



# COMUNE DI DOSOLO

REGIONE LOMBARDIA - PROVINCIA DI MANTOVA  
PIAZZA GARIBALDI, 3  
46030 - DOSOLO (MN)

## ADEGUAMENTO IMPIANTI ELETTRICI SCUOLA PRIMARIA, SECONDARIA DI I GRADO, PALESTRA SCOLASTICA E CENTRALE TERMICA

### - PALESTRA SCOLASTICA -

IL PROFESSIONISTA



**PER. IND.  
ENRICO TAINO**

PROGETTAZIONE E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

VIA MASCAGNI, N.10 - 46031 BAGNOLO SAN VITO (MN)  
CELL: 346-7282169 - MAIL: ENRICO.TAINO@VIRGILIO.IT

REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI MANTOVA

COMUNE DI DOSOLO

ELABORATO

TAVOLA N.

**RIFERIMENTI NORMATIVI  
RELAZIONE TECNICA**

**03**

COMMITTENTE

**COMUNE DI DOSOLO**

PIAZZA GARIBALDI, 3  
46030 DOSOLO (MN)

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

**ARCH. RICCARDO BELFANTI**

COMUNE DI DOSOLO  
AREA TECNICA  
LAVORI PUBBLICI, DEMANIO E PATRIMONIO

DATA

**FEBBRAIO 2019**

SCALA

:-

# PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

## RIFERIMENTI NORMATIVI

### GENERALITÀ

Gli impianti elettrici dovranno essere eseguiti secondo le prescrizioni generali e particolari qui di seguito specificate, fermi restando l'osservanza dei più moderni criteri della tecnica impiantistica ed il fedele e costante rispetto delle Leggi e delle Norme vigenti in materia, nonché delle buone regole di installazione; in particolare si fa riferimento alle seguenti Norme, Leggi e disposizioni:

CEI 0-2	Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
CEI 0-3	Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati
<i>CEI 0-3 VI</i>	Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati
<i>CEI 0-10</i>	Guida per la manutenzione degli impianti elettrici
<i>CEI 0-11</i>	Guida alla gestione in qualità delle misure per la verifica degli impianti elettrici ai fini della sicurezza
<i>CEI 11-1</i>	Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
<i>CEI 11-1 VI</i>	Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
<i>CEI 11-4</i>	Esecuzione delle linee elettriche aree esterne
<i>CEI EN 60332</i>	Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni d'incendio
<i>CEI EN 60439-1</i>	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)
<i>CEI EN 60439-2</i>	Apparecchiature assiegate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri elettrici per bassa tensione) Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti a sbarre
<i>CEI EN 60439-2/Ec</i>	Apparecchiature assiegate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri elettrici per bassa tensione) Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre
<i>CEI EN 60439-2/A1</i>	Apparecchiature assiegate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri elettrici per bassa tensione) Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre
<i>CEI EN 60439/3</i>	Apparecchiature assiegate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 3: Prescrizioni particolari per

# PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

	apparecchiature assiegate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso – Quadri di distribuzione (ASD)
<i>CEI EN 60439-3/A2</i>	Apparecchiature assiegate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiegate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso. Quadri di distribuzione. (ASD).
<i>CEI EN 60898</i>	Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari
<i>CEI EN 61386</i>	Sistemi di tubi e accessori per installazione elettriche
<i>CEI EN 60998-1</i>	Dispositivi di connessione per circuiti a bassa tensione per usi domestici e similari
<i>CEI EN 60529</i>	Gradi di protezione degli involucri (codice IP)
<i>CEI EN 62041</i>	Trasformatori, unità di alimentazione, reattori e prodotti similari – Prescrizioni EMC
<i>CEI EN 60931-1</i>	Condensatori statici di rifasamento di tipo non autoestinguente per impianti di energia a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 1000V. Parte1: Generalità – Prestazioni, prove e valori nominali – Prescrizioni di sicurezza. Guida per l'installazione e l'esercizio.
<i>CEI EN 60081</i>	Lampade fluorescenti a doppio attacco. Specifiche di prestazione.
<i>CEI EN 60598-1</i>	Apparecchi di illuminazione. Parte 1: Prescrizioni generali e prove
<i>CEI EN 60662</i>	Lampade a vapori di sodio ad alta pressione
<i>CEI EN 60998-2-1</i>	Dispositivi di connessione per circuiti a bassa tensione per usi domestici e similari. Parte 2-1: Prescrizioni particolari per dispositivi di connessione come parti separate con unità di serraggio di tipo a vite
<i>CEN EN 61008-1</i>	Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari
<i>CEI EN 61009-1</i>	Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari
<i>CEI EN 50086-2-4</i>	Sistemi di canalizzazione per cavi. Sistema tubi. Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati
<i>CEI EN 50086-2-4/A1</i>	Sistemi di canalizzazione per cavi. Sistema tubi. Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati

# PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

<i>CEI EN 50172</i>	Sistemi di illuminazione di emergenza
<i>CEI 11-1</i>	Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata.
<i>CEI 11-17</i>	Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – linee in cavo
<i>CEI 11-17 VI</i>	Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – linee in cavo
<i>CEI 11-27</i>	Esecuzione dei lavori su impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
<i>CEI 11-27 VI</i>	Esecuzione dei lavori su impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
<i>CEI 11-35</i>	Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente
<i>CEI 11-37</i>	Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1kV
<i>CEI 17-13/1</i>	Apparecchiature assiegate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)
<i>CEI 17-13/2</i>	Apparecchiature assiegate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre
<i>CEI 17-13/3</i>	Apparecchiature assiegate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiegate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso
<i>CEI 17-13/3 VI</i>	Apparecchiature assiegate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiegate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso
<i>CEI 17-13/4</i>	Apparecchiature assiegate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiegate per cantiere (ASC)
<i>CEI 17-13/4 VI</i>	Apparecchiature assiegate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiegate per cantiere (ASC)

# PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

<i>CEI 17-43</i>	Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per le apparecchiature assiegate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS)
<i>CEI 17-70</i>	Guida all'applicazione delle norme dei quadri di bassa tensione
<i>CEI 17-71</i>	Involucri vuoti per apparecchiature assiegate di protezione e manovra per bassa tensione Prescrizioni generali
<i>CEI 20-13</i>	Cavi con isolamento in estruso in gomma per tensioni nominali ad 1 a 30 kV.
<i>CEI 20-14</i>	Cavi con isolamento in polivinilcloruro per tensioni nominali ad 1 a 3 kV.
<i>CEI 20-19</i>	Cavi isolati con gomma con tensione nominale $U_0/U$ non super. a 450/750 V
<i>CEI 20-20</i>	Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale $U_0/U$ non super. a 450/750 V (fasc.663)
<i>CEI 20-22</i>	Prove d'incendio su cavi elettrici
<i>CEI 20-27</i>	Cavi per energia e per segnalamento Sistema di designazione
<i>CEI 20-27 VI</i>	Cavi per energia e per segnalamento Sistema di designazione
<i>CEI 20-34</i>	Metodi di prova per materiali isolanti e di guaina dei cavi elettrici
<i>CEI 20-38</i>	Cavi isolati con gomma non propagante l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi.
<i>CEI 20-39</i>	Cavi ad isolamento minerale.
<i>CEI 20-36</i>	CEI EN 50200 Cavi resistenti al fuoco con tensione nominale $U_0/U$ non superiore a 0,6/1 kV.
<i>CEI 20-40</i>	Guida per l'uso di cavi a bassa tensione
<i>CEI 20-45</i>	Cavi resistenti al fuoco isolati con miscela elastomerica con tensione nominale $U_0/U$ non superiore a 0,6/1 kV.
<i>CEI 20-65</i>	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio
<i>CEI 23-3</i>	Interruttori automatici di sovracorrente per usi domestici e similari per tensione nominale non superiore a 415 V in corrente alter. (fasc.452)
<i>CEI 23-18</i>	Interruttori differenziali per usi domestici e similari e interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per usi

# PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

	domestici e similari (fasc. 297)
<i>CEI 23-14</i>	Tubi flessibili in PVC e loro accessori (fasc.297)
<i>CEI 23-8</i>	Tubi rigidi in PVC e loro accessori (fasc.335)
<i>CEI 23-31</i>	Sistemi di canali metallici e loro accessori ad uso portacavi e porta apparecchi.
<i>CEI 23-32</i>	Sistemi di canali di materiale plastico isolante e loro accessori ad uso porta cavi e porta apparecchi per soffitto e pareti.
<i>CEI 23-39</i>	CEI EN 50086-1 Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Prescrizioni generali.
<i>CEI 23-46</i>	CEI EN 50086-2-4 Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Tubi interrati.
<i>CEI 23-49</i>	Involucri per apparecchi per installazioni elettriche fisse per usi domestici e similari. Parte 2: Prescrizioni particolari per involucri destinati a contenere dispositivi di protezione ed apparecchi che nell'uso ordinario dissipano una potenza non trascurabile
<i>CEI 23-51</i>	Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
<i>CEI 23-51 VI</i>	Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
<i>CEI 23-51 V3</i>	Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
<i>CEI 23-51 V4</i>	Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
<i>CEI 23-54</i>	CEI EN 50086-2-1 Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Tubi rigidi.
<i>CEI 23-55</i>	CEI EN 50086-2-2 Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Tubi pieghevoli.
<i>CEI 23-56</i>	CEI EN 50086-2-3 Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Tubi flessibili.
<i>CEI 23-58</i>	CEI EN 50085-1 Sistemi di canali e di condotti per installazioni elettriche. Prescrizioni generali.
<i>CEI 23-73</i>	Colonne e torrette a pavimento per installazioni elettriche
<i>CEI 31-27</i>	Guida per l'esecuzione degli impianti elettrici nelle centrali termiche non inserite in un ciclo di produzione; (giugno 1996 – fasc. 2789);
<i>CEI 31-30</i>	Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Parte 10: Classificazione dei luoghi pericolosi; (ottobre 1996 – fasc. 2895);

# PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

<i>CEI 31-33</i>	Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Parte 14: Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas (diversi dalle miniere); (gennaio 1998; fasc. 4139);
<i>CEI 31-34</i>	Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Parte 17: Verifica e manutenzione degli impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas (diversi dalle miniere)
<i>CEI 31-35</i>	Costruzioni elettriche per atmosfere potenzialmente esplosive per la presenza di gas Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) Classificazione dei luoghi pericolosi
<i>CEI 31-35A</i>	Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Guida alla classificazione dei luoghi pericolosi; (edizione 2007);
<i>CEI 31-36</i>	Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di polvere combustibile Parte 1-2: Costruzioni elettriche protette da custodie Scelta, installazione e manutenzione
<i>CEI 31-52</i>	Costruzioni per atmosfere esplosive per la presenza di polvere combustibile Parte 3: Classificazione dei luoghi dove sono o possono essere presenti polveri combustibili
<i>CEI 31-66</i>	CEI EN 61241-10 Costruzioni elettriche destinate ad essere utilizzate in presenza di polveri combustibili. Parte10: classificazione delle aree dove sono o possono essere presenti polveri combustibili; (2006/05 – fasc. 8290);
<i>CEI 31-67</i>	CEI EN 61241-14 Costruzioni elettriche destinate ad essere utilizzate in presenza di polveri combustibili. Parte14: scelta ed installazione; (2006/05 – fasc. 8293);
<i>CEI 31-68</i>	CEI EN 61241-17 Costruzioni elettriche destinate ad essere utilizzate in presenza di polveri combustibili. Parte17: verifica e manutenzione degli impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione (diversi dalle miniere); (2006/05 – fasc. 8291);
<i>CEI 34-21</i>	Apparecchi di illuminazione. Parte 1a:
<i>CEI 34-22</i>	Apparecchi di illuminazione. Parte 2a: Requisiti particolari. Apparecchi per l'illuminazione di emergenza.
<i>CEI 64-2</i>	Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione Prescrizioni specifiche per la presenza di polveri infiammabili e sostanze

# PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

	esplosive (2001/03 - fasc. 5964 C)
<i>CEI 64-8</i>	VOLUME Norma CEI 64-8 per impianti elettrici utilizzatori. Criteri di applicabilità. Prescrizioni di progettazione ed esecuzione. Legge 46/90 e decreti ministeriali attuativi.
<i>CEI 64-8/1</i>	VI° edizione (Gennaio 2007 – fasc. 8608) Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.: Scopo e principi fondamentali;
<i>CEI 64-8/2</i>	VI° edizione (Gennaio 2007 – fasc. 8609) Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.: Definizioni;
<i>CEI 64-8/3</i>	VI° edizione (Gennaio 2007 – fasc. 8610) Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.: Caratteristiche generali;
<i>CEI 64-8/4</i>	VI° edizione (Gennaio 2007 – fasc. 8611) Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.: <u>Prescrizioni per la sicurezza</u>
<i>CEI 64-8/5</i>	VI° edizione (Gennaio 2007 – fasc. 8612) Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.: Scelta ed installazione dei componenti elettrici
<i>CEI 64-8/6</i>	VI° edizione (Gennaio 2007 – fasc. 8613) Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.: Verifiche;
<i>CEI 64-8/7</i>	VI° edizione (Gennaio 2007 – fasc. 8614) Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.: Ambienti ed applicazioni particolari
<i>CEI 64-12</i>	Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
<i>CEI 64-14</i>	Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori.
<i>CEI 64-15</i>	Impianti elettrici negli edifici pregevoli per rilevanza storica e/o artistica; (ottobre 1998; fasc. 4830);
<i>CEI 64-16</i>	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua Protezione contro le interferenze elettromagnetiche (EMI) negli impianti elettrici
<i>CEI 64-17</i>	Guida all'esecuzione degli impianti elettrici nei cantieri

# PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

<i>CEI 64-50</i>	Edilizia residenziale Guida per l'esecuzione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione per impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati Criteri generali
<i>CEI 64-51</i>	Guida all'esecuzione degli impianti elettrici nei centri commerciali
<i>CEI 64-52</i>	Guida all'esecuzione degli impianti elettrici negli edifici scolastici. (2006 / 08 – fasc. 8444)
<i>CEI 64-53</i>	Edilizia residenziale Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri particolari per edifici ad uso prevalentemente residenziale
<i>CEI 64-54</i>	Edilizia residenziale Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri particolari per i locali di pubblico spettacolo
<i>CEI 64-55</i>	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati Criteri particolari per le strutture alberghiere
<i>CEI 64-56</i>	Edilizia ad uso residenziale e terziario Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici Criteri particolari per locali ad uso medico
<i>CEI 81-10/1</i>	CEI EN 62305-1 Protezione delle strutture contro i fulmini (aprile 2006 – fasc. 8226);
<i>CEI 81-10/2</i>	CEI EN 62305-2 Protezione contro i fulmini. Valutazione del rischio.(aprile 2006 – fasc. 8227);
<i>CEI 81-10/3</i>	CEI EN 62305-3 Protezione contro i fulmini. Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture. (aprile 2006 – fasc. 8229).
<i>CEI 81-10/4</i>	CEI EN 62305-4 Protezione contro i fulmini. Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone. (aprile 2006 – fasc. 8228).
<i>CEI 306-2</i>	Guida per il cablaggio per telecomunicazioni e distribuzione multimediale negli edifici

# PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

	residenziali
<i>CEI – UNEL 00722</i>	Identificazione dei cavi
<i>CEI – UNEL 35024/1</i>	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata a 1500V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa aria.
<i>CEI – UNEL 35375</i>	Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina in PVC, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di alogeni. Cavi unipolari e multipolari con conduttori flessibili per posa fissa con e senza schermo (treccia o nastro). Tensione nominale U0/U: 0.6/1 kV.
<i>CEI – UNEL 35752</i>	Cavi per energia isolati con polivinilcloruro non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di alogeni. Cavi unipolari senza guaina con conduttori flessibili. Tensione nominale U0/U : 450/750 V.
<i>CEI – UNEL 35755</i>	Cavi per comando e segnalamento isolati con polivinilcloruro, sotto guaina di PVC, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di alogeni. Cavi multipolari con conduttori flessibili per posa fissa, con o senza schermo (treccia o nastro). Tensione nominale U0/U: 0.6/1 kV.
<i>CEI – UNEL 35756</i>	Cavi per energia isolati con polivinilcloruro, sotto guaina di PVC, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di alogeni. Cavi multipolari con conduttori flessibili per posa fissa, con o senza schermo (treccia o nastro). Tensione nominale U0/U: 0.6/1 kV.
<i>UNI 11095:2003</i>	Luce e illuminazione – illuminazione delle gallerie
<i>UNI 10819:1999</i>	Luce e illuminazione – Impianti di illuminazione esterna – Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.
<i>UNI EN 1838: 2000</i>	Applicazione dell'illuminotecnica – illuminazione di emergenza
<i>UNI EN 12193:2001</i>	Luce e illuminazione – illuminazione di installazioni sportive
<i>UNI EN 12464-1:2011</i>	Illuminazione dei luoghi di lavoro
<i>EN 12464-2:2007</i>	Light and lighting – Lighting of work places – Part 2: Outdoor work places
<i>UNI EN 40</i>	Pali per illuminazione. Termini e definizioni
<i>UNI CEI 70030: 1998 30/09/1998</i>	Impianti tecnologici sotterranei – Criteri generali di posa
<i>UNI EN 13201-2:2004</i>	Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali

# PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

<i>UNI EN 13201-3:2004</i>	Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni
<i>UNI EN 13201-4:2004</i>	Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche
<i>UNI 11248:2012</i>	Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche
<i>UNI 9795:2005</i>	Sistemi fissi automatici di rivelazione, di segnalazione manuale e di allarme d'incendio
<i>UNI EN 1838:2000</i>	Illuminazione d'emergenza
<i>UNI 11222:2006</i>	Impianti di illuminazione di sicurezza degli edifici
<i>UNI 10779</i>	Impianti di estinzione incendi- Reti di idranti Progettazione, installazione ed esercizio.
<i>DPR n°547 del 27/04/1955</i>	Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro
<i>Legge n°791 del 18/10/1977</i>	Attuazione della Direttiva del Consiglio delle Comunità Europee (n°72/23CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione. Gazzetta Ufficiale 02/11/1977 n°298.
<i>Legge n°186 01/03/1968</i>	Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, materiale e impianti elettrici ed elettronici. Gazzetta Ufficiale 23/03/1969 n° 77.
<i>DPR n°384 del 27/04/1978</i>	Regolamento di attuazione dell'art.27 della Legge 30 Marzo 1971 n°118 a favore dei mutilati e invalidi civili in materia di barriere architettoniche e trasporti pubblici.
<i>Legge n°13 del 09/01/1989</i>	Abbattimento delle barriere architettoniche in favore dei portatori di handycaps.
<i>DM 10/04/1984 :</i>	Disposizioni per la prevenzione e l'eliminazione dei radiodisturbi provocati dagli apparecchi di illuminazione per lampade fluorescenti munite di starter.
<i>18/06/1984 n°166</i>	<i>Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale</i>
<i>DM 1/02/1986</i>	Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili
<i>DM 16/05/1987 n°246 :</i>	Norme di sicurezza antincendi per gli edifici di civile abitazione.
<i>D.M. n°37 22/01/2008</i>	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.
<i>D.P.R. 19/03/1956 n°303</i>	Norme generali per l'igiene del lavoro
<i>D.P.R. 18/04/1994 n° 392</i>	Regolamento recante disciplina del procedimento di riconoscimento delle imprese ai

# PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

	fini della installazione, ampliamento e trasformazione degli impianti nel rispetto delle norme di sicurezza.
<i>D. Lgs 03/08/2009 n°106:</i>	Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
<i>n° 16 del 15 febbraio 1951</i>	<i>Circolare Ministero dell'Interno</i>
<i>n° 16 del 16 giugno 1980.</i>	<i>Circolare Ministero dell'Interno</i>
<i>Decreto 20/05/1999. n°569</i>	Norme di sicurezza per gli edifici storici e artistici destinati a musei, gallerie, esposizioni o mostre;
<i>Legge Regionale 27 Marzo 2000 – n°17 :</i>	Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso.
<i>DPR 22/10/01 n.462:</i>	“Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi”.
<i>D.M. 18 Settembre 2002:</i>	“Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle strutture sanitarie pubbliche e private”
<i>D.M. 14 Maggio 2004:</i>	“Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per l'installazione e l'esercizio dei depositi di gas di petrolio liquefatto con capacità complessiva non superiore a 13 mc.
<i>Legge Regionale 21 Dicembre 2004 – n°38 :</i>	Modifiche e integrazioni alla Legge Regionale 27 Marzo 2000, n°17 (Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso) ed ulteriori disposizioni.
<i>D.M. 22 Febbraio 2006:</i>	“Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio di edifici e/o locali destinati ad uffici.”

Con preciso riferimento a quanto prescritto dalle Norme di installazione, gli impianti elettrici saranno realizzati con materiali provvisti del Marchio Italiano di Qualità (I.M.Q.) per tutti i prodotti per i quali il marchio stesso è previsto. In tutti i casi, comunque, i materiali dovranno essere scelti fra quanto di meglio il mercato sia in grado di offrire, tenuto anche conto dell'importanza della continuità del servizio e della facilità di manutenzione.

La documentazione di progetto risponderà in ogni caso alle indicazioni della guida CEI 0-2 “guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici” ed alle richieste della legislazione vigente in materia di lavori pubblici.

## **PRESCRIZIONI RIGUARDANTI I CIRCUITI**

### **A) SCELTA E MESSA IN OPERA DELLE CONDUTTURE:**

I cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria devono essere adatti a tensioni nominali verso terra e tensione nominale ( $U_0/U$ ) non inferiori a 450/470 V, il cui simbolo di designazione è 07.

I conduttori utilizzati nei circuiti di segnalazione e comando devono essere adatti a tensioni nominali non inferiori a 300/500 V, in questo caso il simbolo di designazione è 05. Questi ultimi, se posati nello stesso tubo, condotto o canale con cavi previsti a tensioni nominali superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore.

In ogni caso il tipo di cavo impiegato deve essere correlato con il tipo di posa adatto allo scopo secondo le prescrizioni dei capitoli 521 e 522 della norma CEI 64-8 fascicolo 6873 con particolare attenzione alle tabelle 52a – 52b – 52c della norma stessa.

Per I condotti sbarre ci si deve attenere alla Norma CEI EN 60947-2 (CEI 17-13/2) e devono essere messi in opera secondo le indicazioni del costruttore.

### **B) COLORI DISTINTIVI DEI CAVI:**

I conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00722-74 e 00712 ed in accordi con la norma CEI EN60440 (CEI 16-4) "Individuazione dei conduttori tramite colori o codici numerici". In particolare i conduttori, in relazione alla loro costituzione, devono rispettare le seguenti colorazioni:

<b>CONDUTTORI UNIPOLARI</b>	<b>COLORAZIONE</b>
Conduttore di protezione, equipotenziale e di terra	Giallo-verde
Conduttore PEN	Blu chiaro con fascetta giallo-verde Giallo-verde con fascetta blu chiaro
Conduttore di neutro	Blu chiaro
Conduttore di fase	Nessuna colorazione imposta

<b>CONDUTTORI UNIPOLARI CON GUAINA</b>	<b>COLORAZIONE</b>
Conduttore di protezione, equipotenziale e di terra	fascetta giallo-verde
Conduttore PEN	Fascetta blu chiaro più fascetta giallo-verde
Conduttore di neutro	Fascetta blu chiaro
Conduttore di fase	Nessuna colorazione imposta

Per quanto riguarda i conduttori di fase, devono essere contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto.

### **C) SEZIONI MINIME E CADUTE DI TENSIONE AMMESSE:**

Le sezioni dei conduttori, calcolate in funzione della potenza impegnata e dalla lunghezza dei circuiti, affinché la caduta di tensione non superi il valore del 4% della tensione nominale dell'impianto (Norma CEI 64-8 art. 525) devono essere scelte tra quelle unificate.

In ogni caso non devono essere superati 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:

# PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

TIPI DI CONDUTTURA		USO DEL CIRCUITO	CONDUTTORE	
			Materiale	Sezione (mm <sup>2</sup> )
Condutture fisse	Cavi	Circuiti di potenza	Cu Al	1,5 16 (nota 1)
		Circuiti di segnalazione e ausiliari di comando	Cu	0,5 (nota 2)
	Conduttori nudi	Circuiti di potenza	Cu Al	10 16 (nota 4)
		Circuiti di segnalazione e ausiliari di comando	Cu	4 (nota 4)
Condutture mobili con cavi flessibili		Per un apparecchio utilizzatore specifico	Cu	Come specificato nella corrispondente Norma CEI
		Per qualsiasi altra applicazione		0,75 (nota 3)
		Circuiti a bassissima tensione per applicazioni speciali		0,75

- 1) Si raccomanda che i mezzi di connessione usati alle estremità dei conduttori di alluminio siano provati ed approvati per questo uso specifico.
- 2) Nei circuiti di segnalazione e di comando destinati ad apparecchiature elettroniche è ammessa una sezione di 0,1 mm<sup>2</sup>.
- 3) Per i cavi flessibili multipolari, che contengano 7 o più anime, si applica la nota 2.
- 4) Sono allo studio prescrizioni particolari per circuiti di illuminazione a bassissima tensione.

## D) SEZIONE MINIMA DEI CONDUTTORI NEUTRI:

La sezione dei conduttori neutri non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase nei circuiti monofase qualsiasi sia la sezione del conduttore di fase; nei circuiti polifase a tre fili quando la dimensione dei conduttori di fase sia inferiore o uguale a 16 mm<sup>2</sup> se in rame o 25 mm<sup>2</sup> se in alluminio (norma CEI 64-8 art. 524.2).

Per conduttori in circuiti polifase, con sezione superiore a 16 mm<sup>2</sup> se in rame o 25 mm<sup>2</sup> se in alluminio, la sezione dei conduttori neutri può essere inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte contemporaneamente le seguenti condizioni (norma CEI 64-8 art. 524.3):

- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale 16 mm<sup>2</sup> se in rame o 25 mm<sup>2</sup> se in alluminio;

La corrente massima, comprese le eventuali armoniche, che si prevede possa percorrere il conduttore di neutro durante il servizio ordinario, non sia superiore alla corrente ammissibile corrispondente alla sezione ridotta del conduttore di neutro.

## **PRESCRIZIONI RIGUARDANTI I TUBI PROTETTIVI, I PERCORSI E LE CASSETTE DI DERIVAZIONE**

I conduttori, a meno che non si tratti di installazioni volanti, devono essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente.

Dette protezioni possono essere: tubazioni, canalette porta cavi, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile ecc.

Il diametro dei tubi deve essere pari almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto dal fascio di cavi in esso contenuto. Tale coefficiente di maggiorazione deve essere aumentato a 1,5 quando i cavi siano del tipo con guaina metallica; il diametro del tubo deve essere sufficientemente grande da permettere di sfilare e rinfilare i cavi in esso contenuti con facilità e senza che ne risultino danneggiati i cavi stessi o i tubi. Comunque il diametro interno non deve essere inferiore a 10 mm.

**PER. IND. ENRICO TAINO**  
PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

Per quanto riguarda i sistemi portacavi (canalette in PVC e canalizzazioni in Acc.-Zn), la limitazione del coefficiente di riempimento dei canali deve essere considerato nel 50%.

Le giunzioni dei conduttori devono essere eseguite nelle cassette di derivazione impiegando opportuni morsetti o morsettiere. Dette cassette devono essere costruite in modo che nelle condizioni di installazione non sia possibile introdurre corpi estranei, deve inoltre risultare agevole la dispersione di calore in esse prodotta. Il coperchio delle cassette deve offrire buone garanzie di fissaggio ed essere apribile solo con attrezzo.

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, non amovibili se non a mezzo di attrezzo, tra i morsetti destinati a serrare i conduttori appartenenti a sistemi diversi.

***PRESCRIZIONI RIGUARDANTI LA PROTEZIONE DELLE CONDUITTE ELETTRICHE***

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

La protezione contro i sovraccarichi deve essere effettuata in ottemperanza alle prescrizioni della Norma C.E.I. 64-8/4 sezione 433.

In particolare i conduttori devono essere scelti in modo che la loro portata ( $I_z$ ) sia superiore o almeno uguale alla corrente di impiego ( $I_b$ ).

Gli interruttori automatici magnetotermici da installare a loro protezione devono avere una corrente nominale ( $I_n$ ) compresa fra la corrente di impiego del conduttore e la sua portata nominale ed una corrente di funzionamento ( $I_f$ ) minore o uguale a 1,45 volte la portata ( $I_z$ ).

In tutti i casi devono essere soddisfatte le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \qquad I_f \leq 1,45 I_z$$

Gli interruttori automatici devono interrompere le correnti di corto circuito che possono verificarsi nell'impianto in tempi sufficientemente brevi per garantire che nel conduttore protetto non si raggiungano temperature pericolose ( $I^2 t \leq K^2 S^2$ ).

Essi devono avere un potere di interruzione almeno uguale alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione.

E' tuttavia ammesso l'impiego di un dispositivo di protezione con potere di interruzione inferiore a condizione che a monte vi sia un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione.

In questo caso le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate in modo che l'energia specifica passante  $I^2 t$  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.

## **RELAZIONE TECNICA**

### **OGGETTO DELL'INTERVENTO**

Tale intervento ha come oggetto la progettazione esecutiva dell'adeguamento dell'impianto elettrico e di illuminazione a servizio della palestra delle scuole primaria e secondaria di Dosolo (MN).

### **PREMESSA**

L'impianto elettrico sopra descritto è soggetto all'obbligo di progettazione da parte di tecnico abilitato in base a quanto definito dall'art. 5 del Decreto Ministeriale n°37 del 22/01/2008.

L'edificio è classificato, in base alle indicazioni della Committenza, come **a maggior rischio in caso di incendio** e come tale sarà progettato.

### **ELENCO LAVORAZIONI**

L'intervento avrà come sviluppo le seguenti lavorazioni:

- Ampliamento del quadro elettrico sottocontatore della scuola primaria a cui è elettricamente collegata la palestra;
- Rifacimento del quadro elettrico generale;
- Rifacimento del sistema di accensione e comando dell'impianto di illuminazione normale del campo da gioco con pulsantiera esterna al quadro elettrico generale;
- Rifacimento delle linee elettriche montanti di alimentazione dei quadri elettrici in campo secondo le tipologie e sezioni di cavi indicati sugli schemi elettrici unifilari;
- Rifacimento delle linee elettriche dorsali dei circuiti in dipendenza dai quadri elettrici oggetto di intervento secondo le tipologie e sezioni di cavi indicati sugli schemi elettrici unifilari;
- Rifacimento dei cavi elettrici di derivazione secondaria ad asservimento dei punti presa, dei punti di alimentazione, dei punti luce e dei punti di comando;
- Sostituzione di tutti gli apparecchi illuminanti indicati sulle planimetrie allegate con conversione a led;
- Installazione di apparecchi illuminanti a led di emergenza con creazione dei punti luce dedicati in esterno con tratti di canalina in PVC, in derivazione dai cavidotti dorsali esistenti;
- Smantellamento di tutte le apparecchiature indicate sulle planimetrie allegate;
- Rifacimento dei punti di comando e dei punti presa indicati sulle planimetrie allegate;
- Dotazione di sistema di suoneria di emergenza azionato mediante pulsante dedicato all'interno del plesso scolastico;
- Installazione di apparecchi illuminanti a led per creazione impianto di illuminazione esterna, il cui funzionamento sarà azionato da apparecchiature installate nel quadro elettrico generale, compresa la creazione di punti luce dedicati in esterno con canalina o tratti di tubazione a vista in PVC di tipo RK, in derivazione dai cavidotti dorsali esistenti;
- Rifacimento del sistema elettrico di distribuzione dell'impianto di illuminazione del campo di gioco della palestra.

### **SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DELL'IMPIANTO**

L'edificio è energeticamente direttamente dall'ente erogatore dell'energia elettrica in Bassa Tensione alla tensione di 400V con distribuzione trifase più neutro con sistema TT.

A valle del punto di fornitura dell'energia elettrica è collocato il quadro elettrico sottocontatore della scuola primaria che alimenta il quadro elettrico generale della palestra con linea dedicata.

Nel sistema TT il neutro è collegato direttamente a terra e le masse di utilizzazione devono essere interconnesse e collegate a terra in un punto.

Al primo guasto di isolamento deve avvenire lo sgancio obbligatorio eliminato tramite dispositivo differenziale a corrente residua posto a monte all'installazione e/o eventualmente su ogni partenza per migliorare la selettività.

## PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

In un sistema TT per garantire la protezione delle persone contro i contatti indiretti, deve essere soddisfatta la relazione  $I_a < V_l/R_a$  dove  $I_a$  è la corrente che provoca l'intervento del dispositivo automatico (A),  $V_l$  è la tensione limite di contatto (V) pari a 50V (25V in ambienti a maggior rischio),  $R_a$  è la somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse ( $\Omega$ ).

I dispositivi automatici ammessi dalla Norma italiana sono come detto il dispositivo a corrente differenziale e il dispositivo di protezione contro le sovracorrenti.

Utilizzando un dispositivo differenziale ad alta sensibilità, il collegamento delle masse con la terra può avere un valore di resistenza molto elevato senza compromettere l'intervento del dispositivo.

### **QUADRI ELETTRICI**

Il quadro elettrico sottocontatore della scuola primaria sarà ampliato con installazione dell'interruttore dedicato all'alimentazione della palestra.

Il quadro elettrico generale sarà realizzato in armadio in materiale metallico dotato di porta di chiusura, grado di protezione IP43e dotato di serratura.

Il sistema di comando dell'impianto di illuminazione normale del campo di gioco sarà esternalizzato al quadro generale.

Tutti i quadri elettrici dovranno essere conformi alle normative vigenti e realizzati come da schema elettrico unifilare allegato.

### **DIMENSIONAMENTI ELETTRICI**

Tutti i calcoli per il dimensionamento delle linee e degli interruttori sono eseguiti secondo quanto definito dalle Norme CEI 64-8. In ogni caso la relazione  $I_b \leq I_n \leq I_z$  è rispettata come rispettata è la relazione inerente all'integrale di Joule in rapporto all'energia specifica passante  $I^2t$ .

La caduta di tensione è contenuta nei limiti prestabiliti dalle Norme più sopra citate; le correnti di corto circuito ai punti più lontani sono calcolate secondo quanto definito dalle Norme stesse. Gli interruttori di protezione sono calcolati in modo tale che il loro intervento sia garantito in rapporto alle correnti di corto circuito che potrebbero verificarsi al punto più lontano della linea da loro protetta. Le protezioni sono anche differenziali onde prevenire pericoli di tensioni pericolose sulle masse, derivanti da guasti all'isolamento che non siano in grado di provocare guasti franchi di corto circuito.

Tutte le linee saranno protette contro il sovraccarico e contro il corto-circuito come prescritto dalla norma CEI 64-8/5.

### **CRITERI DI DIMENSIONAMENTO**

Lo studio e la progettazione dell'impianto è stata effettuata conciliando tra loro varie esigenze tecniche e costruttive, e precisamente:

#### **CALCOLO DELLE CORRENTI D'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 ( $\Sigma P_d$  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 ( $\Sigma Q_d$  a valle).

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

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

### **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:

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

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 cinque tabelle utilizzate sono:

- IEC 448;
- IEC 365-5-523;
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026.

mentre per la media tensione si utilizza la tabella CEI 17-11.

## PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

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 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.

### **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:                             | $K = 115$ |
| - 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:                                 | $K = 228$ |

## PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

- 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

### **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 16 mmq;
- 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 25 mmq 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 16 mmq se conduttore in rame e 25 mmq se 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.

### **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:

**PER. IND. ENRICO TAINO**  
PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

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

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 ( $\text{mm}^2$ );
- $I$  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 mmq se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mmq 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.

### **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:

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

esprese in °C.

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

Il coefficiente  $\alpha$  cavo è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

### **GADUTE 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.

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.

## PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

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 80°C, mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in  $\Omega/\text{km}$ . La  $c_{dt}(I_b)$  è la caduta di tensione alla corrente  $I_b$  e calcolata analogamente alla  $c_{dt}(I_b)$ .

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.

### RIFASAMENTO

Il rifasamento è quell'operazione che tende a portare il valore del fattore di potenza il più possibile sopra il valore di 0,9 e ad un massimo di 1.

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  $\varphi$  e quindi aumentare  $\cos \varphi$  senza variare  $P_n$  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  $\varphi$  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  $I_{tarmag}= 10 I_{nc}$

**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.

I parametri trovati in questa fase servono per inizializzare il calcolo dei guasti, ossia andranno sommati ai corrispondenti parametri di guasto dall'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.

**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 (usualmente nel caso di fornitura ENEL 6-10 kA).
- corrente di cortocircuito monofase della rete di fornitura espressa in kA (usualmente nel caso di fornitura ENEL 4.5-6 kA).

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

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

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 m $\Omega$ :

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

ed infine la relativa reattanza alla sequenza diretta, in m $\Omega$ :

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

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

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

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

### **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 fase terra (disimmetrico);
- guasto fase neutro (disimmetrico).

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

### **CALCOLO DELLE CORRENTI MASSIME DI CORTOCIRCUITO**

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione Cmax;  
 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 a 80 °C, data dalle tabelle UNEL 35023-70, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left( \frac{1}{1 + (60 \cdot 0.004)} \right)$$

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:

$$R_{0cavoNeutro} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro}$$

$$X_{0cavoNeutro} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

**PER. IND. ENRICO TAINO**  
**PROGETTAZIONI E CONSULENZE**  
**ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE**

$$R_{0cavoPE} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE}$$

$$X_{0cavoPE} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

dove le resistenze  $R_{dcavo}$  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:

$$R_{0sbarraNeuro} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeuro}$$

$$X_{0sbarraNeuro} = 3 \cdot X_{dsbarra}$$

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

$$R_{0sbarraPE} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE}$$

$$X_{0sbarraPE} = 2 \cdot X_{anello\_guasto}$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, della utenza a monte, espressi in  $m\Omega$ :

$$R_d = R_{dcavo} + R_{dmonte}$$

$$X_d = X_{dcavo} + X_{dmonte}$$

$$R_{0Neuro} = R_{0cavoNeuro} + R_{0monteNeuro}$$

$$X_{0Neuro} = X_{0cavoNeuro} + X_{0monteNeuro}$$

$$R_{0PE} = R_{0cavoPE} + R_{0montePE}$$

$$X_{0PE} = X_{0cavoPE} + X_{0montePE}$$

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  $m\Omega$ ) di guasto trifase:

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

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neuro \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neuro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neuro})^2}$$

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  $I_{k1Neuro \max}$ , fase terra  $I_{k1PE \max}$  e bifase  $I_{k2 \max}$  espresse in kA:

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

$$I_{k1Neuro \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neuro \min}}$$

$$I_{k1PE \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \min}}$$

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

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

$$I_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k \max}$$

**PER. IND. ENRICO TAINO**  
**PROGETTAZIONI E CONSULENZE**  
**ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE**

$$I_{p1Neutro} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutromax}$$

$$I_{p1PE} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PEmax}$$

$$I_{p2} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2max}$$

dove:

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

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).

***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 per il fattore di tensione di 0.95 (tab. 1 della norma CEI 11-25);

Per la temperatura dei conduttori ci si riferisce al rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario dal cavo. Essa viene indicata dalla norma CEI 64-8/4 par 434.3 nella quale sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

- isolamento in PVC Tmax = 70°C
- isolamento in G Tmax = 85°C
- isolamento in G5/G7 Tmax = 90°C
- isolamento serie L rivestito Tmax = 70°C
- isolamento serie L nudo Tmax = 105°C
- isolamento serie H rivestito Tmax = 70°C
- isolamento serie H nudo Tmax = 105°C

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

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

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

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

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  $I_{k1min}$  e fase terra, espresse in kA:

$$I_{kmin} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{kmax}}$$

$$I_{k1Neutromin} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutromax}}$$

$$I_{k1PEmin} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PEmax}}$$

$$I_{k2min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{kmax}}$$

**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:

## PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dall'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 ( $I_{mag\ max}$ ).

### **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:

Le intersezioni sono due:

- $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_a$ );
- $I_{ccmax} \leq I_{inters\ max}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_b$ ).

L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:

- $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$ .

L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:

- $I_{cc\ max} \leq I_{inters\ max}$ .

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 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.

Un interruttore automatico idoneo per la protezione contro il sovraccarico di un cavo è generalmente idoneo anche per la protezione contro il cortocircuito, se ha un potere di interruzione, o un potere di cortocircuito, almeno pari alla corrente di cortocircuito presunta nel punto d'installazione

E' ammesso l'impiego di un dispositivo di protezione con potere di interruzione inferiore a condizione che a monte vi sia un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione

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.

# PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

## **PROTEZIONE DEL CONDUTTORE DI NEUTRO**

Nei circuiti fase-neutro l'interruttore automatico può avere un solo polo protetto contro le sovracorrenti, ma in tal caso deve essere inserito sul conduttore di fase.

Nei sistemi trifasi, quando il conduttore di neutro è di sezione uguale a quella delle fasi, oppure quando ha sezione inferiore a quella delle fasi ma il carico è sostanzialmente equilibrato, il polo di neutro dell'interruttore quadripolare può non essere protetto.

Se occasionalmente la corrente di squilibrio può superare la portata del conduttore di neutro, si deve utilizzare per il conduttore di neutro la stessa sezione dei conduttori di fase.

## **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. 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.

## **PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI**

Tale protezione consiste nel realizzare le misure per proteggere le persone contro i pericoli risultanti dal contatto diretto con le parti attive; le Norme CEI 64-8 (4/412) prevedono le seguenti modalità esecutive:

- protezione mediante isolamento che può essere rimosso solo mediante distruzione;
- protezione mediante involucri o barriere;
- protezione mediante ostacoli;
- protezione mediante distanziamento;
- protezione addizionale mediante interruttore differenziale.

## **PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI**

Consiste nel prendere le misure contro i contatti di tutte le masse e le masse estranee accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori, normalmente non in tensione ma che, per cedimento dell'isolamento principale o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione.

## PER. IND. ENRICO TAINO

PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE

Viene realizzato essenzialmente in due modi:

- protezione con sistemi a doppio isolamento effettuata mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente;
- protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione.

La scelta della modalità e dell'apparecchiatura più appropriata dipende dal particolare tipo di impianto in cui si opera: TT, TN oppure IT.

Negli impianti con propria cabina di trasformazione, il sistema elettrico è collegato a terra con la configurazione TN (un punto collegato direttamente a terra e le masse collegate ad esso tramite il PE). Secondo le CEI 64-8 la protezione è garantita se è verificata la condizione:

$$Z_s \leq \frac{U_0}{I_a}$$

dove:

- $U_0$  è la tensione nominale in c.a. dell'impianto verso terra,
- $Z_s$  è l'impedenza totale dell'anello di guasto
- $I_a$  è la corrente di intervento del dispositivo di protezione.

Il tempo di intervento nei luoghi ordinari per i circuiti di distribuzione che alimentano quadri, sottoquadri ed utenze fisse è previsto essere  $\leq 5$  secondi; per i circuiti terminali che alimentano direttamente, o tramite prese a spina, apparecchi trasportabili, mobili, o portatili l'interruzione deve avvenire in un tempo che dipende dal valore di  $U_0$  (0,4 s per i normali impianti 220/380 V).

Negli impianti con fornitura direttamente in bassa tensione il sistema elettrico è collegato a terra con la configurazione TT (impianto di terra locale separato da quello dell'Ente Fornitore). Secondo le CEI 64-8 la protezione è garantita se è verificata la condizione:

$$R_a \cdot I_a \leq U_0$$

dove:

- $U_0$  è la tensione limite di contatto (pari a 50V per ambienti ordinari o 25V per ambienti particolari),
- $R_a$  è la somma delle resistenze dei conduttori di protezione PE e del dispersore, in ohm
- $I_a$  è la massima corrente di intervento del dispositivo di protezione differenziale presente nell'impianto.

### **PROTEZIONE VERSO TERRA E VERSO MASSA**

La resistenza di isolamento dell'impianto di illuminazione all'atto della verifica deve essere

$$\geq \frac{2}{L + N} [M\Omega]$$

dove:

- $L$  = lunghezza complessiva linee di alimentazione in Km (valore =1 per lunghezze inferiori al km)
- $N$  = numero di apparecchi presenti nel sistema elettrico

### ***CABI ELETTRICI***

I cavi elettrici saranno delle tipologie indicate sul capitolato tecnico allegato e comunque delle sezioni e modelli indicati sugli schemi elettrici unifilari allegati.

Le sezioni dei cavi non scenderanno mai al di sotto di 1,5 mm<sup>2</sup> in relazione ai circuiti di illuminazione e di 2,5 mm<sup>2</sup> in relazione alle prese di servizio.

In ogni caso le sezioni dei cavi saranno tali da garantire un valore della caduta di tensione complessiva entro i limiti stabiliti dalla norma. Le colorazioni dei conduttori rispetteranno i colori distintivi prescritti dalla norma e cioè azzurro chiaro per il conduttore di neutro e giallo verde per il conduttore di protezione e di terra.

# **PER. IND. ENRICO TAINO**

**PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE**

## ***DISTRIBUZIONE DEI CAVIDOTTI ELETTRICI***

La distribuzione degli impianti elettrici nell'edificio in oggetto avviene attraverso i cavidotti esistenti; eventuali nuovi cavidotti saranno realizzati a vista entro canalina in PVC o tubazione in PVC tipo RK di adeguato diametro e sezione.

## ***IMPIANTO DI FORZA MOTRICE***

I punti presa oggetto di rifacimento saranno del tipo bipasso o UNEL 10/16A come indicato sulle planimetrie allegate.

## ***IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE NORMALE***

Gli apparecchi illuminanti da utilizzarsi per l'intervento in oggetto saranno quelli indicati nel capitolato tecnico allegato.

Gli impianti saranno dimensionati per la conformità alla norma UNI EN 12464-1, in particolare riferimento alla tabella 5.36.

## ***IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE D'EMERGENZA***

La struttura sarà dotata di impianto di illuminazione d'emergenza in ogni locale in modo da garantire la facile individuazione e l'illuminamento delle vie di fuga in caso di situazione di pericolo.

L'impianto sarà realizzato da plafoniere dedicate installate sulle uscite di sicurezza, in modalità SE.

L'impianto di illuminazione d'emergenza a led da 600 lumen dovrà avere autonomia di 1 ora in assenza di alimentazione elettrica e tempo di ricarica in 12 ore.

L'illuminazione d'emergenza all'interno del campo da gioco sarà garantita dagli apparecchi illuminanti dedicati all'illuminazione normale che possiederanno gruppi integrati di alimentazione elettrica. Su tutti gli apparecchi sopra citati non dovrà essere installato alcun pittogramma per evitare l'abbassamento della resa illuminotecnica delle plafoniere stesse.

## ***IMPIANTO DI MESSA A TERRA***

L'impianto di messa a terra è esistente. Ogni cavo di colore giallo verde distribuito a tutti gli utilizzatori come da situazione attuale verrà connesso all'impianto di terra esistente.

## ***COMPONENTISTICA ELETTRICA***

La componentistica elettrica che verrà utilizzata per la realizzazione di tale impianto elettrico sarà conforme alle indicazioni fornite dal presente progetto (nel suo complesso) e secondariamente a quanto definito dalle Leggi e normative vigenti. In particolare i materiali elettrici saranno rispondenti alla regola dell'arte, alle leggi in materia di sicurezza, alle marchiature CE ed alle norme di buona tecnica adottate. Gli esistenti frutti modulari, placche e relativi supporti verranno interamente sostituiti con nuovi della serie civile Living International della ditta Bticino od equivalente in materiale plastico.

## ***VERIFICHE FINALI***

Prima della messa in esercizio dell'impianto, devono essere eseguite le verifiche che consentano di accertare la rispondenza dell'impianto stesso alle prescrizioni delle norme e leggi secondo quanto previsto dalla norma CEI 64-8/6.

## ***ESAME A VISTA***

Per esame a vista si intende il controllo dell'impianto elettrico per accertare che le sue condizioni di realizzazione siano corrette, senza l'effettuazione di prove.

L'esame a vista riguarda i seguenti controlli:

- metodo di protezione contro i contatti diretti e indiretti.
- metodo di protezione contro gli effetti termici
- scelta dei conduttori per quanto concerne sezioni ed isolamento.
- scelta e caratteristiche nominali dei dispositivi di protezione e segnalazione
- presenza e corretta messa in opera dei dispositivi di sezionamento e comando.

## **PER. IND. ENRICO TAINO**

**PROGETTAZIONI E CONSULENZE  
ELETTRICHE ED ILLUMINOTECNICHE**

- scelta dei componenti elettrici in funzione del luogo di installazione.
- identificazione per colore dei conduttori di neutro e protezione.
- presenza di schemi , cartelli monitori o di informazioni particolari.
- identificazione dei circuiti e dei relativi dispositivi di comando con targhette esplicative.
- idoneità delle connessioni.
- agevole accessibilità a tutte le parti dell'impianto per interventi di manutenzione.
- rispetto delle istruzioni di installazione date dai costruttori delle apparecchiature.

### **PROVE E MISURE**

Per prova si intende l'effettuazione di misure o di altre operazioni sull'impianto elettrico attraverso le quali si accerti l'efficienza dello stesso.

La misura comporta l'accertamento di valori a mezzo di appositi strumenti e tecniche di inserzione.

Devono essere eseguite per quanto applicabili e preferibilmente nell'ordine indicato le seguenti prove:

- continuità dei conduttori di protezione ed equipotenziali
- resistenza di isolamento dell'impianto elettrico
- misura della resistenza di terra
- prova di funzionamento
- prova di intervento degli interruttori differenziali.

A carico dell'impresa esecutrice dei lavori sono tutti gli oneri derivanti da prove e misure.

### **COLLAUDO**

Il collaudo dovrà accertare che i lavori eseguiti, i materiali impiegati la funzionalità dell'impianto siano rispondenti a quanto richiesto nel capitolato di appalto e nelle eventuali varianti successive.

In particolare si controlleranno che siano rispettate:

- la rispondenza alle norme di legge
- le prescrizioni delle autorità competenti (COMUNE, ASL, VVF, ENEL, TELECOM)
- la rispondenza a prescrizioni diverse concordate in sede di appalto
- la rispondenza alle norme CEI relative al tipo di impianto

La ditta installatrice è responsabile della manutenzione delle opere sino al termine delle operazioni di collaudo; sarà inoltre tenuta ad eseguire i lavori di modifica e o riparazione che si riterranno necessari nel corso del medesimo.

### **DOCUMENTAZIONE FINALE**

Al termine degli interventi dovrà essere rilasciata dall'impresa installatrice la seguente documentazione in triplice copia:

- relazione con tipologia dei materiali utilizzati;
- planimetria dell'impianto in versione "AS – BUILT" sulla quale saranno indicate:
  - l'ubicazione definitiva e le caratteristiche dei componenti installati;
  - la posizione e le caratteristiche degli apparecchi di comando e delle eventuali cabine;
  - le caratteristiche e lo schema delle linee di alimentazione;
  - la posizione esatta dei cavidotti;
- schema elettrico in versione "AS – BUILT";
- dichiarazione di conformità alla regola dell'arte (D.M. n°37/2008);
- copia del certificato dei requisiti tecnico-professionali.

San Biagio di Bagnolo San Vito (MN), gennaio 2019

*Il Professionista  
Per. Ind. Enrico Taino*