

COMMITTENTE

COMUNE di BASTIGLIA

Piazza Repubblica n° 57
Bastiglia (MO)

Responsabile Unico
Procedimento

Adriana geom. Barbieri

Comune di BASTIGLIA

Provincia di MODENA

SCUOLA DELL'INFANZIA "H. C. ANDERSEN"
Piazza Tintori n° 26-28

**INTERVENTO STRUTTURALE A SEGUITO DI INDAGINI
DIAGNOSTICHE RELATIVE AGLI ELEMENTI STRUTTURALI DEI
SOLAI**

PROGETTISTI



ELETTRA
engineering Srl
società tra professionisti

Via Provinciale n°5900 - 41055 Montese (MO)
Tel 059970029 - Cellulare 3382868500 - email biagini@studioelettra.net
Iscr. Registro Imprese di Modena, C.F. e P.IVA 03777850367 - REA: MO - 417059 - Cap. Sociale € 10.000,00 I.v.

INGEGNERIA degli IMPIANTI e delle COSTRUZIONI - PREVENZIONE INCENDI
CLASSIFICAZIONE ZONE con PERICOLO di ESPLOSIONE - COORDINAMENTO della SICUREZZA

RESPONSABILE DI PROGETTO
Per. Ind. Davide Biagini



ELABORATO

ES 21

**IMPIANTO ELETTRICI e SPECIALI
RELAZIONE TECNICA**

PROGETTO ESECUTIVO

OPERA

ARGOMENTO

DOC. E PROG.

FASE REVISIONE

- -

PE

0000

1

0

CARTELLA:	18050	FILE NAME:	18050_DE_JE00_A	NOTE:		PROT.	18050	SCALA:	- : - - -
5									
4									
3									
2									
1									
0	EMISSIONE ELABORATO					12/2018	BIAGINI	BIAGINI	BIAGINI
REV.		DESCRIZIONE				DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Il presente progetto è il frutto del lavoro di ELETTRA engineering Srl. A termine di legge tutti i diritti sono riservati.
E' vietata la riproduzione in qualsiasi forma senza autorizzazione di ELETTRA engineering Srl

SOMMARIO

<u>SEZIONE – ARGOMENTO</u>	<u>PAG.</u>
A - CLASSIFICAZIONE DEL LOCALE	2
B1 - DATI TECNICI DI PROGETTO	3
B2 - RELAZIONE TECNICA	5
C - PRESCRIZIONI GENERALI DEGLI IMPIANTI	6
D - PRESCRIZIONI RIGUARDANTI I CIRCUITI	15
E - DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI PARTICOLARI A NORMATIVA SPECIFICA	51
F - REQUISITI GENERALI DEI MATERIALI	69
G - SCELTA DEI MATERIALI IN RELAZIONE AL RISCHIO DI INCENDIO	82
H - CONCLUSIONI, VERIFICHE e DOCUMENTAZIONE	83
I – TIPOLOGIA DEI MATERIALI	84

A - CLASSIFICAZIONE DEL LOCALE

L'oggetto della presente relazione è fornire le indicazioni necessarie per la realizzazione delle modifiche agli impianti elettrici ed impianti speciali esistenti a servizio della scuola per l'Infanzia "H.C. ANDERSEN" sita nel comune di Bastiglia (MO), necessarie e direttamente correlate agli interventi di miglioramento ed adeguamento strutturale dei locali.

Di seguito s'individuano alcuni ambienti soggetti a normativa specifica:

- a) Per quanto riguarda le aree in oggetto, è utile seguire le indicazioni della normativa seguente per la costruzione degli impianti elettrici: "Ambienti a maggior rischio in caso d'incendio" secondo la norma CEI 64-8/7 art. 751.

Data la tipologia dei locali in cui saranno realizzati i lavori, l'impianto in oggetto può quindi essere cautelativamente classificato di tipo **MA.R.C.IO (Maggior Rischio in Caso di Incendio)** pertanto dovrà essere realizzato prestando particolare attenzione alle prescrizioni dettate dalle normative specifiche elencate in precedenza, le cui prescrizioni sono riportate nelle pagine a seguire.

Le opere elettriche realizzate sono specificate in maggiore dettaglio nel paragrafo "RELAZIONE TECNICA" riportato nelle pagine a seguire.

B1 - DATI TECNICI DI PROGETTO

- **Alimentazione:**

Sistema d'alimentazione:	TT
Tensione di fornitura:	400V
Frequenza:	50Hz,
P complessiva presunta:	10/15kW,
Tensione trifase d'esercizio:	400V - 50Hz,
Tensione monofase d'esercizio:	230V - 50Hz,
Tensione trifase d'isolamento:	690V,
Corrente di C.C. non inferiore a:	16/10kA sul Quadro a valle del punto di fornitura 10-6/4.5kA sui quadri secondari

- **Temperatura ambiente:**

30°C	per tutte le condizioni di posa, esclusa quella interrata
20°C	per cavi interrati ad una profondità non inferiore a 0.8m

- **Coefficiente K per i cavi:**

115	per cavi in CU isolati in PVC;
135	per cavi in CU isolati in gomma naturale o butilica per cavi in CU isolati in EPR o polietilene reticolato;

- **Tipi di posa:**

tubazioni in PVC rigido esterne a parete
tubazioni in PVC flessibile interrate e/o incassate
canalizzazioni metalliche a parete e/o soffitto

- **Tipi di cavo:**

FG17 450/750V	unipolari entro tubazioni in PVC a parete e/o tubazioni incassate,
FG16(O)M16 0.6/1kV	uni / multipolari entro tubazioni interrate o canali metallici.
FTG100M1 0.6/1kV	multipolari per circuiti di sicurezza

- **Coefficienti di utilizzazione:**

I coefficienti di utilizzazione adottati in ciascun punto di prelievo dell'impianto elettrico, definiti come il rapporto fra l'effettiva corrente massima assorbita e la portata nominale degli utilizzatori, sono i seguenti:

- linee F.M.	0.3,
- Linee LUCE	1.0,

- **Coefficienti di contemporaneità:**

I coefficienti di contemporaneità, intesi come rapporto fra la potenza massima prelevata contemporaneamente dalle linee di alimentazione, rispetto alla potenza erogabile, per i vari tipi di utilizzazione sono i seguenti:

- linee F.M. 0.3,
- Linee LUCE 0.9,

- **Riempimento tubazione:**

Il coefficiente di riempimento delle tubazioni, inteso come il rapporto fra la sezione totale teorica esterna dei conduttori e la sezione interna netta delle tubazioni, dovrà avere i valori massimi di seguito specificati:

- passerelle e canalizzazioni porta cavi 0.7,
- tubazioni 0.7.

- **Caduta di tensione:**

- 4% per circuiti di illuminazione
- 4% per circuiti di forza motrice

B2 - RELAZIONE TECNICA

L'oggetto della presente relazione è fornire le indicazioni necessarie per la realizzazione delle modifiche agli impianti elettrici ed impianti speciali esistenti a servizio della scuola per l'Infanzia "H.C. ANDERSEN" sita nel comune di Bastiglia (MO), necessarie e direttamente correlate agli interventi di miglioramento ed adeguamento strutturale dei locali.

Le opere impiantistiche da realizzare sono essenzialmente riconducibili a:

- Smontaggio in alcuni locali identificati in pianta, dei componenti di impianti elettrici e speciali installati a soffitto, solo se necessario, per permettere la realizzazione delle opere di risanamento e rinforzo strutturale e successiva reinstallazione dei componenti precedentemente rimossi;
- Smontaggio in alcuni locali identificati in pianta (Aule 0.4 e 0.6) dei componenti di impianti elettrici e speciali installati a parete, per permettere la realizzazione delle opere di risanamento e rinforzo strutturale e successiva reinstallazione dei componenti precedentemente rimossi;
- Smontaggio dell'impianto elettrico presente sulle pareti laterali del locale identificato in pianta (Ricevimento pasti 0.5) di tutti i componenti di impianti elettrici e speciali installati a parete, per permettere la realizzazione delle opere di risanamento e rinforzo strutturale e successiva reinstallazione dei componenti precedentemente rimossi;
- Smontaggio di alcuni componenti dell'impianto elettrico presenti sulle pareti o porzioni di esse da demolire, all'interno del locale ingresso 0.1, compreso la rimozione anche dei tratti di linee non più necessarie;
- Realizzazione del punto di alimentazione per la futura piattaforma elevatrice, compreso dell'installazione di:
 - n°1 magnetotermico differenziale 2x10A curva C Pdl=6kA Idn=300mA Classe A da installare all'interno del quadro elettrico generale;
 - linea di alimentazione da realizzare in cavo FG17 450/750V 3x1x4mmq a servizio della nuova piattaforma elevatrice + cavo FG17 450/750V1G16 per collegamento masse metalliche vano corsa, compreso eventuale canalizzazione (tubo o canalina a scelta della DL) in PVC a parete/incasso.

Nella reinstallazione degli impianti rimossi, potranno essere riutilizzati i conduttori preesistenti, oppure se necessario dovranno essere installati nuovi conduttori con caratteristiche CPR Cca-s1b, d1, a1.

C - PRESCRIZIONI GENERALI DEGLI IMPIANTI

N.B. Le norme indicate sono da ritenersi di riferimento: dovranno sempre essere aggiornate all'ultima edizione.

NORME DI RIFERIMENTO

- CEI 0-2:** Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici. Edizione 2002, fascicolo 6578;
- CEI 0-11:** Guida alla gestione in qualità delle misure per la verifica degli impianti elettrici ai fini della sicurezza. Edizione 2002, fascicolo 6613;
- CEI 0-14:** Guida all'applicazione del DPR 462/01 relativo alla semplificazione del procedimento per la denuncia delle installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra degli impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi. Edizione 2005 Fascicolo 7528;
- CEI 0-15:** Manutenzione delle cabine elettriche MT/BT dei clienti / utenti finali. Edizione 2006 Fascicolo 8231;
- CEI 0-21:** Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica. Edizione 07/2016 - Fascicolo 15204;
- CEI 0-21 V1:** Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica – Variante 1 Edizione 07/2017 - Fascicolo 15599;
- CEI 11-25:** Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifasi a corrente alternata. Edizione 1997;
- CEI 11-28:** Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione. Edizione 1998;
- CEI 11-49:** Esercizio degli impianti elettrici – Parte 2: Allegato nazionali. Edizione 2011 - Fascicolo 11090E;
- CEI 17-1:** Apparecchiature a bassa tensione – Parte 100: Interruttori a corrente alternata. Edizione 2011 – Fascicolo 10682E;
- CEI 17-5 V1:** Apparecchiature a bassa tensione – Parte 2: Interruttori automatici. Edizione 2010 - Fascicolo 10787;

- CEI 17-11:** Apparecchiature a bassa tensione – Parte 3: Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra - sezionatori e unità combinate con fusibili. Edizione 2011 – Fascicolo 10869;
- CEI 17-11 V2:** (CEI EN 60947-3/A2) Apparecchiature a bassa tensione – Parte 3: Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e unità combinate con fusibili. Edizione 2006 Fascicolo 8453;
- CEI 17-13/1:** Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 1°: Prescrizioni per apparecchiature di serie (AS) e non di serie (ANS). Edizione 1990 fasc. 1433;
- CEI 17-13/2V1:** Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri elettrici per bassa tensione). Parte 2: Prescrizioni particolari per condotti a sbarre. Edizione 2006. Fasc. 8452;
- CEI 17-50:** Apparecchiature a bassa tensione - Parte 4-1: Contattori e avviatori - Contattori e avviatori elettromeccanici. Edizione 2011- Fascicolo 11087E;
- CEI 17-70:** Guida all'applicazione delle norme dei quadri di bassa tensione. Edizione 1999 fasc. 5120;
- CEI 17-113:** Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (Quadri BT). Parte 1: Regole generali. Edizione 2010 - Fasc. 10144;
- CEI 17-114:** Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (Quadri BT). Parte 2: Quadri di potenza. Edizione 2010 - Fasc. 10145;
- CEI 17-115:** Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (Quadri BT). Parte 3: Quadri di distribuzione in reti pubbliche. Edizione 2011 - Fasc. 11663;
- CEI 17-123:** Apparecchiature a bassa tensione – Dispositivi di protezione contro le sovracorrenti. Parte 2: Selettività in condizioni di sovracorrente. Edizione 2010 - Fasc. 11255;
- CEI 20-19/9:** Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale 450/750 V - Parte 9: Cavi unipolari senza guaina, per installazione fissa, a bassa emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi. Anno 2008 Fasc. 9168
- CEI 20-19/10:** Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale 450/750 V - Parte 10: Cavi flessibili isolati in EPR e sotto guaina di poliuretano. Anno 2008 - Fasc. 9169

- CEI 20-19/11:** Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale 450/750 V - Parte 11: Cavi flessibili con isolamento in EVA. Anno 2008 - Fasc. 9170
- CEI 20-19/12:** Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale 450/750 V - Parte 12: Cavi flessibili isolati in EPR resistenti al calore. Anno 2008 - Fasc. 9171
- CEI 20-19/13:** Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale 450/750 V - Parte 13: Cavi flessibili senza alogeni, a bassa emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi. Anno 2008 - Fasc. 9172
- CEI 20-19/14:** Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale 450/750 V - Parte 14: Cavi per applicazioni con requisiti di alta flessibilità. Anno 2008 - Fascicolo 9173
- CEI 20-19/15:** Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale 450/750 V - Parte 15: Cavi multipolari resistenti al calore con isolamento e guaina di gomma siliconica. Anno 2008 - Fasc. 9174
- CEI 20-19/16:** Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale 450/750 V - Parte 16: Cavi resistenti all'acqua sotto guaina di policloroprene o altro elastomero sintetico. Anno 2008 - Fasc. 9175
- CEI 20-20/2V1:** Cavi con isolamento termoplastico con tensione nominale non superiore a 450/750V. Parte 2: Metodi di prova. Edizione 2004 Fascicolo 7331;
- CEI 20-20/14:** Cavi con isolamento termoplastico con tensione nominale non superiore a 450/750V. Parte 14: Cavi flessibili con guaina e isolamento aventi mescole termoplastiche prive di alogeni. Edizione 2004 Fascicolo 7488;
- CEI 20-22:** Prova dei cavi non propaganti l'incendio. Edizione 1987 fasc. 1025;
- CEI 20-36/1-1:** Prove di resistenza al fuoco per cavi elettrici in condizioni di incendio - Integrità del circuito Parte 11: Apparecchiatura di prova con solo fuoco a una temperatura della fiamma di almeno 750°C. Edizione 2002. Fascicolo 6405;
- CEI 20-36/2-1:** Prove di resistenza al fuoco per cavi elettrici in condizioni di incendio - Integrità del circuito Parte 21: Procedure e prescrizioni - Cavi con tensione nominale a 0,6/1kV. Edizione 2002. Fascicolo 6406;
- CEI 20-38/1V2:** Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio senza alogeni – Parte 1: Tensione nominale U_0/U non superiore a 0.6/1kV. Edizione 2004. Fasc. 7401;

- CEI 20-38/1V3:** Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossivi e corrosivi – Parte 2: Tensione nominale U_0/U non superiore a 0.6/1kV. Edizione 2006. Fasc. 8300;
- CEI 20-38/2Ab:** Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossivi e corrosivi – Parte 2: Tensione nominale U_0/U superiore a 0.6/1kV. Edizione 2006. Fasc. 8300;
- CEI 20-40:** Guida per l'uso di cavi a bassa tensione. Edizione 1998. Fascicolo 4831;
- CEI 20-40 V1:** Guide per l'uso di cavi a bassa tensione. Edizione 2004. Fascicolo 7402;
- CEI 20-40 V2:** Guide per l'uso di cavi a bassa tensione. Edizione 2004 - Fascicolo 7403;
- CEI 20-40 V3:** Guide per l'uso di cavi a bassa tensione. Edizione 2009 - Fascicolo 9629;
- CEI 20-40 V4:** Guide per l'uso di cavi a bassa tensione. Edizione 2010 - Fascicolo 10647;
- CEI 20-45:** Cavi isolati con mescola elastomerica, resistenti al fuoco, non propaganti l'incendio, senza alogeni (LSOH) con tensione nominale U_0/U di 0,6/1kV. Edizione 2003 - Fascicolo 6945;
- CEI 20-45 V1:** Cavi isolati con mescola elastomerica, resistenti al fuoco, non propaganti l'incendio, senza alogeni (LSOH) con tensione nominale U_0/U di 0,6/1kV. Edizione 2005 - Fascicolo 7597;
- CEI 20-48 V2:** Cavi da distribuzione per tensioni nominali 0.6/1kV. Edizione 2004. Fascicolo 7489;
- CEI 23-3/1:** (CEI EN 60898-1) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e simili – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata. Edizione 2004 – Fascicolo 7276;
- CEI 23-3 V1:** Variante n. 1 Edizione 1984 fasc. 659S;
- CEI 23-3 V2:** Variante n. 2 Edizione 1987 fasc. 1029V;
- CEI 23-3/1V1:** (CEI EN 60898-1/A1/A11) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e simili – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata. Edizione 2006 – Fascicolo 8206;
- CEI 23-5:** Prese a spina per usi domestici o simili. Edizione 1972 Fascicolo 306;

- CEI 23-8 V2:** Variante n. 2 Edizione 1989 fasc. 1169V;
- CEI 23-8 V3:** Variante n. 3 Edizione 1989 fasc. 1249V;
- CEI 23-9:** Apparecchi di comando non automatici (interruttori) per installazione fissa per uso domestico e similari. Prescrizioni generali. Ed. 1987 fasc. 823;
- CEI 23-14:** Tubi protettivi flessibili in PVC e loro accessori. Edizione 1971 fasc. 297;
- CEI 23-14V2:** Variante n. 3 Edizione 1989 Fascicolo 1250V;
- CEI 23-17:** Tubi protettivi autorinvenenti di materiale termoplastico non autoestinguente. Edizione 1978 Fascicolo 474;
- CEI 23-17V1:** Variante n. 1 Edizione 1982 Fascicolo 631S;
- CEI 23-17V2:** Variante n. 2 Edizione 1989 Fascicolo 1170V;
- CEI 23-25:** Tubi per installazioni elettriche. Parte 1°: Prescrizioni generali. Edizione 1989 - Fascicolo 1176;
- CEI 23-26:** Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi ed accessori Edizione 1988 - Fascicolo 1130;
- CEI 23-50:** Spine e prese per usi domestici e similari - Parte 1: Prescrizioni generali. Edizione 2007 – Fascicolo 8764;
- CEI 23-50 V1:** Spine e prese per usi domestici e similari - Parte 1: Prescrizioni generali. Edizione 2008 – Fascicolo 9419;
- CEI 23-50 V2:** Spine e prese per usi domestici e similari - Parte 1: Prescrizioni generali. Edizione 2011 – Fascicolo 11638;
- CEI 23-53 V3:** (CEI EN 61543/A2) Interruttori differenziali (RCD) per usi domestici e miliari – Compatibilità elettromagnetica. Edizione 2006 – Fascicolo 8306;
- CEI 23-57:** Spine e prese per usi domestici e similari - Parte 2: Prescrizioni particolari per adattatori. Edizione 2011 – Fascicolo 11259;

- CEI 23-58:** (CEI EN 50085-1) Sistemi di canali e di condotti per installazioni elettriche – Parte 1: Prescrizioni generali. Edizione 2006 – Fascicolo 8225;
- CEI 23-78 V1:** Apparecchiatura a bassa tensione - Interruttori differenziali mobili senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari (PRCD). Edizione 2011 – Fascicolo 11012;
- CEI 23-80:** Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Parte 1: Prescrizioni generali. Edizione 2005 - Fascicolo 7579;
- CEI 23-81 V1:** Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Parte 21: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi ed accessori. Edizione 2011 - Fascicolo 11107;
- CEI 23-82 V1:** Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Parte 22: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli ed accessori. Edizione 2011 - Fascicolo 11108;
- CEI 23-83 V1:** Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Parte 23: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili ed accessori. Edizione 2011 - Fascicolo 11109;
- CEI 23-93:** (CEI EN 50085-2-1) – Sistemi di canali e di condotti per installazioni elettriche – Parte 2-1: Sistemi di canali e condotti per montaggio a parete e a soffitto. Edizione 2007 - Fascicolo 8807;
- CEI 23-114** Interruttori differenziali di Tipo B con e senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari. Edizione 2011 - Fascicolo 11065;
- CEI 23-121:** Spine e prese per usi domestici e similari - Parte 2-2: Prescrizioni particolari per prese per apparecchi. Edizione 2012 – Fascicolo 12089;
- CEI 23-122:** Spine e prese per usi domestici e similari - Parte 2-3: Prescrizioni particolari per prese senza dispositivo di interblocco per installazioni fisse. Edizione 2012 – Fascicolo 12090;
- CEI 23-123:** Spine e prese per usi domestici e similari - Parte 2-6: Prescrizioni particolari per prese con dispositivo di interblocco per installazioni fisse. Edizione 2012 – Fascicolo 12091
- CEI 64-8/1:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua – Parte 1: Oggetto, scopo e principi fondamentali. Edizione 7° - Anno 2012 - Fascicolo 11956.

- CEI 64-8/2:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua – Parte 2: Definizioni. Edizione 7° - Anno 2012 - Fascicolo 11957.
- CEI 64-8/3:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua – Parte 3: Caratteristiche generali. Edizione 7° - Anno 2012 - Fascicolo 11958.
- CEI 64-8/4:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua – Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza. Edizione 7° - Anno 2012 - Fascicolo 11959.
- CEI 64-8/5:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua – Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici. Edizione 7° - Anno 2012 - Fascicolo 11960.
- CEI 64-8/6:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua – Parte 6: Verifiche. Edizione 7° - Anno 2012 - Fascicolo 11961.
- CEI 64-8/7:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua – Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari. Edizione 7° - Anno 2012 - Fascicolo 11962.
- CEI 64-8 V1:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua – Variante 1. Edizione 7° - Anno 2013 - Fascicolo 13058.
- CEI 64-8 V2:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua – Variante 2. Edizione 7° - Anno 2015 - Fascicolo 14291.
- CEI 64-8 V3:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua – Variante 3. Edizione 7° - Anno 2017 - Fascicolo 15452.
- CEI 64-8 V4:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua – Variante 4. Edizione 7° - Anno 2017 - Fascicolo 15527.
- CEI 64-12:** Guida per la realizzazione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario. Edizione 2009. Fascicolo 9959.
- CEI 64-14:** Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori. Edizione 2007 – Fascicolo 8706

- CEI 64-18** Effetti della corrente elettrica attraverso il corpo umano e degli animali domestici. Parte 1: Aspetti generali. – Edizione 2011 - Fascicolo 11567
- CEI 99-2:** Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in c.a. – Parte 1: Prescrizioni comuni. Edizione 2011 - Fascicolo 11093E;
- CEI 99-3:** Messa a terra degli Impianti elettrici a tensione superiore a 1kV in c.a. Edizione 2011 - Fascicolo 11092E
- UNI 10671:** Apparecchi di illuminazione – Misure fotometriche.
- UNI EN 1838:** Illuminazione di emergenza. Edizione 03/2000
- UNI EN 11222:** Luce ed illuminazione – Impianti di illuminazione di sicurezza negli edifici – Procedure per la verifica periodica, la manutenzione, la revisione e il collaudo. Edizione 2006.
- UNI EN 12464-1:** Luce ed illuminazione – Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 1: Posti di lavoro interni. Edizione 2002.

LEGGI, DECRETI E PRESCRIZIONI DI RIFERIMENTO

- Legge n°791 del 18/10/77: Attuazione della direttiva del consiglio delle Comunità Europee (n. 73/23 CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione.
- Legge n°615 del 13 luglio 1966;
- DPR n°1391 del 22 dicembre 1970;
- DPR n°164 del 07 gennaio 1956 Norme di prevenzione infortuni sul lavoro nelle costruzioni;
- DPR n°302 del 19 aprile 1956 Norme di prevenzione infortuni sul lavoro integrative di quelle emanate con DPR 547/55;
- Legge n°791 del 18 ottobre 1977 Attuazione della Direttiva comunitaria CEE 72/23 - garanzia e sicurezza del materiale elettrico;
- Legge n°1083 del 6 dicembre 1971 e DM 10 maggio 1974 e 28 febbraio 1986.
- DPR n°547 del 27 aprile 1955 Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.
- Legge n°186 del 01/03/68 norme sull'esecuzione di impianti elettrici a regola d'arte.
- Legge n°818 del 07 febbraio 1984 norme per la prevenzione incendi e successive integrazioni, modifiche e circolari;
- D.M. 22 Gennaio 2008 n. 37 Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici (G.U. n.61 del 12/03/2008);

- D.Lgs. 9 aprile 2008 n°81 e D.Lgs. 3 Agosto 2009, n°106: Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro;
- DPR n° 462 del 22/10/2001 Regolamento di semplificazione del procedimento di 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;
- Tabelle unificazione ENEL;
- Prescrizioni ed indicazioni della Società distributrice dell'energia elettrica per quanto di sua competenza, nei punti di consegna;
- Prescrizioni VVF e delle autorità locali inerenti alle norme antincendio;
- Prescrizioni UTF e norme fiscali riguardanti l'energia elettrica;
- Prescrizioni ASL;
- Prescrizioni TELECOM;
- Prescrizioni ISPESL;

Le installazioni devono realizzarsi a regola d'arte con particolare attenzione alla sicurezza delle persone e al buon funzionamento degli impianti.

D - PRESCRIZIONI RIGUARDANTI I CIRCUITI

D1 – CAVI e CONDUTTORI

a) isolamento dei cavi: i cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria devono essere adatti per tensioni nominali (U_0/U) non inferiore a 450/750V con simbolo di designazione 07. Quelli utilizzati nei circuiti di segnalazione e comando devono essere adatti a tensioni nominali non inferiori a 300/500V, con simbolo di designazione 05. Questi ultimi, se posati nello stesso tubo, condotto o canale con cavi previsti con tensioni nominali superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore (450-750V; 600-1000V).

b) colori distintivi dei cavi: I conduttori impiegati nella esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00722-74 e 00712. In particolare dovranno essere rispettati i seguenti abbinamenti:

Circuiti di Potenza:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------|
| ▪ conduttori di fase (R-S-T): | nero, marrone e grigio; |
| ▪ conduttore di neutro: | azzurro chiaro; |
| ▪ conduttore di terra: | giallo-verde. |

Circuiti Ausiliari:

- | | |
|---|------------|
| ▪ circuiti in corrente continua: | blu scuro; |
| ▪ circuiti in corrente alternata 24Vac: | rosso; |
| ▪ circuiti in corrente alternata 110Vac: | bianco; |
| ▪ circuiti di connessione con altri quadri: | arancione; |

Si consiglia di evidenziare l'abbinamento del colore delle condutture di cablaggio con i circuiti di riferimento, su di una tabella fissata all'interno del quadro elettrico in posizione visibile.

Le condutture dovranno essere munite di contrassegno alfa numerico per potere identificare sempre qualsiasi conduttore.

c) sezioni minime e cadute di tensioni massime ammesse: Le sezioni dei conduttori calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti (affinché la caduta di tensione non superi il valore del 4% della tensione a vuoto per la luce ed il 4% per la f.m.), devono essere scelte fra quelle unificate. In ogni caso non si devono superare i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL.

Indipendentemente dai valori ricavati con le precedenti indicazioni, le sezioni minime ammesse sono:

- 0,75mm² per i circuiti di segnalazione e telecomando;
- 1,5mm² per illuminazione di base, derivazione per prese a spina per altri apparecchi di illuminazione e per apparecchi con potenza unitaria inferiore o uguale a 2,2kW;

- 2,5mm² per derivazione con o senza prese a spina per utilizzatori con potenza unitaria superiore a 2,2kW e inferiore o uguale a 3,6kW;
- 4mm² per montanti singoli o linee alimentanti singoli apparecchi utilizzatori con potenza nominale superiore a 3,6kW;

d) sezioni minime dei conduttori di neutro: la sezione dei conduttori di neutro non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase.

Per conduttori in circuiti polifasi, con sezione superiore a 16mm², la sezione dei conduttori di neutro può essere ridotta alla metà di quella dei conduttori di fase, col minimo tuttavia di 16 mm²(per conduttori in rame).

e) propagazione del fuoco lungo i cavi: i cavi in aria installati individualmente, cioè distanziati fra loro di almeno 250mm, devono rispondere alla prova di non propagazione delle norme CEI 20-35.

Quando i cavi sono raggruppati in ambiente chiuso in cui sia da contenere il pericolo di propagazione di un eventuale incendio, essi devono avere i requisiti di non propagazione dell'incendio in conformità alle norme CEI 20-22;

f) provvedimenti contro il fumo: allorché i cavi siano installati in notevole quantità in ambienti chiusi frequentati dal pubblico e di difficile e lenta evacuazione, si devono adottare sistemi di posa atti a impedire il dilagare del fumo negli ambienti stessi o in alternativa ricorrere all'impiego di cavi a bassa emissione di fumo secondo le norme CEI 20-37 e 20-38;

g) problemi connessi allo sviluppo di gas tossici e corrosivi: qualora cavi in quantità rilevanti siano installati in ambienti chiusi frequentati dal pubblico, oppure si trovino a coesistere, in ambiente chiuso, con apparecchiature particolarmente vulnerabili da agenti corrosivi, deve essere tenuto presente il pericolo che i cavi stessi bruciando sviluppino gas tossici o corrosivi.

Ove tale pericolo sussista occorre fare ricorso all'impiego di cavi aventi la caratteristica di non sviluppare gas tossici e corrosivi ad alte temperature, secondo le norme CEI 20-38, come ad esempio i conduttori a doppio isolamento 0.6/1kV con isolamento in elastomerica reticolato di qualità G10, guaina termoplastica di qualità M1 e temperatura di funzionamento di 90°C.

Relazione tra le sezioni dei conduttori di protezione e dei conduttori di fase

(Sezione minima dei conduttori di protezione)

Sezione del conduttore di fase che alimenta la macchina o l'apparecchio mm ²	Conduttore di protezione facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase mm ²	Conduttore di protezione non facente parte dello stesso cavo e non infilato nello stesso tubo del conduttore di fase mm ²
minore o uguale a 16	sezione del conduttore di fase	2,5 se protetto meccanicamente, 4 se non protetto meccanicamente
maggiore di 16 e minore o uguale a 35	16	16
maggiore di 35	metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari la sezione specificata dalle rispettive norme	metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari, la sezione specificata dalle rispettive norme

h) sezioni minime del conduttore di terra: la sezione del conduttore di terra deve essere non inferiore a quella del conduttore di protezione con i minimi di seguito riportati:

TABELLA - Sezioni convenzionali minime dei conduttori di terra

	<i>Protetti meccanicamente</i>	<i>Non protetti meccanicamente</i>
Protetti contro la corrosione	In accordo con 543.1	16 mm ² rame 16 mm ² ferro zincato (*)
Non protetti contro la corrosione	25 mm ² rame 50 mm ² ferro zincato (*)	

(*) Zincatura secondo la norma CEI 7-6 oppure con rivestimento equivalente

i) sezione dei conduttori di protezione:

<i>Sezione dei conduttori di FASE</i>	<i>Sezione minima conduttori di protezione</i>
$S < 16 \text{ mmq}$	$S_p = S$
$16 \text{ mmq} < S < 35 \text{ mmq}$	$S_p = 16 \text{ mmq}$
$S > 35 \text{ mmq}$	$S = S_p/2$

I suddetti valori sono validi solo se il conduttore di protezione è costituito dallo stesso materiale del conduttore di fase.

D2 - TUBI PROTETTIVI - PERCORSO TUBAZIONI - CASSETTE DI DERIVAZIONE

Le tubazioni rigide o flessibili dovranno essere munite del marchio IMQ, dovranno essere di dimensioni normalizzate (tabelle UNEL 38118/37112) ed avere una volta in opera, comportamento autoestinguente. Il diametro interno delle tubazioni deve essere pari ad almeno 1.4 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi che esse sono destinate a contenere, con un minimo di 20mm. Comunque, le tubazioni devono essere di una sezione tale da permettere sempre la sfilabilità e reinfilabilità dei conduttori.

Nella posa delle tubazioni si dovrà prestare particolare cura nell'esecuzione delle curve e delle giunzioni con le scatole di derivazione per evitare possibili danneggiamenti all'isolamento dei conduttori durante la posa.

a) Canalizzazioni in tubo in PVC incassato

Negli ambienti normali per tratti a parete, soffitto e a pavimento dovrà essere installato tubo flessibile del tipo pesante, che dovrà avere un'elevata flessibilità, resistenza allo schiacciamento superiore a 75Kg/5cm, resistenza agli urti maggiore di 75Kg/cm e resistenza elettrica di isolamento maggiore di 100Mohm. Le tubazioni saranno distinte da colori in base alla tipologia degli impianti e più precisamente:

- | | |
|----------------|---|
| ▪ neri o grigi | per impianti LFM, |
| ▪ blu | per impianti di video/citofonia, |
| ▪ bianco | per impianti trasmissione dati, |
| ▪ verde | per impianti telefonici, |
| ▪ marrone | per impianti ill. di emergenza, allarme ed antincendio, |
| ▪ lilla | per impianti diffusione sonora. |

Dovranno essere realizzate cassette di derivazioni separate a seconda del circuito, tuttavia è ammesso dalla Norma CEI 64-8 la realizzazione di cassette di derivazione comuni a più tipi di impianti solo se provviste di appositi separatori.

b) Canalizzazioni in tubo a vista di PVC

Negli ambienti, dove le strutture edili non permettono l'esecuzione di tracce o per scelta della committente, dovrà essere installato a parete e/o soffitto, tubo a pareti che dovrà in PVC autoestinguente conforme alle Norme del Comitato CEI 23, complete di cassette di derivazione con coperchio apribile con attrezzo e custodie per apparecchiature da parete in materiale plastico autoestinguente, certificati dal costruttore per la resistenza alla prova con filo incandescente a 850°C.

I tubi dovranno essere fissati a parete o soffitto con appositi supporti a collare o scatto ad intervalli non superiori a 50cm e nelle derivazioni o nei raccordi con custodie per apparecchiature e cassette di derivazione dovranno essere utilizzati appositi accessori certificati dal costruttore per il grado di protezione richiesto in progetto.

Per la separazione dei circuiti e degli impianti, dovranno essere realizzate canalizzazioni con tubi e scatole separate ad uso esclusivo.

Negli attraversamenti di pareti e solai con particolare grado di resistenza al fuoco (REI) dovranno essere impiegati prodotti di isolamento con pari caratteristiche di resistenza.

Negli attraversamenti di pareti e solai ordinari dovrà essere assicurata la continuità della canalizzazione; l'attraversamento di una parete interposta a cassette di derivazione o scatole per frutti dovrà essere eseguito con tubi murati che assicurino la separazione dei circuiti ed il grado di protezione richiesto.

c) Canalizzazioni in tubo metallico

Per la realizzazione di impianti con canalizzazioni in tubo metallico a vista dovranno essere impiegati tubi ed accessori in acciaio zincato a caldo di tipo pesante ad elevate resistenza meccanica ed alla corrosione, conformi alle Norme del Comitato CEI 23, cassette di derivazione metalliche, se non diversamente specificato, con morsetto di terra e coperchio apribile con attrezzo.

I tubi dovranno essere fissati a parete o soffitto con appositi supporti a collare ad intervalli non superiori a 120cm e nelle variazioni di direzione o nei raccordi con custodie per apparecchiature e cassette di derivazione dovranno essere utilizzati appositi accessori certificati dal costruttore per il grado di protezione richiesto in progetto. Per la separazione dei circuiti e degli impianti, dovranno essere realizzate canalizzazioni con tubi e scatole separate ad uso esclusivo. Le linee previste con posa in tubazioni metalliche dovranno essere generalmente di tipo a doppio isolamento e le connessioni dovranno necessariamente essere eseguite in apposite cassette di derivazione e non saranno comunque ammesse all'interno del tubo. Nel caso di posa di cavi a singolo isolamento nei tubi metallici dovrà essere assicurato il collegamento a terra di ogni elemento. Al fine di salvaguardare l'integrità dei cavi, dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti necessari quali ad esempio la sbavatura interna dei bordi e l'impiego di appositi accessori terminali. Negli attraversamenti di pareti e solai con particolare grado di resistenza al fuoco (REI) dovranno essere impiegati prodotti di isolamento con pari caratteristiche di resistenza. Negli attraversamenti di pareti e solai ordinari dovrà essere assicurata la continuità della canalizzazione; l'attraversamento di una parete interposta a cassette di derivazione o scatole per frutti dovrà essere eseguito con tubi murati che assicurino la separazione dei circuiti ed il grado di protezione richiesto.

d) Tubo flessibile con spirale rigida in PVC

Sarà in materiale autoestinguente e costituito da un tubo in plastica morbida, internamente liscio, rinforzato da una spirale di sostegno in PVC. La spirale dovrà avere caratteristiche (passo dell'elica, rigidità, ecc.) tali da garantire l'inalterabilità della sezione anche per il raggio minimo di curvatura (due volte il diametro interno) e il ritorno alla sezione originale in caso di schiacciamento. Il campo di temperatura di impiego si estende da -15°C a +70°C. Per il

collegamento con tubi di altro tipo, canali, cassette di derivazioni o morsettiere dei motori dovranno essere impiegati esclusivamente raccordi previsti allo scopo dal costruttore e costituiti dal corpo (del raccordo), anello di tenuta, ghiera filettata di serraggio, controdado o manicotto filettato a seconda se il collegamento è con cassette, canali o contenitori oppure con tubi filettati. Saranno utilizzate cassette di derivazione di vario tipo a seconda dell'impianto (incassato, a vista, stagno), e comunque dimensionate in modo da rendere facile e sicura la manutenzione.

Particolare cura dovrà essere riservata all'ingresso e l'uscita dei tubi, in modo da evitare strozzature e consentire un agevole infilaggio dei conduttori.

Tutte le cassette per gli impianti in vista saranno del tipo in materiale isolante, adatte per montaggio all'esterno e quindi molto robuste, con grado di protezione adeguato alla loro ubicazione, e dotate di idonei pressatubi per mantenere inalterato il grado di protezione dell'impianto.

Il fissaggio dei coperchi sarà eseguito esclusivamente mediante viti, evitando quindi la posa di scatole con coperchi a pressione o griffe.

Le cassette o scatole di derivazione dovranno essere munite di morsettiere modulari su guida DIN o morsetti volanti del tipo ad isolamento totale, per sezioni di conduttori pari od inferiori a 6mmq.

Tutte le derivazioni o giunzioni sui conduttori verranno eseguite entro le cassette, non è ammesso pertanto di eseguirle nelle scatole di contenimento delle prese, interruttori, ecc. oppure entro le tubazioni protettive.

Qualora si preveda l'esistenza, nello stesso locale, di circuiti appartenenti a sistemi elettrici diversi, questi devono essere protetti da tubi diversi e far capo a cassette separate. Tuttavia è ammesso collocare i cavi nello stesso tubo e far capo alle stesse cassette, purché essi siano isolati per la tensione più elevata e le singole cassette siano internamente munite di diaframmi.

Di seguito vengono riportate alcune tabelle utili per il dimensionamento delle canalizzazioni incassate ed a vista e delle scatole di derivazione da incasso.

DIMENSIONI INTERNE (LxHxP)mm	PREDISPOSIZIONE NUMERO SCOMPARTI	NUMERO MASSIMO DI TUBI ATTESTABILI						
		Ø16	Ø20	Ø25	Ø32	Ø40	Ø50	Ø63
90x90x45	1	7	4	3	-	-	-	-
118x96x50	1	10	6	4	-	-	-	-
118x96x70	1	14	9	6	-	-	-	-
152x98x70	1	18	12	8	4	4	2	-
160x130x70	1	20	12	8	6	4	2	-
196x152x70	1	24	16	10	6	4	4	-
294x152x70	2	-	24	16	10	6	5	2
392x152x70	3	-	-	20	12	8	6	3
480x160x70	4	-	-	24	16	10	6	4
516x202x80	5	-	-	-	-	12	8	6

Tab. 2 - Grandezza minima (mm) dei tubi flessibili in PVC da INCASSO in relazione alla sezione ed al numero di conduttori

CAVI			SEZIONE mmq									
U0/U	TIPO		Numero	1.5	2.5	4.0	6.0	10				
450/750V	Cavo unipolare in PVC senza guaina N07V-K N07G9-K		1	20	20	20	20	20				
			2	20	20	20	25	32				
			3	20	20	25	32	32				
			4	20	20	25	32	32				
			5	20	25	25	32	40				
			6	20	25	25	32	40				
			7	20	25	32	32	50				
			8	25	32	32	40	50				
			9	25	32	32	50	50				
	Cavo multipolare in PVC FROR 450/750V H07RN-F		Bipolare		1	20	25	25	32	40		
					2	32	40	40	50	63		
					3	40	50	50	63	-		
			Tribolare		1	20	25	25	32	40		
					2	40	40	50	50	63		
					3	40	50	63	63	-		
Quadripolare					1	25	25	32	32	50		
					2	40	50	50	63	-		
					3	50	50	63	-	-		
0.6/1kV			Cavo unipolare in PVC o GOMMA N1VV-K FG7-R		1	25	25	25	25	32		
					2	40	40	40	50	50		
					3	50	50	50	63	63		
	4	50			50	63	63	-				
	5	63			63	63	63	-				
	6	63			63	63	-	-				
	7	63			63	63	-	-				
	8	-			-	-	-	-				
	9	-			-	-	-	-				
	Cavo multipolari in PVC oppure GOMMA N1VVK FG70-R		Bipolare		1	25	32	32	32	40		
					2	50	50	63	63	-		
					3	63	63	63	-	-		
			Tripolare		1	25	32	32	32	40		
					2	50	50	63	63	-		
					3	63	63	63	-	-		
					Quadripolare		1	32	32	32	40	40
							2	50	63	63	-	-
							3	63	63	-	-	-

Tab. 3 - Grandezza minima (mm) dei tubi in PVC a VISTA in relazione alla sezione ed al numero di conduttori

CAVI			SEZIONE mmq						
U0/U	TIPO		Numero	1.5	2.5	4.0	6.0	10	
450/750V	Cavo unipolare in PVC senza guaina N07V-K N07G9-K		1	20	20	20	20	20	
			2	20	20	20	20	25	
			3	20	20	20	25	32	
			4	20	20	20	25	32	
			5	20	25	20	32	32	
			6	20	20	25	32	40	
			7	20	20	25	32	40	
			8	25	25	32	40	50	
			9	25	25	32	50	50	
	Cavo multipolare in PVC FROR 450/750V H07RN-F		Bipolare	1	20	20	20	25	32
				2	32	40	40	50	-
				3	40	40	50	50	-
			Tribolare	1	20	20	20	25	32
				2	32	40	40	50	-
				3	40	50	50	-	-
			Quadripolare	1	20	20	25	32	40
				2	40	40	50	50	-
				3	40	50	50	-	-
0.6/1kV	Cavo unipolare in PVC o GOMMA N1VV-K FG7-R		1	20	20	20	25	50	
			2	40	40	40	50	50	
			3	40	50	50	50	-	
			4	50	50	50	50	-	
			5	50	50	-	-	-	
			6	-	-	-	-	-	
			7	-	-	-	-	-	
			8	-	-	-	-	-	
			9	-	-	-	-	-	
	Cavo multipolari in PVC oppure GOMMA N1VVK FG70-R		Bipolare	1	25	25	25	32	32
				2	40	50	50	-	-
				3	50	50	-	-	-
			Tripolare	1	25	25	25	32	32
				2	40	50	50	-	-
				3	50	-	-	-	-
			Quadripolare	1	25	25	32	32	40
				2	50	50	-	-	-
				3	-	-	-	-	-

CANALIZZAZIONI INTERRATE

Le canalizzazioni interrate dovranno essere realizzate in conformità alle norme CEI 11-47, generalmente con tubi in PVC di tipo pesante e poste ad una profondità di almeno 0.5m dal piano di calpestio finale, ovvero a profondità inferiore se adeguatamente protetti con bauletto di calcestruzzo.

Il diametro interno dei tubi dovrà essere pari ad almeno 2 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi in essi contenuto.

Le giunzioni dei tubi ed i raccordi fra questi ed i pozzetti dovranno essere sigillati per impedire l'ingresso dell'acqua e sabbia, le tubazioni dovranno avere una leggera pendenza verso i pozzetti per impedire il ristagno dell'acqua.

I pozzetti per le canalizzazioni interrate, da prevedere ad ogni sensibile cambio di direzione e comunque ogni 15m di percorso, e per i dispersori di terra dovranno essere del tipo prefabbricato in cemento, di dimensioni minime 40x40cm ed altezza adatta al raccordo delle canalizzazioni, con foro di drenaggio sul fondo.

Nel caso di canalizzazioni interrate per sistemi elettrici di diverse categorie e di vicinanza con cavi per telecomunicazioni e condotte di distribuzione del gas e dell'acqua dovranno essere sempre previsti nastri di segnalazione indelebili sulla verticale della conduttura, al di sopra della stessa, ad una distanza di circa 30cm con indicazione del tipo di impianto sottostante e dovranno essere rispettate le profondità e le distanze di seguito elencate:

SISTEMA	I CATEGORIA (fino a 1000V)	II CATEGORIA (da 1 a 30kV)
PROFONDITA'	0.5 – 1.2m	0.8 – 1.2m
DISTANZA DA CONDUTTURE DI ALTRE CATEGORIE	$\geq 0.3m$	$\geq 0.3m$
DISTANZA DA CONDUTTURE DI TELECOMUNICAZIONE	$\geq 0.3m$	$\geq 0.3m$
DISTANZA DA CONDOTTE GAS E ACQUA	$\geq 0.5m$	$\geq 0.5m$

D3 - CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLA RETE ELETTRICA

Il dimensionamento della rete elettrica viene effettuato in due fasi distinte:

- determinazione delle potenze assorbite da ogni ramo della rete e conseguente determinazione delle correnti di impiego;
- dimensionamento di ogni ramo della rete.

Le potenze assorbite sono calcolate, livello per livello, partendo dai dati nominali degli utilizzatori e applicando fattori di contemporaneità ed utilizzo diversi in relazione al tipo di utilizzatore e alle modalità di impiego.

Per il dimensionamento di ogni ramo della rete, i dati di ingresso sono costituiti a livello di circuito terminale, dalla potenza nominale dell'utilizzatore da alimentare, e a livello di quadri secondari e generali, dai valori della potenza assorbita determinata secondo quanto indicato al punto precedente. In generale il dimensionamento in portata tiene conto di un margine di riserva medio del 15/20%.

Le portate nominali dei conduttori sono quelle ricavate dalle tabelle UNEL, e tengono conto del valore di massima temperatura ambiente di progetto e delle effettive condizioni di posa (tipo di condotti porta cavi e vicinanza tra cavi diversi).

Il dimensionamento delle condutture tiene conto anche di:

- valore di caduta di tensione (valore specificato nei dati di progetto);
- coordinamento fra la caratteristica della conduttura e quelle del relativo dispositivo di protezione, in termini di corrente di corto circuito massime e minime e di energia specifica passante, in tutte le configurazioni di esercizio previste per la rete.

RELAZIONE SUL CALCOLO ESEGUITO

Per il dimensionamento e verifica dell'impianto elettrico oggetto della presente relazione viene utilizzato un software che realizza calcoli e verifiche in modo automatico all'inserimento e variazione dei dati caratteristici di carichi, linee, protezioni e magliatura globale dei circuiti.

Le formule utilizzate nel dimensionamento e verifica di tutti i parametri della rete dell'impianto elettrico sono le seguenti:

1. CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos \varphi}$$

nella quale:

- $k_{ca} = 1$ sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
- $k_{ca} = 1.73$ sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza $\cos \varphi$ è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di I_b vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

$$\begin{aligned}\dot{I}_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos \varphi - j \sin \varphi) \\ \dot{I}_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 2\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) - j \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) \right) \\ \dot{I}_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 4\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos \left(\varphi - \frac{4\pi}{3} \right) - j \sin \left(\varphi - \frac{4\pi}{3} \right) \right)\end{aligned}$$

Il vettore della tensione V_n è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$\dot{V}_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot \text{coeff}$$

nella quale *coeff* è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

La potenza P_n , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle P_d delle utenze a valle (ΣP_d a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan \varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle (ΣQ_d a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos \varphi = \cos \left(\arctan \left(\frac{Q_n}{P_n} \right) \right)$$

2. **ARMONICHE**

Le utenze terminali e le distribuzioni come gli UPS e i Convertitori possono possedere un profilo armonico, il quale descrive le caratteristiche distorcenti di una apparecchiatura elettrica.

Sono gestite le armoniche fino alla 21°, ossia fino alla frequenza di 1050 Hz (per un sistema elettrico a 50Hz).

Le armoniche prodotte da tutte le utenze distorcenti sono propagate da valle a monte come le correnti alla frequenza fondamentale, gestendo il passaggio delle armoniche attraverso i trasformatori (in particolare vengono bloccate le terze armoniche (omopolari) nei trasformatori Dyn11). Le armoniche, al pari della fondamentale, sono gestite in formato vettoriale, perciò durante la propagazione sono sommate con altre correnti di pari ordine vettorialmente.

Gestito il passaggio delle armoniche attraverso gli UPS, in particolare per tener conto del By-Pass che, se attivo, lascia passare le armoniche provenienti da valle. Gestite anche le armoniche proprie dell'UPS (tirate in funzione della potenza che sta assorbendo il raddrizzatore).

Vengono calcolate le correnti distorte I_b THD di impiego e I_n THD di neutro, oltre al fattore di distorsione

THD[%].

La corrente I_{bTHD} è la massima tra le fasi:

$$I_{bTHD} = \max_{f=1,2,3} \left(\sqrt{\sum_{h=1}^{21} I_{f,h}^2} \right)$$

con f il numero delle fasi dell'utenza e h l'ordine di armonica.

Molto importante è la corrente distorta circolante nel neutro, in quanto essa porta le armoniche omopolari multiple di 3, che hanno la caratteristica di sommarsi algebricamente e di diventare facilmente dell'ordine di grandezza delle correnti di fase.

$$I_{nTHD} = \sqrt{\sum_{h=1}^{21} I_{n,h}^2}$$

Il fattore di distorsione fornisce un parametro riassuntivo del grado di distorsione delle correnti che circolano nella linea, e viene calcolato tramite la formula:

$$THD\% = \frac{100 \times \sqrt{I_{bTHD}^2 - I_f^2}}{I_f}$$

I valori delle correnti distorte sono utilizzati per calcolare i seguenti parametri:

- calcolo della sezione del neutro per utenze 3F+N;
- calcolo temperatura cavi alla I_{bTHD} ;
- calcolo sovratemperatura quadri alla I_{bTHD} ;
- verifica delle portate e delle protezioni in funzione delle correnti distorte.

3. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$\begin{aligned} a) \quad & I_b \leq I_n \leq I_z \\ b) \quad & I_f \leq 1.45 \cdot I_z \end{aligned}$$

dove:

- I_a = corrente di impiego del circuito;
- I_z = portata in regime permanente della conduttura (rif.to CEI 64/8 Sez. 523);
- I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione.

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente I_b , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata I_z della conduttura principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. Le sette tabelle utilizzate sono:

- IEC 448;
- IEC 364-5-523 (1983);
- IEC 60364-5-52 (PVC/EPR);
- IEC 60364-5-52 (Mineral);
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026;
- CEI 20-91 (HEPR);

In media tensione, la gestione del calcolo si divide a seconda delle tabelle scelte:

- CEI 11-17;
- CEI UNEL 35027 (1-30kV).

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile I_z in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{z\min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente k ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla $I_{z\min}$. Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma CEI 64/8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno

un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento I_f e corrente nominale I_n minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

4. INTEGRALE DI JOULE

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

La costante K viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopraccitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

- | | |
|---|---------|
| – Cavo in rame e isolato in PVC/termoplastici | K = 115 |
| – Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica e propilene reticolato | K = 143 |
| – Cavo in alluminio e isolato in PVC | K = 92 |
| – Cavo in alluminio isolato in gomma etilenpropilenica e propilene reticolato | K = 92 |
| – Giunzioni a saldare a stagno per conduttori in rame (t=160°C) | K = 115 |

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

- | | |
|--|---------|
| – Cavo in rame e isolato in PVC: | K = 115 |
| – Cavo in rame e isolato in gomma G: | K = 135 |
| – Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7: | K = 143 |
| – Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: | K = 115 |
| – Cavo in rame serie L nudo: | K = 200 |
| – Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: | K = 115 |
| – Cavo in rame serie H nudo: | K = 200 |
| – Cavo in alluminio e isolato in PVC: | K = 74 |
| – Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7: | K = 87 |

I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:

- | | |
|--|---------|
| – Cavo in rame e isolato in PVC: | K = 143 |
| – Cavo in rame e isolato in gomma G: | K = 166 |
| – Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7: | K = 176 |
| – Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: | K = 143 |

– Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
– Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
– Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
– Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 95
– Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 110
– Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 116

I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:

– Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
– Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
– Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 143
– Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
– Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
– Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
– Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
– Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 76
– Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 89
– Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 94

5. DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16mmq;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso;
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16mmq se il conduttore è in rame e a 25mmq se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16mmq se conduttore in rame e 25mmq se e conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;
- determinazione in relazione alla portata del neutro.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati

dalla norma:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_n = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

6. DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE

Le norme CEI 64/8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove:

- S_p è la sezione del conduttore di protezione (mm^2);
- I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore. In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3. Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5 mm² se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm² se non è prevista una protezione meccanica;

E' possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

7. CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$

$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

espresse in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente α_{cavo} è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

8. CADUTE DI TENSIONE

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale:

$$c.d.t(ib) = \max \left(\left| \sum_{i=1}^k \dot{Z}f_i \cdot \dot{I}f_i - \dot{Z}n_i \cdot \dot{I}n_i \right| \right)_{f=R,S,T}$$

- con f che rappresenta le tre fasi L1, L2, L3;
- con n che rappresenta il conduttore di neutro;
- con i che rappresenta le k utenze coinvolte nel calcolo;

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos \varphi + X_{cavo} \cdot \sin \varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $k_{cdt}=2$ per sistemi monofase;
- $k_{cdt}=1.73$ per sistemi trifase.

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare)

ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 70° C per i cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km . La $cdt(lb)$ è la caduta di tensione alla corrente lb e calcolata analogamente alla $cdt(lb)$.

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64/8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

9. RIFASAMENTO

Il rifasamento è quell'operazione che tende a limitare la potenza reattiva assorbita, portando il valore del fattore di potenza al di sopra di una soglia ritenuta "buona" e normalmente riconosciuta pari al valore di 0,9. In queste condizioni la potenza prelevata ha una componente attiva del 90%, mentre quella reattiva è del 43%.

In generale il rifasamento si esegue con dei condensatori che compensano la potenza reattiva che di solito è di tipo induttiva. Se un carico assorbe la potenza attiva P_n e la potenza reattiva Q , per diminuire φ e quindi aumentare $\cos \varphi$ senza variare P_n (cioè per passare a $\Theta < \varphi$) si deve mettere in gioco una potenza Q_{rif} di segno opposto a quello di Q tale che:

$$Q_{rif} = P_n \cdot (\tan \varphi - \tan \Theta)$$

nella quale Θ è l'angolo corrispondente al fattore di potenza a cui si vuole rifasare. Tale valore oscilla tra 0.8 e 0.9 a seconda del tipo di contratto di fornitura.

Il rifasamento può essere eseguito in due modalità:

- distribuito;
- centralizzato.

Tale scelta va valutata al fine di ottimizzare i costi ed i risultati finali, quindi le batterie di condensatori potranno essere inseriti localmente in parallelo ad un carico terminale, oppure centralizzato per rifasare un determinato nodo della rete. Se la rete dispone di trasformatori, possono essere inserite anche batterie di rifasamento a valle degli stessi per compensare l'energia reattiva assorbita a vuoto dalla macchina.

La corrente nominale della batteria di condensatori viene calcolata tramite la:

$$I_{nc} = \frac{Q_{rif}}{k_{ca} \cdot V_n}$$

nella quale Q_{rif} viene espressa in kVAR.

Le correnti nominali e di taratura delle protezioni devono tenere conto (CEI 33-5) che ogni batteria di condensatori può sopportare costantemente un sovraccarico del 30% dovuto alle armoniche; inoltre deve essere ammessa una tolleranza del +15% sul valore reale della capacità dei condensatori. Pertanto la corrente nominale dell'interruttore deve essere almeno di $I_{arth}=1.53 I_{nc}$.

Infine la taratura della protezione magnetica non dovrà essere inferiore a $I_{tarmag}= 10 I_{nc}$

10. FORNITURA DELLA RETE

La conoscenza della fornitura della rete è necessaria per l'inizializzazione della stessa al fine di eseguire il calcolo dei guasti. Le tipologie di fornitura possono essere:

- in bassa tensione
- in media tensione
- in alta tensione
- ad impedenza nota
- in corrente continua

I parametri trovati in questa fase servono per inizializzare il calcolo dei guasti, ossia andranno sommati ai corrispondenti parametri di guasto dell'utenza a valle. Noti i parametri alle sequenze nel punto di fornitura, è possibile inizializzare la rete e calcolare le correnti di cortocircuito secondo le norme CEI 11-25.

Tali correnti saranno utilizzate in fase di scelta delle protezioni per la verifica dei poteri di interruzione delle apparecchiature.

a) Bassa tensione

Questa può essere utilizzata quando il circuito è alimentato alla rete di distribuzione in bassa tensione, oppure quando il circuito da dimensionare è collegato in sottoquadro ad una rete preesistente di cui si conosca la corrente di cortocircuito sul punto di consegna.

I dati richiesti sono:

- tensione concatenata di alimentazione espressa in V;
- corrente di cortocircuito trifase della rete di fornitura espressa in kA;
- corrente di cortocircuito monofase della rete di fornitura espressa in kA.

In base all'art. 5.1.3 della norma CEI 0-21 il valore della corrente di cortocircuito massima, da considerare per la scelta delle apparecchiature dell'Utente, è convenzionalmente assunto pari a:

- 6kA per le forniture monofase,

- 10kA per le forniture trifase per Utenti con potenza disponibile per la connessione fino a 33kW;
- 15kA per le forniture trifase per utenti con potenza disponibile per la connessione superiore a 33kW;
- 6kA per la corrente di cortocircuito fase-neutro nelle forniture trifase.

Dai primi due valori si determina l'impedenza diretta corrispondente alla corrente di cortocircuito I_{cctrif} , in mΩ:

$$Z_{cctrif} = \frac{V_2}{\sqrt{3} \cdot I_{cctrif}}$$

In base alla tabella fornita dalla norma CEI 17-5 che fornisce il $\cos \phi_{cc}$ di cortocircuito in relazione alla corrente di cortocircuito in kA, si ha:

$50 < I_{cctrif}$	$\cos \phi_{cc} = 0.2$
$20 < I_{cctrif} \leq 50$	$\cos \phi_{cc} = 0.25$
$10 < I_{cctrif} \leq 20$	$\cos \phi_{cc} = 0.3$
$6 < I_{cctrif} \leq 10$	$\cos \phi_{cc} = 0.5$
$4.5 < I_{cctrif} \leq 6$	$\cos \phi_{cc} = 0.7$
$3 < I_{cctrif} \leq 4.5$	$\cos \phi_{cc} = 0.8$
$1.5 < I_{cctrif} \leq 3$	$\cos \phi_{cc} = 0.9$
$I_{cctrif} \leq 1.5$	$\cos \phi_{cc} = 0.95$

da questi dati si ricava la resistenza alla sequenza diretta, in mΩ:

$$R_d = Z_{cctrif} \cdot \cos \phi_{cc}$$

ed infine la relativa reattanza alla sequenza diretta, in mΩ:

$$X_d = \sqrt{Z_{cctrif}^2 - R_d^2}$$

Dalla conoscenza della corrente di guasto monofase I_{k1} , è possibile ricavare i valori dell'impedenza omopolare. Invertendo la formula:

$$I_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_2}{\sqrt{(2 \cdot R_d + R_0)^2 + (2 \cdot X_d + X_0)^2}}$$

con le ipotesi $\frac{R_0}{X_0} = \frac{Z_0}{X_0} \cdot \cos \phi_{cc}$, cioè l'angolo delle componenti omopolari uguale a quello delle componenti dirette, si ottiene:

$$R_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot V}{I_{k1}} \cdot \cos \phi_{cc} - 2 \cdot R_d$$

$$X_0 = R_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \phi_{cc})^2} - 1}$$

$$Z_{cc} = \frac{V_2}{I_{cc}}$$

11. CALCOLO DISPERSORI DI TERRA

Di seguito sono riportate le formule utilizzate per il calcolo della resistenza di terra di diversi dispersori, di cui si tiene conto del tipo di terreno.

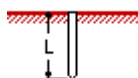
Impostata la resistività ρ del terreno, per ogni tipo di dispersore si devono inserire i parametri che lo definiscono.

Parametri:

- lunghezza L ;
- raggio del picchetto a ;
- distanza tra picchetti d ;
- profondità s ;
- raggio del filo a ;
- raggio anello r ;
- raggio piastra r ;
- lunghezze lati dispersori rettangolari a, b ;
- numero conduttori per lato na, nb .

Tipologie di dispersori:

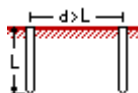
1) Picchetto verticale



per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} - 1 \right)$$

2) Due picchetti verticali

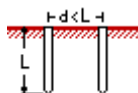


per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot d} \cdot \left(1 - \frac{L^2}{3 \cdot d^2} + \frac{2 \cdot L^4}{5 \cdot d^4} \dots \right)$$

La formula ha il vincolo: $d > L$.

3) Due picchetti verticali vicini

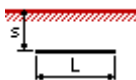


per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} + \ln \frac{4 \cdot L}{d} - 2 + \frac{d}{2 \cdot L} - \frac{d^2}{16 \cdot L^2} + \frac{d^4}{512 \cdot L^4} \dots \right)$$

Vincolo: $d < L$.

4) Dispersore lineare



per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s = 2 \cdot s'$;

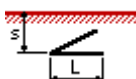
per avere L , il valore L' inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $L = L'/2$;

per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a = a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} + \ln \frac{4 \cdot L}{s} - 2 + \frac{s}{2 \cdot L} - \frac{s^2}{16 \cdot L^2} + \frac{s^4}{512 \cdot L^4} \dots \right)$$

Vincolo: $s' < L'$.

5) Dispersore angolare



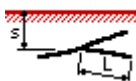
per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s = 2 \cdot s'$;

per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a = a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{a} + \ln \frac{2 \cdot L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \cdot \frac{s}{L} + 0.1035 \cdot \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$$

Vincolo: $s' < L$

6) Stella a tre punte



per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s = 2 \cdot s'$;

per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a = a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{6 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{a} + \ln \frac{2 \cdot L}{s} + 1.071 - 0.209 \cdot \frac{s}{L} + 0.238 \cdot \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$$

Vincolo: $s' < L$.

7) Stella a quattro punte



per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;

per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{8 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{a} + \ln \frac{2 \cdot L}{s} + 2.912 - 1.071 \cdot \frac{s}{L} + 0.645 \cdot \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$$

Vincolo: $s' < L$.

8) Stella a sei punte



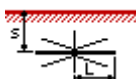
per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;

per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{12 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{a} + \ln \frac{2 \cdot L}{s} + 6.851 - 3.128 \cdot \frac{s}{L} + 1.758 \cdot \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$$

Vincolo: $s' < L$.

9) Stella a otto punte



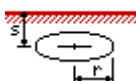
per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;

per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{16 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{a} + \ln \frac{2 \cdot L}{s} + 10.98 - 5.51 \cdot \frac{s}{L} + 3.26 \cdot \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$$

Vincolo: $s' < L$.

10) Dispersore ad anello

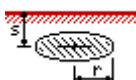


per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;

per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{4 \cdot \pi^2 \cdot r} \cdot \left(\ln \frac{8 \cdot r}{a} + \ln \frac{8 \cdot r}{s} \right)$$

11) Piastra rotonda orizzontale



per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;

$$R_T = \frac{\rho}{8 \cdot r} + \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot s} \cdot \left(1 - \frac{7}{12} \frac{r^2}{s^2} + \frac{33}{40} \frac{r^4}{s^4} \dots \right)$$

Vincolo: $r < 2 \cdot s'$.

12) Piastra rotonda verticale

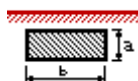


per avere s, il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s = 2 \cdot s'$.

$$R_T = \frac{\rho}{8 \cdot r} + \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot s} \cdot \left(1 + \frac{7}{24} \frac{r^2}{s^2} + \frac{99}{320} \frac{r^4}{s^4} \dots \right)$$

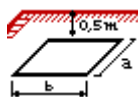
Vincolo: $r < s'$.

13) Piastra rettangolare verticale



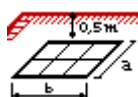
$$R_T = \frac{\rho}{4} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{a \cdot b}}$$

14) Dispersore ad anello rettangolare



$$R_T = \frac{\rho}{a + b}$$

15) Maglia rettangolare



$$R_T = \rho \cdot \left(\frac{1}{4 \cdot r} + \frac{1}{\Sigma I} \right)$$

con

$\Sigma I = nb \cdot b + na \cdot a$ lunghezza totale dei conduttori costituenti la rete.

$$r = \sqrt{\frac{a \cdot b}{\pi}}$$

I riferimenti bibliografici delle formule sono:

- Lorenzo Fellin, Complementi di impianti elettrici, CUSL;
- M. Montalbetti, L'impianto di messa a terra, Editoriale Delfino, Milano.

12. CALCOLO DEI GUASTI

Con il calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto trifase (simmetrico);
- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto bifase-neutro (disimmetrico);
- guasto bifase-terra (disimmetrico);
- guasto fase terra (disimmetrico);
- guasto fase neutro (disimmetrico).

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati da quelli corrispondenti della utenza a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

15.A Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

- a) tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione C_{max} ;
- b) impedenza di guasto minima, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza data dalle tabelle UNEL 35023-2009 che può essere riferita a 70 o 90 °C a seconda dell'isolante, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left(\frac{1}{1 + (\Delta T \cdot 0.004)} \right)$$

dove ΔT è 50 o 70 °C.

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se f è la frequenza d'esercizio, risulta:

$$X_{dcavo} = \frac{X_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

possiamo sommare queste ai parametri diretti della utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{dsbarra} = \frac{R_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{dsbarra} = \frac{X_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di

resistenza e reattanza dell'impedenza.

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$\begin{aligned} R_{0cavoNeutro} &= R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro} \\ X_{0cavoNeutro} &= 3 \cdot X_{dcavo} \end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$\begin{aligned} R_{0cavoPE} &= R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE} \\ X_{0cavoPE} &= 3 \cdot X_{dcavo} \end{aligned}$$

dove le resistenze $R_{dcavoNeutro}$ e $R_{dcavoPE}$ vengono calcolate come la R_{dcavo} .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ha:

$$\begin{aligned} R_{0sbarraNeutro} &= R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro} \\ X_{0sbarraNeutro} &= 3 \cdot X_{dsbarra} \end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$\begin{aligned} R_{0sbarraPE} &= R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE} \\ X_{0sbarraPE} &= 2 \cdot X_{anello_guasto} \end{aligned}$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, della utenza a monte, espressi in mΩ:

$$\begin{aligned} R_d &= R_{dcavo} + R_{dmonte} \\ X_d &= X_{dcavo} + X_{dmonte} \\ R_{0Neutro} &= R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro} \\ X_{0Neutro} &= X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro} \\ R_{0PE} &= R_{0cavoPE} + R_{0montePE} \\ X_{0PE} &= X_{0cavoPE} + X_{0montePE} \end{aligned}$$

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire *sbarra* a *cavo*.

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

$$Z_{k \min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutro \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE\min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase $I_{k\max}$, fase neutro $I_{k1Neutr\max}$, fase terra $I_{k1PE\max}$ e bifase $I_{k2\max}$ espresse in kA:

$$\begin{aligned} I_{k\max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\min}} \\ I_{k1Neutr\max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr\min}} \\ I_{k1PE\max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\min}} \\ I_{k2\max} &= \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k\min}} \end{aligned}$$

Infine dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti (CEI 11-25 par. 9.1.1.):

$$\begin{aligned} I_p &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k\max} \\ I_{p1Neutro} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutr\max} \\ I_{p1PE} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE\max} \\ I_{p2} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2\max} \end{aligned}$$

dove:

$$\kappa \approx 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R_d}{X_d}}$$

Vengono ora esposti i criteri di calcolo delle impedenze allo spunto dei motori sincroni ed asincroni, valori che sommati alle impedenze della linea forniscono le correnti di guasto che devono essere aggiunte a quelle dovute alla fornitura. Le formule sono tratte dalle norme CEI 11-25 (seconda edizione 2001).

15.B Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI 11.25 par 2.5 per quanto riguarda:

- la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione di 0.95 (tab. 1 della norma CEI 11-25);
- in media e alta tensione il fattore è pari a 1;
- guasti permanenti con contributo della fornitura e dei generatori in regime di guasto permanente.

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

- il rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario del cavo;
- la norma CEI EN 60909-0, che indica le temperature alla fine del guasto.

Le temperature sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

<i>Isolante</i>	<i>Cenelec R064-003 [°C]</i>	<i>CEI EN 60909-0 [°C]</i>
PVC	70	160
G	85	200
G5/G7/G10/EPR	90	250
HEPR	120	250
serie L rivestito	70	160
serie L nudo	105	160
serie H rivestito	70	160
serie H nudo	105	160

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo:

$$R_{d \max} = R_d \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0 \text{Neutro}} = R_{0 \text{Neutro}} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0 \text{PE}} = R_{0 \text{PE}} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze minime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase $I_{k1 \min}$ e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \max}}$$

$$I_{k1 \text{Neutro} \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1 \text{Neutro} \max}}$$

$$I_{k1 \text{PE} \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1 \text{PE} \max}}$$

$$I_{k2 \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k \max}}$$

13. MOTORI ASINCRONI

Le variabili caratteristiche del motore sono:

- Urm tensione nominale del motore [V] (concatenata per motori trifasi, di fase per motori monofasi collegati fase neutro o fase fase);
- Irm corrente nominale del motore [A];
- Srm potenza elettrica apparente nominale [kVA];
- P numero di coppie polari;
- I_{lr}/I_{rm} rapporto tra la corrente a motore bloccato (di c.c.) e la corrente nominale del motore;
- Fattore di potenza allo spunto.
- Possibilità di avviamento stella/triangolo per i motori trifasi, per cui si diminuisce I_{lr}/I_{rm} di 3.

Si calcola l'impedenza del motore:

$$Z_M = \frac{1}{I_{lr}/I_{rm}} \cdot \frac{U_{rm}^2}{S_{rm}}$$

Per i motori asincroni si considera la corrente di interruzione *ib* tenendo conto del tempo di ritardo di default pari a 0.02s. per calcolare i coefficienti *m* e *μ*.

Il coefficiente *m* si calcola secondo la seguente tabella:

$$\begin{aligned} \mu &= 0.84 + 0.26 \cdot e^{-0.26(I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &= 0.02s \\ \mu &= 0.71 + 0.51 \cdot e^{-0.30(I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &= 0.05s \\ \mu &= 0.62 + 0.72 \cdot e^{-0.32(I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &= 0.10s \\ \mu &= 0.56 + 0.94 \cdot e^{-0.38(I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &\geq 0.25s \end{aligned}$$

se $I_{lr}/I_{rm} \leq 2$ allora $\mu = 1$.

Per il coefficiente *q* si deve prendere la potenza attiva meccanica espressa in MW e dividerla per il numero di coppie polari *P* al fine di ottenere la variabile *m*:

$$m = \frac{S_{rm} \cdot \cos\varphi \cdot \eta}{1000 \cdot P}$$

con $\cos\varphi$ fattore di potenza e η rendimento del motore.

Quindi:

$$\begin{aligned} q &= 1.03 + 0.12 \cdot \ln m & t_{\min} &= 0.02s \\ q &= 0.79 + 0.12 \cdot \ln m & t_{\min} &= 0.05s \\ q &= 0.57 + 0.12 \cdot \ln m & t_{\min} &= 0.10s \\ q &= 0.26 + 0.10 \cdot \ln m & t_{\min} &\geq 0.25s \end{aligned}$$

Se $q > 1$ si pone $q = 1$.

Si divide Z_M per i coefficienti *η* e *q* per ottenere l'impedenza equivalente vista al momento del guasto:

$$Z_{Mib} = \frac{Z_M}{\mu \cdot q}$$

Da cui, a seconda della tensione e della potenza del motore, possiamo avere:

$X_M = 0.995 \cdot Z_{Mib}$ $R_M = 0.10 \cdot X_M$	per motori a media tensione con potenza Prm per paia poli ≥ 1 MW
$X_M = 0.989 \cdot Z_{Mib}$ $R_M = 0.15 \cdot X_M$	per motori a media tensione con potenza Prm per paia poli < 1 MW
$X_M = 0.922 \cdot Z_{Mib}$ $R_M = 0.42 \cdot X_M$	per motori a bassa tensione

Per le componenti alle sequenze si considerano le sole componenti dirette mentre quelle omopolari non vengono considerate, in quanto il contributo ai guasti lo danno solo i motori trifasi. Essi contribuiscono ai guasti trifasi e a quelli bifasi nelle utenze trifasi e bifasi.

$$R_d = R_M$$

$$X_d = X_M$$

14. SCELTA DELLE PROTEZIONI

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture ed i valori di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dell'utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dalla utenza I_{km max};
- taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea (I_{mag max}).

15. VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

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

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI 64/8 al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

- a) Le intersezioni sono due:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ia);
 - $I_{ccmax} \geq I_{inters\ max}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ib).
- b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$.
- c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
 - $I_{cc\ max} \geq I_{inters\ max}$.

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

Note:

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti $K^2 S^2$ e la I_z dello stesso.
- La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

16. VERIFICA DI SELETTIVITÀ

E' verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento. I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

- Corrente Ia di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64-8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;
- Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la

protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);

- Rapporto tra le correnti di intervento magnetico delle protezioni;
- Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23-3 par 2.5.14).
- Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).
- Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui è verificata.

Nelle valutazioni si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

Quando possibile, alla selettività grafica viene affiancata la selettività tabellare tramite i valori forniti dalle case costruttrici. I valori forniti corrispondono ai limiti di selettività in A relativi ad una coppia di protezioni poste una a monte dell'altra. La corrente di guasto minima a valle deve risultare inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

17. MASSIMA LUNGHEZZA PROTETTA

Il calcolo della massima lunghezza protetta viene eseguito mediante il criterio proposto dalla norma CEI 64-8 al paragrafo 533.3, secondo cui la corrente di cortocircuito presunta è calcolata come:

$$I_{ctocto} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{L_{max\ prot}}{S_f}}$$

partendo da essa e nota la taratura magnetica della protezione è possibile calcolare la massima lunghezza del cavo protetta in base ad essa.

Pertanto:

$$L_{max\ prot} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{I_{ctocto}}{S_f}}$$

Dove:

- U : è la tensione concatenata per il neutro non distribuito e di fase per neutro distribuito;
- ρ : è la resistività a 20°C del conduttore;
- m : rapporto tra sezione del conduttore di fase e di neutro (se composti dello stesso materiale);
- I_{mag} : taratura della magnetica.

Viene tenuto conto, inoltre, dei fattori di riduzione (per la reattanza):

- 0.9 per sezioni di 120mm²;
- 0.85 per sezioni di 150mm²;

- 0.8 per sezioni di 185mm²;
- 0.75 per sezioni di 240mm²;

Per ulteriori dettagli vedi norma CEI 64-8 par.533.3 sezione commenti.

D4 - PROTEZIONI DELLE CONDUTTURE ELETTRICHE

I conduttori che costituiscono gli impianti devono essere protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi o da corto circuiti.

a) PROTEZIONE dai SOVRACCARICHI

Tutte le condutture devono essere protette contro il sovraccarico, comprese quelle che alimentano eventuali utilizzatori termici o apparecchi di illuminazione, con la sola esclusione dei circuiti la cui interruzione potrebbe dare luogo a pericolo per le persone.

La protezione contro i sovraccarichi deve essere effettuata in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8, Cap. 43, par. 433, in particolare dovrà essere assicurata tramite l'uso di interruttori magnetotermici.

Le protezioni dai sovraccarichi sono realizzate esclusivamente con interruttori automatici magnetotermici, rispondenti alle Norme CEI 17-5 e 23-3, aventi corrente nominale I_n e corrente convenzionale di intervento I_f tali da soddisfare le seguenti di due condizioni:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_f < 1,45 * I_z$$

dove:

I_b corrente di impiego del circuito;

I_z portata in regime permanente della conduttura;

I_n corrente nominale del dispositivo di protezione;

I_f corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

b) PROTEZIONE da CORTO CIRCUITO

Ciascun dispositivo di protezione, deve essere in grado di proteggere contro il corto circuito per tutta la lunghezza della linea elettrica, ed avere potere di interruzione uguale o superiore e alla corrente di corto circuito I_{cc} presunta nel punto d'installazione.

La protezione contro i corto circuiti deve essere effettuata in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8, Cap. 43, par. 434.

E' ammesso l'utilizzo di dispositivi di protezione con potere di interruzione inferiore al valore di corrente di corto circuito I_{cc} se, a monte, è installato un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione (Norme CEI 64-8 par. 434.3.1).

In questo caso, le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate, in modo che l'energia specifica passante (I^2t) lasciata passare dal dispositivo a monte non risulti superiore a quella che può essere sopportata senza danno dal dispositivo a valle e dalle condutture protette.

Tutte le correnti provocate da un cortocircuito che si presenti in un punto qualsiasi del circuito devono essere interrotte in un tempo non superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura limite ammissibile, comunque sempre entro 5s.

Deve essere rispettata la seguente formula:

$$I^2 t < K^2 \cdot S^2$$

dove:

- I^2 integrale di Joule per la durata del corto circuito;
 t durata in secondi;
 S sezione in mm quadrati;
 I corrente effettiva di corto circuito, in valore efficace;
 K 115 per conduttori in rame isolati in PVC;
135 per conduttori in rame isolati con gomma butilica o ordinaria;
143 per conduttori in rame isolati con gomma etilenpropilenica.

Il valore del P.d.I. (potere di interruzione) che dovranno avere le protezioni è quello riportato nei "DATI DI PROGETTO"

c) PROTEZIONI CONTRO I CONTATTI INDIRETTI NEI SISTEMI TT

La protezione contro i contatti diretti dovrà essere garantita, mediante l'utilizzo di involucri o barriere in modo tale da garantire almeno il grado di protezione IP XXB.

Le superfici superiori orizzontali delle barriere o degli involucri delle apparecchiature poste a portata di mano, dovranno avere un grado di protezione non inferiore a IP XXD.

La protezione contro i contatti indiretti per i circuiti di bassa tensione dovrà essere assicurata:

dalla messa a terra di tutte le parti metalliche delle apparecchiature elettriche, masse normalmente non in tensione ma che lo potrebbero essere per un difetto di isolamento;

dalla messa a terra di tutte le parti metalliche, masse estranee, che potrebbero portare all'interno dei locali il potenziale di terra;

dal coordinamento del valore della resistenza di terra (R_a), con i dispositivi di protezione di massima corrente e/o differenziali (I_a) Norma CEI 64-8/4.

$$R_a \cdot I_a < 50$$

dove:

- R_a è la somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse, espressa in ohm;
 I_a è la corrente che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione, in ampere. Se il dispositivo di protezione è un dispositivo a corrente differenziale, I_a è la corrente nominale differenziale $I_{\Delta n}$.

Per ragioni di selettività, si possono utilizzare dispositivi di protezione a corrente differenziale del tipo S in serie a dispositivi di protezione a corrente differenziale di tipo generale: Per ottenere selettività con i dispositivi di protezione a corrente differenziale nei circuiti di distribuzione è ammesso un tempo di interruzione non superiore ad un secondo.

Quando il dispositivo di protezione è un dispositivo contro le sovracorrenti, esso deve essere:

- un dispositivo avente una caratteristica di funzionamento a tempo inverso ed in questo caso I_a deve essere la corrente che ne provoca il funzionamento automatico entro 5 secondi,

oppure

- un dispositivo avente una caratteristica di funzionamento a scatto istantaneo, ed in questo caso I_a deve essere la corrente minima che ne provoca lo scatto istantaneo.

d) PROTEZIONE MEDIANTE DOPPIO ISOLAMENTO

In alternativa al coordinamento fra impianto di messa a terra e dispositivi di protezione attiva, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata adottando macchine e apparecchi con isolamento doppio o rinforzato per costruzione o installazione: apparecchi di Classe II. In uno stesso impianto la protezione con apparecchi di Classe II può coesistere con la protezione mediante messa a terra; tuttavia è vietato collegare intenzionalmente a terra le parti metalliche accessibili delle macchine, degli apparecchi e delle altre parti dell'impianto di Classe II.

E - DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI PARTICOLARI A NORMATIVA SPECIFICA

E1 - IMPIANTO DI TERRA

Per ogni edificio o luogo in genere, compreso anche eventuale all'aperto, contenente impianti elettrici deve essere opportunamente previsto in sede di costruzione, un proprio impianto di messa a terra che deve soddisfare le prescrizioni delle vigenti norme CEI 64-8 VII^a edizione.

Tale impianto deve essere realizzato in modo da poter effettuare le verifiche periodiche di efficienza.

La scelta e l'installazione dei componenti dell'impianto di terra devono essere tali che:

- il valore della resistenza di terra sia in accordo con le esigenze di protezione e di funzionamento dell'impianto elettrico;
- l'efficienza dell'impianto di terra si mantenga nel tempo;
- le correnti di guasto e di dispersione a terra possano essere sopportate senza danni, in particolare dal punto di vista delle sollecitazioni di natura termica, termomeccanica ed elettromeccanica;
- i materiali abbiano adeguata solidità o adeguata protezione meccanica, tenuto conto delle influenze esterne.

Devono essere inoltre prese precauzioni per ridurre i danni che, per effetto elettrolitico, l'impianto di terra possa arrecare ad altre parti metalliche prossime al dispersore.

Quando l'alimentazione di un impianto è derivata da sistemi di II e III categoria, la protezione contro i guasti tra questi sistemi e la terra deve soddisfare le prescrizioni della Norma CEI 11-1.

Tale impianto deve essere unico per l'intero complesso edilizio ed eventuali strutture annesse entro i confini della proprietà. Il valore della resistenza di terra deve essere coordinato con i dispositivi di protezione differenziale contro i contatti indiretti, ed inoltre deve essere garantita l'efficienza e affidabilità del sistema anche in condizioni sfavorevoli del terreno.

N.B: Se la gestione del complesso edilizio comporta l'utilizzazione, anche non continuativa, di lavoratori subordinati o assimilabili, si richiama l'attenzione dell'Amministratore o chi per lui, di provvedere alle relative denunce di terra per la verifica iniziale e le successive periodiche all'AUSL competente per territorio o ai sensi del DPR462/01 ad un Ente Notificato iscritto nell'elenco emanato e continuamente aggiornato dal Ministero dello Sviluppo Economico.

Dispersori

Il dispersore è uno o più corpi conduttori in contatto elettrico con il terreno. Per dispersore si possono usare tubi, piastre, profilati, nastri, corde, ecc. aventi le dimensioni minime riportate nella norma CEI 64-8 citata al par. 542.2.3 tabella 54.1 allegata a seguire.

I tubi metallici, di un acquedotto, come indicato al par. 542.2.5 della norma CEI 64/8, possono essere usati come dispersore solo con il consenso scritto dell'esercente l'acquedotto stesso che deve avvertire il responsabile dell'impianto elettrico ogni qualvolta vi siano variazioni spaziali apportate alle tubazioni idriche.

Le tubazioni metalliche per liquidi o gas infiammabili non devono essere usate intenzionalmente come dispersore; ciò non toglie il collegamento equipotenziale dell'impianto di terra con le parti metalliche di altri

servizi come ad esempio acqua e riscaldamento. Tutto ciò anche se a seguito di tale collegamento la tubazione del gas diventa di fatto un dispersore.

La guaina di piombo, le armature e gli altri rivestimenti metallici di cavi non soggetti a danneggiamento per corrosione possono essere usati come dispersori soltanto con il consenso del proprietario delle condutture e se vengono date adeguate disposizioni in base alle quali il responsabile degli impianti elettrici venga informato di ogni modifica che si intenda apportare alle condutture stesse e che possa influenzare il loro corretto uso come dispersori.

I conduttori posti nello scavo di fondazione che sono usati come dispersori devono essere collegati in modo appropriato. La connessione del conduttore di terra al dispersore deve essere realizzata mediante saldatura o con connettori meccanici appropriati.

Il punto di connessione del conduttore di terra al collettore principale di terra deve essere accessibile.

Il dispersore non deve essere posizionato direttamente nelle acque di fiumi, di canali, di laghi o del mare. Quando però ciò risultasse necessario, si raccomanda di installare il dispersore a non meno di 5 m di profondità sotto il livello dell'acqua, oppure di vietare l'accesso alla zona che risultasse pericolosa (rif.to CEI 64/8 par. 542.2.9).

Tabella 54.1 – Materiale e dimensioni minime dei dispersori per garantire la resistenza meccanica e alla corrosione

Materiale		Tipo di dispersore	Dimensione minima				
			Corpo			Rivestimento/guaina	
			Diametro mm	Sezione mm²	Spessore mm	Valori minimi µm	Valori medi µm
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina ^(a)		90	3	63	70
		Profilati (incl. piatti)		90	3	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	Con guaina di piombo ^(a)	Tondo per dispersore orizzontale	8			1 000	
	Con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2 000	
	Con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14,2			90	100
Rame	Nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25 ^(c)			
		Corda	1,8 ^(d)	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 ^(d)	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina di piombo ^(a)	Corda	1,8 ^(d)	25		1 000	
		Filo tondo		25		1 000	

(a) Non idoneo per posa diretta in calcestruzzo. Si raccomanda di non usare il piombo per ragioni di inquinamento.
(b) Piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati.
(c) In condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm².
(d) Per fili singoli.

Conduttori di terra

I conduttori di terra devono essere conformi a quanto indicato in 543.1 e la loro sezione deve essere in accordo con la Tab.54A della norma CEI 64/8 riportata a seguire.

Tab. 54A - Sezioni convenzionali minime dei conduttori di terra

	Protetti meccanicamente	Non protetti meccanicamente
Protetti contro la corrosione	In accordo con 543.1	16 mm ² rame 16 mm ² ferro zincato (*)
Non protetti contro la corrosione	25 mm ² rame 50 mm ² ferro zincato (*)	
(*) Zincatura secondo la Norma CEI 7-6 oppure con rivestimento equivalente.		

Il collegamento di un conduttore di terra ad un dispersore deve essere effettuato in modo accurato ed elettricamente soddisfacente.

Quando si usano raccordi, essi non devono danneggiare né i dispersori (per es. i tubi) né i conduttori di terra.

Collettore o nodo principale di terra

In ogni impianto deve essere usato un terminale od una sbarra per costituire un collettore principale di terra al quale si devono collegare i seguenti conduttori:

- i conduttori di terra;
- i conduttori di protezione;
- i conduttori equipotenziali principali;
- i conduttori di terra funzionale, se richiesti.

Sul conduttore di terra, in posizione accessibile, deve essere previsto un dispositivo di apertura che permetta di misurare la resistenza di terra: tale dispositivo può essere convenientemente combinato con il collettore principale di terra. Questo dispositivo deve essere apribile solo mediante attrezzo, deve essere meccanicamente robusto e deve assicurare il mantenimento della continuità elettrica.

I conduttori di terra devono essere conformi al par. 543.1 di CEI 64-8 e di sezione come da tabella allegata in precedenza.

I percorsi dei conduttori devono essere lineari e il più possibile raccorciati, protetti meccanicamente e contro la corrosione.

Il nodo di connessione, realizzato con i conduttori di terra, di protezione e i collegamenti equipotenziali principali, deve essere accessibile, apribile solo con attrezzo e misurabile.

Il collettore di terra principale sarà costituito da barra di rame, dovrà essere ubicato in prossimità o all'interno del quadro principale. In un punto di facile accesso in modo da consentire, con semplici manovre le operazioni di misura. A questo si attesteranno i conduttori di protezioni PE provenienti dai collettori supplementari ed i conduttori equipotenziali.

In alternativa ai criteri precedentemente indicati, è ammesso il calcolo della sezione minima dei conduttori di protezione mediante il metodo analitico indicato al paragrafo a) dell'art. 543.1.1 delle norme CEI 64-8, cioè mediante l'applicazione della seguente formula:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

nella quale:

- S_p è la sezione del conduttore di protezione [mmq];
- I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile [A];
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione [s];
- K è il fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti e dalle temperature iniziali e finali

In particolare devono venire rispettati i valori minimi indicati, per le dimensioni dei dispersori, nella Tabella riportata nel Commento agli articoli 542.2.3 e 542.2.4, nei casi in cui la Norma CEI EN 62305 (serie) richieda la protezione contro i fulmini.

Collegamenti equipotenziali principali

I conduttori equipotenziali principali devono aver una sezione non inferiore a metà di quella del conduttore di protezione di sezione più elevata dell'impianto, con un minimo di:

- 6mmq se il conduttore è in rame;
- 16mmq se il conduttore è in alluminio;
- 50mmq se il conduttore è in acciaio;

L'eventuale conduttore equipotenziale supplementare, collegato a due masse, deve avere una sezione non inferiore a quella del più piccolo conduttore di protezione collegato a queste masse; il conduttore equipotenziale supplementare che collega una massa ad una massa estranea deve avere una sezione non inferiore alla metà della sezione del corrispondente conduttore di protezione (art. 547.1.2 della norma CEI 64-8).

In ogni caso, la sezione di qualsiasi conduttore equipotenziale supplementare deve essere almeno:

- 2,5mmq Cu se i conduttori sono meccanicamente protetti,
- 4mmq Cu se i conduttori non sono meccanicamente protetti.

Un conduttore equipotenziale supplementare che non è parte di un cavo è considerato essere meccanicamente protetto quando è posato in un tubo protettivo, canale o se è protetto in modo simile.

Collegamenti equipotenziali in corrispondenza dei contatori d'acqua

Nei casi in cui le tubazioni metalliche dell'acqua di un edificio siano usate come conduttori di terra o come conduttori di protezione, i contatori dell'acqua devono essere cortocircuitati mediante un conduttore, che deve essere di sezione adeguata secondo il suo uso come conduttore di protezione o conduttore di terra.

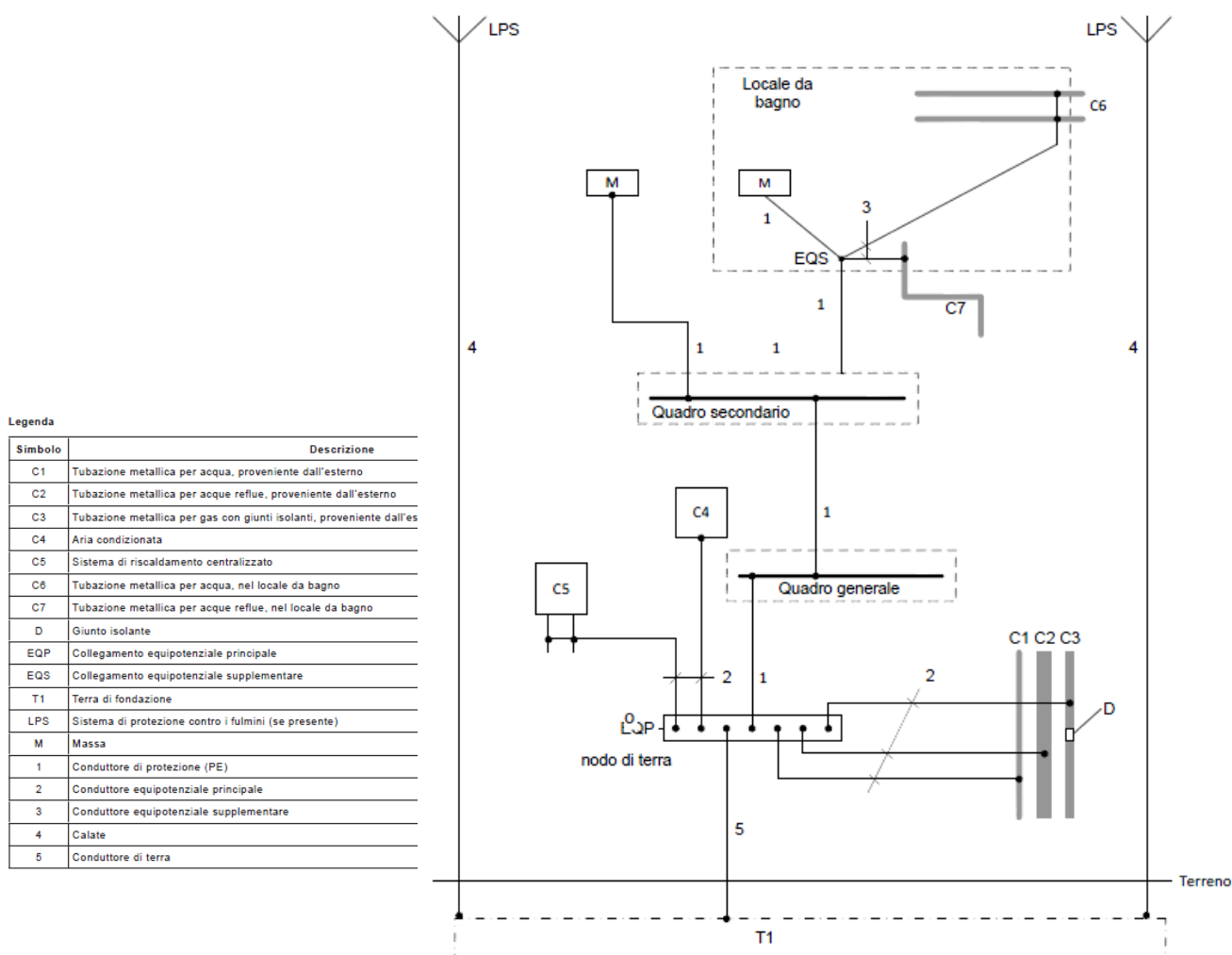
Conduttori di protezione, collegamenti equipotenziali supplementari e collegamenti a terra

Si devono predisporre le tubazioni, e le connessioni, tra il collettore di terra e i singoli punti di misura e consegna dell'energia a tutte le utenze previste realizzando il relativo montante.

Tutti i collegamenti di protezione ed equipotenziali devono essere isolati, protetti e realizzati con cavo giallo-verde.

I collegamenti devono essere realizzati secondo lo schema riportato sulla norma CEI 64-50 e/o sulla norma CEI 64-8, di cui alla pagina seguente ne alleghiamo copia.

Esempio di collegamenti di un impianto di terra



Si ricorda che i componenti e gli apparecchi di classe II o con isolamento equivalente non necessitano di collegamento di protezione a terra.

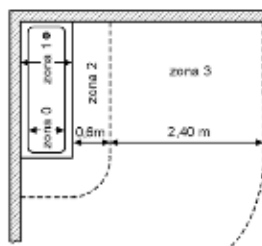
E2 - PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LOCALI DA BAGNO (CEI 64/8 Sez. 701)

1. *Zone di rispetto*

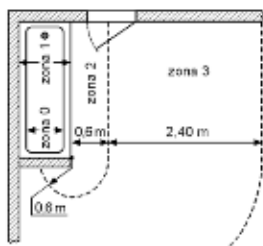
I locali da bagno vengono divisi in 4 zone per ognuna delle quali valgono regole particolari:

- **Zona 0** è il volume interno alla vasca da bagno o al piatto doccia. Per docce senza piatto l'altezza della Zona 0 è di 10cm e la sua superficie ha la stessa estensione orizzontale della Zona 1;
- **Zona 1** La zona 1 è delimitata da:
 - a) dal livello del pavimento finito e dal piano orizzontale posto a 2,25m al di sopra del livello del pavimento finito; se tuttavia il fondo della vasca da bagno o del piatto doccia si trova a più di 15cm al di sopra del pavimento, il piano orizzontale viene situato a 2,25m al di sopra di questo fondo;
 - b) dalla superficie verticale circoscritta alla vasca da bagno o al piatto doccia, oppure, per le docce senza piatto, dalla superficie verticale posta a 1,20m dal punto centrale del soffione agganciato posto sulla parete o sul soffitto.La zona 1 non include la zona 0.
Lo spazio sotto la vasca da bagno o il piatto doccia è considerato zona 1
- **Zona 2** La zona 2 è delimitata da:
 - a) dal livello del pavimento finito e dal piano orizzontale situato a 2,25m al di sopra del livello del pavimento finito;
 - b) dalla superficie verticale al bordo della zona 1 e dalla superficie verticale posta alla distanza di 0,60m dalla superficie verticale precedente e parallela ad essa.Per le docce senza piatto, non esiste una zona 2 ma una zona 1 aumentata a 1,20m.
- **Zona 3** La zona 3 è delimitata da:
 - a) dal livello del pavimento finito e dal piano situato a 2,25m sopra il pavimento;
 - b) dalla superficie verticale al bordo della zona 2, o della zona 1 in caso di mancanza del piatto doccia, e dalla superficie verticale posta alla distanza di 2,40m dalla superficie verticale precedente e parallela ad essa.

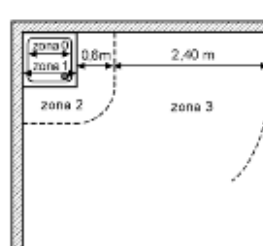
Le dimensioni sono misurate tenendo conto della presenza di pareti e di ripari fissi.



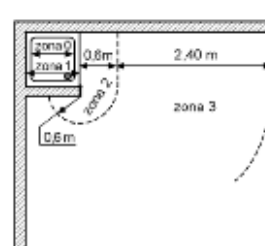
a) Vasca da bagno



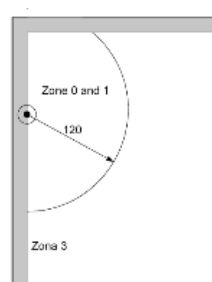
b) Vasca da bagno con parete fissa e con porta che interessa le zone 2 e 3



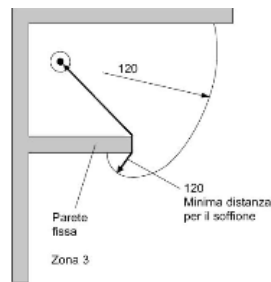
c) Doccia



d) Doccia con parete fissa

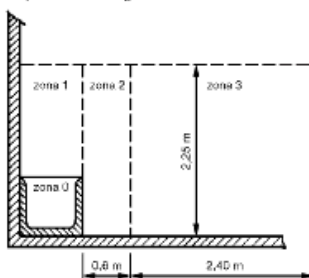


e) Doccia senza piatto

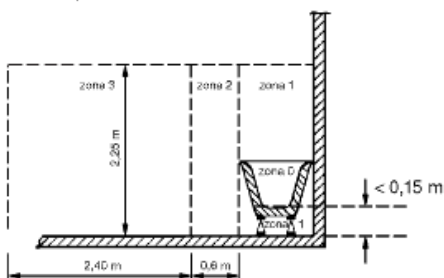


f) Doccia senza piatto con parete fissa

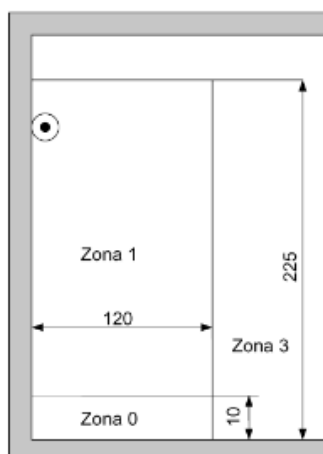
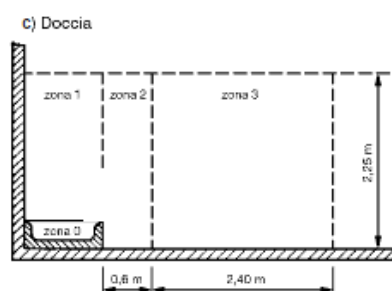
a) Vasca da bagno



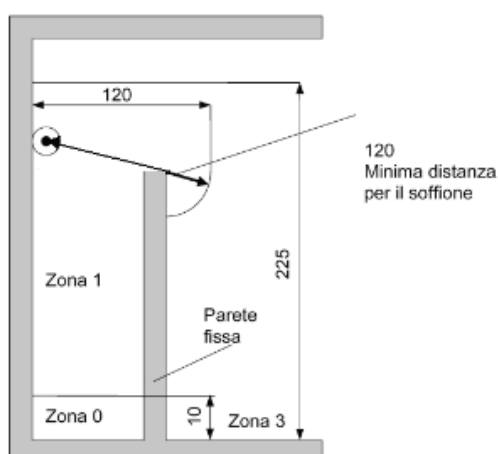
b) Variante con vano sottovasca



c) Doccia



c) 1) Alzata



d) 2) Alzata (con parete fissa)

2. Collegamento equipotenziale supplementare

Un collegamento equipotenziale supplementare deve collegare tutte le masse estranee delle zone 1,2,3, con il conduttore di protezione di tutte le masse situate in queste zone. In particolare per le tubazioni metalliche è sufficiente che le stesse siano collegate all'ingresso nei locali da bagno.

3. Gradi di protezione

I componenti dell'impianto elettrico devono avere almeno i seguenti gradi di protezione:

- ZONA 0 IP X7;
- ZONA 1 IP X4;
- ZONA 2 IP X4;

Queste prescrizioni non si applicano alle unità di alimentazione dei rasoi conformi alla Norma CEI EN 61558-2-5 (CEI 96-10) installate in zona 2 purchè siano improbabili spruzzi d'acqua. Nei bagni pubblici o destinati a comunità, quando sia prevista per la pulizia l'uso di getti d'acqua, i componenti elettrici devono avere almeno il grado di protezione IPX5.

4. Condutture

Le prescrizioni che seguono, si applicano alle condutture montate in vista ed alle condutture incassate nelle pareti ad una profondità non superiore a 5 cm.

Nella zona 0 non sono ammesse condutture; nelle zone 1 e 2 le condutture devono essere limitate a quelle necessarie per l'alimentazione degli apparecchi utilizzatori situati in quelle zone.

Nelle zone 1 e 2 non è ammesso l'uso di cavi in vista a meno che non appartengano a sistemi SELV o siano tratti limitati al collegamento degli apparecchi utilizzatori.

Le condutture non devono avere elementi di protezione meccanica di tipo metallico e devono avere isolamento equivalente alla classe 2; a tal fine è sufficiente impiegare cavi unipolari dentro tubi o condotti non metallici, o cavi multipolari con guaina non metallica; in generale devono soddisfare le prescrizioni dell'art. 413.2 della Norma CEI 64-8.

Non sono ammesse cassette di derivazione o di giunzione nelle zone 0, 1 e 2.

5. Dislocazione dei dispositivi di protezione, sezionamento o comando

Nella **zona 0** non devono essere installati dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando.

Nella **zona 1** non devono essere installati dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando, con l'eccezione di interruttori di circuiti SELV alimentati a tensione non superiore a 12Vac o a 30Vdc, e con la sorgente di sicurezza installata al di fuori delle zone 0, 1 e 2.

Nella **zona 2** non devono essere installati dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando, con l'eccezione di:

- interruttori di circuiti SELV alimentati a tensione non superiore a 12Vac o a 30Vdc e con la sorgente di sicurezza installata al di fuori delle zone 0, 1 e 2;

- prese a spina, alimentate da trasformatori di isolamento di Classe II di bassa potenza incorporati nelle stesse prese a spina, previste per alimentare rasoi elettrici.

Nella **zona 3** prese a spina, interruttori ed altri apparecchi di comando sono permessi solo se la protezione è ottenuta mediante:

- separazione elettrica (413.5) individualmente;
- SELV (411.1);
- interruzione automatica dell'alimentazione, usando un interruttore differenziale avente corrente differenziale nominale non superiore a 30 mA.

Gli apparecchi utilizzatori ammessi nella zona 2 possono essere provvisti di un interruttore di comando se questo è incorporato negli stessi.

Con riferimento alle prescrizioni relative alle zone 1 e 2, la sorgente di sicurezza si può installare in queste zone se essa è una sorgente elettrochimica (per es. una batteria) o un'altra sorgente indipendente da circuiti a tensione più elevata.

Nella zona 1 è possibile installare gettoniere necessarie, per esempio in campeggi, al funzionamento di docce, dal momento che queste gettoniere sono assimilabili ad interruttori.

NOTA Nelle zone 1, 2 e 3 sono ammessi tiranti isolanti per azionare interruttori, e pulsanti, del tipo con azionamento a mezzo di tiranti, a condizione che tali interruttori soddisfino le prescrizioni della Norma CEI EN 60669-1 (CEI 23-9).

6. Apparecchi utilizzatori

Nella **zona 0**, possono essere installati solo apparecchi utilizzatori che contemporaneamente:

- siano adatti all'uso in quella zona secondo le relative norme e siano montati in accordo con le istruzioni del costruttore;
- siano fissati e connessi in modo permanente;
- siano protetti mediante circuiti SELV alimentati a tensione non superiore a 12Vac e 30Vdc.

Nella **zona 1** si possono installare solo scaldacqua elettrici; sono anche ammessi apparecchi di illuminazione purchè protetti da SELV con tensione non superiore a 25Vac o a 60Vdc.

Le prescrizioni che seguono non si applicano agli apparecchi utilizzatori alimentati con SELV in accordo con le condizioni del 411.1 e di 701.411.1.4.3.

Nella **zona 2** si possono installare solo:

1. scaldacqua elettrici;
2. apparecchi di illuminazione di Classe I e II, apparecchi di riscaldamento di Classe I e II ed unità di Classe I e II per vasche da bagno per idromassaggi che soddisfino le relative Norme,

previste per generare per es. aria compressa per vasche da bagno per idromassaggi (vedere 701.412.5).

7. Sistemi elettrici di riscaldamento a pavimento

Nelle zone 1, 2, 3 possono essere installati elementi riscaldanti annegati nel pavimento e previsti per riscaldare il locale, purché siano ricoperti da una griglia metallica messa a terra o da uno schermo metallico messo a terra e collegato al collegamento equipotenziale supplementare specificato in 701.413.1.2.

La guaina metallica, l'involucro metallico o la griglia metallica a maglie sottili devono essere connessi al conduttore di protezione del circuito di alimentazione. La conformità a quest'ultima prescrizione non è obbligatoria se è utilizzata per il sistema di riscaldamento elettrico a pavimento la protezione mediante SELV.

Per il sistema di riscaldamento elettrico a pavimento non è ammessa la protezione mediante separazione elettrica.

E3 - IMPIANTO ELETTRICO IN ZONE CON CARICO D'INCENDIO SUPERIORE A 30 (CEI 64-8/7-Sez. 751)

Le prescrizioni della presente sezione si applicano agli ambienti che presentano in caso d'incendio un rischio maggiore di quello che presentano gli ambienti ordinari (751.03). Esse sono integrative delle prescrizioni contenute nel Capitolo 42 della CEI 64/8 ed hanno il fine di ridurre al minimo anche in questi ambienti la probabilità che l'impianto elettrico sia causa d'innescio e di propagazione di incendi.

Per i requisiti degli impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di esplosivi o sostanze infiammabili in qualunque stato fisico e per i luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili, si rimanda alle Norme CEI specifiche del CT 31.

Il rischio relativo all'incendio dipende dalla probabilità che esso si verifichi e dall'entità del danno conseguente per le persone, per gli animali e per le cose.

L'individuazione degli ambienti a maggior rischio in caso d'incendio non rientra nello scopo della presente Sezione; essa dipende da una molteplicità di parametri quali per esempio:

- densità di affollamento;
- massimo affollamento ipotizzabile;
- capacità di deflusso o di sfollamento;
- entità del danno ad animali e/o cose;
- comportamento al fuoco delle strutture e dei materiali impiegati nei componenti dell'edificio;
- presenza di materiali combustibili;
- tipo di utilizzazione dell'ambiente;
- situazione organizzativa per quanto riguarda la protezione antincendio (adeguati mezzi di segnalazione ed estinzione incendi, piano di emergenza e sfollamento, addestramento del personale, distanza del più vicino distaccamento del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, esistenza di Vigili del Fuoco aziendali ecc.).

Tali parametri devono essere opportunamente esaminati nel più vasto ambito della valutazione dei rischi e della prevenzione incendi, a monte del progetto elettrico (D.Lgs. 81/08 e s.m.i. e D.M. 10-03-1998 e s.m.i.).

In generale, in assenza di valutazioni eseguite nel rispetto di quanto sopra indicato in gli ambienti dove si svolgono le attività elencate nel DPR 151/2011 sono considerati ambienti a maggior rischio in caso di incendio.

In generale, gli ambienti dove non si svolgono le attività elencate nel DPR 151/2011 non sono ambienti a maggior rischio in caso di incendio; tuttavia, essi possono essere ambienti a maggiori rischio in caso di incendio se si verificano le condizioni di cui in 751.03.1.1, ad esempio luoghi soggetti a specifiche prescrizioni dei VV.F.

NOTA Il D.M. 10-03-1998 definisce tre livelli di rischio d'incendio: *ELEVATO, MEDIO, BASSO*; ai fini della presente sezione, in genere sono considerati a maggior rischio in caso d'incendio gli ambienti con livello di rischio almeno *MEDIO*, v. al riguardo anche il D.M. 10 marzo 1998, Allegato 9, 9.3.

Al fine di definire le caratteristiche dell'impianto elettrico, detti ambienti sono raggruppati come indicato a seguire:

Art. 751.03.2: Ambienti a maggior rischio in caso d'incendio per l'elevata densità di affollamento o per l'elevato tempo di sfollamento in caso di incendio o per l'elevato danno ad animali e cose.

Rientrano in questo caso ad esempio gli ospedali, le carceri, i locali sotterranei frequentati dal pubblico.

Art. 751.03.3: Ambienti a maggior rischio in caso d'incendio in quanto aventi strutture portanti Combustibili.

Rientrano in questi ambienti gli edifici costruiti interamente in legno senza particolari requisiti antincendio, come ad esempio le baite.

NOTA Un edificio con strutture non combustibili come per es. in muratura o calcestruzzo con le sole travi in legno, non rientra tra gli edifici previsti in questo articolo.

Art. 751.03.4 Ambienti a maggior rischio in caso d'incendio per la presenza di materiale infiammabile o combustibile in lavorazione, convogliamento, manipolazione o deposito di detti materiali.

Possono essere considerati ambienti a maggior rischio in caso d'incendio per la presenza di materiale infiammabile o combustibile gli ambienti nei quali avviene la lavorazione, il convogliamento, la manipolazione o il deposito di detti materiali, quando il carico d'incendio specifico di progetto è superiore a 450 MJ/m², vedere D.M. 9-03-2007.

751.04 Criteri di esecuzione degli impianti elettrici negli ambienti a maggior rischio in caso d'incendio

Ai fini della protezione contro l'incendio, gli impianti elettrici devono essere conformi alle prescrizioni integrative che seguono.

Quando in un ambiente sussistono le condizioni per ricadere in più di un gruppo di ambiente tra quelli di cui in 751.03.2, 751.03.3 e 751.03.4, le prescrizioni integrative seguenti per gli impianti elettrici si sommano.

I gradi di protezione IP precisati in questo articolo devono venire rispettati anche se l'apparecchiatura è alimentata da circuiti SELV.

751.04.1 Prescrizioni comuni di protezione contro l'incendio per i componenti elettrici escluse le condutture

Le seguenti misure vanno adottate in tutti i gruppi di ambienti considerati in 751.03, tenendo conto delle indicazioni di cui in 751.04.4 e 751.04.5

I componenti elettrici devono essere limitati a quelli necessari per l'uso degli ambienti stessi, fatta eccezione per le condutture, le quali possono anche transitare.

Nel sistema di vie d'uscita non devono essere installati componenti elettrici contenenti fluidi infiammabili.

I condensatori ausiliari incorporati in apparecchi non sono soggetti a questa prescrizione.

Negli ambienti nei quali è consentito l'accesso e la presenza del pubblico, i dispositivi di manovra, controllo e protezione, fatta eccezione per quelli destinati a facilitare l'evacuazione, devono essere posti in luogo a disposizione esclusiva del personale addetto o posti entro involucri apribili con chiave o attrezzo.

Tutti i componenti elettrici devono rispettare le prescrizioni contenute nella Sezione 422 sia in funzionamento ordinario dell'impianto sia in situazione di guasto dell'impianto stesso, tenuto conto dei dispositivi di protezione.

Questo può essere ottenuto mediante un'adeguata costruzione dei componenti dell'impianto o mediante misure di protezione aggiuntive da prendere durante l'installazione.

Inoltre, ai componenti elettrici applicati in vista (a parete o a soffitto) per i quali non esistono le relative norme CEI di prodotto, si applicano i criteri di prova e i limiti di cui alla Sezione 422, della CEI 64/8, assumendo per la prova al filo incandescente 650 °C anziché 550 °C.

Gli apparecchi d'illuminazione devono essere mantenuti ad adeguata distanza dagli oggetti illuminati, se questi ultimi sono combustibili. Salvo diversamente indicato dal costruttore, per i faretti e i piccoli proiettori tale distanza deve essere almeno:

- 0,5 m: fino a 100 W;
- 0,8 m: da 100 a 300 W;
- 1 m: da 300 a 500 W;
- > 500 W possono essere necessarie distanze maggiori.

NOTE

- Gli apparecchi d'illuminazione con lampade che, in caso di rottura, possono proiettare materiale incandescente, quali ad esempio le lampade ad alogeni e ad alogenuri, devono essere del tipo con schermo di sicurezza per la lampada e installati secondo le istruzioni del costruttore.
- Per la marcatura degli apparecchi di illuminazione che possono essere installati su superfici infiammabili si veda il nuovo Allegato 559A della Sezione 559 della CEI 64/8.

Le lampade e altre parti componenti degli apparecchi d'illuminazione devono essere protette contro le prevedibili sollecitazioni meccaniche. Tali mezzi di protezione non devono essere fissati sui portalampade a meno che essi non siano parte integrante dell'apparecchio d'illuminazione.

I dispositivi di limitazione della temperatura in accordo con 424.1.1 del Capitolo 42 devono essere provvisti di ripristino solo manuale.

Gli involucri di apparecchi elettrotermici, quali riscaldatori, resistori, ecc., non devono raggiungere temperature più elevate di quelle relative agli apparecchi d'illuminazione. Questi apparecchi devono essere per costruzione o installazione realizzati in modo da impedire qualsiasi accumulo di materiale che possa influenzare negativamente la dissipazione del calore.

751.04.2 Prescrizioni comuni di protezione contro l'incendio per le condutture

Le seguenti misure vanno adottate in tutti i gruppi di ambienti considerati in 751.03, tenendo conto delle indicazioni di cui in 751.04.4 e 751.04.5

Generalmente i fattori che causano incendi nelle condutture elettriche sono cortocircuiti, riscaldamento, contatti elettrici e coinvolgimento delle condutture stesse in incendi; pertanto, esse devono essere realizzate in modo da non essere né causa d'innescò né causa di propagazione di incendi indipendentemente dai fattori elettrici e/o fisici che li hanno causati.

Per il raggiungimento degli scopi sopra prefissati, le condutture devono essere realizzate e protette come indicato a seguire.

Le condutture che attraversano questi luoghi, ma che non sono destinate all'alimentazione elettrica al loro interno, non devono avere connessioni lungo il percorso all'interno di questi luoghi a meno che le connessioni siano poste in involucri che soddisfino la prova contro il fuoco (come definita nelle relative norme di prodotto), per esempio soddisfino le prescrizioni per scatole da parete in accordo con la Norma CEI EN 60670 (CEI 23-48).

È vietato l'uso dei conduttori PEN (schema TN-C); la prescrizione non è valida per le condutture che transitano soltanto.

Le condutture elettriche che attraversano le vie d'uscita di sicurezza non devono costituire ostacolo al deflusso delle persone e preferibilmente non essere a portata di mano; comunque, se a portata di mano, devono essere poste entro involucri o dietro barriere che non creino intralci al deflusso e che costituiscano una buona protezione contro i danneggiamenti meccanici prevedibili durante l'evacuazione.

I conduttori dei circuiti in c.a. devono essere disposti in modo da evitare pericolosi riscaldamento delle parti metalliche adiacenti per effetto induttivo, particolarmente quando si usano cavi unipolari (vedere 521.5).

Le condutture (comprese quelle che transitano soltanto) devono essere realizzate in uno dei modi indicati qui di seguito in a), b), c):

a)

- a1) condutture di qualsiasi tipo incassate in strutture non combustibili;
- a2) condutture realizzate con cavi in tubi protettivi metallici o involucri metallici, entrambi con grado di protezione almeno IP4X;
- a3) condutture realizzate con cavi ad isolamento minerale aventi la guaina tubolare metallica continua senza saldatura con funzione di conduttore di protezione sprovvisti all'esterno di guaina non metallica.

b)

- b1) condutture realizzate con cavi multipolari muniti di conduttore di protezione concentrico, o di una guaina metallica, o di un'armatura, aventi caratteristiche tali da poter svolgere la funzione di conduttore di protezione;
- b2) condutture realizzate con cavi ad isolamento minerale aventi la guaina tubolare metallica continua senza saldatura con funzione di conduttore di protezione provvisti all'esterno di guaina non metallica;

b3) condutture realizzate con cavi aventi schermi sulle singole anime o sull'insieme delle anime con caratteristiche tali da poter svolgere la funzione di conduttore di protezione.

c)

c1) condutture diverse da quelle in a) e b), realizzate con cavi multipolari provvisti di conduttore di protezione;

c2) condutture realizzate con cavi unipolari o multipolari sprovvisti di conduttore di protezione, contenuti in tubi protettivi metallici o involucri metallici, senza particolare grado di protezione incluse le passerelle continue forate o a filo; in questo caso la funzione di conduttore di protezione può essere svolta dai tubi o involucri stessi o da un conduttore (nudo o isolato) contenuto in ciascuno di essi (1);

c3) condutture realizzate con cavi unipolari o multipolari sprovvisti di conduttore di protezione, contenuti in tubi protettivi o involucri, entrambi:

- costruiti con materiali isolanti;
- installati in vista (non incassati);
- con grado di protezione almeno IP4X.

Qualora i suddetti involucri siano installati in vista e non esistano le relative Norme CEI di prodotto, si devono applicare i criteri di prova indicati nella Tabella riportata nel Commento alla Sezione 422 della presente Norma, assumendo per la prova al filo incandescente 850 °C anziché 650 °C.

c4) binari elettrificati e condotti sbarre con grado di protezione almeno IP4X.

I dispositivi di protezione contro le sovracorrenti devono essere installati all'origine dei circuiti; sia di quelli che attraversano i luoghi in esame, sia quelli che si originano nei luoghi stessi (anche per alimentare apparecchi utilizzatori contenuti nel luogo a maggior rischio in caso di incendio).

Per le condutture di cui alla precedente sezione "C" i circuiti devono essere protetti, oltre che con le protezioni generali del Capitolo 43 e della Sezione 473 in uno dei modi seguenti:

- Nei sistemi TT e TN con dispositivo a corrente differenziale avente corrente nominale d'intervento non superiore a 300mA anche ad intervento ritardato; quando i guasti resistivi possano innescare un incendio, per esempio per riscaldamento a soffitto con elementi a pellicola riscaldante, la corrente differenziale nominale deve essere $I_{dn}=30mA$; quando non sia possibile, per esempio per necessità di continuità di servizio, proteggere i circuiti di distribuzione con dispositivo a corrente differenziale avente corrente differenziale non superiore a 300mA, anche ad intervento ritardato, si può ricorrere, in alternativa, all'uso di un dispositivo differenziale con corrente differenziale non superiore a 1 A ad intervento ritardato.
- Nei sistemi IT con dispositivo che rileva con continuità le correnti di dispersione verso terra e provoca l'apertura automatica del circuito quando si manifesta un decadimento d'isolamento; tuttavia, quando ciò non sia possibile, per es. per necessità di continuità di servizio, il dispositivo di cui sopra può azionare un allarme ottico ed acustico invece di provocare

l'apertura del circuito; adeguate istruzioni devono essere date affinché, in caso di primo guasto, sia effettuata l'apertura manuale il più presto possibile.

Sono escluse dalle prescrizioni di cui sopra le condutture:

- facenti parte di circuiti di sicurezza;
- racchiuse in involucri con grado di protezione almeno IP4X, ad eccezione del tratto finale uscente dall'involucro per il necessario collegamento all'apparecchio utilizzatore.

Per le condutture di cui in 751.04.2.6 b) e c) la propagazione dell'incendio lungo le stesse deve essere evitata in uno dei modi indicati nei punti a), b), c) seguenti:

- a) utilizzando cavi "non propaganti la fiamma" in conformità con la serie di Norme CEI EN 60332-1 (CEI 20-35) quando:
 - sono installati individualmente o sono distanziati tra loro non meno di 250 mm nei tratti in cui seguono lo stesso percorso; oppure
 - i cavi sono installati individualmente in tubi protettivi o involucri con grado di protezione almeno IP4X;
- b) utilizzando cavi "non propaganti l'incendio" installati in fascio in conformità con la serie di Norme CEI EN 60332-3 (CEI 20-22 cat. II e/o cat. III); peraltro, qualora essi siano installati in quantità tale da superare il volume unitario di materiale non metallico stabilito dalla Norma CEI EN 60332-3 per le prove, devono essere adottati provvedimenti integrativi analoghi a quelli indicati in c);
- c) adottando sbarramenti, barriere e/o altri provvedimenti come indicato nella Norma CEI 11-17. Inoltre, devono essere previste barriere tagliafiamma in tutti gli attraversamenti di solai o pareti che delimitano il compartimento antincendio. Le barriere tagliafiamma devono avere caratteristiche di resistenza al fuoco almeno pari a quelle richieste per gli elementi costruttivi del solaio o parete in cui sono installate (527.2).

751.04.3 Prescrizioni aggiuntive per gli ambienti di cui in 751.03.2

Per i cavi delle condutture di cui in 751.04.2.6 b) e c) riportate in precedenza si deve valutare il rischio nei riguardi dei fumi, gas tossici e corrosivi in relazione alla particolarità del tipo di installazione e dell'entità del danno probabile nei confronti di persone e/o cose, al fine di adottare opportuni provvedimenti. A tal fine sono considerati adatti i cavi senza alogeni (LSOH) rispondenti alle Norme CEI EN 60332-3 (CEI 20-22), CEI EN 50267 e CEI EN 61034 (CEI 20-37) per quanto riguarda le prove. Le tipologie di cavo sopra riportate sono conformi alle Norme CEI 20-13, CEI 20-38 e alla Norma CEI 20-20/15.

751.04.4 Prescrizioni aggiuntive per gli ambienti di cui in 751.03.3

Quando sono montati su od entro strutture combustibili, i componenti dell'impianto (27.1), che nel loro funzionamento previsto possono produrre archi o scintille tali da far uscire dal microambiente interno agli apparecchi medesimi particelle incandescenti che possono innescare un incendio, devono essere racchiusi in custodie aventi grado di protezione IP4X almeno verso le strutture combustibili.

NOTA

Interruttori luce e similari, prese a spina ad uso domestico e similare, interruttori automatici magnetotermici fino a 16A, potere di interruzione Icn 3000A, in generale non producono nel loro funzionamento previsto archi o scintille tali da far uscire dal microambiente interno agli apparecchi medesimi particelle incandescenti che possono innescare un incendio

751.04.5 Prescrizioni aggiuntive e criteri di applicazione per gli impianti elettrici degli ambienti di cui in 751.03.4

- a) Tutti i componenti dell'impianto (vedere 27.1), ad esclusione delle condutture, per le quali si rimanda agli articoli precedenti, e inoltre gli apparecchi d'illuminazione ed i motori, devono essere posti entro involucri aventi grado di protezione non inferiore a IP4X e comunque conformi a 512.2. Il grado di protezione IP4X non si riferisce alle prese a spina per uso domestico e similare, ad interruttori luce e similari, interruttori automatici magnetotermici fino a 16 A - potere di interruzione $I_{cn} \leq 3000$ A.

NOTE

In conformità alle Norme CEI relative agli apparecchi d'illuminazione, il grado di protezione IP non si applica nei confronti delle lampade. Per i motori il grado di protezione IP4X è riferito alle custodie delle morsettiere e dei collettori; il grado di protezione per le altre parti attive non scintillanti deve essere non inferiore a IP2X.

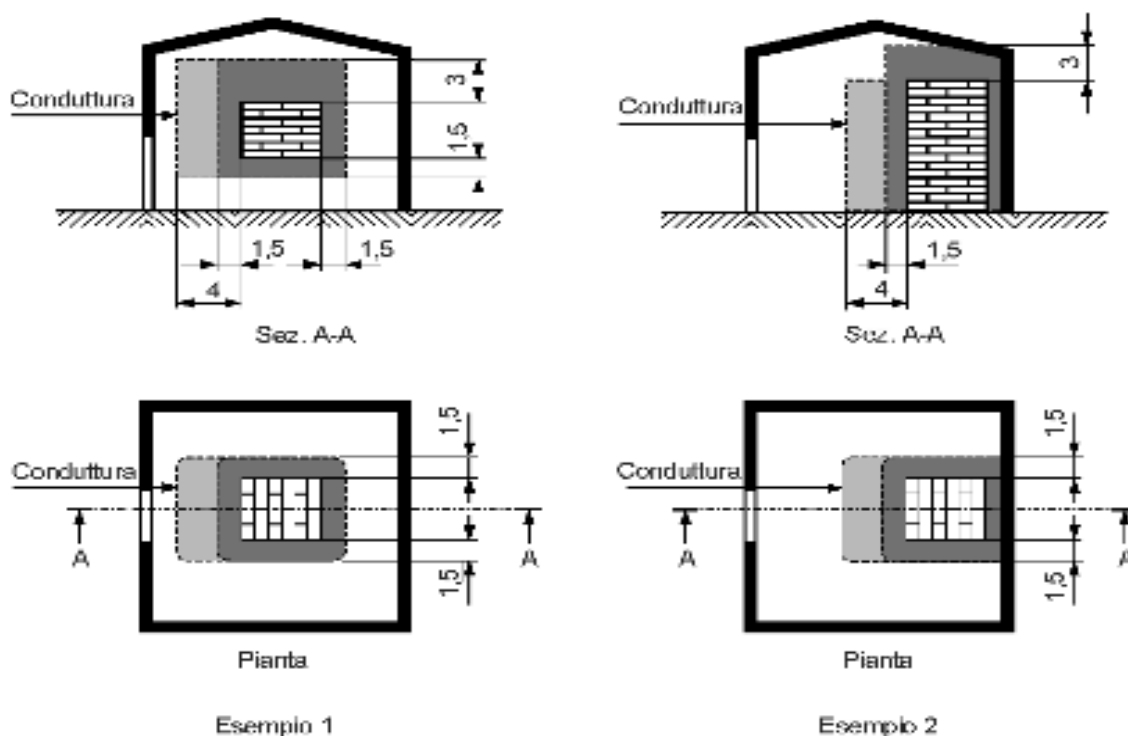
- b) I componenti elettrici devono essere ubicati o protetti in modo da non essere soggetti allo stillicidio di eventuali combustibili liquidi.
- c) Quando si prevede che polvere, sufficiente a causare un rischio di incendio, si possa accumulare sugli involucri di componenti dell'impianto, devono essere presi adeguati provvedimenti per impedire che questi involucri raggiungano temperature eccessive. Per l'eventuale pericolo d'esplosione e il pericolo di incendio dello strato di polvere combustibile, vedere le relative Norme CEI del CT 31.
- d) I motori che sono comandati automaticamente o a distanza o che non sono sotto continua sorveglianza, devono essere protetti contro le temperature eccessive mediante un dispositivo di protezione contro i sovraccarichi con ripristino manuale o mediante un equivalente dispositivo di protezione contro i sovraccarichi. I motori con avviamento stella-triangolo non provvisti di cambio automatico dalla connessione a stella alla connessione a triangolo devono essere protetti contro le temperature eccessive anche nella connessione a stella.
- e) Nei luoghi nei quali possono esserci rischi di incendio dovuti a polvere e/o a fibre, gli apparecchi d'illuminazione devono essere costruiti in modo che, in caso di guasto, sulla loro superficie si presenti solo una temperatura limitata e che polvere e/o fibre non possano accumularvisi in quantità pericolose, vedere la Norma CEI EN 60598-2-24 (CEI 34-88).
- f) Gli apparecchi di accumulo del calore devono essere del tipo che impedisca l'accensione, da parte del nucleo riscaldante, della polvere combustibile e/o delle fibre combustibili.




Per gli ambienti di cui in 751.03.4 le prescrizioni della Sezione 751 si applicano generalmente a tutto l'ambiente considerato; tuttavia, nei casi particolari nei quali il volume del materiale combustibile sia

ben definito, prevedibile e controllato, la zona entro la quale gli impianti elettrici ed i relativi componenti devono avere i requisiti prescritti nella presente Sezione 751 può essere delimitata dalla distanza dal volume del materiale combustibile oltre la quale le temperature superficiali, gli archi e le scintille, che possono prodursi nel funzionamento ordinario e in situazione di guasto, non possono più innescare l'accensione del materiale combustibile stesso. In mancanza di elementi di valutazione delle caratteristiche del materiale infiammabile o combustibile e del comportamento in caso di guasto dei componenti elettrici, si devono assumere distanze non inferiori a:

- 1,5 m in orizzontale, in tutte le direzioni e comunque non oltre le pareti che delimitano il locale e relative aperture provviste di serramenti;
- 1,5 m in verticale, verso il basso e comunque non al di sotto del pavimento;
- 3 m in verticale, verso l'alto e comunque non al di sopra del soffitto.

Tuttavia, per le sole condutture installate in fascio, per le quali la propagazione dell'incendio è impedita dai requisiti dei cavi stessi, come stabilito nel 751.04.2.8.b) (assenza di sbarramenti, barriere e/o altri provvedimenti, di cui in 751.04.2.8.c), si devono assumere distanze dal materiale combustibile non inferiori a 4 m nella direzione di provenienza della conduttura. Vedere la Figura seguente.



-  Zona di provenienza delle condutture installate in fascio
-  Zona entro la quale gli impianti elettrici devono aver i requisiti di cui in 751
-  Materiale combustibile

F - REQUISITI GENERALI DEI MATERIALI

Gli apparecchi e i materiali impiegati devono risultare adatti all'ambiente nel quale sono installati e devono resistere a tutte quelle azioni termiche, meccaniche, corrosive o dipendenti dalla umidità di possibile riscontro durante il funzionamento e l'esercizio.

Le caratteristiche dei materiali devono essere tali da rispondere per dimensioni e caratteristiche alle più restrittive norme **UNI - CEI - UNEL** attualmente in vigore.

Tutti i materiali per i quali è prevista la concessione del Marchio Italiano di Qualità, dovranno essere provvisti del contrassegno **IMQ**.

F1 QUADRI IN BASSA TENSIONE A PARETE MONOBLOCCO O COMPONENTI IN METALLO

Tutti i quadri dovranno essere realizzati secondo le seguenti normative tecniche di prodotto

- quadro Norma CEI 23-51	
- quadro Norma CEI 17.13/1	Norma IEC 439.1
- interruttori	Norma IEC 947.2
- interruttori di manovra-sezionatori	Norma IEC 947.3
- gradi di protezione	Norma CEI 70.1 Norma IEC 529
- prove di tenuta ad arco interno	Technical Report IEC 1641

e dovranno inoltre rispettare le normative ed i regolamenti previsti dalla Legislazione Italiana per la prevenzione degli infortuni e le Direttive comunitarie.

I quadri elettrici dovranno essere costruiti con materiali atti a resistere alle sollecitazioni meccaniche, elettriche e termiche, nonché agli effetti dell'umidità, tutte condizioni che potrebbero verificarsi in condizioni di normale servizio.

Le apparecchiature ed i circuiti da installare nei quadri, dovranno essere disposti in modo da assicurare il loro funzionamento e facilitarne la manutenzione, salvaguardando il grado di protezione richiesto.

I quadri dovranno garantire una efficace protezione contro i contatti diretti, l'accesso alle parti normalmente in tensione dovrà avvenire tramite rimozione di ripari od involucri da effettuare con l'ausilio di appositi attrezzi.

I quadri dovranno essere realizzati con il grado minimo di protezione IP40, preferibile IP55 o comunque adeguato grado di protezione valutato a seconda delle condizioni ambientali in cui il quadro dovrà essere installato.

Tutti i quadri dovranno risultare chiudibili con portelli anteriori incernierati e trasparenti, apribili con serratura a chiave (per i centralini di appartamenti ed uffici la chiusura a chiave non è richiesta).

La sezione dei conduttori di protezione che si attesterà al quadro, dovrà essere uguale alla sezione dei conduttori attivi quando questi non superino la sezione di 16mm² e dovrà essere metà della sezione dei conduttori attivi quando questi invece superano i 16mm², ma con il minimo ammesso di 16mm².

I quadri elettrici dovranno essere cablati con corde unipolari del tipo N07V-K con rivestimenti colorati a seconda delle prescrizioni delle vigenti tabelle CEI - UNEL; è obbligatorio l'uso di capicorda preisolati.

Nel cablaggio dei quadri, dovranno essere rigorosamente evitate le giunzioni intermedie dei conduttori e le percorrenze di condutture isolate su parti metalliche che presentino spigoli vivi.

Si consiglia di esporre, gli abbinamenti di colore delle condutture di cablaggio con i circuiti di riferimento, su di una targhetta o tabella da fissare alla carpenteria del quadro in luogo visibile.

Le condutture dovranno essere munite di contrassegno alfanumerico per potere identificare sempre qualsiasi conduttore.

Il cablaggio dovrà essere realizzato utilizzando tutti gli accessori, quali barre elettriche di derivazione installate a valle di interruttori generali o di generali parziali, per evitare il raggruppamento di più conduttori sotto un unico capicorda o morsetto.

Le apparecchiature all'interno dei quadri dovranno essere contrassegnate con la sigla di riferimento degli schemi elettrici.

Le apparecchiature installate sul fronte quadro, o accessibili ad operatori esterni, dovranno essere munite di targhette identificatrici della loro funzione e di indicazione della loro posizione circuitale.

Le targhette dovranno avere le stesse diciture presenti sugli schemi elettrici.

Le segnalazioni luminose, eventualmente presenti, dovranno avere il seguente codice colore:

- ROSSO marcia, pericolo generale;
- VERDE start, pronto all'avviamento, aperto, fermo;
- BIANCO/BLU scelte di funzionamento/monitoraggio dell'impianto;
- GIALLO allarme in genere.

Le morsettiere di interconnessione, dovranno essere realizzate preferibilmente in basso (in casi particolari è ammessa anche l'installazione in alto) o su scomparti laterali predisposti allo scopo, in modo tale da permettere una facile sistemazione delle condutture in arrivo.

I morsetti che anche in caso di apertura dell'interruttore generale si dovessero trovare in tensione, dovranno essere coperti da una protezione isolante che ne impedisca il contatto diretto.

Le morsettiere dovranno essere facilmente accessibili per permettere una facile manutenzione.

Per ottemperare alle prescrizioni sopra riportate, saranno considerati accessori del quadro e quindi richiesti nella fornitura anche i seguenti materiali e prestazioni:

- terminali dei cavi in ingresso ed uscita corredati di capicorda preisolati o rivestiti di isolante autorestringente, ammaraggi, bulloneria zincocadmata e quanto altro necessario;
- sistemi di distribuzione in barre di rame di adeguata sezione corredate di supporti isolanti con eventuali protezioni isolanti in plexiglas sulle parti in tensione;
- barra di terra in rame di adeguata sezione;
- cavi di sezione adeguata per cablaggio interno del quadro, isolanti in materiale termoplastico tipo N07-V/K;
- canaline per il contenimento dei conduttori in materiale plastico autoestinguente;
- morsettiere in materiale plastico termoindurente ad alta rigidità dielettrica e resistenza meccanica;
- capicorda preisolati;
- cartellini segna fili numerati;
- targhette per l'indicazione delle singole sezioni e dei vari circuiti in partenza;
- cartelli monitori da applicare sulle portelli del quadro;

- schema elettrico di potenza e funzionale aggiornato con le eventuali varianti concordate in corso d'opera.

Le caratteristiche costruttive dei quadri elettrici dovranno essere le seguenti:

- colonna in lamiera di acciaio zincato verniciato con epossipoliestere RAL 7035 bucciato;
- spessore lamiera 15/10;
- porta in lamiera di acciaio verniciato completa di maniglia e blocco a chiave reversibile e finestra con cristallo temperato spessore 4mm;
- pannelli sfinestrati 45 mm. per installazione di apparecchiature modulari su guida DIN;
- predisposizione per alloggiare sistemi di cablaggio rapido per correnti nominali fino a 400A;
- kit per installazione di interruttori scatolati fino a 400A;
- installazione a parete;
- portata di corrente massima delle barre: 400A
- tensione nominale di impiego: 690V
- tenuta ad impulso: 6kV
- corrente nominale di corto circuito I_{cn}: 25kA per 1 s
- grado di protezione massimo: IP65
- larghezza struttura: 600/800 mm.
- profondità utile colonna per struttura: 160/215/275 mm
- altezza struttura: 600/800/1000/1200 mm
- n° moduli DIN a pannello: 24/36
- predisposizione passaggio cavi: alto o basso
- forme di segregazione: 1

montato e cablato come da schemi elettrici di progetto, realizzato e collaudato conforme alle normative vigenti e corredato di accessori e oneri relativi per renderlo installato a regola d'arte.

I morsetti da utilizzare per la realizzazione delle morsettiere di connessione e derivazione dovranno essere di tipo componibile, adatti per il montaggio diretto su profilato di supporto secondo EN 50022, gli stessi dovranno essere asimmetrici rispetto all'asse del profilato, al fine di evidenziare visivamente eventuali errori di montaggio che possano creare cortocircuiti pericolosi per l'utilizzatore e per l'ambiente circostante.

Dovranno essere preagganciati in blocchi da dieci pezzi, per una migliore rigidità della morsettiera, almeno sino alla sezione nominale di 10mm², lasciando comunque la possibilità di sostituire, dalla morsettiera, singoli elementi senza intervenire né sugli adiacenti né sui blocchetti terminali.

I morsetti dovranno essere realizzati in modo che ogni elemento risulti componibile con altri, mantenendo le stesse dimensioni di larghezza sino al 16mm², senza la necessità di interporre separatori isolanti.

L'adozione d'eventuali separatori deve in ogni modo risultare possibile al fine di garantire una sicura distinzione visiva tra gruppi.

Il serraggio dovrà essere di tipo indiretto, con vite imperdibile per ogni terminale.

Il sistema di serrafilo dovrà essere in acciaio opportunamente trattato, per garantire la corretta forza di contatto, esente da spazi in aria in corrispondenza delle areole di pressione conduttiva e tale da non allentarsi in presenza di vibrazioni.

Dovrà inoltre essere intrinsecamente garantito il grado di protezione IP20 senza l'ausilio di protezioni almeno sino alla sezione di 240mm², con morsetto collegato su entrambi i lati.

In particolare i morsetti dovranno assicurare intrinsecamente tale grado anche nel caso vi siano montati i ponti di parallelo almeno sino alla sezione di 35mm², per i morsetti di sezione superiore è ammesso l'uso di protezioni.

I morsetti dovranno avere la possibilità di essere contrassegnati tramite cartellini fissati in modo stabile e sicuro in appositi alloggiamenti previsti sul corpo isolante; per sezioni fino al 35mm² si richiede la marcatura centrale.

I cartellini di siglatura dovranno risultare visibili anche a morsetto montato e cablato.

I morsetti dovranno essere conformi alle norme IEC 947 – 7 – 1.

TAVOLA DATI NOMINALI PER MORSETTI STANDARD VITE-VITE

Sezione (mm ²)	2,5	4	6	10	16	35	70	95	150	240
Corrente (A)	24	32	41	57	76	125	192	232	309	415
Tensione (V)	800	800	800	800	800	800	800	1000	1000	1000
Passo (mm.)	5	6	8	10	12	16	22	26	31	36

F2 - INTERRUITORI AUTOMATICI MODULARI

Interruttore automatico magnetotermico miniaturizzato con involucro isolante autoestinguente e atossico, certificato UL94 carta gialla per il grado di autoestinguenza V0 a spessore 1.6 mm, avente meccanica di tipo autoportante svincolata dall'involucro isolante, di dimensione modulare pari a 17,5 mm, comando a leva nera piombabile in posizione ON-OFF. I morsetti di collegamento saranno predisposti per il collegamento di cavi e barrette di collegamento. L'alimentazione sarà possibile sia dai morsetti superiori che inferiori.

- Tensione nominale di funzionamento in ca: 230/400V
- Frequenza di esercizio: 50-60Hz
- Nr. poli: (1+N; 1; 2; 3; 4)
- Potere di inter. (CEI 23.3): 6/10/15kA
- Corrente nominale ininterrotta (caratteristica B): (6...63)A
(caratter. C-D-K): (0.5...125)A
- Caratteristica di intervento: B-C-D-K
- Tenuta alla tensione a frequenza industriale: 2.5/3kV
- Numero di manovre meccaniche: 20.000
- Numero di manovre elettriche a Ue e In: 10.000

Accessori

Bobina e lancio di corrente:

Sono dotate di involucro isolante autoestinguente e atossico, certificato UL94 carta gialla per il grado di autoestinguenza V0 a spessore 1.6 mm, avente meccanica di tipo autoportante svincolata dall'involucro isolante, di dimensione modulare pari a 17.5 mm, predisposte per il montaggio laterale sinistro. Vengono utilizzate per provocare a distanza l'apertura degli interruttori automatici. Dovranno essere disponibili nelle tensioni 12 – 24 V c.a./c.c.; 48 – 130 V c.a.; 48 – 60 V c.c.; 220 – 415 V c.a.; 110 – 250 V c.c..

Bobine di minima tensione:

Sono utilizzate per proteggere l'utenza in caso di abbassamento di tensione e/o per realizzare l'arresto di emergenza in sicurezza positiva. Sono dotate di involucro isolante autoestinguente e atossico, certificato UL94 carta gialla per il grado di autoestinguenza V0 a spessore 1.6 mm, avente meccanica di tipo autoportante svincolata dall'involucro isolante, di dimensione modulare pari a 17.5 mm, predisposte per il montaggio laterale sinistro. Dovranno essere disponibili bobine con tensioni di 24V c.a. con ritardo; 24V c.c. con ritardo; 48V c.a.; 48V c.c.; 230V c.a..

F3 - INTERRUTTORI DIFFERENZIALI MODULARI ACCOPPIABILI A MAGNETOTERMICI

I blocchi differenziali dovranno essere adatti per l'assemblaggio con gli interruttori automatici della medesima serie. Dovranno essere dotati di involucro isolante autoestinguente e atossico, certificato UL94 carta gialla per il grado di autoestinguenza V0 a spessore 1.6 mm, avente meccanica di tipo autoportante svincolata dall'involucro isolante. Il dispositivo differenziale dovrà essere idoneo al funzionamento in presenza di correnti alternate sinusoidali ed in presenza di correnti alternate sinusoidali, pulsanti e componenti continue ed ha resistenza agli scatti intempestivi dovuti alle sovratensioni pari a 250A di picco con onda 8/20 μ s.

Tensione nominale di funzionamento in ca:	230/400 V
Frequenza di esercizio:	50-60Hz
Caratteristica di funzionamento:	A-AC-SELETTIVI
Potere di inter. in cto. cto.:	= inter. aut. accoppiato
Taglia :	25, 40, 63, 100A
Nr. poli:	2-3-4
Sensibilità nominale differenziale:	0.03 – 0.1 – 0.3 – 0.5 – 1 – 2
Numero di manovre meccaniche:	20.000
Numero di manovre elettriche a Ue e In:	10.000; 20000 (taglia 100/125A)

F4 - INTERRUTTORI DIFFERENZIALI PURI MODULARI

Interruttore differenziale senza sganciatori magnetotermici miniaturizzato con involucro isolante autoestinguente e atossico, certificato UL94 carta gialla per il grado di autoestinguenza V0 a spessore 1.6 mm, avente meccanica di tipo autoportante svincolata dall'involucro isolante, di dimensione modulare pari a 17,5 mm, leva di comando blu piombabile in posizione ON-OFF, per la versione da 125 A dovrà essere disponibile il comando a leva blu rotante. I morsetti di collegamento dovranno essere predisposti per il collegamento di cavi e barrette di collegamento. Il dispositivo differenziale dovrà essere di tipo idoneo al funzionamento in presenza di correnti alternate sinusoidali, pulsanti e componenti continue ed ha resistenza agli scatti intempestivi dovuti alle sovratensioni pari a 250A di picco con onda 8/20 μ s.

Tensione nominale di funzionamento in ca:	230/400 V
Frequenza di esercizio:	50-60Hz
Caratteristica di funzionamento:	A-AC-SELETTIVI
Nr. Poli:	2-4
Potere di inter. Differenziale non condizionato:	1.5kA
Corrente nominale ininterrotta:	16-125A
Tenuta alla tensione a frequenza industriale:	2.5kV
Numero di manovre meccaniche:	20.000
Numero di manovre elettriche a Ue e In:	10.000
Sensibilità nominale differenziale:	0.01-0.03-0.3-0.5-1 A
Tensione di isolamento 500V - grado di inquinamento 2 - gruppo materiale III, idoneo al sezionamento.	

F5 - CONDUTTORI DI BASSA TENSIONE

Per tutti gli impianti di cui al presente progetto e alimentati direttamente in BT, la tensione nominale di riferimento minima, ove non diversamente specificato, è

$$V_0/V = 450/750V$$

La sezione minima da adottare per i conduttori, qualora non sia specificata chiaramente negli elaborati, è:

- 1.5mm² per le derivazioni sui circuiti luce
- 2.5 mm² per le linee f.m. facenti capo ad una singola utilizzazione

I cavi da utilizzare dovranno avere livello di rischio Euroclasse CPR CEI UNEL 35016 Cca-s1b, d1, a1

La sezione dei conduttori di cablaggio all'interno dei quadri sarà tale da garantire la portata della corrente massima della relativa protezione.

F6 - TUBI DI CONTENIMENTO CAVI E CONDUTTORI

Per tutti gli impianti, compresi quelli a tensione ridotta, saranno utilizzate solo tubazioni contemplate dalle vigenti tabelle UNEL e provviste di IMQ, cioè tubazioni di materiale plastico o tubazioni in acciaio zincato (in tal caso le tubazioni saranno messe a terra).

Le tubazioni avranno sezione tale da consentire un facile infilaggio e sfilaggio dei conduttori; in particolare il loro diametro sarà, in rapporto alla sezione e al numero dei conduttori, superiore di almeno il 40% alle dimensioni d'ingombro dei conduttori stessi.

Saranno previsti raggi di curvatura delle tubazioni tali da evitare abrasioni e trazioni meccaniche nei cavi durante le operazioni di infilaggio e sfilaggio.

Le tubazioni degli impianti esterni saranno adeguatamente fissate alla parete a travi o traverse con le apposite graffette ferma tubo o con sostegni appositi, con frequenza tale da garantire indeformabilità e rigidità delle tubazioni medesime.

Tubo protettivo in acciaio zincato

Tubo protettivo serie leggera per conduttori elettrici in acciaio zincato a caldo con metodo Sendzimir esternamente ed internamente; compreso accessori di montaggio IP55 quali manicotti, bocchettoni a tre pezzi, accessori di fissaggio e filettatura conica rispondente alla Norma UNI 6125 vigente; conforme a IMQ ed alle norme CEI 23-25, 23-26, 23-28 ed UNI 7683.

F7 - SCATOLE E CASSETTE DI DERIVAZIONE

Per tutti gli impianti incassati, compresi quelli a tensione ridotta, non sono ammesse scatole o cassette i cui coperchi non coprano abbondantemente il giunto cassetta muratura; non sono ammessi neppure coperchi fissati a semplice pressione, ma soltanto quelli fissati con viti. Le dimensioni minime ammesse sono 80mm di diametro e 70mm di lato. Non sono ammesse cassette di legno o di materiale plastico, ma solo quelle di materiale termoplastico autoestinguente. Per tutti gli impianti a vista si dovranno utilizzare cassette e scatole di derivazione a tenuta, in materiale metallico o plastico infrangibile, antiurto e autoestinguente complete di coni o bocchettoni. Si intendono a tenuta quelle apparecchiature con grado di protezione almeno IP44.

Isolamento di classe II - Colore: grigio RAL 7035.

Esecuzione in materiale policarbonato autoestinguente e resistente al calore anormale ed al fuoco fino a 960°C (prova del filo incandescente) secondo Norma IEC 695-2-1. Resistenza agli urti: 20 joule (IK10)

Stabilità dimensionale in funzionamento continuo: da -25°C a +115°C. Materiale a basso contenuto di alogeni.

Possibilità di cernieramento della parte frontale con apertura a 140°.

Fondo scatola attrezzato per il montaggio con piastre di fondo in metallo o materiale isolante.

Elevata resistenza ai raggi UV. Scatole realizzate in conformità alla Norma CEI 23-48 e IEC 670.

F8 - GUAINE E RACCORDI

Tutte le guaine da impiegarsi per l'allacciamento delle utenze in derivazione da spine, scatole e tubazioni rigide, dovranno essere del tipo con anima di acciaio a spirale, seppure flessibili.

Il rivestimento esterno sarà in PVC autoestinguente.

I raccordi da impiegarsi dovranno garantire, a mezzo di collegamento filettato, una ottimale continuità elettrica e meccanica, e, a mezzo di bussola in nylon, un'ottima ermeticità.

F9 - PRESE PROTETTE

Le prese protette dovranno essere, se per esterno, in resina autoestinguente antiurto o in alluminio presso fuso verniciato; se incassate, saranno di tipo modulare con supporti in resina e mostrina pure in resina o anodizzata.

Le prese trifasi e monofasi, dovranno essere di tipo CEE17, con fusibili a tappo o interruttore automatico di protezione e blocco con grado di protezione minimo IP55.

G - SCELTA DEI MATERIALI IN RELAZIONE AL RISCHIO DI INCENDIO

I materiali impiegati in relazione al rischio di incendio sono i seguenti:

- Quadri elettrici principali e secondari:
 - quadri a parete, pavimento o da incasso, realizzati in materiale plastico autoestinguente o con struttura metallica;
 - cablaggi interni realizzati con cavi non propagante l'incendio (Norma CEI 20-22/III);
 - cablaggi ausiliari soggetti a surriscaldamento in caso di guasto (voltmetrici e/o amperometrici) protetti contro gocciolamento dell'isolante mediante calze in materiale siliconico;
 - tutti i materiali plastici utilizzati per canali, morsettiere, custodie di apparecchi e strumenti, supporti, fascette, etichette, ecc. di tipo autoestinguente;
- Cavi della distribuzione principale di tipo non propagante l'incendio e a bassa emissione di gas tossici (norma CEI 20-38);
- Cavi della distribuzione principale e secondaria di tipo non propagante l'incendio (norma CEI 20-22/II);
- Cavi facenti parte di impianti di sicurezza che devono funzionare durante un incendio del tipo resistente al fuoco (norma CEI 20-36);

Tutti i materiali plastici utilizzati per tubazioni, canali, morsettiere, scatole, coperchi, custodie, supporti, fascette, etichette, ecc. in materiale plastico autoestinguente, con l'eventuale sola eccezione dei componenti totalmente incassati in pareti in muratura o in materiale incombustibile.

Tutte le prescrizioni sopra elencate valgono anche, in quanto applicabili, per gli impianti speciali.

H - CONCLUSIONI, VERIFICHE e DOCUMENTAZIONE

Al termine dei lavori la ditta installatrice dovrà provvedere ad eseguire un collaudo degli impianti elettrici realizzati in seguito al quale dovrà pure produrre tutte le necessarie documentazioni tecniche necessarie alla corretta ultimazione dei lavori; gli elaborati da produrre saranno quindi:

1. Dichiarazione di conformità al D.M. 22 Gennaio 2008 n. 37 Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici (G.U. n.61 del 12/03/2008) in 3 copie, completi di tutti gli allegati obbligatori;
2. Certificazione dei quadri elettrici costruiti secondo le norme CEI 23/51, 17/13 (1 copia) completi di tutti gli allegati obbligatori;
3. Elaborati progettuali aggiornati allo stato di fatto finale (planimetrie, schemi di installazione, schemi di quadri, ecc.), che dovranno essere forniti in n. 3 copie cartacee ed una su supporto informatico AUTOCAD;

Gli elaborati finali dovranno essere timbrati e firmati da professionista abilitato.

I – TIPOLOGIA DEI MATERIALI

Elenchiamo di seguito alcune case madri produttrici dei materiali idonei al tipo di installazione prevista nel presente appalto, le quali non sono vincolanti, servono solamente per dare un'indicazione qualitativa del materiale da impiegare nella realizzazione delle opere, **i materiali dovranno comunque essere approvati dalla D.L.**

- **Quadri elettrici monoblocco/componibili**

- | | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| ○ Carpenterie quadri | ABB, Siemens, Schneider-Electric |
| ○ interruttori automatici modulari | ABB, Siemens, Schneider-Electric |
| ○ dispositivi ausiliari | ABB, Siemens, Schneider-Electric |
| ○ Morsettiere da guida DIN | Weidmuller, Enetrec, Eleco |
| ○ Dispositivi siglatura fili | Grafoplast, Weidmuller |

- **Conduttori**

Prismyan, Aristoncavi, Generalcavi

- **Apparecchi di comando e prese**

Bticino, Vimar,

- **Tubazioni, guaine in PVC ed accessori**

Inset, Fatiflex, Dielectrix, Sarel

- **Materiale impianto di terra**

Carpaneto & Sati, Volta, Arnocanali