici sono classificati secondo la loro modalità di protezione contro i contatti indiretti, in:

- componente elettrico di classe 0: componente dotato di isolamento principale e non provvisto di alcun dispositivo per il collegamento delle masse a un conduttore di protezione; nel caso di un guasto di isolamento principale, la protezione rimane affidata alle caratteristiche dell'ambiente in cui è posto il componente elettrico;
- componente elettrico di classe I: componente elettrico dotato di isolamento principale e provvisto di un dispositivo per il collegamento delle masse a un conduttore di protezione;
- componente elettrico di classe II: componente elettrico dotato di doppio isolamento o di isolamento rinforzato e non provvisto di alcun dispositivo per il collegamento a un conduttore di protezione;
- componente elettrico di classe III: componente elettrico a isolamento ridotto perché destinato ad essere alimentato esclusivamente da un sistema a bassissima tensione di sicurezza, nel quale non si generano tensioni di valore superiore a quello di tale sistema.

È da notare che i criteri di classificazione dei componenti elettrici secondo il loro modo di protezione contro i contatti indiretti sono specificati nelle rispettive norme.

L'apparecchio utilizzatore è quello che trasforma l'energia elettrica in un'altra forma di energia, per esempio luminosa, calorica o meccanica.

Per *componenti elettrici* si intendono sia i componenti dell'impianto che gli apparecchi utilizzatori.

L'apparecchiatura è l'insieme di componenti dell'impianto destinati ad essere inseriti in un circuito elettrico per realizzare una o più delle seguenti funzioni: protezione, comando, sezionamento e connessione.

L'apparecchio utilizzatore è denominato *trasportabile* se può essere spostato facilmente perché munito di apposite maniglie per il trasporto, o perché la sua massa è limitata. L'apparecchio utilizzatore è denominato *mobile* solo se deve essere spostato dall'utente per il suo funzionamento mentre è collegato al circuito di alimentazione.

L'apparecchio utilizzatore portatile è destinato a essere sorretto dalla mano durante il suo impiego ordinario, nel quale il motore, se esiste, è parte integrante dell'apparecchio. L'apparecchio utilizzatore fisso è un apparecchio non trasportabile.

1.3.6. Sistemi di distribuzione

La determinazione della potenza di alimentazione è essenziale per progettare un impianto affidabile senza superare i limiti ammessi di temperatura e di caduta di tensione. La determinazione della corrente di impiego di un circuito viene effettuata tenuto conto in particolare del fattore di potenza e del rendimento degli apparecchi utilizzatori, del fattore di utilizzazione di questi apparecchi utilizzatori e del fattore di contemporaneità. Nella determinazione della potenza di alimentazione di un impianto o di una sua parte si può tenere conto della non contemporaneità dei carichi. I fattori di contemporaneità possono essere utilizzati per determinare le correnti di impiego che intervengono sia nella scelta delle sezioni dei conduttori delle condutture elettriche che nella scelta degli apparecchi di protezione e di manovra. Questo richiede che siano conosciuti in modo dettagliato sia l'impianto che le sue condizioni di impiego.

I sistemi di distribuzione sono definiti in funzione del loro sistema di conduttori attivi ovvero della condizione della linea dal punto di vista del tipo di corrente convogliata, del numero di conduttori e delle fasi e del loro modo di collegamento a terra.

I sistemi di conduttori attivi sono, secondo la norma CEI 64-8 (figura 1.3):

- corrente alternata:
 - monofase, 2 conduttori (fase-neutro o fase-terra);
 - monofase, 3 conduttori (come sopra + centro);
 - trifase, 3 conduttori (neutro non distribuito);
 - trifase, 4 conduttori (tre fasi + neutro).
- corrente continua:
 - conduttori (positivo-negativo);
 - conduttori (positivo-centro-negativo).

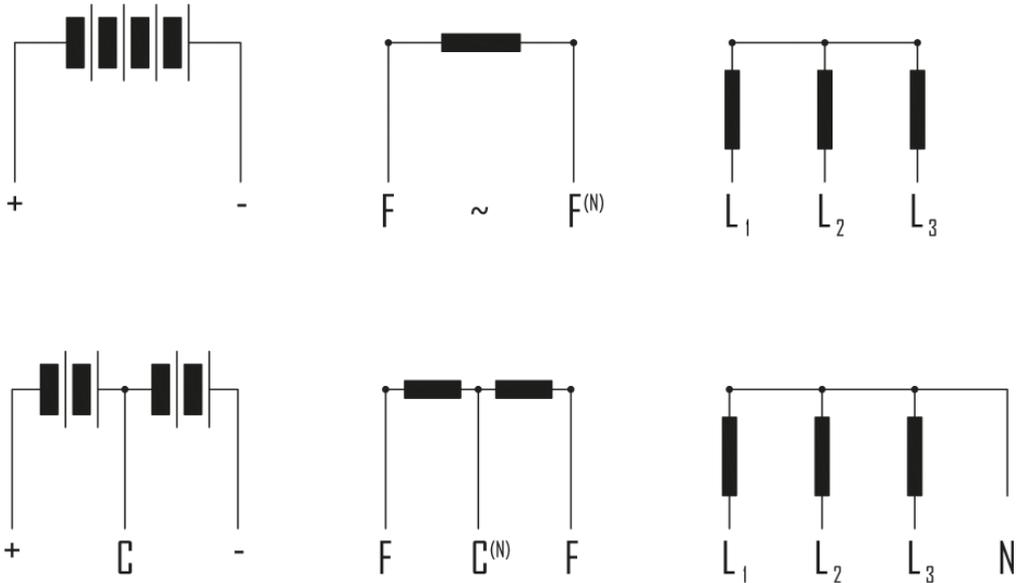


Figura 1.3. I sistemi di distribuzione in funzione del numero dei fili e dei collegamenti mediani

Per la classificazione del sistema vengono utilizzate delle lettere con il seguente significato:

- prima lettera T significa collegamento direttamente a terra del neutro del trasformatore di cabina o in generale, di un punto del sistema di alimentazione;
- prima lettera I significa neutro del trasformatore di cabina non direttamente collegato a terra o, in generale, sistema di alimentazione isolato da terra;
- seconda lettera T significa masse collegate direttamente a terra mediante un proprio dispersore indipendente da quello di cabina;
- seconda lettera N significa masse collegate al neutro messo a terra.

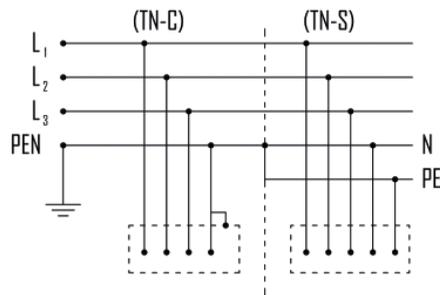
I modi di collegamento a terra sono quelli di seguito elencati.

SISTEMA TN

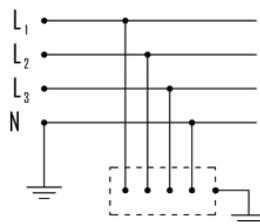
Indicato in figura 1.4, ha un punto collegato direttamente a terra mentre le masse dell'impianto sono collegate a quel punto per mezzo del conduttore di protezione.

Si distinguono tre tipi di sistemi TN, secondo la disposizione dei conduttori di neutro e di protezione:

Sistema TN-C-S



Sistema TT



Sistema IT

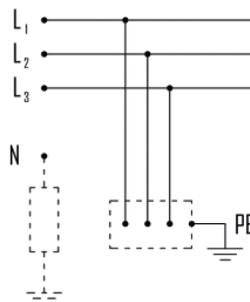


Figura 1.4. Sistemi di distribuzione

- TN-S: il conduttore di neutro e quello di protezione sono separati (distribuzione trifase a 5 fili);
- TN-C-S: le funzioni di neutro e di protezione sono combinate in un solo conduttore in una parte del sistema e successivamente separati; dopo la separazione, i conduttori non possono più essere riuniti per formare di nuovo il conduttore PEN;
- TN-C: le funzioni di neutro e di protezione sono combinate in un solo conduttore PEN (distribuzione trifase a 4 fili).

SISTEMA TT

Indicato in figura 1.5, ha un punto collegato direttamente a terra (in genere il centro stella del trasformatore) e le masse dell'impianto, mediante un conduttore di protezione, collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema di alimentazione.

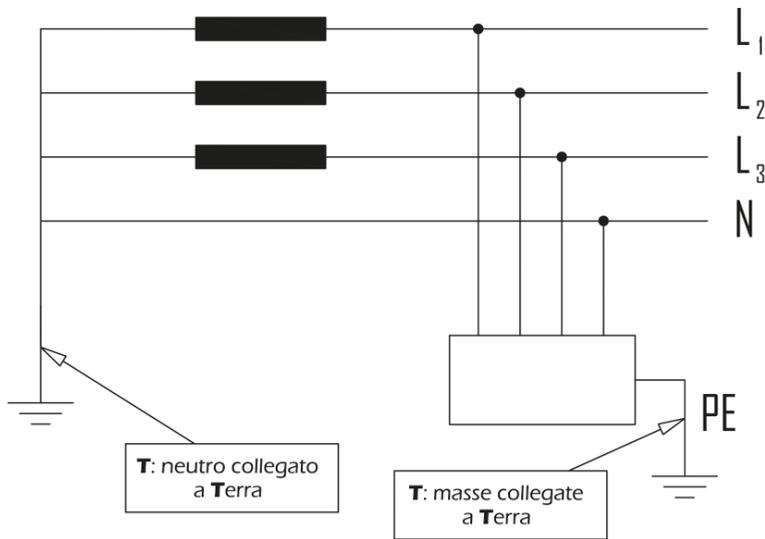


Figura 1.5. Sistema TT

SISTEMA IT

Indicato in figura 1.6, ha tutte le parti attive isolate da terra o un punto collegato a terra attraverso un'impedenza, mentre le masse dell'impianto, mediante il conduttore di protezione, sono:

- collegate a terra separatamente;
- collegate a terra collettivamente;
- connesse collettivamente alla terra del sistema.

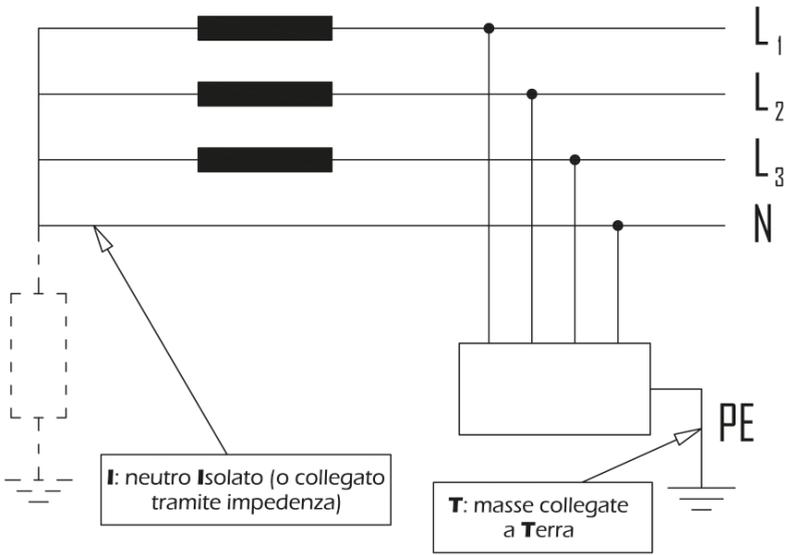
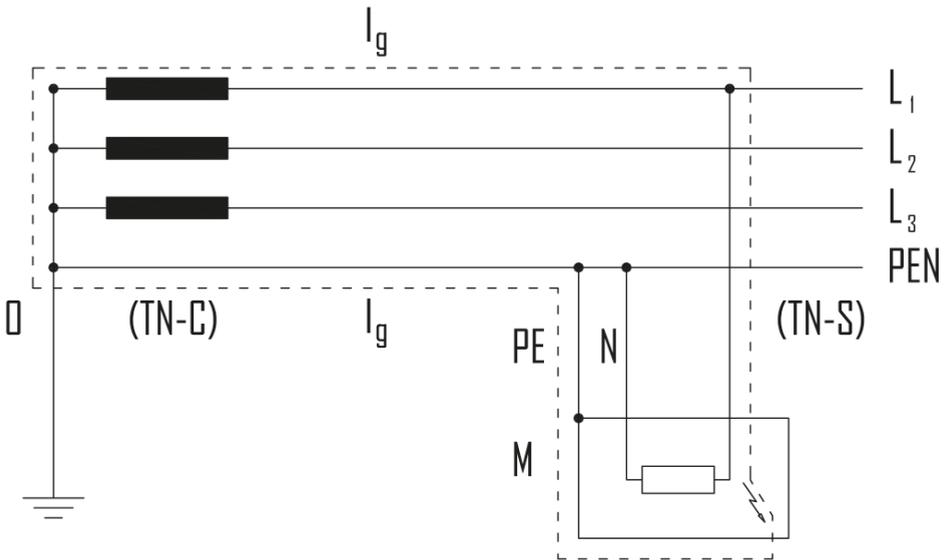


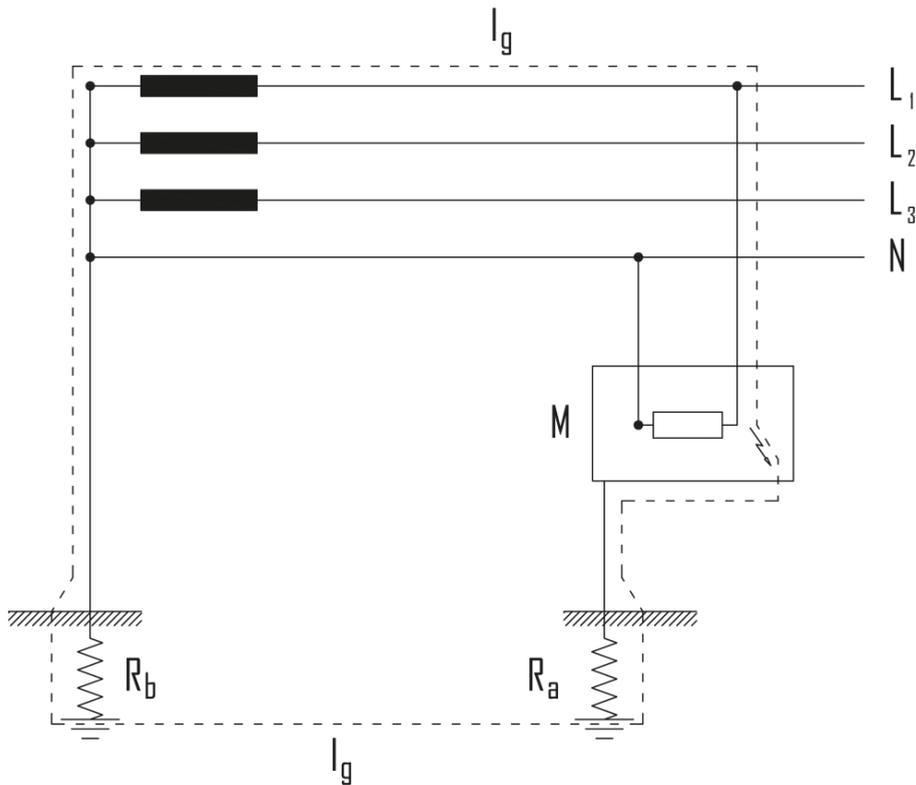
Figura 1.6. Sistema IT

Nel sistema TN, in caso di guasto, la corrente viene limitata esclusivamente dall'impedenza dei conduttori e pertanto essa può raggiungere valori anche molto elevati, dell'ordine delle migliaia di ampere (figura 1.7).



L'anello di guasto è costituito esclusivamente da elementi metallici
(I_g =corrente di guasto)

Figura 1.7. Sistema TN-C-S



L'anello di guasto comprende generalmente la terra su una parte del suo percorso. (I_g =corrente di guasto)

Figura 1.8. Sistema TT

Questo sistema di distribuzione si usa in impianti utilizzatori alimentati attraverso una cabina MT/BT di proprietà dell'utente (fornitura di energia elettrica in media tensione). Le correnti di dispersione delle singole utenze possono interessare la terra solo in minima parte (essendo la resistenza del PEN molto minore di quella del terreno).

Ciò significa che il neutro può considerarsi a tensione verso terra praticamente nulla, in caso di guasto.

Ne consegue che il neutro nel sistema TN va considerato un conduttore non in tensione e come tale va trattato per quanto concerne il sezionamento.

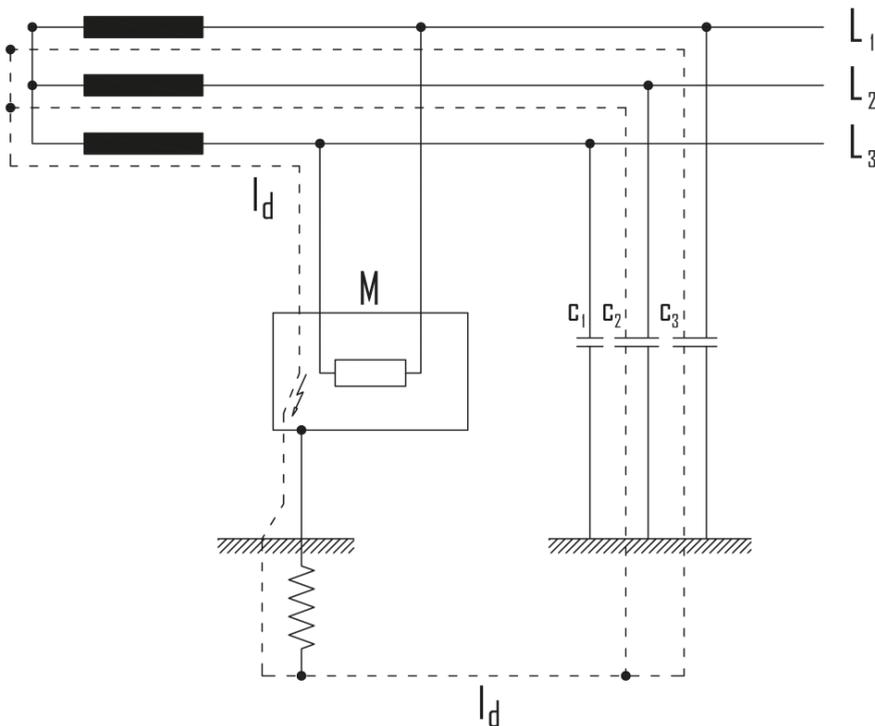
Nel sistema TT, in caso di guasto (figura 1.8), la corrente verso terra che si richiude attraverso il conduttore “terra” è generalmente di valore poco elevato e dipende essenzialmente dal valore della resistenza di terra delle masse; poca influenza ha il collegamento a terra del neutro in cabina.

Si hanno correnti di guasto a terra dell'ordine di qualche ampere o, al massimo, di qualche decina di ampere. Il sistema TT è inoltre caratterizzato dal pericolo che il neutro vada in tensione sia per guasti in cabina che per effetto di tutte le correnti di dispersione delle utenze servite.

Ne consegue che il neutro nei sistemi TT va considerato un conduttore attivo e come tale trattato per quanto concerne il sezionamento.

Nel sistema IT, in caso di primo guasto a terra (figura 1.9), le correnti sono di valore trascurabile. Solo con un secondo guasto a terra si possono manifestare correnti di valore compreso fra pochi ampere e alcune centinaia di ampere in relazione alle impedenze in gioco al momento del guasto. Il neutro, non essendo collegato a terra, può assumere tensioni anche elevate in seguito a guasti.

La messa a terra delle masse in questo caso ha lo scopo di limitare la tensione totale di terra in caso di primo guasto.



La corrente I_d dovuta ad un primo guasto è di valore limitato perchè si richiede attraverso le capacità verso terra dell'impianto ed eventualmente anche attraverso l'impedenza inserita tra un punto e la terra (di solito il neutro del sistema di alimentazione e la terra).

Figura 1.9. Sistema IT

L'efficacia di tale azione dipende dal rapporto tra la resistenza di terra locale e la resistenza di isolamento.

La norma CEI 64-8 raccomanda di evitare, per quanto possibile, di distribuire il neutro. Deve sempre essere previsto un dispositivo di controllo dell'isolamento atto ad indicare il manifestarsi di un guasto a terra.

Considerate tutte queste difficoltà, il sistema IT va realizzato solo quando esistono particolari esigenze di continuità di esercizio (proprio come nel caso dei locali ad uso medico) e si vuole evitare l'interruzione dell'alimentazione al verificarsi del primo guasto a terra. In qualsiasi sistema di distribuzione, le parti attive sono quelle che si trovano in tensione nel servizio ordinario; pertanto sono da considerarsi parti attive i conduttori di fase (L1-L2-L3) e di neutro (N). Quest'ultimo, infatti, può presentare una piccola tensione verso terra in condizioni normali che in caso di guasto può raggiungere anche valori elevati. Nei sistemi di distribuzione TNC, il neutro è considerato non attivo in quanto utilizzato come conduttore di protezione. Tutti i conduttori di protezione, dovendo svolgere una funzione di sicurezza, non possono mai essere interrotti.

1.4. Alimentazione dei servizi di sicurezza

Quando le autorità preposte alla protezione contro gli incendi o ad altre condizioni relative all'evacuazione d'urgenza degli edifici impongono provvedimenti per servizi di sicurezza, oppure quando il committente dell'impianto richiede un'alimentazione di riserva, si devono valutare separatamente le caratteristiche delle sorgenti di alimentazione dei servizi di sicurezza e di riserva.

Tali alimentazioni devono avere adeguata potenza, affidabilità, caratteristiche nominali ed un tempo entro il quale essere disponibili, adatti al funzionamento specificato. È da precisare che ogni impianto deve essere in genere suddiviso in diversi circuiti, secondo le esigenze, per:

- evitare pericoli e ridurre inconvenienti in caso di guasti;
- facilitare le ispezioni, le prove e la manutenzione in condizioni di sicurezza;
- tenere conto dei pericoli che potrebbero derivare da un guasto di un singolo circuito, come per esempio un circuito di illuminazione.

Per le parti dell'impianto che è necessario vengano comandate separatamente, devono essere previsti circuiti separati, in modo tale che quei circuiti non vengano influenzati da un guasto di altri circuiti.

Deve inoltre essere fatta una valutazione di tutte quelle caratteristiche dei componenti elettrici che siano tali da avere effetti nocivi sugli altri componenti elettrici o sugli altri servizi o che siano tali da pregiudicare il funzionamento della sorgente di alimentazione.

Queste caratteristiche riguardano per esempio:

- sovratensioni transitorie;
- carichi fluttuanti rapidamente;

- correnti di spunto;
- correnti armoniche;
- componenti continue;
- oscillazioni in alta frequenza;
- correnti di dispersione verso terra;
- necessità di collegamenti verso terra.

L'alimentazione dei servizi di sicurezza e la loro natura sono frequentemente regolati dalle autorità preposte, i cui regolamenti devono in tal caso essere osservati. Sono ammesse le seguenti sorgenti per i servizi di sicurezza:

- batterie di accumulatori;
- pile;
- altri generatori indipendenti dall'alimentazione ordinaria;
- linea di alimentazione effettivamente indipendente da quella ordinaria.

L'alimentazione dei servizi di sicurezza può essere non automatica quando la sua messa in servizio richiede l'intervento di un operatore e automatica quando la sua messa in servizio non lo richiede.

L'alimentazione automatica dei servizi di sicurezza è classificata, in base al tempo entro cui diviene disponibile, come segue:

- di continuità: che assicura la continuità dell'alimentazione, entro condizioni specificate per il periodo transitorio, per esempio per quanto riguarda le variazioni di tensione e di frequenza;
- a interruzione brevissima (alimentazione disponibile in un tempo non superiore a 0,15 s);
- a interruzione breve (alimentazione disponibile in un tempo superiore a 0,15 s, ma inferiore a 0,5 s);
- a interruzione media (alimentazione disponibile in un tempo superiore a 0,5 s ma inferiore a 15 s);
- a interruzione lunga (alimentazione disponibile in un tempo superiore a 15 s).

1.5. Protezione combinata contro i contatti diretti e indiretti

La protezione combinata contro i contatti diretti e indiretti è considerata quando:

- la tensione nominale non supera 50 V, valore efficace in c.a., e 120 V in c.c. non ondulata;
- l'alimentazione proviene da una delle sorgenti più avanti specificate (SELV-PELV);
- sono soddisfatte le condizioni di installazione dei circuiti, come più avanti descritto.

Da notare che per ambienti e applicazioni particolari a maggior rischio (quali quelli ospedalieri), sono richiesti limiti di tensione più bassi.

1.6. Protezione con bassissima tensione di sicurezza

Si definisce a *bassissima tensione di sicurezza* un sistema elettrico che non presenti una tensione nominale superiore a 50 V in c.a. e 120 V in c.c. (non ondulata), che abbia circuiti installati in modo che risultino sufficientemente separati da quelli in bassa tensione e che sia alimentato da una delle seguenti sorgenti di sicurezza:

- trasformatore di sicurezza realizzato secondo la norma CEI EN 61558-2-6 (CEI 96-7) o che presenti un grado di sicurezza equivalente;
- gruppo motore-generatore che presenti le stesse caratteristiche dei trasformatori di sicurezza;
- batteria di accumulatori (purché i circuiti di ricarica siano isolati come i trasformatori di isolamento);
- alimentatori elettronici nei quali siano stati presi particolari provvedimenti per impedire tensioni di uscita superiori a 50 V.

Se le sorgenti sono di tipo mobile, trasportabile o portatile devono essere del tipo a doppio isolamento.

I circuiti a bassissima tensione di sicurezza si dividono in due tipologie:

- circuiti SELV (*security electrical low voltage*) che sono completamente separati e isolati sia dai circuiti in bassa tensione che dai conduttori di protezione; la sicurezza è massima perché non si devono temere neppure le tensioni totali di terra che in casi eccezionali possono permanere sulle masse collegate al PE;
- circuiti PELV (*protection electrical low voltage*) che sono separati e isolati dai circuiti a bassa tensione ma possono avere sia un punto del circuito che le masse collegate a terra; la sicurezza è inferiore a quella che si ottiene con il sistema SELV sicché non costituiscono un'alternativa valida.

Le parti attive e gli apparecchi di comando quali relè, contattori, ausiliari di comando e qualsiasi parte alimentata dalla tensione di rete, devono essere separati elettricamente come previsto per i trasformatori di sicurezza o deve comunque essere soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- conduttori separati materialmente;
- conduttori dei circuiti SELV e PELV muniti di guaina isolante oltre al loro isolamento principale;
- conduttori dei circuiti a tensione diversa, separati da uno schermo o da una guaina metallica, messi a terra.

Le prese a spina dei circuiti SELV e PELV devono soddisfare i seguenti requisiti:

- le spine non devono poter entrare nelle prese di altri sistemi elettrici;
- le prese non devono permettere l'introduzione di spine di altri sistemi elettrici;
- le prese e le spine dei circuiti SELV devono essere prive del polo di terra;
- le spine dei circuiti SELV non devono poter entrare nelle prese dei circuiti PELV;
- le spine dei circuiti PELV non devono poter entrare nelle prese dei circuiti SELV;

- le prese e le spine dei circuiti PELV possono avere un contatto per il collegamento del conduttore di protezione.

Per i circuiti SELV le masse non devono essere collegate né a terra né ai conduttori di protezione né a masse estranee o di altri sistemi.

I circuiti SELV sono sempre protetti contro i contatti indiretti. Inoltre essi necessitano di isolamento continuo delle parti attive oppure di segregazione dietro involucri o barriere con grado di protezione non inferiore a IP2X o IPXXB se la tensione nominale supera 25 V in c.a. e 60 V in c.c. Per tensioni inferiori non occorre alcuna protezione contro i contatti diretti, nel senso che le parti attive possono anche essere nude ed accessibili.

I circuiti PELV sono sempre protetti contro i contatti indiretti. Essi necessitano di isolamento continuo delle parti attive oppure di segregazione dietro involucri o barriere con grado di protezione non inferiore a IP2X o IPXXB, esclusi i seguenti casi che non necessitano di alcuna protezione contro i contatti diretti:

- tensione nominale non superiore a 6 V in c.a. oppure 15 V in c.c. non ondulata e installazione di tutti i componenti entro la zona di influenza dei collegamenti equipotenziali;
- tensione nominale non superiore a 25 V in c.a. oppure 60 V in c.c. per installazioni in luoghi asciutti con tutti i componenti entro le zone di influenza dei collegamenti equipotenziali e se non si prevedono parti scoperte estese.

Un sistema elettrico a bassissima tensione funzionale è denominato FELV (*functional electrical low voltage*) quando, per ragioni funzionali, si utilizzano circuiti con tensione di alimentazione non superiore a 50 V in c.a. e 120 V in c.c. non ondulata, ma che non offrono tutte le garanzie richieste dal sistema SELV o PELV.

Nei circuiti FELV (e anche nel SELV se non soddisfano le condizioni richieste dalle sorgenti di sicurezza e non esiste la necessaria separazione elettrica) la protezione contro i contatti diretti deve essere ottenuta con una delle seguenti misure:

- le parti attive devono essere poste entro involucri con grado di protezione minimo IP2X o IPXXB e valgono inoltre tutte le considerazioni fatte per la protezione con involucri o barriere;
- isolamento corrispondente a quello del circuito primario.

La protezione contro i contatti indiretti si ottiene collegando le masse al conduttore di protezione del circuito primario purché questo sia protetto con interruttori automatici, fusibili o interruttori differenziali opportunamente coordinati con la resistenza di terra.

Le prese a spina del sistema FELV devono essere esclusivamente ad esso riservate.

Nei locali di gruppo 2 l'uso dei circuiti FELV è vietato.

1.7. Protezione contro i contatti diretti

1.7.1. Protezione mediante isolamento delle parti attive

Le parti attive devono essere completamente ricoperte da isolamento che possa essere rimosso solo mediante distruzione.

L'isolamento dei componenti elettrici realizzati in fabbrica deve soddisfare le relative norme. Per gli altri componenti elettrici la protezione deve essere assicurata da un isolamento tale da resistere alle influenze meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere soggetto all'esercizio. Vernici, lacche, smalti e prodotti simili da soli non sono in genere considerati idonei ad assicurare un adeguato isolamento per la protezione contro i contatti diretti.

1.7.2. Protezione mediante involucri o barriere

Le protezioni mediante involucri o barriere sono destinate ad impedire il contatto con parti attive.

Le parti attive devono essere poste entro involucri o dietro apposite barriere tali da assicurare almeno un grado di protezione che garantisca rispettivamente, al dito di prova oppure al filo di prova del diametro di 1 mm, di non toccare parti in tensione.

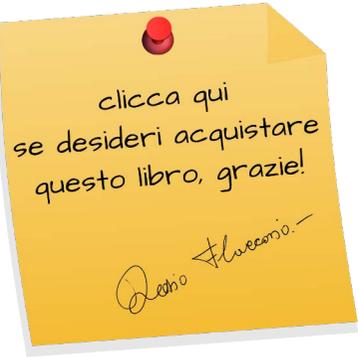
È possibile avere, tuttavia, aperture più grandi sia durante la sostituzione di parti che quando queste siano necessarie per permettere il corretto funzionamento di componenti elettrici (in accordo con le prescrizioni delle relative norme). Le barriere e gli involucri devono essere saldamente fissati e avere una sufficiente stabilità e durata nel tempo, in modo da conservare il richiesto grado di protezione e una conveniente separazione dalle parti attive, nelle condizioni di servizio prevedibili, tenuto conto delle condizioni ambientali.

Quando si rende necessario eliminare barriere, aprire involucri o eliminare parti di involucri, tutto ciò deve essere possibile soltanto:

- con l'uso di una chiave o di un attrezzo;
- se, dopo l'interruzione dell'alimentazione alle parti attive (contro le quali le barriere o gli involucri offrono protezione), il ripristino dell'alimentazione risulterà possibile soltanto dopo la sostituzione o la richiusura delle barriere o degli involucri stessi;
- se, quando una barriera intermedia con grado di protezione non inferiore a quanto innanzi esplicitato, protegga dal contatto con parti attive, possa essere rimossa soltanto con l'utilizzo di una chiave o di un attrezzo.

1.7.3. Protezione addizionale mediante interruttori differenziali

La protezione addizionale mediante interruttori differenziali, con corrente differenziale nominale d'intervento non superiore a 30 mA, è riconosciuta come protezione contro i contatti diretti in caso di insuccesso delle altre misure di protezione o di incuria da parte degli utilizzatori. Tale misura di protezione, pur permettendo di eliminare gran parte dei rischi dovuti ai contatti diretti, non è riconosciuta come misura di protezione completa contro questi contatti, anche perché non permette di evitare gli infortuni (d'altronde molto rari), provocati dal contatto simultaneo di due parti attive del circuito protetto, che abbiano potenziali differenti. È d'uopo notare che l'uso di questi interruttori differenziali permette di ottenere protezione contro i contatti indiretti in condizione di messa a terra molto mediocri, e assicurando che, quando richiesta, si possa avere una migliore protezione contro gli incendi, con la rilevazione di eventuali difetti di isolamento, che possano dar luogo a piccole correnti verso terra.



clicca qui
se desideri acquistare
questo libro, grazie!

Diego Fusconi