



COMUNE DI DOSOLO

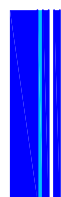
REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI MANTOVA
PIAZZA GARIBALDI, 3
46030 - DOSOLO (MN)



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

***PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO
PER L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO
DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA
DI DOSOLO MEDIANTE INSTALLAZIONE
DI IMPIANTO FOTOVOLTAICO
CUP: F74D22001300006***

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

RELAZIONE TECNICA

TAVOLA N.

02

COMMITTENTE

COMUNE DI DOSOLO

PIAZZA GARIBALDI, 3
46030 DOSOLO (MN)

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ARCH. RICCARDO BELFANTI

COMUNE DI DOSOLO
PIAZZA GARIBALDI, 3
46030 DOSOLO (MN)

DATA

SETTEMBRE 2022

SCALA





1.RELAZIONE GENERALE

1.1. DESCRIZIONE DEI CRITERI UTILIZZATI PER LE SCELTE PROGETTUALI

L'intervento in oggetto riguarda la progettazione per l'efficientamento energetico della scuola materna di Dosolo mediante l'installazione di un impianto fotovoltaico con sistema di accumulo.

Tale intervento è finanziato dall'Unione europea mediante il programma NextGenerationEU.

Tale intervento rispetta l'obbligo del rispetto del principio di non arrecare un danno significativo all'ambiente (DNSH, "Do no significant harm") incardinato all'articolo 17 del Regolamento (UE) 2020/852 e l'obbligo del rispetto dei principi del Tagging clima e digitale, della parità di genere (Gender Equality), della protezione e valorizzazione dei giovani e del superamento dei divari territoriali.

Per il progetto si fa riferimento alle norme di buona tecnica (Legge 1.3.1968 n. 186), tra cui in particolare alle seguenti norme CEI ed UNI:

CEI 0-2	Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
DM 22/01/2008 n. 37	Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati
CEI 0-10	Guida per la manutenzione degli impianti elettrici
CEI 0-11	Guida alla gestione in qualità delle misure per la verifica degli impianti elettrici ai fini della sicurezza
CEI EN 50522	Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
CEI EN 50522	Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
CEI 11-4	Esecuzione delle linee elettriche aree esterne
CEI EN 60332 (solo in parti)	Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni d'incendio
CEI EN 60998-1	Dispositivi di connessione per circuiti a bassa tensione per usi domestici e similari
CEI EN 60529	Gradi di protezione degli involucri (codice IP)
CEI EN 60998-2-1	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
CEN EN 61008-1	Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari
CEI EN 61009-1 (CEI EN 61009-1/A2)	Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari
CEI EN 61386-24	Sistemi di canalizzazione per cavi. Sistema tubi. Parte 24: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati
CEI EN 61386-24	Sistemi di canalizzazione per cavi. Sistema tubi.



COMUNE DI DOSOLO

PIAZZA GARIBALDI, 3
46030 DOSOLO (MN)

RELAZIONE TECNICA

PER. IND.
ENRICO
TAINO

PROGETTAZIONE E
CONSULENZE
ELETTRICHE ED
ILLUMINOTECNICHE

	Parte 24: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati
CEI EN 50522	Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata.
CEI 11-17	Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – linee in cavo
CEI 11-17 V1	Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – linee in cavo
CEI 11-27	Esecuzione dei lavori su impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
CEI 11-27 V1	Esecuzione dei lavori su impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
CEI EN 61439-1	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)
CEI EN 61439-2	Apparecchiature assiegate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre
CEI EN 61439-3	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
CEI EN 61439-3	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
CEI EN 61439-4	Apparecchiature assiegate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 4: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiegate per cantiere (ASC)
CEI EN 61439-4	Apparecchiature assiegate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 4: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiegate per cantiere (ASC)
CEI 17-43	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)



COMUNE DI DOSOLO

PIAZZA GARIBALDI, 3
46030 DOSOLO (MN)

RELAZIONE TECNICA

PER. IND.
ENRICO
TAINO

PROGETTAZIONE E
CONSULENZE
ELETTRICHE ED
ILLUMINOTECNICHE

CEI 121-5	Guida all'applicazione delle norme dei quadri di bassa tensione
CEI 20-14	Cavi con isolamento in polivinilcloruro per tensioni nominali ad 1 a 3 kV.
CEI 20-19	Cavi isolati con gomma con tensione nominale U_0/U non super. a 450/750 V
CEI 20-20	Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale U_0/U non super. a 450/750 V (fasc.663)
CEI EN 60832	Prove d'incendio su cavi elettrici
CEI 20-27; V2	Cavi per energia e per segnalamento Sistema di designazione
CEI 20-27 V1	Cavi per energia e per segnalamento Sistema di designazione
CEI 20-34 (solo parti)	Metodi di prova per materiali isolanti e di guaina dei cavi elettrici
CEI 20-38	Cavi isolati con gomma non propagante l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi.
CEI 20-39; V1	Cavi ad isolamento minerale.
CEI 20-36; Ab	CEI EN 50200 Cavi resistenti al fuoco con tensione nominale U_0/U non superiore a 0,6/1 kV.
CEI 20-40; V4	Guida per l'uso di cavi a bassa tensione
CEI 20-45	Cavi resistenti al fuoco isolati con mescola elastomerica con tensione nominale U_0/U non superiore a 0,6/1 kV.
CEI 20-65	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
CEI EN 60898-1/A13	Interruttori automatici di sovracorrente per usi domestici e similari per tensione nominale non superiore a 415 V in corrente alter. (fasc.452)
CEI EN 61109-1/A2	Interruttori differenziali per usi domestici e similari e interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari (fasc. 297)
CEI EN 50086-2-2	Tubi flessibili in PVC e loro accessori (fasc.297)
CEI EN 50086-2-1	Tubi rigidi in PVC e loro accessori (fasc.335)
CEI EN 50085-2-1	Sistemi di canali metallici e loro accessori ad uso portacavi e porta apparecchi.
CEI EN 50085-2-1	Sistemi di canali di materiale plastico isolante e loro accessori ad uso porta cavi e porta apparecchi per soffitto e pareti.
CEI EN 61386-1	(CEI EN 50086-1) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Prescrizioni generali.



COMUNE DI DOSOLO

PIAZZA GARIBALDI, 3
46030 DOSOLO (MN)

RELAZIONE TECNICA

PER. IND.
ENRICO
TAINO

PROGETTAZIONE E
CONSULENZE
ELETTRICHE ED
ILLUMINOTECNICHE

CEI EN 61386-24	(CEI EN 50086-2-4) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Tubi interrati.
CEI 23-49	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
CEI 23-51	Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
CEI 23-51	Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
CEI 23-51	Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
CEI 23-51	Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
CEI EN 61386-21	(CEI EN 50086-2-1) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Tubi rigidi.
CEI EN 61386-22	(CEI EN 50086-2-2) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Tubi pieghevoli.
CEI EN 61386-23	(CEI EN 50086-2-3) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Tubi flessibili.
CEI EN 50085-1	(CEI EN 50085-1) Sistemi di canali e di condotti per installazioni elettriche. Prescrizioni generali.
CEI EN 60598-1/Ec	Apparecchi di illuminazione. Parte 1a:
CEI EN 60598-2-22	Apparecchi di illuminazione. Parte 2a: Requisiti particolari. Apparecchi per l'illuminazione di emergenza.
CEI 64-8; V2	VOLUME Norma CEI 64-8 per impianti elettrici utilizzatori. Criteri di applicabilità. Prescrizioni di progettazione ed esecuzione.
CEI 64-8/1	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.: Scopo e principi fondamentali;
CEI 64-8/2	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.: Definizioni;
CEI 64-8/3	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.: Caratteristiche generali;
CEI 64-8/4	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.: <u>Prescrizioni per la sicurezza</u>
CEI 64-8/5	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale



COMUNE DI DOSOLO

PIAZZA GARIBALDI, 3
46030 DOSOLO (MN)

RELAZIONE TECNICA

PER. IND.
ENRICO
TAINO

PROGETTAZIONE E
CONSULENZE
ELETTRICHE ED
ILLUMINOTECNICHE

	non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.: Scelta ed installazione dei componenti elettrici
<i>CEI 64-8/6</i>	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>	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.: Ambienti ed applicazioni particolari
<i>CEI 81-10/1</i>	CEI EN 62305-1 Protezione delle strutture contro i fulmini
<i>CEI 81-10/2</i>	CEI EN 62305-2 Protezione contro i fulmini. Valutazione del rischio
<i>CEI 81-10/3</i>	CEI EN 62305-3 Protezione contro i fulmini. Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.
<i>CEI 81-10/4</i>	CEI EN 62305-4 Protezione contro i fulmini. Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.
<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 G7, 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 U_0/U_v : 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 U_0/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 U_0/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 U_0/U : 0.6/1 kV.
<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 12193:2008</i>	Luce e illuminazione – illuminazione di installazioni



COMUNE DI DOSOLO

PIAZZA GARIBALDI, 3
46030 DOSOLO (MN)

RELAZIONE TECNICA

PER. IND.
ENRICO
TAINO

PROGETTAZIONE E
CONSULENZE
ELETTRICHE ED
ILLUMINOTECNICHE

	sportive
UNI EN 40	Pali per illuminazione. Termini e definizioni
UNI CEI 70030: 1998 30/09/1998	Impianti tecnologici sotterranei – Criteri generali di posa
UNI EN 13201-2:2016	Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali
UNI EN 13201-3:2016	Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni
UNI EN 13201-4:2016	Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche
UNI 11248:2016	Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche
D. Lgs. n° 81/2008	Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro
Legge n°400 del 23/08/1988	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.
Legge n°186 01/03/1968	Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, materiale e impianti elettrici ed elettronici. Gazzetta Ufficiale 23/03/1969 n° 77.
D. Lgs. n° 81/2008	Norme generali per l'igiene del lavoro
D.P.R. 18/04/1994 n° 392	Regolamento recante disciplina del procedimento di riconoscimento delle imprese ai fini della installazione, ampliamento e trasformazione degli impianti nel rispetto delle norme di sicurezza.
D. Lgs 03/08/2009 n°106:	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.
L.R. 5/10/2015 n°31:	Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso.
DPR 22/10/01 n.462:	“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”.
DPR 1/08/2011, n°151:	“Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio di edifici e/o locali destinati ad uffici.”

oltre ai seguenti riferimenti legislativi specifici:

1) Moduli fotovoltaici

- CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;



- CEI EN 61646 (CEI 82-12): Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 62108 (CEI 82-30): Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 61730-1 (CEI 82-27) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1: Prescrizioni per la costruzione;
- CEI EN 61730-2 (CEI 82-28) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2: Prescrizioni per le prove;
- CEI EN 60904: Dispositivi fotovoltaici – Serie;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI EN 50521 (CEI 82-31) Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove;
- CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.

2) Altri componenti degli impianti fotovoltaici

- CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- CEI EN 50524 (CEI 82-34) Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici;
- CEI EN 50530 (CEI 82-35) Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;
- EN 62116 Test procedures of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters;

3) Progettazione fotovoltaica

- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- UNI 10349-1:2016: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
-

4) Impianti elettrici e fotovoltaici

- CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- EN 62446 (CEI 82-38) Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection;
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase);
- CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica;
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparecchi per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte



- 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);
 - CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparat di misura (indici di classe A, B e C)
 - CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);
 - CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, serie;
 - CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
 - CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
 - CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), serie;
 - CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
 - CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
 - CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

5) Connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI EN 50438 (CEI 311-1) Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione;

Per la connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica si applica quanto prescritto nella deliberazione n. 99/08 (Testi integrati delle connessioni attive) dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas e successive modificazioni. Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra citate, i documenti tecnici emanati dai gestori di rete.

Tutti i componenti elettrici saranno conformi alle norme di buona tecnica ed in particolare alle norme CEI e come tali provvisti di marchio, o comunque almeno di marcatura CE (Legge n°791/77 e D.Lgs. n°81/08).

1.2. DATI GENERALI DELL'IMPIANTO

Il presente progetto è relativo alla realizzazione dell'impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco 10,66 kWp e sistema di accumulo di 13,80kWh.

1.3. SITO DI INSTALLAZIONE

L'impianto presenta le seguenti caratteristiche: n° 1 generatore fotovoltaico composto da n°26 moduli fotovoltaici e da n° 1 inverter, con tipo di realizzazione "Su edificio".

Modalità di connessione alla rete TRIFASE in Bassa tensione con tensione di fornitura 400 V.



1.4. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma UNI 10349 e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1.

Per gli impianti verranno rispettate le seguenti condizioni (*da effettuare per ciascun "generatore fotovoltaico", inteso come insieme di moduli fotovoltaici con stessa inclinazione e stesso orientamento*):

in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Non sarà ammesso il parallelo di stringhe non perfettamente identiche tra loro per esposizione, e/o marca, e/o modello, e/o numero dei moduli impiegati. Ciascun modulo, infine, sarà dotato di diodo di by-pass.

Sarà, inoltre, sempre rilevabile l'energia prodotta (cumulata) e le relative ore di funzionamento.

1.5. RADIAZIONE SOLARE

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata in base alla Norma UNI 10349, prendendo come riferimento la località che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze di Bagnolo San Vito.

TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE SUL PIANO ORIZZONTALE

Mese	Totale giornaliero [MJ/m ²]	Totale mensile [MJ/m ²]
Gennaio	4,6	142,6
Febbraio	7,8	218,4
Marzo	12,25	379,75
Aprile	16,35	490,5
Maggio	20,69	641,39
Giugno	24,34	730,2
Luglio	23,41	725,71
Agosto	20,57	637,67
Settembre	15,42	462,6
Ottobre	8,31	257,61
Novembre	4,87	146,1
Dicembre	4	124



COMUNE DI DOSOLO

PIAZZA GARIBALDI, 3
46030 DOSOLO (MN)

RELAZIONE TECNICA



TABELLA PRODUZIONE ENERGIA

Mese	Totale giornaliero [kWh]	Totale mensile [kWh]
Gennaio	2,372	73,522
Febbraio	6,727	188,355
Marzo	11,051	342,573
Aprile	14,396	431,888
Maggio	17,594	545,422
Giugno	20,33	609,913
Luglio	19,702	610,748
Agosto	17,867	553,876
Settembre	14,096	422,877
Ottobre	7,327	227,122
Novembre	3,728	111,838
Dicembre	1,394	43,204

1.6. STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli relativi alle stringhe A e B verranno montati direttamente su dei profili in alluminio fissati alla lamiera grecata.

Gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.



1.7. GENERATORE

Il generatore è composto da n°26 moduli del tipo Silicio policristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

1.8. GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ☐ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ☐ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ☐ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ☐ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ☐ Conformità marchio CE.
- ☐ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ☐ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ☐ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ☐ Efficienza massima $\geq 90\%$ al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 1 inverter.

1.9. CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- ☐ Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- ☐ Tipo FG21 se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- ☐ Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime



COMUNE DI DOSOLO

PIAZZA GARIBALDI, 3
46030 DOSOLO (MN)

RELAZIONE TECNICA

PER. IND.
ENRICO
TAINO

PROGETTAZIONE E
CONSULENZE
ELETTRICHE ED
ILLUMINOTECNICHE

secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- ☐ Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- ☐ Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- ☐ Conduttore di fase: grigio / marrone
- ☐ Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Cablaggio: **Cavo di stringa**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	10 m
Lunghezza di dimensionamento:	20 m
Circuiti in prossimità:	2
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	17 - cavi unipolari con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	H1Z2Z2-K
Tipo di isolante:	PVC
Formazione:	2x(1x6)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm ²
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	6 mm ²
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	-



COMUNE DI DOSOLO

PIAZZA GARIBALDI, 3
46030 DOSOLO (MN)

RELAZIONE TECNICA

PER. IND.
ENRICO
TAINO

PROGETTAZIONE E
CONSULENZE
ELETTRICHE ED
ILLUMINOTECNICHE

Corrente d'impiego:	9,92 A
Corrente di c.c. moduli	10,61 A

Cablaggio: **Stringa - Q. Inverter**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	25 m
Lunghezza di dimensionamento:	25 m
Circuiti in prossimità:	2
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	H1Z2Z2-K
Tipo di isolante:	PVC
Formazione:	2x(1x6)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm ²
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	6 mm ²
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	-
Corrente d'impiego:	9,92 A
Corrente di c.c. moduli	10,61 A

N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	6 mm ²
Tensione nominale:	230 V
Corrente d'impiego:	15,9 A

Cablaggio: **QE2FV - Rete**



COMUNE DI DOSOLO

PIAZZA GARIBALDI, 3
46030 DOSOLO (MN)

RELAZIONE TECNICA

PER. IND.
ENRICO
TAINO

PROGETTAZIONE E
CONSULENZE
ELETTRICHE ED
ILLUMINOTECNICHE

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	40 m
Lunghezza di dimensionamento:	40 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	20°
Tabella:	CEI-UNEL 35026
Posa:	61 cavi unipolari con guaina in tubi protettivi interrati
Disposizione:	In tubi interrati a distanza nulla
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG16OR16 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	5x16
N° conduttori positivo/fase:	3
Sez. positivo/fase:	16 mm ²
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	16 mm ²
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	16 mm ²
Tensione nominale:	400 V
Corrente d'impiego:	23 A

1.10. **QUADRI ELETTRICI**

☐ **Quadro di campo lato corrente continua**

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

☐ **Quadro di parallelo lato corrente alternata**

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica e-Distribuzione SpA.



1.11. SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.



2.RELAZIONE SPECIALISTICA (D.M. 37/2008)

2.1. DATI DI PROGETTO

2.1.1. DATI DI PROGETTO DI CARATTERE GENERALE

N°	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
1.1	Committente:	Comune di Dosolo
1.2	Cliente:	Comune di Dosolo
1.3	Progettista:	Per. Ind. Enrico Taino Via Mascagni n°10 46031 – Bagnolo San Vito
1.4	Ubicazione e denominazione:	via VIII Marzo – Dosolo
1.5	Scopo del lavoro:	Progettazione Definitiva - Esecutiva
1.6	Elenco delle disposizioni legislative:	Gli impianti elettrici saranno realizzati secondo la regola d'arte (Legge n.186 del 1°marzo 1968). Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, faranno riferimento a norme di legge e di regolamento vigenti alla data del progetto.
1.7	Elenco delle norme:	Vedere capitolto 1
1.8	Vincoli da rispettare:	Eventuali disposizioni delle autorità locali; Prescrizioni o indicazioni dell'Ente fornitore dell'energia.

2.1.2. DATI DI PROGETTO RELATIVI ALL'OPERA

1.1	Destinazione d'uso:	
1.2	Caratteristiche ai fini della classificazione e valutazione dei rischi:	Impianto fotovoltaico posizionato sulla copertura
1.3	Barriere architettoniche:	-

2.2. DATI DI PROGETTO RELATIVI ALLE INFLUENZE ESTERNE

2.1	Temperature massima, minima, umidità relativa, ecc.:	T. Min. -10°C T. Max. +35°C Umidità relativa 50-80%
2.2	Altitudine:	< 1000m
2.3	Presenza di corpi solidi estranei:	SI Con dim. > 2,5 mm
2.4	Presenza di liquidi:	SI Tipo di liquido: acqua All'aperto (pioggia)



		Nelle zone basse all'aperto (getti d'acqua e spruzzi)
2.5	Caratteristiche del terreno:	-
2.6	Ventilazione:	Ventilazione naturale
2.7	Dati relativi al vento:	-
2.8	Carico di neve:	-
2.9	Effetti sismici:	-
2.10	Condizioni ambientali speciali:	Nessuna

2.3. DATI DI PROGETTO RELATIVI ALL'IMPIANTO ELETTRICO

3.1	Tipo d'intervento richiesto	Nuova installazione	☒ Realizzazione di impianto non esistente in precedenza ☐ Rifacimento completo di un impianto esistente
		Trasformazione	☐ Cambio di destinazione d'uso dell'opera, edificio o luogo ☐ Cambio delle prestazioni dell'impianto ☐ Cambio delle condizioni di alimentazione dell'impianto ☐ Applicazione di prescrizioni di sicurezza (ad es. realizzazione impianto di terra o installazione di dispositivi differenziali)
		Ampliamento	☐ Espansione con l'aggiunta di uno o più circuiti elettrici
		Manutenzione Straordinaria	☐ Sostituzione di componenti con altri aventi caratteristiche diverse
		Manutenzione Ordinaria	☐ Sostituzione di componenti con altri aventi medesime caratteristiche

2.4. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

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

2.4.1. 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 ($\sum P_d$ 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 ($\sum Q_d$ a valle).

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

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

2.4.2. 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:

- a) $I_b \leq I_n \leq I_z$
- b) $I_f \leq 1.45 \cdot I_z$



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.

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.

2.4.3. 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
– 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



2.4.4. 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 mm^2 ;*
- *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 16 mm^2 se il conduttore è in rame e a 25 mm^2 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 mm^2 se conduttore in rame e 25 mm^2 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.

2.4.5. 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:

- $2,5 \text{ mm}^2$ se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm^2 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.

2.4.6. 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:

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

esprese 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.

2.4.7. 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.

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 80°C, mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme



restando le unità di misura in Ω/km . La $cdt(I_b)$ è la caduta di tensione alla corrente I_b e calcolata analogamente alla $cdt(I_b)$.

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.

2.4.8. 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 ϕ e quindi aumentare $\cos \phi$ 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 ϕ 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 $I_{tarth}=1.53 I_{nc}$.

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

2.4.9. 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 sotto quadro 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 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:

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

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

2.4.10. 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 C_{max} ;
- 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 dell'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, dall'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):

$$Z_{k1Neutr \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutr})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutr})^2}$$

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.):

$$\begin{aligned} I_p &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k \max} \\ I_{p1Neutr} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutr \max} \\ I_{p1PE} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE \max} \\ I_{p2} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max} \end{aligned}$$

dove:

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

Vengono ora esposti i criteri di calcolo delle impedenze allo spunto dei motori sincroni e 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 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 $T_{max} = 70^\circ C$
- isolamento in G $T_{max} = 85^\circ C$



- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| - isolamento in G5/G7 | $T_{max} = 90^{\circ}C$ |
| - isolamento serie L rivestito | $T_{max} = 70^{\circ}C$ |
| - isolamento serie L nudo | $T_{max} = 105^{\circ}C$ |
| - isolamento serie H rivestito | $T_{max} = 70^{\circ}C$ |
| - isolamento serie H nudo | $T_{max} = 105^{\circ}C$ |

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

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

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 $I_{k1\min}$ e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\max}}$$
$$I_{k1\text{Neutro}\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1\text{Neutro}\max}}$$
$$I_{k1PE\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\max}}$$
$$I_{k2\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k\max}}$$

2.4.11. 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 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 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.

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 la 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.

Nella valutazione 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 essere inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

2.4.12. 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.*

2.4.13. 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.



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 ≤ 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.

2.4.14. 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

2.5. DESCRIZIONE DELLE MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

La protezione dai contatti diretti sarà effettuata secondo il seguente sistema:



- Protezione mediante isolamento delle parti attive secondo l'art. 412.1 della Norma CEI 64-8.

- Protezione mediante involucri o barriere secondo l'art. 412.2 della Norma CEI 64-8.

La protezione dai contatti indiretti sarà effettuata secondo il seguente sistema:

Protezione mediante componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente secondo l'art. 413.2 della Norma CEI 64-8.

La protezione deve essere assicurata con l'uso:

- Componenti elettrici aventi un isolamento doppio o rinforzato;
- Quadri elettrici aventi un isolamento completo (Norma CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1));
- Condutture elettriche in cavo con guaina non metallica aventi tensione nominale maggiore di un gradino rispetto a quella necessaria per il sistema elettrico servito e che non comprendano un rivestimento metallico;
- Cavi unipolare senza guaina installati in tubo protettivo o canale isolante, rispondente alle rispettive Norme.
- Cavi con guaina metallica aventi isolamento idoneo per la tensione nominale del sistema elettrico servito, tra la parte attiva e la guaina metallica e tra questa e l'esterno.
- Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione osservando quanto indicato nella sezione 413.1 della Norma CEI 64-8.

2.6. DESCRIZIONE DELLE MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

Lo scopo dell'LPS interno è di evitare differenze di potenziale tra i vari punti dell'impianto, mediante l'equipotenzialità sistematica di tutti i corpi metallici e dei conduttori attivi tramite scaricatori. L'inserzione di scaricatori nei diversi sistemi di distribuzione deve tenere però conto delle misure adottate per la protezione dai contatti indiretti delle persone e delle esigenze di garantire, per quanto possibile, la continuità d'esercizio.

Le sovratensioni negli impianti elettrici sono classificate in:

- Sovratensioni di origine atmosferica;
- Sovratensioni dovute alle manovre di apertura o commutazione di circuiti elettrici;
- Sovratensioni dovute a fenomeni di accumulo cariche.

La protezione contro le sovratensioni risulta efficace solo se viene considerato il livello di tenuta degli isolamenti.

In particolare si deve confrontare il livello di tenuta degli isolamenti con il livello di protezione assicurato dagli SPD.

La Norma Internazionale IEC 60 664 definisce quattro categorie di tenuta all'impulso per le apparecchiature in bassa tensione. Gli scaricatori e i limitatori di sovratensione vengono classificati secondo le seguenti classi di prova:

Norma Tedesca VDE 0675-6	Norma Internazionale IEC 61 643-1	Norma italiana CEI EN 61 643-11	Denominazione
Classe B	Classe I	Type 1	Scaricatore di sovratensione



Classe C	Classe II	Type 2	Limitatore di sovratensione per distribuzione
Classe D	Classe III	Type 3	Limitatore di sovratensione per apparecchio finale

Il principio di coordinamento delle protezioni si basa sulla possibilità di distribuire l'energia associata alla sovratensione con l'intervento combinato dei diversi dispositivi. Per garantire una protezione efficace, il livello di protezione offerto dagli SPD deve essere inferiore alla tensione di tenuta all'impulso degli apparecchi e del circuito dove questi sono installati.

In caso di distanze ridotte tra dispositivi di classe diversa è necessario l'impiego di bobine di disaccoppiamento al fine di ottenere il coordinamento energetico.

Cessata la sovratensione, l'isolamento del circuito deve essere ripristinato e la corrente dell'SPD deve estinguersi.

2.7. SCELTA E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

2.7.1. APPARECCHIATURE ASSIEMATE DI PROTEZIONE E MANOVRA (QUADRI)

La norma EN 60439-1 distingue fra quadri aperti e chiusi. Negli ambienti ordinari è necessario installare quadri chiusi, aventi un grado di protezione almeno IP2X (appendice C). Per garantire la protezione contro i contatti diretti i quadri devono essere apribili solamente con chiave o attrezzo.

Inoltre, la norma definisce le condizioni ambientali di servizio, stabilisce i requisiti meccanici, dà prescrizioni in merito a:

- *L'isolamento;*
- *Il comportamento termico;*
- *La tenuta al cortocircuito;*
- *La protezione contro lo shock elettrico;*
- *Il grado di protezione dell'involucro;*
- *I componenti installati, le suddivisioni e le connessioni all'interno del quadro;*
- *L'alimentazione di apparecchi elettronici;*

Il quadro elettrico dovrà essere cablato secondo schema elettrico allegato con riserva di spazio minima del 30% per futuri ampliamenti, completo di siglatura dei circuiti, identificazione dei conduttori e delle morsettiere, collegamenti e certificazioni in ottemperanza a quanto previsto dalla norma EN 60439-1.

Il quadro dovrebbe ricevere energia da una sola linea di alimentazione. Quando ciò non è possibile, e quindi il quadro è alimentato da più linee, occorre esporre una scritta in modo che la persona che accede alle parti attive sia avvertita della necessità di sezionare dette parti dalle diverse alimentazioni, a meno che non sia previsto un interblocco tale da assicurare che tutti i circuiti interessati siano sezionati (CEI 64-8, art.462.3).

La norma EN 60439-1 prescrive infine le prove di tipo ed individuali, le modalità per la loro esecuzione e i criteri di valutazione dei risultati.

I quadri dell'impianto in oggetto rientrano tra quelli definiti "per uso domestico e similare" e nella loro costruzione verrà applicata la norma CEI 23-51.



Il loro limiti di utilizzo è il seguente:

- U_n <440V *tensione nominale*
- I_{ne} <125A *corrente nominale in entrata*
- I_{cc} <10KA *corrente di corto circuito nominale*
- I_p <15KA *corrente di corto circuito massima (in caso limitata da dispositivo adatto allo scopo)*

La norma CEI 23-51 permette di ridurre le prove e verifiche da effettuare sui quadri per la messa in servizio a:

- *verifica della costruzione e identificazione*
- *verifica del corretto cablaggio, del funzionamento meccanico e se necessario del funzionamento elettrico.*
- *prova della resistenza di isolamento*
- *verifica dei limiti di sovratemperatura.*

2.7.2. ISOLAMENTO DEI CAVI

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 450/750 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. La tabella seguente riporta quanto esposto:

CONDIZIONI	CARATTERISTICHE MINIME DEL CAVO
Categoria 0	300/300 V
Categoria I per segnalazioni	300/500 V
Categoria I per energia	450/750 V
Categoria I anche per posa interrata	0,6/1 kV

Qualora si preveda l'esistenza di circuiti appartenenti a sistemi elettrici diversi, questi devono essere protetti da cavidotti diversi e far capo a cassette separate. Tuttavia è ammesso collocare i cavi nello stesso cavidotto e far capo alle stesse cassette, purché tutti i cavi 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.

2.7.3. COLORI DISTINTIVI DEI CAVI

I conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 0072-74 e 00712. In particolare i conduttori di neutro e protezione devono essere contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde.

Per quanto riguarda i conduttori di fase, devono essere contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto dai colori: nero, grigio e marrone.

2.7.4. SEZIONI MINIME E CADUTE DI TENSIONE AMMESSE



Le sezioni dei conduttori, calcolate in funzione della potenza impegnata e dalla lunghezza dei circuiti, devono essere scelte tra quelle unificate in modo che la caduta di tensione massima misurabile nel punto di alimentazione dell'utenza sia:

- energia ordinaria di illuminazione pubblica = 4% della U_N
- energia ordinaria di illuminazione = 4% della U_N
- energia ordinaria di F.M. = 4% della U_N
- energia illuminazione di sicurezza = 3% della U_N

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, per gli impianti fissi si devono utilizzare cavi con sezione dei conduttori non inferiore ai valori minimi riportati in tabella qui di seguito.

IMPIEGHI	SEZ. MIN (MM ²)
Impianti citofonici; circuiti di segnalazioni acustiche; circuiti comando relè o contattori	0,5
Condutture volanti per alimentazione di apparecchi portatili soggetti a deboli sollecitazioni meccaniche in locali domestici e uffici; cavetti per lampadari.	0,75
Per cablaggi interni di quadri elettrici; per circuiti elettrici di ascensori e montacarichi e per segnalamento e comando.	1
Uso generale per posa in tubi o canalette per alimentazione di singoli apparecchi di illuminazione o prese a spina con portata nominale ≤ 10 A.	1,5

2.8. ALTRE INFORMAZIONI

2.8.1. VERIFICHE

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.

2.8.2. 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.*
- *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.*

2.8.3. 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 per 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.

2.8.4. 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.

2.8.5. DOCUMENTAZIONE FINALE DEGLI IMPIANTI

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

- *manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;*



COMUNE DI DOSOLO

PIAZZA GARIBALDI, 3
46030 DOSOLO (MN)

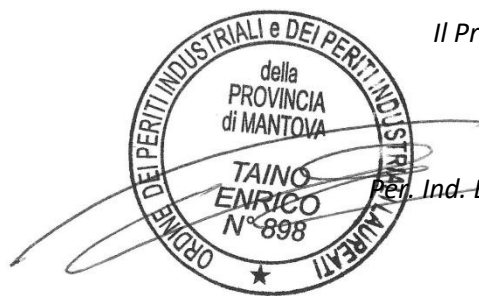
RELAZIONE TECNICA

PER. IND.
ENRICO
TAINO

PROGETTAZIONE E
CONSULENZE
ELETTRICHE ED
ILLUMINOTECNICHE

- *progetto esecutivo in versione "come costruito", corredato di schede tecniche dei materiali installati;*
- *dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;*
- *dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/2008;*
- *certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;*
- *certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti;*
- *certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;*
- *garanzia sull'intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.*

San Biagio di Bagnolo San Vito (MN), settembre 2022



Il Professionista

Per. Ind. Enrico Taino