



COMUNE DI
BENETUTTI



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA



CITTA' METROPOLITANA
DI SASSARI

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA PARI A 29.970 kWp

Sito in Comune di Benetutti – Provincia di Sassari



PROCEDIMENTO AUTORIZZATIVO

PROPONENTE:



BENETUTTI s.r.l.

BENETUTTI S.R.L.
Via Dott. Giovanni Lai, 5/B
07010 Benetutti (SS)
P.I. 02866920909 – R.E.A. SS-210995
PEC benetuttisrl@legalmail.it

TITOLO ELABORATO:

Relazione Progetto elettrico impianto

ELABORATO:

R15

SCALA / FORMATO

Relazione f.to A4

DATA EMISSIONE:

22 settembre 2022

PEI

BNT.ELT.REL.R15

SOCIETA' PROPONENTE

BENETUTTI S.r.l.

Responsabile Progetto
P.M. Alberto Laudadio
L. 4 / 2013 - ASSIREP n. 567

Responsabile Elaborato
Ing. Agostino Amato
Ord. Ing. Prov. TO n.7901x

SOCIETA' DI SVILUPPO PROGETTO

EMAN S.r.l.

Sviluppo Energie Rinnovabili
Via San Quintino 26/A – 10121 Torino (TO)
P.I. IT 11439230019
Mail technical@emansrl.it – PEC eman.srl@pec.it

Gruppo di Lavoro

N°	Nome e Cognome	Ruolo
01	PM Alberto Laudadio	Management e coordinamento
02	Ing. Agostino Amato	Progettazione Elettrica impianto
03	Ing. Vincenzo Vergelli	PTO e Progettazione definitiva
04	Ing. Agide Maria Borelli	Calcoli strutturali
05	Dott.ssa Claudia Carente	Archeologica preventiva
07	Dott. Agr. Fabrizio Vinci	Aspetti agronomici
08	Ing. Gianluca Cadeddu	Tecnico in acustica
09	Dott. Francesco Lecis	Aspetti biotici e avifauna
10	Enviarea snc	SIA- Paesaggio e Aspetti Ambientali
11		
12		
13		

REVISIONI

N°	DATA	DESCRIZIONE
01	9/15/2022	EMISSIONE
02		
03		
04		
05		
07		
08		
09		
10		
11		
12		
13		

SOMMARIO

1	Premessa	3
2	Architettura della centrale fotovoltaica.....	3
3	Opere elettriche da realizzarsi.....	5
4	Regola dell'arte e riferimenti normativi.....	5
4.1	Norme CEI	5
4.2	Leggi e decreti	7
4.3	Norme tecniche di riferimento.....	7
5	Dimensionamento del campo fotovoltaico.....	8
6	Cavi di collegamento	8
6.1	Circuiti DC	8
6.2	Circuiti AC (Bassa tensione).....	9
7	Dimensionamento lato AC.....	9
8	Calcolo delle correnti di impiego	9
9	Dimensionamento dei cavi	10
9.1	Dimensionamento dei conduttori di neutro.....	13
9.2	Dimensionamento dei conduttori di protezione	14
10	Calcolo dei guasti.....	15
10.1	Calcolo delle correnti massime di cortocircuito.....	15
10.2	Calcolo delle correnti minime di cortocircuito	18
10.3	Guasti monofasi a terra linee MT.....	19
11	Scelta delle protezioni	21
11.1	Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture	21
11.2	Massima lunghezza protetta.....	22
12	Prescrizioni di sicurezza	23
12.1	Protezione contro i contatti diretti.....	23
12.2	Protezione contro i contatti indiretti.....	23
12.3	Protezione contro gli effetti termici	24
12.4	Protezione contro gli incendi.....	25
12.5	Dispositivi di sezionamento	25
12.6	Interruzione per manutenzione non elettrica	25
13	Impianto disperdente di messa a terra.....	25
14	Impianto di illuminazione	26
15	Impianto di video sorveglianza	26
16	Quadri di bassa tensione: prescrizioni.....	26
16.1	Interruttori	28

16.1.1	CARATTERISTICHE GENERALI.....	28
16.1.2	INTERRUTTORI SCATOLATI.....	29
16.1.3	INTERRUTTORI MODULARI	29
16.2	Impianto prese di servizio	30
17	Quadri QMT.....	30
18	Trasformatori.....	30
19	Cabine elettriche	31
19.1	Cabina elettrica di parallelo.....	31
19.2	Cabine elettriche di trasformazione	32
19.3	Cabine elettriche di servizio	33
20	Scatole, tubazioni e cavidotti.....	33
20.1	Cassette e scatole di derivazione.....	33
20.2	Tubi porta cavi.....	34
20.3	Tubi protettivi flessibili in pvc.....	34
20.4	Tubi protettivi rigidi isolanti in pvc	34
20.5	Cavidotti-tubi per posa interrata in sito	35
21	Riferimenti e allegati	36

1 Premessa

La presente relazione è parte integrante del procedimento di Verifica di Assoggettabilità alla procedura di Valutazione di Impatto relativa al progetto per la realizzazione di una centrale fotovoltaica con tecnologia a silicio monocristallino da ubicarsi nei Comuni di Benetutti (SS) e di Bono (SS). La centrale fotovoltaica avrà una potenza di connessione alla rete pari a 29,97 MW

Come da soluzione impiantistica proposta dalla TICA (codice pratica: T0738011), la connessione alla RTN di suddetta centrale fotovoltaica, prevede una soluzione impiantistica di collegamento diretto dell'impianto di utenza, senza linea interposta, in antenna su nuovo stallo di linea AT in Cabina Primaria. (denominata "Bono") di proprietà di E-Distribuzione S.p.A. La connessione della centrale fotovoltaica alla cabina primaria avverrà tramite cavidotto di nuova costruzione interamente interrato.

2 Architettura della centrale fotovoltaica

I terreni su cui sarà realizzata la centrale fotovoltaica sono suddivisi in 2 aree, la prima situata a Nord la seconda a Sud del Comune di Benetutti. Pertanto la centrale sarà suddivisa in due sezioni di impianto Nord e Sud collegate tra loro mediante un cavidotto interrato. La cabina elettrica destinata a contenere il quadro di media tensione generale di impianto sarà ubicata nell'area Sud e da questa partirà il cavidotto di collegamento della centrale fotovoltaica alla cabina primaria di Bono.

La sezione di impianto Nord è suddivisa in 5 sottocampi ciascuno dei quali composta da 11 inverter di potenza nominale pari a 185 kW. Gli inverter sono caratterizzati da 9 MPPT con due ingressi cadauno per un totale di 18 ingressi, a ciascun inverter verranno quindi collegate 18 stringhe di 28 moduli fotovoltaici aventi ciascuno la potenza di 370 W. Pertanto la sezione Nord sarà composta da 55 inverter a cui si attestano in totale 990 stringhe per un totale di 27720 moduli fotovoltaici. Ne consegue che la potenza di picco installata sarà pari a 10.256,4 kWp mentre la potenza nominale all'uscita degli inverter è pari a 10.175 kW. Le uscite di ciascun inverter si attesteranno nei quadri di bassa tensione QBT, uno per ogni sottocampo, all'interno dei quali trovano allocazione gli interruttori di protezione della linea inverter. La tensione dei circuiti di media tensione sarà pari a 30 kV mentre per la bassa tensione il livello sarà pari a 0,8 kW. Per la trasformazione BT/MT verranno utilizzati trasformatori in resina di potenza pari a 2500 kVA e rapporto di trasformazione 30/0,8 kW. A ciascun trasformatore, attraverso il quadro di bassa tensione si attesteranno 11 inverter, quindi avremo un trasformatore per ogni sottocampo. Le uscite dei trasformatori si attesteranno ai quadri di media tensione QMT. I trasformatori, i quadri di bassa tensione e di media tensione saranno posizionati in cabine di trasformazione, una per ogni sottocampo, pertanto nella sezione

Nord sono previste 5 cabine di trasformazione che si attesteranno ad una cabina di parallelo all'interno della quale verrà posizionato il quadro di media tensione generale dell'impianto sezione Nord e dal quale partirà il cavidotto di collegamento verso l'impianto Sud.

Analogamente alla sezione Nord la sezione di impianto Sud sarà suddivisa in sottocampi più precisamente in numero di 9, 8 dei quali composti da 12 inverter ed 1 da 11 inverter, come per la sezione Nord a ciascun inverter si attestano 18 stringhe di 28 moduli, sempre come l'impianto Nord ciascun sottocampo farà capo ad una cabina di trasformazione contenente il quadro di bassa tensione, con le protezioni di linea, il trasformatore elevatore da 2500 kVA con rapporto di trasformazione 30/0,8 kV e il quadro di media tensione. La distribuzione nel sarà suddivisa in 2 circuiti radiali di cui il primo formato da 6 sottocampi (1-6) e il secondo da 3 sottocampi (7-9). Al quadro di parallelo generale di media tensione dell'intero impianto si attesteranno: l'impianto sezione Nord, e i 2 circuiti radiali dell'impianto Sud, per maggiori dettagli si rimanda allo schema unifilare di impianto.

In definitiva la sezione di impianto Sud sarà composta da 107 inverter a cui si attestano 1926 stringhe per un totale di 53928 moduli fotovoltaici da 370 W. Ne consegue che la potenza di picco in DC della sezione Sud sarà pari a 19953,36 kWp per una potenza nominale in alternata a valle degli inverter pari a 19795 kWp.

Per l'alimentazione dei servizi ed accessori di impianto, per ciascuna sezione di impianto, sarà previsto un trasformatore MT/BT da 50 kVA 30/04 kV con relativi quadri di media tensione e bassa tensione. Nella tabella sottostante vengono riportati in sintesi i dati di impianto complessivi.

Tabella 1 Dati complessivi di impianto.

Livelli di tensione	30 kV / 0,8 kV
Numero di sottocampi	14
Numero totale di moduli fotovoltaici da 370 W	81648
Numero totale di inverter da 185 kW	162
Numero totale di stringhe	2916
Numero di trasformatori e cabine di trasformazione	14
Numero di cabine di parallelo	2
Potenza di picco DC generata dai moduli fotovoltaici	30209,76 kWp
Potenza nominale AC disponibile a valle degli inverter	29970 kW = 29,97 MW

3 Opere elettriche da realizzarsi

Le principali opere elettriche da realizzarsi riguardano:

- Posa e cablaggio di moduli fotovoltaici
- Posa e cablaggio di inverter
- Installazione di quadri elettrici di media tensione QMT;
- Installazione di quadri di bassa tensione QBT;
- Posa di trasformatori BT/MT
- Posa di linee di distribuzione principali;
- Posa di linee di distribuzione secondarie;
- Installazione dell'impianto di messa a terra (dispersione);
- Installazione dell'impianto di illuminazione esterno;
- Installazione di impianto di video sorveglianza
- Realizzazione di cavidotto interrati.

4 Regola dell'arte e riferimenti normativi

Le modalità e le caratteristiche d'installazione degli impianti elettrici e speciali devono corrispondere a quanto disposto Decreto n. 37 del 22.01.2008 Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11 quaterdecies, comma 13, lettera a), della legge n.248 del 02.12.05, recante riordino delle disposizioni in materia di attività dell'installazione degli impianti all'interno degli edifici DM 37/2008.

Il progetto degli impianti viene redatto seguendo le disposizioni dettate dalle norme vigenti in materia, in particolare:

- Prescrizioni ed indicazioni dell'Ente distributore/fornitore di energia elettrica, per quanto di sua competenza, nei punti di consegna;
- Alle Norme CEI di seguito riportate.

4.1 Norme CEI

- Guida CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto;
- Guida CEI 0-3 Guida per la definizione della compilazione della dichiarazione di conformità;
- CEI 3-14 Elementi dei segni grafici;
- CEI 11-1 Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norme generali;
- CEI 11-8 Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Impianti di messa a terra;
- CEI 11.35 Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;

-
- CEI 11.37 Guida per l'esecuzione degli impianti di terra di stabilimenti industriali per sistemi di I, II e III categoria;
 - CEI 17-13 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione;
 - CEI 17-5 Apparecchiature a bassa tensione - Interruttori automatici;
 - CEI 20-21 Calcolo della portata dei cavi (più tabelle UNEL 35024-70);
 - CEI 20-22 Cavi non propaganti l'incendio;
 - CEI 23-25 Prescrizioni generali per i tubi;
 - CEI 23-3 Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari;
 - CEI 23-5 Presa a spina per usi domestici e similari;
 - CEI 23-8 Tubi protettivi rigidi in polivinilcloruro e accessori;
 - CEI 23-9 Apparecchi di comando non automatici (interruttori) per installazione fissa per uso domestico e similare;
 - CEI 23-12 Presa a spina per usi industriali;
 - CEI 23-18 Interruttori domestici per usi domestici e similari e interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari;
 - CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri per uso domestico e similare;
 - CEI 31-30 Impianti nei luoghi con rischio di esplosione;
 - CEI 31-33 Impianti nei luoghi con rischio di esplosione;
 - CEI 31-35 Impianti nei luoghi con rischio di esplosione;
 - CEI 64-2 Impianti nei luoghi con rischio di esplosione;
 - CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in c.a. e a 1.500 V in c.c.;
 - CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario;
 - CEI 64-50 Edilizia residenziale - Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori ausiliari e telefonici;
 - CEI 70-1 Gradi di protezione degli involucri;
 - CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica”.

4.2 Leggi e decreti

- DPR 27-04-55 n° 547 (e successive modifiche) (Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro);
- Legge 01-03-1968 n° 186 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici;
- Legge 18 ottobre 1977 n. 791 attuazione della direttiva delle comunità europee relative alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione;
- DM 16/02/82 n. 98 Modificazioni del decreto ministeriale 27 settembre 1965, concernente la determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi;
- D.M. 26 Giugno 1984: Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi;
- DM 14 giugno 1989 n. 236 prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visibilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche;
- Parere ISPESL 10/01/1990 n. 168 quesiti sulla protezione delle strutture dai fulmini. Pieno riconoscimento della Norma CEI 81-1;
- Legge 05-03-1990 n° 46 (e successive modifiche) Norme per la sicurezza degli impianti;
- DPR 447/91 (Regolamento di attuazione della Legge 5 marzo 1990, n. 46 in materia di sicurezza degli impianti elettrici);
- Legge 791 del 18/10/1977: Attuazione della direttiva del consiglio delle Comunità Europee (n°73/23 CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione;
- D.P.R. n° 459 del 24/07/1996, direttiva macchine sulla compatibilità elettromagnetica. Oltre beninteso ai decreti e circolari emanate dal Ministero degli Interni.

4.3 Norme tecniche di riferimento

- I regolamenti e le prescrizioni comunali;
- Le prescrizioni dell'Ispettorato del Lavoro;
- Le prescrizioni ed indicazioni dell'Ente Distributore dell'energia elettrica;
- Le prescrizioni del Servizio Multizonale di Prevenzione;
- Le prescrizioni della USL - Servizio di Medicina del Lavoro;
- Le prescrizioni ISPESL.

5 Dimensionamento del campo fotovoltaico

Per la conformazione e dimensionamento delle stringhe si è fatto riferimento alla tensione a vuoto del singolo modulo e alla temperatura ambiente, che consideriamo non possa scendere al di sotto di -15°C . valutando il numero massimo di moduli da collegare in serie in relazione alla tensione massima di ingresso lato DC dell'inverter. Per quanto concerne la suddivisione delle stringhe è stato determinato considerando il numero di MPPT e degli inverter e dalla massima corrente DC da questi supportata in ingresso a 50°C .

Tensione massima lato DC supportata dall'inverter	1500 V
Corrente massima supportata da ciascun MPPT	26 A
Tensione a vuoto dei moduli fotovoltaici V_{oc}	41,3 V (a 25°C)
Corrente di corto circuito dei moduli fotovoltaici I_{sc}	11,41 A (25°C)
Coefficiente di temperatura della V_{oc}	-0,27%/°C
Coefficiente di temperatura della I_{sc}	0,048 %/C°

$$\text{Tensione a vuoto a } -15^{\circ}\text{C} = 41,3 + (40 \times 0,27 \times 41,3 / 100) = 45,8 \text{ V}$$

$$\text{Tensione di stringa a } 15^{\circ}\text{C} = 45,8 \times 28 = 1282,4 \text{ V} < \text{ di } 1500 \text{ V} \rightarrow \text{ verificato}$$

$$\text{Corrente } I_{sc} \text{ a } 50^{\circ}\text{C} = 11,41 + (25 \times 0,048 \times 11,41 / 100) = 11,54 \text{ A}$$

$$\text{Corrente per ogni MPPT} = 2 \times 11,54 = 23 \text{ A} < 26 \text{ A} \rightarrow \text{ verificato}$$

Il collegamento di 18 stringhe (2 per MPPT) da 28 moduli in serie è supportato dall'inverter.

6 Cavi di collegamento

6.1 Circuiti DC

Per il collegamento delle stringhe agli inverter vengono utilizzati cavi in alluminio adatti per l'interconnessione degli elementi degli impianti fotovoltaici, i quali sono caratterizzati da proprietà meccaniche ottimali in un intervallo di temperatura di esercizio da -40 a $+90^{\circ}\text{C}$, elevata resistenza all'abrasione, alla lacerazione, ai raggi UV, all'ozono, all'acqua, non propagazione della fiamma, basso sviluppo di fumi, assenza di alogeni, resistenza agli agenti atmosferici che ne permette una durata almeno pari alla vita dell'impianto fotovoltaico. I cavi sono caratterizzati da una tensione nominale di esercizio U_0/U pari a 0,6/1 kVac – 0,9/1,5 kVcc.

I cavi sono di sezione pari a 6 mmq, calcolata tenendo conto dalla corrente di impiego e della lunghezza della linea. I cavi sono in parte affrancati alle strutture di sostegno ed in parte interrati.

6.2 Circuiti AC (Bassa tensione)

Per i circuiti di bassa tensione di collegamento tra inverter e protezioni nei quadri BT vengono utilizzati cavi in alluminio ARG7 o ARG7OR – 0,6/1 kV idonei per la posa interrata aventi le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche costruttive

- Conduttore: alluminio, corda rigida compatta cl. 2
- Isolamento: gomma qualità G7.
- Cordatura: I conduttori sono cordati insieme
- Guaina riempitiva: Materiale termoplastico, penetrante tra le anime (solo nei cavi multipolari).
Colore: naturale
- Guaina esterna: PVC, qualità Rz. Colore: grigio

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale U_0/U : 0,6/1 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C fino alla sezione 240 mm², oltre 220°C
- Sforzo massimo di trazione: 50 N/mm²
- Raggio minimo di curvatura: 6 volte il diametro esterno massimo.

Per il dimensionamento dei cavi si rimanda ai paragrafi successivi.

7 Dimensionamento lato AC

Il dimensionamento delle protezioni (interruttori automatici, sezionatori ecc.) e dei cavi elettrici a valle degli inverter lato corrente alternata AC (BT ed MT) è stato eseguito con l'ausilio del software di calcolo elettrico Electro Grahics Ampere. Per la scelta delle sezioni dei cavi è stato imposto un limite di caduta di tensione massimo. Per il dettaglio dei calcoli di progetto si rimanda agli allegati alla presente relazione.

8 Calcolo delle correnti di impiego

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

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

nella quale:

- $k_{ca} = 1.73$ sistema trifase, tre conduttori attivi.

Per la rete in corrente continua in uscita dai moduli fotovoltaici 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.

P_n , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle P_d delle utenze a valle (SPD 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 (SQd a valle).

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

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

9 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:

$$a) \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$b) \quad I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

dove:

I_B = corrente di impiego del circuito

I_z = portata in regime permanente della conduttura

I_N = corrente nominale del dispositivo di protezione

I_F = corrente convenzionale che assicura il funzionamento del dispositivo di protezione.

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

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

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

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

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

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

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

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

La portata minima del cavo viene calcolata come:

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

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

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

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla I_z min. Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 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.

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.

Nel presente progetto la sezione calcolata dei cavi in uscita dagli inverter è pari a 240 mmq

Il dispositivo di protezione contro il sovraccarico e corto circuito (CEI 64/8-4 par.434.3.1) dovrà invece possedere potere di interruzione, uguale o maggiore della corrente di corto circuito presunta nel punto in cui è stato installato. Non saranno ammessi dispositivi con protezione in back up. Tutte le correnti provocate da un corto circuito in un punto qualsiasi del circuito saranno interrotte in un tempo non superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura limite ammissibile. Il tempo t necessario affinché una data corrente di cortocircuito porti i conduttori dalla temperatura massima ammissibile in servizio ordinario alla temperatura limite, per un cortocircuito di durata non superiore ai 5 secondi è calcolato con la formula sotto riportata:

$$\sqrt{t} = K \frac{S}{I}$$

Dove:

t = durata in secondi

S = sezione del conduttore in mm²

I = corrente effettiva di cortocircuito in ampere, espressa in valore efficace

K = costante che dipende dal tipo di isolante e dal tipo di conduttore

dove $K=115$ per i conduttori in rame isolati in PVC; $K=143$ per i conduttori in rame isolati in propilene reticolato.

Per taglie e caratteristiche dei dispositivi di protezione si rimanda ai schemi unifilari e ai calcoli riportati in allegato.

9.1 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 16 mmq 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 e conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre

metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

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

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

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

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

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

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

Nel presente impianto il circuito di produzione (valle degli inverter) non prevede il neutro pertanto quanto su esposto vale per i circuiti accessori all'impianto (servizi) ed esempio illuminazione e videosorveglianza.

9.2 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 (mm²);
- I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5 mm² rame o 16 mm² alluminio se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm² o 16 mm² alluminio se non è prevista una protezione meccanica.

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

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

10.1 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

- a) tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione C_{max} ;

b) impedenza di guasto minima, calcolata alla temperatura di 20°C.

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

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

dove ΔT è 50 o 70 °C.

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

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

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

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

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

La reattanza è invece:

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

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di resistenza e reattanza dell'impedenza.

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

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

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

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

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

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

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

Per il conduttore di neutro si ha:

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

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

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

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

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

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 mohm) di guasto trifase:

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

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

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

Fase terra:

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

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

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

$$I_{k1Neutr\max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr\min}}$$

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

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

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

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

$$I_{p1Neuro} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutr\max}$$

$$I_{p1PE} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE\max}$$

$$I_{p2} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2\max}$$

dove:

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

10.2 Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

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

- la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione di 0.95 (tab. 1 della norma CEI 11-25);
- in media e alta tensione il fattore è pari a 1;

- guasti permanenti con contributo della fornitura e dei generatori in regime di guasto permanente.

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

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

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

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

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

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

- 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:

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

$$I_{k1Neutro\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutro\max}}$$

$$I_{k1PE\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\max}}$$

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

10.3 Guasti monofasi a terra linee MT

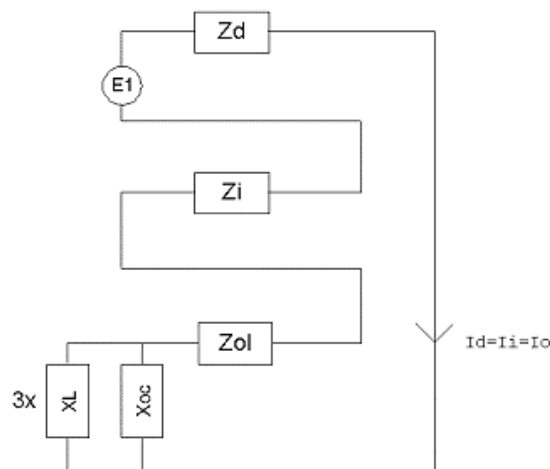
Il calcolo dei guasti a terra in reti di media e alta tensione coinvolge lo studio dell'effetto capacitivo della rete durante il regime di guasto.

Inoltre, le tecniche di determinazione delle linee guaste tramite relè varmetrici richiedono la conoscenza dei valori di corrente omopolare in funzione dei punti di guasto.

La nuova CEI 0-16, con l'introduzione del collegamento a terra del centro stella in media, richiede uno strumento per il dimensionamento della bobina di Petersen e il coordinamento delle protezioni degli utenti.

Per rispondere a tutte queste problematiche, viene eseguito il calcolo del regime di corrente omopolare a seguito di un guasto fase-terra.

Il modello di calcolo delle correnti omopolari, seguendo la teoria delle sequenze dirette, inverse e omopolari, per un guasto fase-terra è il seguente:



Con Z_d e Z_i si intendono le impedenze alle sequenze diretta ed inversa.

- Z_{ol} : impedenza omopolare del tratto di linea dal punto di guasto fino al trasformatore a monte;
- Z_{tr} : impedenza omopolare del trasformatore (vista a secondario);
- Z_{bpet} : $(R_{bp} + jX_{bp})$ impedenza bobina di Petersen, costituita da un resistore ed una induttanza in parallelo;
- R_t : resistenza di terra punto di collegamento a terra del centro stella del trasformatore;
- R_{imp} : resistenza per guasto a terra non franco;
- X_{oc} : reattanza capacitiva di tutta la rete appartenente alla stessa zona dell'utenza guasta e a valle dello stesso trasformatore.

Nota: il valore di X_{oc} è praticamente lo stesso per qualsiasi punto di guasto. Riferimenti CEI 11-37.

Per calcolare con buona approssimazione la X_{oc} , si utilizzano le due formule:

$$I_g = \frac{3 \cdot E}{X_{oc}}$$

$$I_g = (0.003 \cdot L1 + 0.2 \cdot L2) \cdot V_{kv}$$

dove I_g è la corrente di guasto a terra calcolata considerando la sola reattanza capacitiva nella prima formula, mentre nella seconda è riportato il suo valore se si è a conoscenza delle lunghezze (in km) di rete aerea $L1$ ed in cavo $L2$ della rete in media. V_{kv} è il valore di tensione nominale concatenata espressa in kV. Uguagliando le due formule, ed esplicitando per X_{oc} si ottiene:

$$X_{oc} = \frac{10^9}{\sqrt{3} \cdot (0.003 \cdot l1 + 0.2 \cdot l2)} \cdot \frac{f_o}{f}$$

con l1 e l2 espresse in metri, Xoc espressa in mohm, fo = 50 Hz e f la frequenza di lavoro.

Calcolata la corrente di guasto omopolare Io, secondo lo schema riportato nella figura precedente, rispetto a tutti i punti di guasto (valle delle utenze), si deve calcolare come essa si ripartisce nella rete e quanta viene vista da ogni protezione omopolare 67N distribuita nella rete.

Per prima cosa la Io va ripartita in due correnti: Ioc per la Xoc, l'altra (Iol) per il centro stella del trasformatore attraverso la bobina di Petersen.

Poi, la Iol viene suddivisa tra gli eventuali trasformatori in parallelo, proporzionalmente alla potenza.

La Ioc, essendo la corrente capacitiva che si richiude attraverso le capacità della rete, va suddivisa tra le utenze in cavo o aeree in media proporzionalmente alla capacità di ognuna (condensatori in parallelo).

Per ora non si tiene conto dei fattori di riduzione relativi a funi di guardia delle linee elettriche aeree e degli schermi metallici dei cavi sotterranei (CEI 11-1, pag. 108).

Tali fattori determinerebbero una riduzione della corrente Ioc e Iol in quanto esisterebbe una terza componente nella Io che si richiude attraverso questi elementi.

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 della utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dell'utenza lkm 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 (Imag max).

I dettagli sono riportati nello schema unifilare e nei calcoli elettrici in allegato

11.1 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:

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

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.

11.2 Massima lunghezza protetta

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

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

partendo da essa e nota la taratura magnetica della protezione è possibile calcolare la massima lunghezza

del cavo protetta in base ad essa.

Pertanto:

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

Dove:

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

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

- 0.9 per sezioni di 120 mm²;
- 0.85 per sezioni di 150 mm²;
- 0.8 per sezioni di 185 mm²;
- 0.75 per sezioni di 240 mm²;

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

12 Prescrizioni di sicurezza

12.1 Protezione contro i contatti diretti

La protezione delle persone contro i contatti diretti è affidata all'isolamento delle parti attive "protezione passiva mediante involucri ostacoli o barriere". Il grado di protezione minimo dovrà essere IP2X. I componenti, quali i cavi, condotti prefabbricati, organi di manovra e comando, apparecchiature e macchine, soddisfano le norme specifiche che ne dettano i criteri di costruzione.

L'isolante può essere rimosso solo mediante distruzione e presenta caratteristiche di resistenza ad agenti meccanici, chimici, termici, elettrici ed atmosferici.

Gli isolanti rispondono a precise condizioni quali il valore di tensione a cui il componente funziona, il grado di resistenza meccanica, la temperatura di funzionamento, la resistenza agli agenti chimici più o meno corrosivi ed agli agenti atmosferici.

12.2 Protezione contro i contatti indiretti

La protezione delle persone contro i contatti indiretti è realizzata con interruttori di massima corrente a tempo inverso e con interruttori differenziali a taratura fissa e regolabile in tempo e corrente.

Le caratteristiche dei dispositivi di protezione e le impedenze dei circuiti dovranno essere tali da soddisfare la seguente relazione in qualsiasi condizione:

$$Z_s * I_a \leq U_o$$

dove:

Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto, in ohm, che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente.

I_a è la corrente che provoca l'intervento del dispositivo di protezione, entro un tempo definito in funzione della tensione (≤ 0.4 sec per i circuiti terminali con tensione verso terra di 230 V; ≤ 5 secondi per i circuiti di distribuzione).

Se si usa un interruttore differenziale I_a è la corrente differenziale di intervento.

U_o è il valore efficace della tensione nominale tra fase e terra.

I circuiti destinati ad alimentare utenze mobili dovranno essere protetti da interruttori differenziali ad alta sensibilità ($I_{dn} \leq 30$ mA).

12.3 Protezione contro gli effetti termici

Al fine di assicurare a persone e cose la protezione contro gli effetti termici si osserveranno per gli ambienti ordinari le disposizioni della sezione 4 della Norma CEI 64-8 e per gli ambienti a maggior rischio in caso di incendio quelle della sezione 7 della medesima norma.

Per la scelta e la messa in opera delle condutture varrà quanto previsto dalla sezione 5 di tale norma:

“Le parti accessibili dei componenti elettrici a portata di mano non devono raggiungere temperature tali che possano causare ustioni alle persone, e devono soddisfare ai limiti di temperatura indicati nella Tab. 42 A. Tutte le parti dell’impianto che in funzionamento ordinario possono raggiungere anche per brevi periodi temperature superiori ai limiti indicati nella Tab. 42 A devono essere protette in modo da evitare il contatto accidentale, ossia essere protette con involucri o barriere tali da assicurare almeno il grado di protezione IPXXB”.

Parti accessibili	Materiale delle parti accessibili	Temperatura massima (°C)
Organi di comando da impugnare	Metallico	55
	Non metallico	65
Parti previste per essere toccate durante il funzionamento ordinario, ma che non necessitano di essere impugate	Metallico	70
	Non metallico	80
Parti che non necessitano di essere toccate durante il funzionamento ordinario.	Metallico	80
	Non metallico	90

12.4 Protezione contro gli incendi

Il campo fotovoltaico si sviluppa per la sua interezza all'esterno in aree scevre da materiale combustibile quindi non sarà strettamente necessario l'utilizzo di cavi non propaganti l'incendio.

12.5 Dispositivi di sezionamento

Ogni circuito sarà sezionato dall'alimentazione. Il sezionamento avverrà su tutti i conduttori attivi, compreso il conduttore di neutro con interruttori automatici onnipolari anche se nei sistemi TN-S tale conduttore può anche non essere sezionato.

Tale sezionamento diventerà assolutamente obbligatorio qualora e per esigenze diverse, da valutare caso per caso in accordo con la committenza e la direzione lavori, si decidesse di utilizzare a monte di sistemi monofasi "fase-neutro", un dispositivo di protezione unipolare sul neutro.

12.6 Interruzione per manutenzione non elettrica

Quando la manutenzione non elettrica può comportare rischi per le persone si devono prevedere dispositivi di interruzione dell'alimentazione.

13 Impianto disperdente di messa a terra

Le principali finalità dell'impianto di messa a terra sono:

- Disperdere nel terreno correnti del sistema elettrico in regime normale e perturbato senza danni per l'apparecchiatura;
- Assicurare che le funzioni di cui sopra si svolgano in condizioni di sicurezza per le persone per quanto riguarda il rischio di folgorazione;
- Disperdere nel terreno le correnti convogliate dagli impianti di protezione contro le scariche atmosferiche.

L'impianto di terra sarà realizzato in conformità alle prescrizioni dimensionali e funzionali descritte nelle norme specifiche, in linea di massima saranno previsti:

- Dispersore orizzontale realizzato con corda nuda in rame di sez. $1 \times 35\text{mm}^2$ annegata nel terreno ad una profondità di 50 – 60 cm lungo il percorso delle tubazioni interrato;
- Dispersioni di tipo ad infissione in acciaio zincato a caldo di lunghezza 1,5mt da installare in appositi pozzetti dedicati e interconnessi con apposite giunzioni al dispersore orizzontale di cui sopra posti ai quattro angoli delle cabine elettriche.

Tutte le masse estranee presenti, saranno collegate al conduttore principale di protezione o al collettore di terra tramite conduttore equipotenziale realizzato con conduttore in rame isolato di colore giallo-verde avente sezione minima 6mm² posto entro apposita tubazione.

14 Impianto di illuminazione

L'illuminazione esterna è realizzata mediante proiettori aventi tecnologia a LED, con fascio di emissione asimmetrico, montati su pali alti 6m.

L'impianto di illuminazione si attiverà solo a seguito di effrazione o per manutenzione straordinaria.

Il livello di illuminamento sarà adeguato per l'espletamento, in sicurezza delle operazioni di manutenzione.

15 Impianto di video sorveglianza

L'intero impianto sarà protetto dalle effrazioni mediante un impianto di videosorveglianza composto da termocamere disposte lungo il perimetro dell'impianto allocate su gli stessi pali su cui verranno installati i fari per l'illuminazione esterna.

16 Quadri di bassa tensione: prescrizioni

Nei quadri QBT trovano alloggio gli organi di protezione e sezionamento della sezione di impianto BT. Un quadro tipo, nei suoi componenti principali contiene:

- 1 Interruttore magnetotermico differenziale DDG (dispositivo di generatore di sotto campo) avente le seguenti caratteristiche:
 - Trifase senza neutro
 - Tensione esercizio 1000 V
 - $I_n = 1600$ o 2000 A (a seconda dei sottocampi)
 - $I_d = 0,3$ A
 - Curva C Tipo A
- Interruttori di tipo magnetotermico (protezione dei circuiti inverter) avente le seguenti caratteristiche:
 - Trifase senza neutro
 - Tensione esercizio 1000 V
 - $I_n = 160$ A
 - Curva C

Per maggiori dettagli si rimanda ai schemi elettrici facenti parte del progetto.

I quadri sono conformi alle principali norme nazionali ed internazionali in vigore, e devono corrispondere alla classificazione "AS" (apparecchiatura di serie) come definita nelle norme CEI 17.13/1 §2.1.1.1.

L'involucro esterno assicura un grado di protezione idoneo all'ambiente di installazione.

La temperatura aria ambiente interna al quadro raggiunta con tutti i componenti a regime nominale (con particolare riguardo alle apparecchiature di interruzione e/o manovra), non deve eccedere di 10 °C quella dell'aria ambiente esterna al quadro stesso.

I parametri nominali di tutti i componenti devono essere riferiti alla loro effettiva temperatura di funzionamento, così come definiti dal costruttore dei componenti stessi. In relazione alle condizioni termoigrometriche limite dell'ambiente il fornitore deve prevedere opportune aperture di ventilazione che, se necessario, può essere forzata con comando a termostato. In particolare, i quadri elettrici con grado di protezione maggiore di IP 4X possono essere dotati di resistenze anticondensa. Gli scomparti alloggianti trasformatori di potenza sono sempre dotati di ventilazione con comando a termostato.

Ogni quadro contiene montata una sbarra di terra in rame con morsetti di sezionamento alle estremità per il collegamento del circuito di terra esterno.

Per garantire facilità di montaggio, manutenzione ed espansione, nei quadri composti da più scomparti, le sbarre principali devono essere realizzate in tronchi corrispondenti ai relativi scomparti. Le sbarre secondarie devono essere dimensionate per la somma delle correnti nominali delle apparecchiature principali servite, con coefficiente di contemporaneità unitario, e non per eventuali correnti inferiori d'esercizio o nominali di componenti secondari (ad esempio sganciatori).

Le sbarre e le loro giunzioni devono essere inguainate. Esse possono essere nude solo se totalmente segregate: in tale caso la loro compartimentazione dedicata deve essere dotata di idonee aperture di ventilazione e di proprio collegamento a terra. Il materiale conduttore deve essere in rame; i cavi sono conformi alle Norme CEI 20-22.

Nel caso in cui le connessioni di potenza siano realizzate tramite linee blindate, le barrature a cui le stesse si devono attestare devono essere riportate in prossimità dell'estremità superiore o inferiore del quadro.

I cavi devono essere riuniti in canalini con coperchio di PVC forati o di metallo con collegamento a terra; coefficiente di riempimento $\leq 2,5 \text{ mm}^2$ per i circuiti amperometrici e $\geq 1,5 \text{ mm}^2$ per gli altri circuiti. Le relative terminazioni devono essere dotate di idonee bocchette e di capicorda a puntale o forcella. I conduttori relativi a circuiti di misura analogica devono essere twistati a doppiini con schermatura sui singoli doppiini, ed ulteriore schermatura totale nel caso di cavi multidoppiini.

Se ubicate nella parte bassa del quadro, le morsettiere devono essere installate ad un' altezza da terra ≥ 300 mm.

Ogni morsetto deve essere largamente proporzionato rispetto alla sezione del cavo da collegare, comunque per sezione ≥ 6 mm², ed alloggia non più di 2 conduttori per ogni lato.

Qualora siano previsti convertitori di misura, tutti gli strumenti di misura a fronte quadro devono essere sempre inseriti sui circuiti voltmetrici ed/od amperometrici primari, cioè a monte dei convertitori; costituiscono eccezione gli integratori che devono essere sempre inseriti sui circuiti di misura secondari, cioè a valle di convertitori.

Le interfacce di controllo con l'operatore locale devono essere costituite dalle apparecchiature richieste su fronte quadro.

L'interfaccia di controllo con sistemi esterni deve essere costituita da una morsettiera centralizzata per ogni scomparto.

I contatti disponibili devono essere resi rispettivamente mantenuti ed/od impulsivi, privi di potenziale.

Ogni quadro, scomparto, cella, ed ogni singolo componente montato all'interno o sul fronte, deve essere contrassegnato da targhetta indicatrice dedicata e riportante il codice di riferimento univoco indicato sui relativi schemi.

I componenti accessibili dal fronte quadro (organi di manovra ed/od interruzione, strumentazione, etc.) devono essere dotati di doppia targhettatura: una interna al quadro riportante il codice di riferimento con gli schemi, ed una esterna riportante la dicitura funzionale. La targhettatura deve essere realizzata con porta targhetta, avvitato o rivettato (è vietata l'adesività e l'incollatura), alloggiante la targhetta dedicata.

La composizione del quadro dovrà tenere conto di future partenze.

Se espressamente richieste, le riserve saranno equipaggiate di tutto quanto necessario per l'inserimento degli interruttori, in particolare delle parti fisse e delle connessioni di alimentazione.

In ogni caso, l'aggiunta di altre unità funzionali o la modifica della disposizione degli apparecchi nel quadro, dovrà essere possibile mediante l'aggiunta o l'asportazione di elementi modulari senza bisogno di alcun adattamento.

16.1 Interruttori

16.1.1 Caratteristiche generali

Gli interruttori sono conformi alle norme IEC 947.1-2 ed in particolare sono visualizzate le posizioni di interruttore aperto o chiuso con un indicatore che rispecchi in modo affidabile la posizione dei contatti principali.

Il tempo di apertura e chiusura dei contatti di potenza è indipendente dal tempo di manovra dello operatore.

Tutti gli apparecchi sono dimensionati per garantire le loro prestazioni alle reali condizioni di esercizio dell'impianto con particolare riferimento al declassamento per sovratemperatura in funzione della temperatura esterna, del grado di protezione del quadro e della posizione degli apparecchi in ogni scomparto.

La scelta degli interruttori è tale da garantire la selettività orizzontale e verticale fra gli apparecchi posti a monte e quelli a valle in relazione anche alle tabelle di back up. Solo in caso sia espressamente richiesto, il potere d'interruzione degli apparecchi posti a valle potrà essere rinforzato mediante protezione in serie con quelli posti a monte.

16.1.2 Interruttori scatolati

Gli interruttori scatolati sono realizzati con doppio isolamento della parte frontale per permettere l'installazione e/o sostituzione di eventuali ausiliari senza pericolo di contatto con parti in tensione; questa caratteristica permette, in caso di segregazione forma 3 o 4 di installare più apparecchi nella stessa cella senza interporre alcuna segregazione.

Gli interruttori sono dotati di sganciatori magnetotermici e potranno essere di tipo elettronico autoalimentati tramite i TA interni.

Tutti gli accessori e ausiliari elettrici garantiscono un'installazione semplice e sicura senza regolazioni. Gli interruttori a forte limitazione di corrente dovranno essere costituiti da:

- Un interruttore per l'eliminazione dei guasti di valore basso o medio;
- Un blocco limitatore per interrompere e limitare le correnti di c.to c.to elevate senza l'ausilio di fusibili.

16.1.3 Interruttori modulari

Gli interruttori modulari sono in esecuzione fissa per montaggio su guida simmetrica a profilo DIN.

Gli interruttori sono predisposti per un doppio sistema di identificazione, uno sulla leva di manovra e l'altro sui morsetti di collegamento in uscita.

Per correnti nominali fino a 63 A è richiesta la possibilità di collegare, direttamente ai morsetti dell'interruttore, cavi di sezione fino a 35 mm²; per correnti superiori fino a 50 mm².

La dimensione del polo degli interruttori automatici magnetotermici dovrà essere pari a:

1 modulo (18 mm) fino a $I_n=63$ A;

1 modulo (27 mm) fino a $I_n=100$ A.

16.2 Impianto prese di servizio

Considerato il tipo di struttura, la destinazione d'uso, si ritiene sufficiente l'installazione, all'interno delle cabine elettriche, di una sola tipologia di gruppo prese costituito da prese CEE interbloccate e prese di tipo civile, secondo la seguente configurazione:

- Nr.1 presa CEE 3P+N+T da 16A;
- Nr.1 presa CEE 2P+T da 16A;
- Nr 1 Presa tipo UNEL 10/16 A.

La protezione dei gruppi prese sarà attuata nel quadro contenitore tramite solo interruttore differenziale dedicato.

17 Quadri QMT

Nei quadri di media tensione QMT e QMTT trovano alloggiamento gli organi di sezionamento e protezione lato MT composti da interruttori MT in esafloruro di zolfo, SPG (Sistema di Protezione Generale) e relativi TA e TV, SPI (Sistema di Protezione di Interfaccia) e relativi TA e TV. Organi di misura il tutto certificato a norma CEI 0-16.

I quadri sono composti da una serie di unità di tipo modulare compatte equipaggiate con apparecchiature di sezionamento e protezione in SF6. Nella parte anteriore dell'unità, protetti da appositi involucri, sono situati i diversi comandi delle funzioni:

- interruttore di manovra-sezionatore e sezionatore di messa a terra
- sezionatore(i)
- interruttore
- contattore oltre agli indicatori di presenza tensione.

18 Trasformatori

Per l'inalzamento del livello di tensione da bassa (800 V) a media (30 kV) verranno usati 14 trasformatori in resina uno per ogni sottocampo aventi le seguenti caratteristiche :

- | | |
|---|-------|
| ▪ Potenza nominale P_n (in kVA); | 2500 |
| ▪ Perdite di cortocircuito P_{cc} (in W); | 23000 |
| ▪ Perdite a vuoto P_{vo} (in W) | 5000 |
| ▪ Tensione di cortocircuito v_{cc} (in %) | 6 |
| ▪ Tipo di collegamento; | Dyn11 |
| ▪ Tensione nominale del primario V_1 (in kV); | 30 |

- Tensione nominale del secondario V_{02} (in V). 800

Per l'alimentazione dei servizi verranno utilizzati 2 trasformatori in resina, uno per ogni sezione di impianto, aventi i seguenti dati di targa:

- Potenza nominale P_n (in kVA); 50
- Perdite di cortocircuito P_{cc} (in W); 1320
- Perdite a vuoto P_{vo} (in W) 270
- Tensione di cortocircuito v_{cc} (in %) 6
- Tipo di collegamento; Dyn11
- Tensione nominale del primario V_1 (in kV); 30
- Tensione nominale del secondario V_{02} (in V). 400

19 Cabine elettriche

19.1 Cabina elettrica di parallelo

La cabina elettrica di parallelo sarà del tipo prefabbricata in c.a.v. con tetto a falde e copertura in coppi e realizzata in conformità alle vigenti normative, adatta per il contenimento delle apparecchiature MT/BT. La cabina realizzata con calcestruzzo vibrato tipo RCK350 con cemento ad alta resistenza adeguatamente armato e opportunamente additivato con super fluidificante e con impermeabilizzante, idonei a garantire adeguata protezione contro le infiltrazioni di acqua per capillarità. L'armatura metallica interna a tutti i pannelli sarà costituita da doppia rete elettrosaldata e ferro nervato, entrambi B450C. Pannello di copertura calcolato e dimensionato secondo le prescrizioni delle NTC DM 17 01 2018, ma comunque per supportare sovraccarichi accidentali minimi di 480 Kg/m². Tutti i materiali utilizzati sono certificati CE. Il tetto della cabina sarà a falde con copertura in coppi.

Per dimensioni e conformazione si rimanda agli elaborati grafici *Cabina di parallelo Nord e Cabina di parallelo Sud*.

L'areazione sarà di tipo naturale mediante griglie di aerazione in resina sintetica, in sede di esercizio qualora si riscontrasse che l'areazione naturale non sia sufficiente a garantire livelli di temperatura tollerate dai sistemi elettrici si provvederà ad integrare con areazione forzata.

Le aperture a pavimento e i cunicoli interni saranno ricoperti con elementi in VTR. La cabina sarà dotata di impianto di illuminazione interno costituito da lampade con plafoniera stagna del tipo a LED. La struttura è composta dalle quattro pareti laterali e dal pannello copertura realizzate con un unico getto di calcestruzzo aventi spessore minimo 90 mm. Il pannello di pavimentazione avente spessore minimo di 90 mm. è dimensionato in modo da supportare un carico permanente di 600 Kg/m². La cabina sarà posata su

fondazione prefabbricata tipo vasca avente altezza esterna di mm 600. Lo spessore del fondo della vasca è di 120 mm mentre le pareti laterali hanno spessore 250mm/200mm dal basso verso l'alto. L'armatura della struttura è realizzata con rete elettrosaldata e ferro nervato. Tale manufatto realizza alla base della cabina, una intercapedine di 48 cm di altezza netta in grado di garantire la massima flessibilità per quanto riguarda la distribuzione dei cavi.

Sulle pareti verticali della vasca di fondazione, vengono predisposti opportuni diaframmi a frattura prestabilita tali da poter rendere agevole l'innesto delle canalizzazioni per i cavi in entrata ed in uscita dalla cabina elettrica. Vengono altresì predisposti dei punti prestabiliti per il collegamento equipotenziale di messa a terra.

19.2 Cabine elettriche di trasformazione

Le cabine elettriche di trasformazione saranno realizzate con la stessa modalità della cabina di parallelo. Saranno di tipo prefabbricate realizzate in cemento armato vibrato in monobox di tipo monolitico o mediante il montaggio in opera di pareti e solette prefabbricate, con tetto a falde e copertura in coppi.

Le cabine monobox saranno realizzate con resistenza caratteristica del calcestruzzo pari a $R_{ck} \geq 450$ kg/cm². Le pareti esterne, con spessore di 90 mm, sono internamente ed esternamente trattate con intonaco murale plastico. Il tetto, sarà del tipo a falde con copertura in coppi.

Il pavimento ha spessore 90 mm, calcolato per sopportare un carico uniformemente distribuito non inferiore a 500/600 kg/m² con ben 6000 kg concentrati in mezzera, idoneo a sopportare il peso delle apparecchiature elettromeccaniche anche durante le fasi di trasporto e movimentazione. Il pavimento è inoltre predisposto con apposite finestre per il passaggio dei cavi MT e BT. Nella struttura in cemento, l'armatura elettrosaldata è fissata al contro-telaio degli infissi in maniera tale da formare una rete equipotenziale di terra uniformemente distribuita su tutta la superficie del chiosco. Per gli accessi ai locali saranno previste porte in resina sintetica. L'impianto elettrico completamente sottotraccia, è completo dell'impianto di illuminazione con plafoniere stagne IP65. L'illuminazione artificiale della cabina, conformemente alla Norma CEI 64-8, è realizzata in modo da garantire un livello di illuminamento di 200 lux nella zona del campo visivo unitamente ad un fattore di uniformità di almeno 0,7 (norma UNI EN 12464-1) tale da permettere un facile e sicuro esercizio.

Le uscite sono dotate inoltre di illuminazione di sicurezza (norma UNI EN 1838: 2000) in grado di garantire un livello di illuminamento pari a 1 lux, mediante l'utilizzo di apparecchiature illuminanti autonome, con autonomia pari a 1 ora. Le porte e le griglie sono a secondo della richiesta in vetroresina e/o in lamiera, ignifughe ed autoestinguenti.

La ventilazione naturale all'interno del locale viene garantita con l'installazione di griglie di aerazione in resina, smontabili solo dall'interno per impedire eventuali intrusioni.

I locali destinati ai trasformatori saranno dotati di impianto di aspirazione forzata costituito da ventilatori con portata d'aria pari ad almeno 9500 mc/h, calcolato tenendo conto della potenza dei trasformatori.

Tutte le cabine saranno costituite da 2 locali, locale trasformatore e locale quadri avranno dimensioni esterne pari a mm 7500x3500x3100. Le cabine di trasformazione saranno posate su fondazione tipo vasca di altezza esterna pari a 600 mm aventi le stesse caratteristiche delle precedenti.

19.3 Cabine elettriche di servizio

Saranno previste 2 cabine di servizio una per ogni sezione di impianto sempre realizzate in cemento armato vibrato in monobox di tipo monolitico o mediante il montaggio in opera di pareti e solette prefabbricate. Nelle cabine di servizio trovano allocazione i sistemi di videosorveglianza e quadri destinati all'alimentazione dell'illuminazione esterna. Le cabine di servizio avranno dimensioni esterne pari a mm 6000 x 2500 x 2500.

20 Scatole, tubazioni e cavidotti

Nei seguenti paragrafi si riportano le caratteristiche principali e le prescrizioni per la realizzazione delle tubazioni e cavidotti presenti in sito. Per quanto concerne i cavidotti di collegamento tra le sezioni di impianto e tra l'impianto e la cabina primaria si rimanda all'elaborato *"Relazione tecnico descrittiva collegamento in cavo mt tra sezioni di impianto e tra impianto e la sottostazione di utenza at/mt di Bono.*

20.1 Cassette e scatole di derivazione

Le cassette di derivazione con passacavi e coperchio basso a vite saranno realizzate in materiale plastico autoestinguento (PVC), a doppio isolamento secondo la Norma EN 60439-1, di colore grigio RAL 7035, con caratteristiche tecniche:

- Grado di protezione IP55;
- Tenuta alla temperatura da -20 °C a +40 °C;
- Resistenti al calore anormale;
- Entrata cavi mediante passacavi a gradini;
- Quadrate e rettangolari di dimensioni varie;
- Tappi coprivite.

Le dimensioni delle scatole di derivazione devono essere tali da garantire un buon contenimento per i conduttori ed una buona sfilabilità delle condutture; le giunzioni saranno eseguite solo all'interno delle scatole ed impiegando idonei morsetti metallici a vite con cappuccio isolato o morsettiere con un adeguato grado di protezione.

Qualora si dovessero realizzare connessioni tra conduttori appartenenti a circuiti funzionanti a tensioni diverse le connessioni dovranno essere eseguite o in scatole separate o in scatole equipaggiate con setti di separazione.

Non è ammessa l'installazione di scatole di derivazione/giunzione con coperchio fissati a semplice pressione.

20.2 Tubi porta cavi

I tubi dovranno essere provvisti di concessione d'uso del Marchio Italiano di Qualità. Ai fini della sfilabilità dei cavi, il diametro interno dei tubi dovrà essere pari ad 1,3 volte il diametro interno del cerchio circoscritto al fascio dei conduttori; tale rapporto aumenta a 1,5, in caso di impiego di cavi sotto guaina. La scelta dei percorsi e l'ubicazione delle scatole rompi-tratta dovranno essere tali da garantire la perfetta sfilabilità dei conduttori.

20.3 Tubi protettivi flessibili in pvc

Il tubo protettivo isolante dovrà essere pieghevole in materiale plastico autoestinguente corrugato tipo pesante, con marchio IMQ, per posa sotto traccia a parete, pavimento o soffitto, conforme a Norme CEI EN50086-1 e CEI EN50086-2-2, con sigla e marcatura ad intervalli regolari.

Colorazione differenziata a seconda della tipologia di circuito elettrico.

20.4 Tubi protettivi rigidi isolanti in pvc

I tubi rigidi isolanti saranno in materiale termoplastico a base di cloruro di polivinile, colore grigio RAL7035, con superfici interne ed esterne prive di asperità o rugosità tali da consentire il corretto infilaggio e sfilaggio dei cavi. L'installazione dei tubi dovrà avvenire idonei collari fissa tubo posti ad interdistanza massima di 40 cm fino 2,5 m dal piano di calpestio, ed a 80 cm ad altezze superiori.

Dovranno essere previsti inoltre curve, giunti ed ogni altro accessorio per la corretta posa in opera, in modo tale da garantire un grado di protezione non inferiore ad IP55.

Caratteristiche:

- Resistenza allo schiacciamento: 750N
- Resistenza alla fiamma autoestinguenti

- Resistenza elettrica di isolamento: >100 MΩ
- Rigidità dielettrica: 2 kV
- Colore standard: RAL7035

20.5 Cavidotti-tubi per posa interrata in sito

I tubi contenenti cavi elettrici saranno sempre interrati in scavi di adeguata dimensione prevedendo una protezione superiore di calcestruzzo.

Durante le operazioni di posa si dovrà prestare particolare attenzione ai raggi di curvatura, i quali dovranno essere tali che il diametro interno del cavidotto non diminuisca di oltre il 10%.

Il diametro nominale dei tubi dovrà essere maggiore di 1.4 volte il diametro del cavo o del fascio di cavi ed i tubi dovranno risultare distanziati tra loro per consentire l'installazione e l'accessibilità agli accessori.

La profondità di posa tra il piano di appoggio del tubo e la superficie del suolo risulta dalle tavole di progetto.

Particolare cura dovrà essere posta nel caso in cui si verifichi la coesistenza tra tubi contenenti cavi per energia ed altre canalizzazioni, opere o strutture interrate. In generale si osserveranno, salvo diversa indicazione da parte della Direzione Lavori, le seguenti indicazioni:

- Tubi contenenti cavi per energia dovranno essere situati a quota inferiore (almeno 0,30 m) da quelli contenenti cavi di telecomunicazioni e/o segnalamento per evitare fenomeni di interferenza dovuti a transistori sui circuiti di energia.

Per l'interramento dei tubi si dovrà avere cura che lo scavo sia privo di sporgenze, spigoli di roccia o sassi e quindi si dovrà costituire in primo luogo un letto di sabbia di fiume o di cava vagliata e lavata dello spessore di almeno 10 cm sul quale si poseranno i tubi e successivamente il calcestruzzo.

Per l'infilaggio dei cavi si dovranno prevedere adeguati pozzetti sulle tubazioni internate ed apposite cassette su quelle non interrate, distanziate ogni 30 m circa nei tratti rettilinei e ogni 15 m circa nei tratti con interposta una curva.

Nella posa dei cavidotti interrati e nella realizzazione dei pozzetti dovrà essere posta la massima cura nella predisposizione di drenaggi e pendenze per evitare ristagni d'acqua. In particolare, le tubazioni posate tra due pozzetti andranno poste in opera con una leggera monta centrale.

Le tubazioni dovranno risultare con i singoli tratti uniti tra loro (strette da collari o flange), onde evitare discontinuità nella loro superficie interna.

21 Riferimenti e allegati

Riferimenti:

Elaborato grafico – Schema unifilari

Elaborato grafico – Schema a blocchi

Elaborato grafico – Cabina di parallelo Nord

Elaborato grafico – Cabina di parallelo Sud

Elaborato grafico – Cabine di trasformazione

Elaborato grafico – Lay out elettrico Nord

Elaborato grafico – Lay out elettrico Sud

Relazione – Tecnico descrittiva degli elettrodotti in cavo MT

Relazione – Compatibilità elettromagnetica e calcolo DPA

Allegati:

Verifiche e dimensionamenti elettrici

Allegato 1 – Dati completi delle utenze

Allegato 2 – Stato delle utenze