

CUP: E91D22000260005 Piano degli investimenti  
di Acquedotto Pugliese S.p.A.  
2018-2024

**PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO  
ESTENSIONE DELLA RETE IDRICA E FOGNARIA A SERVIZIO  
DEL BORGO MONTALTINO NEL COMUNE DI BARLETTA (BT)**

Nota AIP prot.6510 del 21 dicembre 2021

Acquedotto Pugliese S.p.A.  
Direzione Ingegneria

Il Responsabile del Procedimento  
geom. Anastasio COTZIAS

Il Direttore  
ing. Gaetano BARBONE



Ing. Alberto DE PASCALIS  
Ing. Fabio DE PASCALIS



Ing. Gianluca PERRONE

**PROGETTAZIONE  
RTP**

Studio di Ingegneria  
DE VENUTO & Associati  
Ing. Giuseppe De Venuto



Ing. Raffaele Michele CAGNAZZI  
Ing. Salvatore CAPUTO  
Ing. Antonio RINALDI



Ing. Vito Leonardo V. Casulli



Ing. Simone VENTURINI

Elaborato

**RIE**

**RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI**

Codice Intervento P1779

Codice SAP: 470000002639

Prot. 8625/2023

Data: 03/02/2023

---

N. Rev.	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato
01	OTT.2023	Aggiornamento per VERIFICA			
00	FEB.2023	Emesso per PROGETTAZIONE DEFINITIVA-ESECUTIVA			

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>3. DESCRIZIONE IMPIANTI.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 DATI DI PROGETTO.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 PRESCRIZIONI GENERALI .....</b>	<b>4</b>
<b>3.3 CARATTETISTICHE IMPIANTO ELETTRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.4 CARATTETISTICHE CONDUTTURE .....</b>	<b>5</b>
<b>3.5 DIMENSIONAMENTI CAVI ELETTRICI .....</b>	<b>5</b>
<b>3.6 DIMENSIONAMENTO DEI TUBI DELLE SCATOLE E DEI CANALI.....</b>	<b>9</b>
<b>3.7 PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE .....</b>	<b>9</b>
<b>3.8 PROTEZIONE DELLE PERSONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI .....</b>	<b>11</b>
<b>3.9 PROTEZIONE DELLE PERSONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.....</b>	<b>13</b>
<b>4. IMPIANTO DI TERRA.....</b>	<b>14</b>
<b>5. CALCOLI ELETTRICI .....</b>	<b>16</b>
<b>5.1 Dimensionamento cavi.....</b>	<b>16</b>
<b>5.2 Verifica della protezione dalle correnti di sovraccarico.....</b>	<b>19</b>
<b>5.3 Verifica della protezione alle correnti di cortocircuito.....</b>	<b>19</b>
<b>5.4 Verifica della caduta di tensione.....</b>	<b>23</b>
<b>5.5 Verifica della protezione delle persone contro i contatti indiretti .....</b>	<b>24</b>
<b>5.6 Selettività per guasti di terra.....</b>	<b>26</b>
<b>5.7 Dimensionamento gruppo elettrogeno (eventuale) .....</b>	<b>29</b>

## PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto gli interventi di “Estendimento della rete idrica e fognaria alla zona “Borgo Montaltino” nel Comune di Barletta (BAT)” e in particolare la progettazione dell'impianto elettrico delle stazioni di sollevamento a servizio della fogna nera prevista in progetto.

Ciascuna stazione di rilancio sarà realizzata in un lotto proprio e sarà composto da un impianto di sollevamento chiuso e compatto ISC, a secco, per il funzionamento ordinario e di un impianto a pompa sommersa di emergenza ISE in caso di avaria. Le suddette apparecchiature sono alloggiare in pozzetti interrati indipendenti.

Le stazioni di sollevamento saranno alimentate in bassa tensione.

La dotazione impiantistica di ciascuna stazione di sollevamento prevede:

- un Quadro Elettrico Generale all'esterno, in prossimità dell'accesso carrabile al lotto;
- all'interno dei pozzetti ISC e ISE una lampada di illuminazione;
- all'interno del pozzetto ISC una pompa di aggettamento delle acque di stillicidio;
- all'esterno una presa FEM di servizio e un palo di illuminazione.

## 2.    **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Gli impianti elettrici previsti in progetto saranno rispondenti alla normativa vigente e soddisferà i bisogni e le necessità per l'attività da svolgere.

Il sistema adottato è il **TT** poiché l'alimentazione elettrica della stazione di sollevamento sarà derivata dalla rete ENEL di distribuzione in bassa tensione a 400/230 V.

In relazione all'impiantistica elettrica, i singoli componenti saranno realizzati a regola d'arte (Art. 7, comma 1, D.M. 22 gennaio 2008, n. 37).

Le caratteristiche degli impianti e dei relativi componenti saranno conformi alle normative ed alla legislazione vigente, in particolare alle norme tecniche emanate dal CEI, dall'UNI nonché alla produzione legislativa attualmente in vigore ed in particolare:

- **Legge 186 del 1/03/1968:** "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni, impianti elettrici ed elettronici;
- **Legge 791 del 18/10/1977:** "Attuazione della direttiva 72/23/CEE relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro determinati limiti di tensione";
- **DPR. 447 del 6/12/1991:** "Regolamento di attuazione della Legge n. 46 del 5 marzo 1990, in materia di sicurezza degli impianti";
- **DPR. 392 del 18/04/1994:** "Regolamento recante la disciplina del procedimento di riconoscimento delle imprese ai fini dell'installazione, ampliamento e trasformazione degli impianti nel rispetto delle Norme di Sicurezza";
- **Legge 447 del 26/10/1995:** "Legge quadro sull'inquinamento acustico";
- **D.L. 626 del 25/09/1996:** "Attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad esser utilizzato entro taluni limiti di tensione";
- **D.P.C.M. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 14/11/1997:** "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore";
- **DPR 462 del 22/10/2001:** "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";
- **Direttiva EMC89/336/CEE del 15/12/2004;**

- **Direttiva BT. 73/23/CEE del 12/12/2006;**
- **DM 22/1272007:** "Regola tecnica di prevenzione incendi per la installazione di motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice elettrica o a macchina operatrice a servizio di attività civili, industriali, agricole, artigianali, commerciali e di servizi";
- **DM n.37 del 22/0172008:** "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della Legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici";
- **D.L. n. 81 del 9/04/2008:** "Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- **DPR 207/2010 e Regolamento UE 305/11:** "Cavi CPR";

#### Normativa C.E.I.

- **Norma CEI 3-23** "Segni grafici per schemi- Parte 11: Schemi e piani d'installazione architettonici e topografici";
- **Norma CEI 11-17** "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica Linee in cavo"
- **Norma CEI 11-20** Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- Norme della serie CEI EN 61439 - "Quadri elettrici in bassa tensione"
- **Norma CEI UNEL 35757; Ab2:** "Cavi isolati in polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V";
- **Norma CEI UNEL 35757:** "Cavi per energia isolati con polivinilcloruro, sotto guaina di PVC, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di alogeni Cavi unipolari con conduttori flessibili per posa fissa Tensione nominale U0/U: 0,6/1 kV";
- **-Norma CEI EN 63423:** "Interruttori differenziali per usi domestici e similari";
- **Norma CEI EN 63024** Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari
- **Norma CEI EN 60669-1** "Apparecchi di comando non automatici per installazione elettrica fissa per uso domestico e similari
- **Norma CEI UNEL 35026** "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua"
- **Norma CEI 64-14:** "Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori";
- **Norma CEI EN 61386-24:** "Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche";
- **Norma CEI EN 50266-2 – 1/2/3/4/5/5c - -** Metodi di prova comuni per cavi in condizioni di incendio - Prova di propagazione della fiamma verticale di fili o cavi montati verticalmente a fascio

### **3. DESCRIZIONE IMPIANTI**

#### **3.1 DATI DI PROGETTO**

Impianto di I Categoria

Sistema TT

Consegna energia elettrica in bassa tensione

Tensione 400/230 V-50Hz

Potenza impegnata 7,5 kW trifase

Corrente di cortocircuito all'origine dell'impianto: Circuito trifase 10 kA

Caduta di tensione massima ammessa: inferiore al 4% per forza motrice

Massima densità di corrente inferiore a quella rilevabile dalle tabelle CEI-UNEL in vigore.

#### **3.2 PRESCRIZIONI GENERALI**

L'impianto dovrà essere realizzato a regola d'arte, nella scrupolosa osservanza delle leggi, Decreti, Norme UNI e CEI nel loro insieme ed eventualmente con il supporto delle guide CEI in vigore al momento dell'esecuzione dei lavori.

Si ricorda che ai fini della L. n. 186 del 01/03/1968, gli impianti elettrici ed elettronici realizzati secondo le norme CEI si considerano costruiti a regola d'arte.

#### **3.3 CARATTERISTICHE IMPIANTO ELETTRICO**

L'impianto di sollevamento sarà alimentato in bassa tensione, dal fornitore dell'Energia Elettrica, alla tensione concatenata di 400V e tensione di fase 230V; la distribuzione avverrà con il sistema TT e la consegna in cavo, attestato sul gruppo energia.

Il gruppo di misura sarà ubicato all'interno di un apposito armadio stradale in vetroresina.

Nello stesso armadio in vetroresina, a valle del gruppo di misura sarà montato il dispositivo generale per la protezione della linea elettrica di alimentazione delle macchine ed apparecchiature elettriche che si attesterà al quadro generale di distribuzione (QG).

E' garantita la selettività di intervento delle protezioni in modo che, in caso di guasto di un circuito rimangano operativi gli altri.

Lo schema di distribuzione elettrica sarà di tipo radiale. Le condutture elettriche saranno realizzate con cavi multipolari a doppio isolamento, aventi isolamento principale in EPR e guaina esterna in PVC, tipo CPR.

Le giunzioni dei cavi (da non eseguire nel pozzettone) dovranno essere eseguite solo con l'impiego di morsetti e/o terminali di giunzione a compressione e l'isolamento deve essere garantito con la realizzazione di idonee muffole in resina bicomponente.

Le condutture elettriche saranno infilate in tubi protettivi e canali di PVC tipo pesante corrugato o liscio, posati secondo le norme CEI EN 61386-24.

### **3.4 CARATTERISTICHE CONDUTTURE**

La sezione minima ammessa per i conduttori di fase è  $1.5 \text{ mm}^2$  ed i conduttori del neutro avranno sezione pari a quelli di fase.

Le sezioni dei conduttori di protezione dell'impianto di messa a terra non devono essere inferiori a quelli indicati nella tabella allegata alla norma CEI 64-8.

I cavi saranno delle colorazioni indicate sulle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL, i colori da utilizzare saranno:

- messa a terra: GIALLO VERDE
- neutro: AZZURRO / BLU
- fasi: GRIGIO, MARRONE E NERO (a seconda della fase).

Le giunzioni dei conduttori, nelle parti installate a vista, dovranno essere accessibili ed avvenire esclusivamente all'interno di idonee scatole, con l'impiego di morsetti o morsettiere isolati. Le giunzioni dei cavi posati nei cavidotti interrati, saranno realizzate all'interno di pozzetti ispezionabili, con l'impiego di morsetti o giunti a compressione e isolati con idonee muffole in resina bicomponente. Le condutture installate all'interno del pozzettone, saranno costituite da tubazioni in PVC posate a vista, entro cui saranno infilati cavi non propaganti incendio tipo CPR a seconda della necessità, conformi alle norme CEI EN 50266-2 – 1/2/3/4/5/6c.

Le condutture installate a vista saranno realizzate utilizzando tubi rigidi in PVC autoestingente aventi resistenza a compressione di 750 N, con raccordi a innesto rapido IP55.

Non si potrà installare tratti di tubazioni aventi lunghezza superiore ai 15 m, o con più di tre curve, privi di cassette rompitratta.

### **3.5 DIMENSIONAMENTI CAVI ELETTRICI**

Il dimensionamento dei cavi è stato eseguito in modo da garantire la protezione della conduttura dalle correnti di sovraccarico.

In base alla norma C.E.I. 64-8 i dispositivi di protezione sono stati coordinati con la condotta in modo da soddisfare le condizioni:

$$\text{a) } I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$\text{b) } I_f \leq 1,45 \leq I_z$$

Per soddisfare la condizione a) il cavo è stato dimensionato in base alla corrente nominale della protezione a monte.

In base alla corrente di impiego  $I_b$  è stata scelta la corrente nominale della protezione a monte (valori normalizzati) e con questa si è proceduto alla scelta della sezione.

La scelta relativa alla condizione a) è stata fatta in base alla tabella che riporta la corrente ammissibile  $I_z$  in funzione del tipo di isolamento del cavo che si vuole utilizzare, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi; la portata del cavo, pertanto, è stata fissata in

$$I_{z\text{MINIMA}} = \frac{I_n}{K};$$

Dove  $K$  è il coefficiente di declassamento.

La sezione è stata scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente  $K$ ) sia immediatamente superiore a quella calcolata tramite la corrente nominale ( $I_z$  minima).

Gli eventuali paralleli sono stati calcolati nell'ipotesi che essi abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza, posa ecc. (Norme C.E.I. 64-8), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate dal numero di paralleli nel coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 IV edizione hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento  $I_f$  e corrente nominale  $I_n$  minore di 1,45 e costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI EN 62271-203 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1,45.

Ne deriva che in base a ciò la condizione b) sarà sempre soddisfatta.

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

Dalla sezione del cavo di fase è stato derivato il calcolo dell' $I^2t$  del cavo o massima energia specifica ammessa dal cavo come:

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

La costante K è stata fissata nel rispetto della norma C.E.I. 64-8), in funzione del materiale conduttore e del materiale isolante.

#### Dimensionamento cavi di neutro

Il dimensionamento è stato effettuato in base alla norma C.E.I. 64-8, la quale prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuito polifase, possa 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<sup>2</sup>;
- 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<sup>2</sup> se conduttore in rame, 25 mm<sup>2</sup> se in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm<sup>2</sup> se conduttore di rame e 25 mm<sup>2</sup> se in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase.

#### Calcolo temperatura dei cavi

La valutazione della temperatura dei cavi è stata fatta con riferimento alla corrente d'impiego e alla corrente nominale, tramite la seguente espressione:

$$T_{cavo}(C^{\dot{a}}) = T_{ambiente} + \left[ \alpha_{cavo} \cdot \left( \frac{I_b^2}{I_Z^2} \right) \right];$$

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

Il coefficiente  $\alpha$  cavo tiene conto del tipo di isolamento del cavo e del tipo di tabella di posa utilizzata di volta in volta.

#### Calcolo dei guasti

Il calcolo dei guasti è stato eseguito determinando le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione (inizio linea) e a valle dell'utenza (fine della linea).

Le condizioni in cui sono state determinate sono:

- Guasto trifase (simmetrico)
- Guasto fase terra (dissimetrico).



I parametri alle sequenze di ogni utenza sono inizializzati da quelli dell'utenza a monte e i primi vanno, a loro volta, ad inizializzare i parametri della linea a valle.

#### Calcolo delle correnti minime di sovraccarico

Le correnti di cortocircuito minimo sono state calcolate come descritto dalla norma CEI EN 60909-0, tenendo conto che:

- La tensione nominale deve essere moltiplicata per il fattore di tensione di 0,95 (tab. 1 della norma CEI EN 60909-0);
- La resistenza diretta e quella omeopolare dei cavi sono determinate alla temperatura ammissibile dagli stessi alla fine del cortocircuito.
- Le temperatura alle quali sono state calcolate le resistenze sono quelle fissate dalla norma C.E.I. 64-8 in cui vengono indicate le temperature massime ammesse in servizio ordinario a seconda del tipo di isolamento del cavo, precisamente:
  - Isolamento in PVC      Tmax 70 °C
  - Isolamento in gomma      Tmax 85 °C
  - Isolamento in G5/G7      Tmax 90°C

#### Calcolo condensatori di rifasamento

Si prevede un sistema di rifasamento distribuito.

All'uopo, considerata la possibilità, durante l'esercizio, di utilizzare il motore elettrico dell'elettropompa in condizioni di funzionamento meno gravose, si prevede l'installazione di condensatori di rifasamento, ipotizzando un fattore di potenza di 0,8 da elevare a 0,9, secondo il provvedimento CIP 11/78.

Si determina quindi la potenza reattiva capacitativa massima rifasante in relazione alla formula:

$$Q_c = P \cdot (tg \varphi - tg \varphi_f)$$

### **3.6 DIMENSIONAMENTO DEI TUBI DELLE SCATOLE E DEI CANALI**

Le condutture elettriche saranno costituite da cavi infilati in tubi protettivi di PVC posati a vista, oppure infilati in cavidotti flessibili in polietilene a doppia parete, interrati. Il diametro interno dei tubi e dei cavidotti, sarà superiore a 1,5 volte quello del cerchi circoscritto ai cavi in essi contenuti. Alle scatole di derivazione e/o rompitratta, sarà applicato un coefficiente di riempimento del 50%.

### **3.7 PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE**

Al fine di proteggere i cavi dal sovraccarico e dal cortocircuito, l'impianto elettrico è stato progettato coordinando gli interruttori automatici magnetotermici con la sezione e la lunghezza delle condutture.

#### Protezione contro le correnti di sovraccarico

La protezione contro le correnti di sovraccarico è stata prevista in conformità a quanto previsto nell'art.433 della norma CEI 64-8. Sono stata soddisfatte le seguenti condizioni:

1.  $I_b \leq I_n \leq I_z$  ;
2.  $I_f < 1,45 \cdot I_z$  ; dove:

- $I_b$  è la corrente di impiego del circuito
- $I_z$  è la portata in regime permanente della conduttura
- $I_f$  è la corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite
- $I_n$  è la corrente nominale del dispositivo di protezione.

#### Protezione contro le correnti di cortocircuito

La protezione dei cavi contro le correnti di cortocircuito è stata prevista in conformità a quanto previsto nell'art.434 della norma CEI 64-8.

Il potere di interruzione degli interruttori automatici magnetotermici è stato scelto in funzione dei valori della corrente di cortocircuito all'origine dell'impianto, stabiliti dalla Norma CEI 0-21:

- circuito trifase 6 kA

Pertanto, all'inizio dell'impianto, non dovrà mai essere inferiore a tali valori, ossia sarà rispettata la condizione:

$$I_{cc\ Max} \leq P.d.i.; \text{ dove:}$$

- $I_{ccMax}$ , corrente di corto circuito massima pari a:

$$I_{ccMax} = \frac{U \cdot c}{k \cdot Z_{cc}}; \text{dove:}$$

U = valore di tensione

C = fattore di tensione (pari a 1)

$$k = \sqrt{3}$$

$$Z_{cc} = \sqrt{\sum R_{fase}^2 + \sum X_{fase}^2} \text{ (impedenza di guasto)}$$

- P.d.i., potere di interruzione apparecchiatura di protezione

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

Le protezioni dovranno intervenire in ogni caso entro 5 secondi.

E' stata verificata la seguente condizione per un cortocircuito che si produca in qualsiasi punto della condotta protetta:

$$I^2 t \leq K^2 S^2; \text{dove:}$$

- $I^2 t$ , integrale di Joule della corrente di corto circuito presunta (valore letto sulle curve delle apparecchiature di protezione)
- $K^2 S^2$  pari al valore dell'energia specifica tollerabile dal cavo;
- K coefficiente tipico del cavo pari a:
  - 115 per cavi isolati in PVC
  - 143 per cavi isolati con gomma EPR e polipropilene reticolato
- S, valore in  $mm^2$  della sezione del cavo in esame.

Ciascun dispositivo di protezione è stato dimensionato in modo da intervenire sia in caso di cortocircuito all'inizio della linea (corrente di corto circuito massima), sia per il corto circuito all'estremità della linea (corrente di corto circuito minima).

### Verifica della caduta di tensione

Le cadute di tensione sono state valutate in base alle tabelle UNEL 35023.70.

In accordo con queste tabelle, la caduta di tensione di un singolo ramo vale:

$$\Delta U = K \cdot L \cdot I_b \cdot (R_{cavo} \cos \varphi + X_{cavo} \sin \varphi); \text{dove:}$$

- L = lunghezza della linea

- $I_b$  = corrente assorbita dall'utenza
- $K = 2$  per sistemi monofasi (230 V)
- $K = 1,73$  per sistemi trifasi (400 V)
- $\cos \varphi$  è il fattore di potenza attivo
- $\sin \varphi$  è il fattore di potenza reattivo

I parametri  $R_{\text{cavo}}$  e  $X_{\text{cavo}}$  sono stati ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) e in base alla sezione dei conduttori; i valori della  $R_{\text{cavo}}$  riportati sono riferiti a 80°C, mentre  $X_{\text{cavo}}$  è riferita a 50 Hz, entrambe sono espresse in  $\Omega/\text{m}$ .

La caduta di tensione percentuale è calcolata come segue:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U \cdot 100}{U} \text{ dove:}$$

- U per le linee monofasi è 230V
- U per le linee trifasi è 400 V.

La  $\Delta U (I_n)$  è stata valutata analogamente alla corrente  $I_n$ .

La caduta di tensione da monte a valle (totale) dell'utenza è stata determinata tramite la somma delle cadute di tensione assolute di un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame.

Dalla caduta di tensione è stata successivamente determinata la caduta di tensione percentuale, riferita al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

### **3.8 PROTEZIONE DELLE PERSONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI**

La protezione contro i contatti diretti sarà effettuata per tutti i componenti dell'impianto adottando opportune misure aventi lo scopo di impedire che una persona possa entrare in contatto con una parte attiva del circuito elettrico.

Con riferimento alla norma CEI 64-8, verrà adottata la “protezione totale”.

La “protezione totale”, adottabile in tutti gli ambienti ordinati nei quali sono presenti persone non addestrate a valutare i rischi e i pericoli connessi con l'uso dell'elettricità, si attuerà mediante isolamento delle parti attive, involucri o barriere con grado di protezione

IP2X o IPXXB. Per le superfici orizzontali poste in alto a portata di mano, il grado di protezione non deve essere inferiore a IPXXD.

#### Protezione mediante isolamento delle parti attive

L'isolamento, destinato a impedire il contatto con parti in tensione, deve realizzare una copertura totale delle parti attive e non deve essere rimovibile senza averne provocato la distruzione; inoltre per caratteristiche chimico fisiche e per spessore deve essere tale da resistere alle sollecitazioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere soggetto, tenendo conto della sua specifica funzione protettiva.

L'isolamento deve quindi rispondere a specifiche norme e superare le prove previste in base all'ambiente di installazione ed alla sua posa in opera, a tale scopo saranno impiegate condutture realizzate con tubazioni protettive posate a vista e cavi a doppio isolamento.

Per la posa a vista dovranno essere impiegati esclusivamente tubi rigide o guaine spiralmate in PVC autoestinguente non propagante l'incendio e con resistenza a schiacciamento di 750 N e all'urto di 2J.

I cavi unipolari, protetti integralmente da tubi isolanti, saranno in rame isolato in PVC di qualità R2 conforme alle norme CEI 20-22, CEI 20-29 e CEI 20-35, con tensione di isolamento 450/750V, sigla di designazione N07V-KCPR.

Le giunzioni dei conduttori devono essere eseguite all'interno di idonee scatole di derivazione IP55, con l'impiego di morsetti a cappuccio o morsettiere multipolari aventi tensione di isolamento almeno uguale alla maggiore tensione di isolamento dei conduttori interessati, ripristinando totalmente la copertura del rame precedentemente scoperto per eseguire le giunzioni.

Per i circuiti di alimentazione terminali posati a vista e compresi nel volume di accessibilità, dovrà essere realizzato il doppio isolamento, che garantisce anche la protezione contro i contatti indiretti. I Cavi non protetti meccanicamente dovranno essere in rame di tipo multipolare flessibile con isolamento in gomma in HEPR ad alto modulo e guaina esterna in PVC speciale di qualità Rz non propagante l'incendio, tipo CPR, conforme al regolamento UE305/11.

Particolare attenzione poi, si dovrà porre nell'installazione delle apparecchiature elettriche all'interno del pozzettone.

### Protezione mediante involucri o barriere

Per evitare di entrare in contatto con parti in tensione durante il funzionamento ordinario, queste dovranno essere protette anche da involucri o barriere tali da assicurare un grado di protezione minimo IP2X, o IPXXB.

Le superfici superiori orizzontali di involucri o barriere, se si trovano a portata di mano, devono avere un grado minimo IP4X o IPXXD. Tutti gli involucri e le barriere, anche in relazione alle specifiche condizioni ambientali, dovranno essere saldamente fissati per garantire nel tempo la massima segregazione delle parti attive.

Se durante il servizio ordinario sarà richiesta la possibilità di aprire gli involucri o rimuovere le barriere, è necessario che vengano rispettate le seguenti condizioni:

- impiego di una chiave o attrezzo in unico o limitato numero di esemplari da affidare a persone preparate;
- sezionamento delle parti attive, la chiusura del circuito deve avvenire solo dopo la chiusura dell'involucro o la sistemazione della barriera,
- interposizione di una barriera con grado di protezione minimo IPXXB rimovibile esclusivamente tramite un attrezzo che sia chiave o simile.

Una volta interrotta l'alimentazione per accedere all'interno degli involucri o per rimuovere le barriere, il ripristino dell'alimentazione è possibile solo dopo aver posizionato le barriere o richiuso gli involucri.

In aggiunta alla protezione totale ottenuta tramite l'isolamento, sarà adottata, quale protezione addizionale, l'interruzione dei circuiti mediante interruttori differenziali, aventi corrente di intervento nominale  $I_{dn}$  uguali o inferiori a 30 mA.

### **3.9 PROTEZIONE DELLE PERSONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI**

#### Alimentazione tramite la Rete del Distributore

La rete del distributore è esercita con il sistema TT alla tensione di 230/400V – 50 Hz, pertanto presso l'impianto di sollevamento sarà installato un idoneo impianto di messa a terra, a cui saranno collegate in equipotenzialità le masse metalliche dei componenti degli impianti, degli utilizzatori e le eventuali masse estranee accessibili.

Per la protezione contro i contatti indiretti si applicano i sistemi di protezione previsti dalla norma CEI 64-8 per gli impianti installati in ambienti ordinari, in tal caso la tensione limite di contatto UL deve essere  $\leq 50V$ .

La protezione si ottiene coordinando opportunamente il valore della resistenza di terra con le caratteristiche di intervento (corrente e tempo) dei dispositivi di protezione differenziale.

La protezione delle persone avverrà con l'interruzione automatica dell'alimentazione, ottenuta tramite dispositivi differenziali del tipo AC, A o B, aventi  $I_{dn}$  non superiore a 30mA per i circuiti prese, luci ed ausiliari e con  $I_{dn}$  non superiore a 300mA per la linea di alimentazione delle pompe di sollevamento

Al fine di garantire l'efficacia delle protezioni, soprattutto nei circuiti protetti da differenziali con correnti di intervento superiori a 30mA, le masse metalliche dei quadri elettrici e delle pompe devono essere collegate efficacemente e solidamente all'impianto di messa a terra.

Essendo il sistema di distribuzione di tipo TT, deve essere verificata la seguente relazione:

$$RE \times I_{dn} \leq UL; \text{dove:}$$

- RE = resistenza di terra
- $I_{dn}$  = corrente nominale del dispositivo differenziale (che provoca l'intervento della protezione).

Per gli impianti a bassissima tensione di sicurezza (sistemi SELV e PELV), la tensione nominale non deve essere superiore a 50 V a.c. (valore efficace) ed a 120 V d.c. (non ondulata), le parti attive devono essere sempre protette mediante isolamento in grado di sopportare per un minuto un tensione di 500 V in c.a. o con involucri con grado di protezione di almeno IPXXB.

#### **4. IMPIANTO DI TERRA**

L'impianto di messa a terra asservito all'impianto di rilancio, sarà costituito principalmente da corde di rame nudo posate in intimo contatto con il terreno e da dispersori a picchetto.

In corrispondenza di almeno due spigoli del pozzettone, saranno collegate delle corde di rame nudo di sezione pari a  $35 \text{ mm}^2$ , per il collegamento al nodo equipotenziale principale,

Alla fine dei lavori di installazione dell'impianto di messa a terra, si procederà alla verifica visiva e strumentale della sua efficacia.

##### Collettori equipotenziali

Allo scopo di garantire efficacemente la sicurezza delle persone contro i contatti indiretti, la Norma CEI 64-8 richiede che sia eguagliato il potenziale elettrico della masse presenti

all'interno del pozzettone e delle masse entranti che possono introdurre differenze di potenziale pericolose.

Sarà realizzato a tal fine un nodo equipotenziale principale, dove saranno collegati i seguenti conduttori:

- conduttore di terra;
- conduttori di protezione;
- conduttori equipotenziali.

Ad essi saranno collegate le eventuali masse estranee entranti all'interno del locale in oggetto, quali ad esempio tubazioni metalliche e similari.

I collettori equipotenziali, saranno costituiti preferenzialmente da barre di rame con fori filettati e fissaggio con occhiello imbullonato, oppure da barre in ottone nichelato con morsetti a vite. Entrambi i sistemi dovranno essere predisposti per la connessione di ogni singolo conduttore equipotenziale, ad un solo bullone o morsetto; la disconnessione di un conduttore non dovrà interessare gli altri collegamenti equipotenziali.

Le giunzioni tra i vari elementi dell'impianto di terra dovranno essere eseguite in modo da garantire il contatto efficace e duraturo.

#### Conduttori di protezione

Le sezioni dei conduttori di protezione (PE) dell'impianto di messa a terra non devono essere inferiori ai valori indicati nella tabella 54F della Norma CEI 64-8/5 di seguito riportata:

<b>Sezione dei conduttori di fase dell'impianto <math>S[\text{mm}^2]</math></b>	<b>Sezione minima del corrispondente conduttore di protezione <math>S_p[\text{mm}^2]</math></b>
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

I conduttori dell'impianto di messa a terra devono essere in rame, come quelli di fase.

Quando un conduttore di protezione è comune a più circuiti, la sua sezione dovrà essere dimensionata in funzione del conduttore di fase avente la sezione maggiore.

Saranno impiegati come conduttori di protezione, cavi unipolari in rame isolati, facenti parte o meno con i conduttori attivi, della stessa conduttura.

Qualora il conduttore di protezione non faccia parte della conduttura di alimentazione, la sezione non deve essere inferiore a:

- $2.5 \text{ mm}^2$  se protetto meccanicamente;
- $4 \text{ mm}^2$  se non protetto meccanicamente;



### Conduttori equipotenziali principali

I conduttori equipotenziali principali, collegheranno al nodo equipotenziale principale, le tubazioni idriche ed altre masse estranee simili, entranti nel locale. Per la realizzazione di questi collegamenti si adotteranno conduttori in rame con isolamento principale in PVC di colore giallo verde.

Le giunzioni tra i vari elementi dell'impianto di terra, dovranno essere eseguite in modo da garantire il contatto efficiente e duraturo.

I collegamenti tra i conduttori equipotenziali e le tubazioni metalliche dovranno essere eseguite tramite idonei collari con morsetto o bullone per l'attestazione del cavo.

### Raccomandazioni generali per l'impianto di messa a terra

I conduttori di protezione ed i conduttori equipotenziali principali e supplementari, sono sottoposti alle seguenti prescrizioni:

- devono essere adeguatamente protetti contro il danneggiamento meccanico e chimico;
- devono essere accessibili per le ispezioni e per le prove;
- su di essi non devono essere inseriti apparecchi di interruzione, ma possono esserlo dispositivi apribili mediante attrezzo ai fini delle prove;
- i cavi dell'impianto di messa a terra dovranno essere sempre identificabili e la guaina esterna dovrà essere esclusivamente di colore giallo verde;
- i conduttori attestati al collettore dovranno essere identificati ad entrambe le estremità in maniera univoca con targhette o numerazioni indelebili, al fine di agevolare le operazioni di verifica periodica e di manutenzione.

## **5. CALCOLI ELETTRICI**

### **5.1 Dimensionamento cavi**

#### Cavo alimentazione impianto di rilancio compatto ISC

Per la determinazione della corrente d'impiego si prende a base di calcolo la potenza elettrica dell'impianto.

Assumendo un cos  $\phi$  pari a 1,0, la corrente elettrica sarà calcolata con la seguente formula:

$$I = \frac{P_n \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot \cos \phi \cdot V}$$

Per l'impianto di rilancio compatto ISC, considerando una potenza elettrica di esercizio di 5,50 kW con spunto 7,15 kW e tensione di 400 V si calcola una corrente d'impiego ( $I_b$ ) pari:

$$I_b = 10,32 \text{ A}$$

Sulla base di questo valore è stata calcolata la corrente nominale ( $I_n$ ) del circuito, di valore maggiore di  $I_b$  e scelta in base alla taglia commerciale dell'interruttore automatico magneto - termico modulare che si avvicina di più al nostro valore:

$$I_n = 16 \text{ A con la condizione che sia verificato } I_n > I_b.$$

Il dimensionamento della sezione del conduttore è stato effettuato sulla condizione dalla protezione termica di sovraccarico per la quale deve risultare, a favore di sicurezza, che sia:

$$I_z = I_f \Rightarrow I_f = 1,45 \cdot I_n = 23,5 \text{ A}$$

Pertanto, dalle tabelle di portata massima dei cavi elettrici (CEI UNEL 35024 – massima portata dei cavi elettrici) si sceglie la sezione del cavo, che abbia una portata  $I_z$  maggiore di 23,5 A. Per cavi multipolari con guaina in PVC, sarebbe sufficiente un cavo di sezione 2,5 mm<sup>2</sup>, che presenta una portata di 25 A. Tuttavia, si sceglie il cavo di sezione maggiore per non sollecitare costantemente il cavo alla portata prossima a quella massima sopportabile ed anche perché si potrebbe superare il limite della caduta di tensione ammissibile del 4%.

$$s = 4,0 \text{ mm}^2$$

#### Cavo alimentazione elettropompa di emergenza ISE

Per l'impianto di sollevamento di emergenza ISE si considera ancora una potenza elettrica di esercizio di 5,50 kW con spunto 7,15 kW e tensione di 400 V e analogamente all'impianto compatto si calcola una corrente d'impiego ( $I_b$ ) pari:

$$I_b = 10,32 \text{ A}$$

La corrente nominale ( $I_n$ ) del circuito considerata per la scelta dell'interruttore automatico magneto - termico modulare con la condizione che sia verificato  $I_n > I_b$  è

$$I_n = 16 \text{ A.}$$

Il dimensionamento della sezione del conduttore è tale che sia:

$$I_z = I_f \Rightarrow I_f = 1,45 \cdot I_n = 23,5 \text{ A}$$

e si adotta un cavo di sezione

$$s = 4,0 \text{ mm}^2$$

### Cavo di alimentazione presa esterna FEM

Per la presa esterna FEM si considera una potenza elettrica di 3,5 kW e tensione di 400 V si calcola una corrente d'impiego ( $I_b$ ) pari:

$$I_b = 5,06 \text{ A}$$

La corrente nominale ( $I_n$ ) del circuito considerata per la scelta dell'interruttore automatico magneto - termico modulare con la condizione che sia verificato  $I_n > I_b$  è

$$I_n = 16 \text{ A.}$$

Il dimensionamento della sezione del conduttore è tale che sia:

$$I_z = I_f \Rightarrow I_f = 1,45 \cdot I_n = 23,5 \text{ A}$$

e si adotta un cavo di sezione

$$\mathbf{s = 4,0 \text{ mm}^2}$$

### Cavi di alimentazione illuminazione interna ed esterna, pompa di stillicidio e quadro di telegestione

Per le linee di illuminazione si considera la potenza elettrica di 0,5 kW e tensione di 230 V si calcola una corrente d'impiego ( $I_b$ ) pari:

$$I_b = 1,25 \text{ A}$$

La corrente nominale ( $I_n$ ) del circuito considerata per la scelta dell'interruttore automatico magneto - termico modulare con la condizione che sia verificato  $I_n > I_b$  è

$$I_n = 6 \text{ A.}$$

Il dimensionamento della sezione del conduttore è tale che sia:

$$I_z = I_f \Rightarrow I_f = 1,45 \cdot I_n = 8,7 \text{ A}$$

e si adotta un cavo di sezione

$$\mathbf{s = 2,5 \text{ mm}^2}$$

### Cavo alimentazione impianto sollevamento

Per la determinazione della corrente d'impiego si prende a base di calcolo la potenza elettrica sviluppata dalla somma delle potenze delle apparecchiature contemporaneamente alimentate (alternativamente ISC e ISE)

Potenza elettrica di esercizio di 11,00 kW e tensione di 400 V;

Assumendo un  $\cos \varphi$  pari a 0,9, la corrente elettrica sarà calcolata con la seguente formula:

$$I = \frac{P_n \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot V}$$

Applicando i dati di base si stima, per la dorsale principale di alimentazione è stata stimata una corrente d'impiego ( $I_b$ ) pari:

$$I_b = 17,7 \text{ A}$$

La corrente nominale ( $I_n$ ) del circuito considerata per la scelta dell'interruttore automatico magneto - termico modulare con la condizione che sia verificato  $I_n > I_b$  è cautelativamente assunta pari a

$$I_n = 25 \text{ A.}$$

Il dimensionamento della sezione del conduttore è tale che sia:

$$I_z = I_f \Rightarrow I_f = 1,45 \cdot I_n = 36,25 \text{ A}$$

e si adotta un cavo di sezione

$$s = 6 \text{ mm}^2$$

## 5.2 Verifica della protezione dalle correnti di sovraccarico

La condizione imposta dalla norma CEI 64-8 per assicurare la protezione contro i sovraccarichi della conduttura sono:

a)  $I_b \leq I_n \leq I_z$

b)  $I_f \leq 1,45 \leq I_z$ , dove  $I_f$  la corrente convenzionale di funzionamento degli interruttori automatici, è altresì soddisfatta.

Per soddisfare la condizione a) il cavo è stato dimensionato in base alla corrente nominale della protezione a monte.

## 5.3 Verifica della protezione alle correnti di cortocircuito

Le condizioni imposte dalla norma CEI 64-8 per assicurare la protezione dei cavi contro le correnti di cortocircuito sono:

c)  $I_{cc \text{ Max}} \leq P.d.i.$

d)  $I^2 t \leq K^2 S^2$

### Cavo alimentazione impianto di rilancio compatto e sollevamento di emergenza

I valori di resistenza e reattanza per il cavo di sezione pari a  $s = 4 \text{ mm}^2$  sono (CEI UNEL 35023-70):

- $r_{\text{cavo}} = 5,68 \text{ m } \Omega / \text{ m}$ ;
- $x_{\text{cavo}} = 0,101 \text{ m } \Omega / \text{ m}$

Pertanto:

- $U = 400 \text{ V}$
- $R_{\text{FASE}} = L \cdot r_{\text{cavo}} = 20\text{m} \cdot 5,68 \cdot 10^{-3} \Omega / \text{ m} = 0.1136 \Omega$
- $X_{\text{FASE}} = L \cdot x_{\text{cavo}} = 20\text{m} \cdot 1,01 \cdot 10^{-4} \Omega / \text{ m} = 0.00202 \Omega$

la corrente massima di corto circuito risulta

$$I_{cc \text{ Max}} = \frac{U \cdot c}{k \cdot Z_{cc}} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{\left(R_{\text{fase}}\right)^2 + \left(X_{\text{fase}}\right)^2}} = 2032,85 \text{ A} = 2,03 \text{ kA} < 10 \text{ kA}$$

L'energia massima sopportabile dal cavo in PVC la si ottiene dal prodotto  $K^2 S^2$ , che nel nostro caso è uguale a:

$$K^2 S^2 = (115 \cdot 4)^2 = 211.600 \text{ A}^2\text{s} .$$

Assumendo un tempo di intervento dello sganciatore magnetico pari a  $15 \text{ ms}$ , l'energia passante risulta:

$$(I_{cc})^2 \cdot t = (2032,85\text{A})^2 \cdot 0,015\text{s} = 61.987,21 \text{ A}^2\text{s} .$$

Le condizioni  $I_{cc \text{ Max}} \leq P.d.i.$  e  $I^2 t \leq K^2 S^2$  sono ampiamente soddisfatte.

### Cavo alimentazione luci interne ed esterne, stillicidio e telecontrollo

I valori di resistenza e reattanza per il cavo  $s = 2,5 \text{ mm}^2$  sono (CEI UNEL 35023-70):

- $r_{\text{cavo}} = 9,08 \text{ m } \Omega / \text{ m}$
- $x_{\text{cavo}} = 0,109 \text{ m } \Omega / \text{ m}$

Pertanto:

- $U = 400 \text{ V}$
- $R_{\text{FASE}} = L \cdot r_{\text{cavo}} = 15\text{m} \cdot 9,08 \cdot 10^{-3} \Omega / \text{ m} = 0.1362 \Omega$

- $X_{FASE} = L \cdot x_{cavo} = 15m \cdot 1,09 \cdot 10^{-4} \Omega / m = 0.001635 \Omega$

la corrente massima di corto circuito risulta

$$I_{cc\ Max} = \frac{U \cdot c}{k \cdot Z_{cc}} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{fase})^2 + (X_{fase})^2}} = 1695,47 \text{ A} = 1,69 \text{ kA} < 10 \text{ kA}$$

L'energia massima sopportabile dal cavo in PVC la si ottiene dal prodotto  $K^2S^2$ , che nel nostro caso è uguale a:

$$K^2S^2 = (115 \cdot 2,5)^2 = 82.656,25 \text{ A}^2\text{s}.$$

Assumendo un tempo di intervento dello sganciatore magnetico pari a 15 ms, l'energia passante risulta:

$$(I_{cc})^2 \cdot t = (1695,47 \text{ A})^2 \cdot 0,015 \text{ s} = 43.119,27 \text{ A}^2\text{s}.$$

Le condizioni  $I_{cc\ Max} \leq P.d.i.$  e  $I^2t \leq K^2S^2$  sono ampiamente soddisfatte.

#### Cavo alimentazione presa esterna FEM

I valori di resistenza e reattanza per il cavo di sezione pari a  $s = 4 \text{ mm}^2$  sono (CEI UNEL 35023-70):

- $r_{cavo} = 5,68 \text{ m} \Omega / \text{m};$
- $x_{cavo} = 0,101 \text{ m} \Omega / \text{m}$

Pertanto:

- $U = 400 \text{ V}$
- $R_{FASE} = L \cdot r_{cavo} = 20m \cdot 5,68 \cdot 10^{-3} \Omega / m = 0.1136 \Omega$
- $X_{FASE} = L \cdot x_{cavo} = 20m \cdot 1,01 \cdot 10^{-4} \Omega / m = 0.00202 \Omega$

la corrente massima di corto circuito risulta

$$I_{cc\ Max} = \frac{U \cdot c}{k \cdot Z_{cc}} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{fase})^2 + (X_{fase})^2}} = 2032,85 \text{ A} = 2,03 \text{ kA} < 10 \text{ kA}$$

L'energia massima sopportabile dal cavo in PVC la si ottiene dal prodotto  $K^2S^2$ , che nel nostro caso è uguale a:

$$K^2S^2 = (115 \cdot 4)^2 = 211.600 \text{ A}^2\text{s}.$$

Assumendo un tempo di intervento dello sganciatore magnetico pari a 15 ms, l'energia passante risulta:

$$(I_{cc})^2 \cdot t = (2032,85A)^2 \cdot 0,015s = 61.987,21 A^2s .$$

Le condizioni  $I_{cc Max} \leq P.d.i.$  e  $I^2t \leq K^2S^2$  sono ampiamente soddisfatte.

### Cavo alimentazione impianto sollevamento

I valori di resistenza e reattanza per il cavo di sezione  $s = 6 \text{ mm}^2$  sono (CEI UNEL 35023-70):

- $r_{cavo} = 3,78 \text{ m } \Omega / \text{ m};$
- $X_{cavo} = 0,095 \text{ m } \Omega / \text{ m}$

Pertanto:

- $U = 400 \text{ V}$
- $R_{FASE} = L \cdot r_{cavo} = 10m \cdot 3,78 \cdot 10^{-3} \Omega / m = 0,0378 \Omega$
- $X_{FASE} = L \cdot x_{cavo} = 10m \cdot 0,955 \cdot 10^{-4} \Omega / m = 0.000955 \Omega$

la corrente massima di corto circuito risulta

$$I_{cc Max} = \frac{U \cdot c}{k \cdot Z_{cc}} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{\left(R_{fase}\right)^2 + \left(X_{fase}\right)^2}} = 6.107 \text{ A} = 6,107 \text{ kA} < 10 \text{ kA}$$

L'energia massima sopportabile dal cavo (FG16R16) con isolamento in EPR e guaina in PVC la si ottiene dal prodotto  $K^2S^2$ , che nel nostro caso è uguale a:

$$K^2S^2 = (143 \cdot 6)^2 = 736.164 A^2s$$

Assumendo un tempo di intervento dello sganciatore magnetico pari a 15 ms, l'energia passante risulta:

$$(I_{cc})^2 \cdot t = (6.107)^2 \cdot 0,015s = 559.538 A^2s .$$

Le condizioni  $I_{cc Max} \leq P.d.i.$  e  $I^2t \leq K^2S^2$  sono soddisfatte.

## 5.4 Verifica della caduta di tensione

### 1. Cavo alimentazione impianto di rilancio compatto ed elettropompa di emergenza

Assumendo:

- Potenza dall'elettropompa: 5,50 kW; U 400 V
- I = 7,95 A; Cos  $\varphi$  = 1;
- Cavo utilizzato: CPR sezione 4 mm<sup>2</sup>; Lunghezza 20 m.;
- u = 7,98 mV/Am (s = 4 mm<sup>2</sup>) (CEI UNEL 35023-70);

La caduta di tensione e la caduta di tensione percentuale risultano rispettivamente:

$$\Delta U = \frac{u \cdot I \cdot L}{1000} = 1,270 \text{ V} \qquad \Delta U\% = \frac{\Delta U \cdot 100}{U} = 0,317 \%$$

### 3. Cavo alimentazione illuminazione interna ed esterna e stillicidio

Assumendo:

- Potenza: 0,5 kW; U 220 V
- I = 1,25 A; Cos  $\varphi$  = 0,8;
- Cavo utilizzato: CPR sezione 2,5 mm<sup>2</sup>; Lunghezza 20 m.;
- u = 12,7 mV/Am (s = 2,5 mm<sup>2</sup>) (CEI UNEL 35023-70);

La caduta di tensione e la caduta di tensione percentuale risultano rispettivamente:

$$\Delta U = \frac{u \cdot I \cdot L}{1000} = 0,318 \text{ V} \qquad \Delta U\% = \frac{\Delta U \cdot 100}{U} = 0,144 \%$$

### 4. Cavo alimentazione presa FEM esterna

Assumendo:

- Potenza: 3,5 kW; U 400 V
- I = 5,06 A; Cos  $\varphi$  = 1;
- Cavo utilizzato: CPR sezione 4 mm<sup>2</sup>; Lunghezza 20 m.;
- u = 7,98 mV/Am (s = 4 mm<sup>2</sup>) (CEI UNEL 35023-70);

La caduta di tensione e la caduta di tensione percentuale risultano rispettivamente:

$$\Delta U = \frac{u \cdot I \cdot L}{1000} = 0,808 \text{ V} \qquad \Delta U\% = \frac{\Delta U \cdot 100}{U} = 0,202 \%$$

### 5. Cavo alimentazione impianto sollevamento

Assumendo:

- Potenza nominale dell'impianto: 11 kW; U 400 V
- I = 17,7 A; Cos  $\varphi$  = 0,9;
- Cavo utilizzato: CPR sezione 6 mm<sup>2</sup>; Lunghezza 20 m.;



- $u = 5,34 \text{ mV/Am}$  ( $s = 6 \text{ mm}^2$ ) (CEI UNEL 35023-70);

La caduta di tensione e la caduta di tensione percentuale risultano rispettivamente:

$$\Delta U = \frac{u \cdot I \cdot L}{1000} = 1,884 \text{ V} \qquad \Delta U\% = \frac{\Delta U \cdot 100}{U} = 0,471 \%$$

### **5.5 Verifica della protezione delle persone contro i contatti indiretti**

L'alimentazione avverrà tramite la rete del distributore che è esercita con il sistema TT alla tensione di 230/400V – 50 Hz, pertanto sarà installato un idoneo impianto di messa a terra, a cui saranno collegate in equipotenzialità le masse metalliche dei componenti degli impianti, degli utilizzatori e le eventuali masse estranee accessibili.

Per la protezione contro i contatti indiretti si applicano i sistemi di protezione previsti dalla norma CEI 64-8 per gli impianti installati in ambienti ordinari, in tal caso la tensione limite di contatto UL deve essere  $\leq 50\text{V}$ .

La protezione si ottiene coordinando opportunamente il valore della resistenza di terra con le caratteristiche di intervento (corrente e tempo) dei dispositivi di protezione differenziale.

La protezione delle persone avverrà con l'interruzione automatica dell'alimentazione, ottenuta tramite il relè differenziale a riarmo automatico tarabile in tempo (30ms-5s) e corrente (25mA-25A) previsto in quadro elettrico generale.

Per garantire l'efficacia delle protezioni, soprattutto nei circuiti protetti da differenziali con correnti di intervento superiori a 30mA, tutte le masse metalliche devono essere collegate efficacemente e solidamente all'impianto di messa a terra.

Essendo il sistema di distribuzione di tipo TT, deve essere verificata la seguente relazione:

$$\mathbf{RE \times I_{dn} \leq UL}$$

dove:

RE = resistenza di terra

I<sub>dn</sub> = corrente nominale del dispositivo differenziale (che provoca l'intervento della protezione).

Ipotizzando, ai fini del calcolo, una corrente differenziale I<sub>dn</sub> di intervento pari a 1 A e assumendo la tensione limite di contatto UL normata di 50V, si ottiene:

$$\mathbf{RE \leq 50V / 1A \leq 50\Omega}$$

ossia che il valore della resistenza di terra non dovrà essere superiore a  $50\Omega$ .

Qualora il valore della corrente differenziale  $I_{dn}$  di intervento dovesse essere tarato ad un livello inferiore, ovviamente il limite della resistenza dell'impianto di terra potrà innalzarsi di conseguenza.

Sulla base delle tabelle contenute nelle norme CEI di riferimento, in modo cautelativo si può stimare una resistività del terreno pari a  $2000\ \Omega\text{m}$ .

E' così possibile effettuare una verifica analitica della resistenza presunta dell'impianto in base alla sua configurazione, utilizzando formule approssimate fornite dalle Norme.

Con l'ausilio di dispersori verticali a croce da  $1500 \times 50 \times 50 \times 5\ \text{mm}$  e di più di 500 m di corda nuda di rame da 35 mmq emerge un valore di circa 10-15 Ohm, nettamente al di sotto del valore massimo di 50 Ohm previsto a progetto per rispettare la formula sopra esposta

L'esito del calcolo preliminare eseguito in fase di progettazione non esula comunque l'impresa dall'obbligo di effettuare la misura diretta della resistenza di terra al termine dei lavori, in quanto il valore ottenuto è da ritenersi puramente indicativo essendo legato a numerose variabili dipendenti dalla conformazione del terreno ed alle modalità d'installazione, le quali potrebbero condizionare sensibilmente il valore effettivo.

Le sezioni dei conduttori di protezione saranno pari alle sezioni dei conduttori di fase, in quanto sezioni inferiori ai 16 mmq.

I conduttori per l'esecuzione dei collegamenti equipotenziali saranno del tipo unipolare FG16R16 di colore giallo-verde delle seguenti sezioni minime:

1 x 2,5 mmq per collegamenti equipotenziali secondari;

1 x 4 mmq per i collegamenti equipotenziali principali.

Nella posa dei dispersori si eviterà il contatto diretto fra metalli aventi potenziali elettrochimici diversi (ad esempio la giunzione diretta rame - zinco), interponendo materiali in grado di ridurre lo squilibrio di potenziale al fine di evitare fenomeni di corrosione; a tal proposito si consiglia l'uso di capicorda o morsetti a pressione meccanica di tipo cadmiato.

A lavori ultimati, sarà verificato tutto l'impianto realizzato eseguendo la misura della resistenza di terra. In caso d'esito negativo delle verifiche suddette, sarà cura della Ditta aggiudicataria adeguare l'impianto affinché siano rispettati i valori previsti dalle vigenti

norme CEI. Al riguardo farà fede solo ed esclusivamente il verbale positivo degli Enti preposti alle verifiche.

### ***5.6 Selettività per guasti di terra***

La scelta del sistema di protezione dell'impianto elettrico è fondamentale per garantire il corretto esercizio economico e funzionale e per ridurre al minimo i problemi indotti da condizioni anomale di servizio o da guasti veri e propri. A tal fine il coordinamento tra i diversi dispositivi dedicati alla protezione di sezioni di impianto o componenti specifici viene studiato in modo da:

- garantire la sicurezza dell'impianto e delle persone in qualsiasi caso;
- identificare ed escludere rapidamente la sola zona interessata dal problema senza interruzione di energia in aree non interessate dal guasto;
- ridurre gli stress sui componenti ed i danni nella zona interessata;
- garantire la continuità del servizio con una buona qualità della tensione di alimentazione;
- garantire un adeguato rincalzo nel caso di malfunzionamento della protezione;
- fornire al personale addetto alla manutenzione ed al sistema di gestione le informazioni necessarie al ripristino del servizio nel minor tempo possibile e con le minime perturbazioni al resto della rete;
- raggiungere un buon compromesso tra affidabilità, semplicità ed economicità.

In tal modo il sistema di protezione è in grado di facilitare la comprensione di cosa è avvenuto e dove è avvenuto, evitando interventi intempestivi o il fermo ingiustificato dell'impianto.

Nel caso in questione, sistemi di bassa tensione per la distribuzione primaria e secondaria, la velocità e limitazione degli effetti distruttivi del corto circuito richiedono sistemi ad azione diretta con sganciatori di protezione dei dispositivi.

La norma relativa agli impianti di bassa tensione CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua" essa, nella Parte 5 "Scelta ed installazione dei componenti elettrici" afferma che: "Selettività tra dispositivi di protezione contro le sovracorrenti (536.1) Quando più dispositivi di protezione sono disposti in serie e quando le necessità di esercizio lo giustificano, le loro caratteristiche di funzionamento devono essere scelte in modo da staccare dall'alimentazione solo la parte dell'impianto nella quale si trova il guasto." Nella parte di commento viene inoltre aggiunto che: "Le situazioni di esercizio che richiedono selettività sono definite dal

committente o dal progettista dell'impianto". La norma afferma quindi che le caratteristiche di funzionamento devono essere scelte in modo da avere selettività, quando le necessita di esercizio lo giustificano.

Secondo la norma CEI EN 60947-1 "Apparecchiature a bassa tensione - Parte 1: Regole generali Selettività di intervento ..." , al verificarsi di sovracorrenti entro limiti stabiliti, il dispositivo destinato a funzionare entro tali limiti intervenga mentre gli altri non intervengano.

Lo scopo fondamentale della protezione selettiva è quello di "coordinare" l'intervento fra i dispositivi di interruzione in modo che un guasto che si verifichi in un punto qualunque dell'impianto venga eliminato dal dispositivo posto immediatamente a monte del guasto. In tal modo viene messa fuori servizio soltanto la parte dell'impianto interessata al guasto, garantendo così la continuità del servizio alla rimanente parte "sana". In pratica la protezione selettiva fra due interruttori A e B, disposti in serie in una distribuzione radiale si realizza quando per un guasto nella condotta a valle interviene solo l'interruttore B immediatamente a monte del punto di guasto, mentre l'interruttore A (seppur interessato dalla corrente di guasto) non interviene, consentendo così il regolare funzionamento della condotta a monte e di conseguenza di tutte le altre condotte a valle non interessate dal guasto. Fra due interruttori in cascata la selettività può essere totale o parziale.

La selettività è totale se si apre solo l'interruttore a valle B, interessato al guasto per tutti i valori di corrente inferiori o uguali alla massima corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione dell'interruttore stesso.

La selettività è parziale se si apre solo l'interruttore a valle B per un valore di corrente di corto circuito inferiore a quello massimo presunto nel punto in cui è installato, mentre per valori superiori si ha l'intervento simultaneo sia di A che di B.

La selettività fra due interruttori può riguardare sia la zona dei sovraccarichi che quella dei corti circuiti.

Per quanto riguarda i sovraccarichi, esiste la selettività "naturale" dovuta alle caratteristiche d'intervento dei due interruttori per i diversi valori delle correnti nominali (superiore per quello a monte, inferiore per quello a valle).

Per quanto riguarda le correnti di corto circuito, la selettività può essere ottenuta coordinando opportunamente gli interruttori; vale a dire differenziando i valori delle correnti d'intervento o, eventualmente, i tempi d'intervento degli sganciatori magnetici.

Nella zona dei corto circuiti si possono distinguere i seguenti tipi di selettività:

- Selettività cronometrica
- Selettività amperometrica
- Selettività mista

#### Selettività cronometrica

Si realizza assegnando allo sganciatore magnetico dell'interruttore a monte A un tempo d'intervento maggiore di quello dell'interruttore a valle B, impiegando, a monte, interruttori "selettivi", dotati di dispositivi di ritardo intenzionale dell'intervento, o più facilmente se si impiegano a valle interruttori limitatori.

In questo caso la protezione selettiva è totale in quanto, qualunque sia il valore della corrente di guasto nella condotta a valle, interviene solo l'interruttore B. Occorre però che l'interruttore A sia in grado di sopportare la corrente di corto circuito massima che lo può interessare per la durata corrispondente al ritardo assegnato.

#### Selettività amperometrica

Si realizza coordinando opportunamente le correnti di intervento degli interruttori; in pratica, regolando la soglia d'intervento dello sganciatore magnetico dell'interruttore a monte A ad un valore  $I_{mA}$  superiore a quello  $I_{mB}$  dell'interruttore a valle B, condizione in genere facilmente realizzabile in quanto la corrente nominale dell'interruttore a valle B è minore di quella dell'interruttore a monte A.

In questo caso la protezione selettiva soltanto parziale in quanto, a seconda del valore della corrente di corto circuito nella condotta a valle, possono intervenire o solo l'interruttore B oppure B e A contemporaneamente.

#### Selettività mista

Si realizza installando a monte interruttori con sganciatori magnetici provvisti di ritardo "a tempo breve dipendente", il cui intervento dipende cioè dalla corrente di corto circuito.

Con questo tipo di coordinamento si può realizzare la selettività totale ed inoltre si riducono le sollecitazioni a cui è sottoposto l'interruttore a monte A conseguenti a elevate correnti di corto circuito per tempi prolungati (come invece accade con la selettività cronometrica).

Tuttavia, per il corretto coordinamento fra interruttori a monte e a valle non sono sufficienti i soli dati tecnici relativi ai singoli interruttori, ma occorrono anche tabelle di coordinamento ricavate con prove sperimentali.

L'impianto di progetto è dotato di selettività mista, realizzando linee di alimentazione in BT a valle del quadro generale, protette dai seguenti interruttori differenziali:

- linea gruppo elettrogeno 3f con differenziale da 0.3A
- linea pompe 3f con differenziale da 0.3A
- linea aggrottamento stillicidio con differenziale da 0.3A
- linea luci interne con differenziale da 0.03A
- linea generale con differenziale da 1A - regolabile in tempo e corrente, con ritardo di 0.5 sec.

L'installatore dovrà verificare la selettività richiesta verificando le curve di funzionamento reali degli interruttori installati, a apportando le opportuna regolazioni in funzione di prove sperimentali.

### **5.7 Dimensionamento gruppo elettrogeno (eventuale)**

Nel caso di guasto con interruzione per l'alimentazione degli impianti luce e F.M., o in caso di sospensione dell'erogazione dell'energia elettrica da parte dell'ENEL, si prevede l'impiego di gruppo di continuità, pertanto si fornisce il dimensionamento dello stesso.

Considerando la potenza nominale dell'impianto di rilancio compatto, o in alternativa l'elettropompa di emergenza con spunto pari a 7,15 kW; ipotizzando un  $\cos \phi$  1, la corrente elettrica del motore sarà:

$$I = \frac{P_m \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot \cos \phi \cdot V} = 10,32 \text{ A}$$

La potenza elettrica dell'alternatore sufficiente ad alimentare in maniera alternativa l'impianto di sollevamento compatto o l'elettropompa di emergenza vale:

$$N_a = \frac{3\sqrt{3} \cdot V \cdot I}{1000} = 21,5 \text{ kVA}$$

In considerazione della produzione standardizzata si prevede l'utilizzo di gruppo elettrogeno ausiliario della potenza di 22 kVA (17,6 kW).