

REGIONE PUGLIA 	PROVINCIA DI TARANTO 	COMUNE DI CASTELLANETA 	COMUNE DI GINOSA 
--	--	---	--

Denominazione impianto: **CONCA D'ORO**

Ubicazione: **Comune di Castellaneta (TA) – Contrada "CHIULLI"** Foglio: 100 - 101 - 102 - Agro di Castellaneta (Impianto FTV)
Particelle: Varie
Comune di Ginosa (TA) – Contrada "LAMA DI POZZO" Foglio: 119 - Agro di Ginosa (Area stazione Utente)
Particelle: Varie

PROGETTO DEFINITIVO
IMPIANTO AGRI-FOTOVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI POTENZA P=84,324240 MW, DELLE RELATIVE OPERE NECESSARIE ALLA CONNESSIONE ALLA RETE AT-150 kV DI "RTN", RICADENTI NEI COMUNI DI CASTELLANETA (TA) E DI GINOSA (TA) E PIANO AGRONOMICO PER LA RIQUALIFICAZIONE A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA

PROPONENTE **NEXT SOL PV II S.R.L.**
Via Eugenio Montale, 78 - 85025 Melfi (PZ)
P.IVA: 02040540763 - PEC: nextsolpv2@pec.it

CODICE AUTORIZZAZIONE: A1QVGF1

ELABORATO **RELAZIONE DI CALCOLO CAVI DI MEDIA TENSIONE 30 KV INTERNI ALLE AREE 1-2-3** Tav. FV-CS-IE.33-00
Codice Pratica: STMG 201900895

Aggiornamenti	Numero	Data	Motivo	Eseguito	Verificato	Approvato
	Rev 0	Ottobre 2023	Istanza per l'avvio al procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'Art. 23 del D.Lgs 152-2006 e ss.mm.ii.	G.P.	S.M.	S.M.

PROJECT MANAGER
ING. SERGIO MARTANO
GEOM. FELICE SASSI

IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI
ING. SERGIO MARTANO
ING. ROSSELLA MUSCI

AREA TOPOGRAFICA
GEOM. FELICE SASSI

AREA VIA - VAS
D.SSA WANDA GALANTE
ARCH. IVAN RISIMINI

AREA AGRONOMICA - PAESAGGISTICA
D.SSA WANDA GALANTE
ARCH. IVAN RISIMINI

AREA GEOLOGICA - IDRAULICA
DR. FRANCO SOZIO

AREA ARCHEOLOGICA
DR. COSIMO PACE – NOVELUNE SRL

AREA RILIEVI FONOMETRICI
ING. MICHELE BUNGARO

I TECNICI:






Spazio riservato agli Enti

**IMPIANTO AGRI-FOTOVOLTAICO DI PRODUZIONE
DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE
FOTOVOLTAICA P=84,324240 MWp (DC) E
P=81,725 MW (AC) DENOMINATO “ CONCA D’ORO “
CASTELLANETA – TARANTO**

**RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA DI
DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE
INTERRATE DI MEDIA TENSIONE $V_e=30$ KV
INTERNE ALLE AREE DI PRODUZIONE**

INDICE

1. INTRODUZIONE	Pag. 3
2. AREE INTERESSATE DALL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	Pag. 4
3. CABINE DI TRASFORMAZIONE BT-MT DI CAMPO	Pag. 4
4. DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE ELETTRICHE MT-30 KV DI ALIMENTAZIONE TRASFORMATORI BT-MT DI CAMPO	Pag. 5
5. DESCRIZIONE DELLE CABINE DI TRASFORMAZIONE PERIFERICHE DI CAMPO E DELLA CABINA GENERALE DI RACCOLTA. DESCRIZIONE LINEE IN CAVO MT-30 KV DI COLLEGAMENTO LE CABINE DI CAMPO	Pag. 12
6. DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE INTERNE DI MEDIA TENSIONE 30 KV DI COLLEGAMENTO TRA LE CABINE DI CAMPO	Pag. 30
6.1 DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE INTERNE AREA.1	Pag, 31
6.1.1 Dimensionamento linea anello chiuso 1.1.	Pag. 31
6.2 DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE INTERNE AREA.2	Pag. 40
6.2.1 Dimensionamento linea anello chiuso 2.1	Pag. 40
6.3 DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE INTERNE AREA.3	Pag. 49
6.3.1 Dimensionamento linea anello chiuso 3.1	Pag. 49
6.3.2 Dimensionamento linea anello chiuso 3.2	Pag. 58
7. RIEPILOGO	Pag. 67

1. INTRODUZIONE

La seguente Relazione Tecnica Specialistica ha lo scopo di fornire le descrizioni tecniche, le scelte e i calcoli degli impianti elettrici, in media tensione (MT – 30 kV) necessari alla connessione dell'impianto agri-fotovoltaico di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica di potenza $P = 84,324240$ MWp (lato corrente continua) e $P=81,725$ MW in immissione (lato corrente alternata).

La società NEXT SOL PV II S.r.l., con sede in Melfi (PZ) , alla Via Eugenio Montale,78 – 85025, nell'ambito dei suoi piani di sviluppo di impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, prevede la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto, nel Comune di Cstellaneta (TA).

A seguito della richiesta di connessione alla rete a 150 kV di RTN, è stata emessa da TERNA la STMG (Soluzione Tecnica Minima Generale), per la connessione, numero di pratica N° 201900895, che prevede la connessione in antenna su uno stallo a 150 kV della nuova Stazione a SE – SMISTAMENTO- 150 KV di RTN, da collegare in entra-esci alle linee a150 KV KV di RTN “ PISTICCI – TARANTO N2” e “GINOSA MARINA-MATERA” previo la realizzazione del potenziamento/rifacimento della linea aerea 150 KV della RTN nel tratto compreso tra la nuova SE-SMISTAMENTO GINOSA MARINA e la esistente SE-380-150 KV di MATERA , di RTN.

Per la connessione dell'impianto alla rete a 150 KV di RTN, come ampiamente descritto in altra Relazione Tecnica Specialistica Generale.

Macroscopicamente, la connessione dell'impianto prevede i seguenti interventi :

- Realizzazione di N°26 cabine di trasformazione BT-MT (0,8/30 KV) interne alle aree di produzione.
- Realizzazione di N°1 Quadro di MT- Raccolta dalle Aree.
- Linee in cavo interrate MT-30 KV per il conferimento dell'energia generata verso la Stazione Elevatrice del Produttore.
- Realizzazione di una Stazione Elevatrice del Produttore MT-AT (30/150 KV)
- Linea in cavo interrata in AT-150 KV per la connessione con lo stallo di RTN.

La presente relazione, quindi, contempla il dimensionamento delle sole linee interrate in cavo di media tensione a 30 KV interne alle aree di produzione di energia.

- Linee in cavo, interrate in MT – 30 KV di collegamento tra i trasformatori di campo con i corrispondenti quadri di media tensione .
- Linee in cavo, interrate in MT- 30 KV per il collegamento tra di loro, in opportuna configurazione, delle cabine periferiche di campo.

2.AREE INTERESSATE DALL'IMPIANTO DI PRODUZIONE FOTOVOLTAICA

Per quanto si evince dagli elaborati progettuali, l'intero impianto di produzione si sviluppa su tre aree ben distinte i cui riferimenti particellari, sono :

Area N°1

Comune di Castellaneta – Ta – Codice C.136
Foglio N°100
Particelle N° : 107-105-90-86-85-87-81-83-122

Area N°2

Comune di Castellaneta – Ta – Codice C.136
Foglio N°102
Particelle N° : 2-98

Area N°1

Comune di Castellaneta – Ta – Codice C.136
Foglio N°101
Particelle N° : 134-200-203-198-205-207

3. CABINE DI TRASFORMAZIONE BT-MT “DI CAMPO “

Le cabine di trasformazione “di campo” sono deputate a raccogliere l'energia dai moduli fotovoltaici, convertirla in corrente alternata a mezzo gli inverter, trasformarla ad un livello di tensione di 30 KV, ai fini dell'ottimizzazione tecnico-economica, per poter essere conferita presso un quadro di MT- di “raccolta” , e da qui conferita alla Stazione Elevatrice 30/150 KV del produttore.

Come si evince dagli elaborati progettuali, sono state previste le seguenti cabine di trasformazione :

Area N°1

Tale area prevede la realizzazione di N°7 cabine di trasformazione elevatrici “di campo”, cadauna attrezzata con un solo trasformatore BT-MT (0,8 / 30 KV) di potenza unitaria P=3.150 KVA.

Area N°2

Tale area prevede la realizzazione di N°6 cabine di trasformazione elevatrici “di campo”, cadauna attrezzata con un solo trasformatore BT-MT (0,8 / 30 KV) di potenza unitaria P=3.150 KVA.

Area N°3

Tale area prevede la realizzazione di N°13 cabine di trasformazione elevatrici “di campo”, cadauna attrezzata con un solo trasformatore BT-MT (0,8 / 30 KV) di potenza unitaria P=3.150 KVA.

Le descrizioni e gli attrezzamenti delle cabine di trasformazione di “campo” sono riportate, in modo sintetico, in un'altra parte della presente relazione.

4. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLE LINEE ELETTRICHE IN CAVO MT-30 KV DI COLLEGAMENTO DEI TRASFORMATORI “DI CAMPO”

I trasformatori elevatori “di campo” sono deputati alla trasformazione dal livello di tensione di 800 V proveniente dal Quadro Generale BT di Parallelo Inverter, ad un livello di tensione $V_e=30$ KV.

Per ciascuna cabina di trasformazione, i trasformatori elevatori, saranno collegati, lato MT-30 KV, in modo puntuale e radiale, con la propria unità funzionale di MT, di protezione, sezionamento e controllo.

Il dimensionamento riportato è identico per tutte le 26 cabine di trasformazione componenti l'impianto e prevede i seguenti calcoli :

- Calcolo della portata reale I_z di corrente.
- Calcolo della caduta di tensione, assoluta e percentuale.
- Verifica della tenuta alle correnti di corto circuito.
- Energia dissipata in perdite per la trasmissione.

DATI DI PARTENZA

Trasformatore elevatore di cabina

- Isolamento in resina epossidica
- Conformità al Regolamento Europeo UE-305-2014
- Potenza $P=3.150$ KVA
- Doppio primario lato BT- $V=800$ Volt , cadauno di potenza $P=1.575$ KVA
- Secondario lato MT- 30 KV +/- 2x5%
- Frequenza $f=50$ Hz
- Avvolgimenti primari : a stella con centro stella accessibile
- Avvolgimento secondario : a triangolo
- Gruppo vettoriale $Yn11-Yn11-D$
- Tensione di corto circuito : $V_{cc}=6\%$
- Corrente primaria lato BT, per ciascuna sezione $I_1 = 1.139$ A
- Corrente secondaria lato MT, $I_2 = 60,70$ A

Le linee in oggetto, quindi, dovranno conferire una corrente di impiego massima **$I_b=60,70$ A**

CALCOLO DELLA PORTATA REALE DI CORRENTE

Il calcolo della portata reale I_z di corrente è stata effettuato in ossequio alle raccomandazioni della norma CEI – UNEL 35027 “CAVI DI ENERGIA PER TENSIONI NOMINALI “U” DA 1 kV A 30 kV – PORTATE DI CORRENTE IN REGIME PERMANENTE -POSA IN ARIA ED INTERRATA”. Revisione Anno 2009-04

La portata reale I_z di un cavo, in una determinata condizione di installazione, si ricava con la relazione:

$$I_z = I_0 \cdot k$$

ove:

- I_0 = portata teorica dei cavi
- K = coefficiente di correzione totale , ed è il prodotto di più coefficienti

La portata di corrente si riferisce a cavi funzionanti in sistemi trifasi equilibrati con frequenza di 50 Hz.

La portata di corrente teorica I_0 indicata nella norma è stata calcolata considerando un funzionamento in regime permanente con un fattore di carico del 100%; la norma indica che se per alcune condizioni di funzionamento il carico risulta essere variabile o intermittente, le portate di corrente possono essere più elevate; tale condizione è tipica degli impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica. Si è considerato, come più avanti descritto, un incremento del 15%, come raccomandato.

Inoltre la norma CEI – UNEL – 35027 considera esclusivamente cavi con conduttori in rame; i cavi ipotizzati sono con conduttori in alluminio, per cui secondo le indicazioni della norma, per ottenere le portate teoriche, si dovrà fare riferimento ai valori con conduttori in rame, applicando un coefficiente di riduzione pari a 0,78.

Condizioni di posa

Le condizioni di posa delle linea in cavo oggetto del dimensionamento, sono:

- Cavi unipolari “ad elica visibile” posati “in aria” entro vasca di sottofondazione del prefabbricato costituente la cabina di campo, relativa ai locali di MT e di contenimento del trasformatore.
- Lo spazio tra il cavo e la superficie esterna ad esso si considera libero.

In ossequio alla norma CEI – EN – 35027 la condizione di posa prevista è :

- Riferimento A.1 : una terna di cavi unipolari “ad elica visibile”, posata in aria

Coesistenza tra i cavi di energia ed i cavi dati di supervisione (o simili)

Circa gli incroci dei cavi di energia con quelli di comunicazione, all'interno della vasca, quando uno dei cavi è protetto da una tubazione (o simili) non è necessario osservare alcuna precauzione.

Nel caso di parallelismi, invece, la distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non sarà inferiore a 0,30 mt.

Tipologia di cavo previsto

I cavi unipolari previsti sono del tipo ARP1H5E caratterizzati dalle seguenti caratteristiche:

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| • Produttore | PRYSMIAN GROUP |
| • Tensioni nominali | 18/30 kV |
| • Norma di riferimento | HD 620 – IEC 60502 -2 |

- Temperatura massima del conduttore 105° C
- Temperatura massima in corto circuito 300° C
- Anima in conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
- Semiconduttori interno/esterno in mescola estrusa
- Isolante in mescola di elastomero termoplastico (qualità HPTE)
- Rivestimento protettivo in nastro semiconduttore igroespandente
- Schermatura in nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale.
- Guaina esterna in polietilene di colore rosso (qualità DMP 2)
- Posa: entro cunicoli; tubazioni interrate; interrato; in aria libera; interrato con protezione meccanica.

Portata teorica Izo

Come portata teorica si è considerata quella fornita dal costruttore.

La portata indicata è riferita alle seguenti condizioni :

- Temperatura massima del conduttore 105° C
- Temperatura dell'aria della vasca 30° C
- Posa "ad elica visibile "
- Sezione scelta per il dimensionamento. S=70 mmq

La portata teorica fornita dal produttore è. **Izo= 244 A**

Considerando l'incremento del 15%, considerando la corrente intermittente, la portata teorica del cavo , diventa **Izo= 280 A**

In ossequio alle indicazioni della Norma CEI-EN-35027, avendo ipotizzato conduttori in alluminio, si è applicato un coefficiente di riduzione della portata (cautelativo) pari a 0,78; in tal modo la portata teorica del cavo diventa **Izo=218 A**

Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche elettriche del cavo scelto, di sezione S=70 mmq, sono :

- Resistenza apparente dei cavi, per posa interrata, configurazione a trifoglio, alla temperatura di 90 °C, tensione 18/30 KV
R=0,580 ohm/km
- Reattanza di fase dei cavi, a 50 Hz, per posa interrata, configurazione a trifoglio,
R=0,140 ohm/km, tensione 18/30 KV

Caratteristiche fisiche

Le caratteristiche fisiche dei conduttori unipolari, di sezione $S=70 \text{ mm}^2$, sono:

- Diametro conduttore $D_c=9,7 \text{ mm}$
- Diametro sull'isolante $D_i=25,1 \text{ mm}$
- Diametro esterno $D_e=32 \text{ mm}$
- Raggio minimo di curvatura $R_m=850 \text{ mm}$
- Peso $P=0,850 \text{ Kg/mt}$

Calcolo delle portate reali

La portata reale I_z della configurazione scelta di cavi, nelle condizioni reali, è data da:

$$I_z = I_{z0} \cdot k$$

ove:

- I_{z0} = portata teorica dei cavi
- K = coefficiente di correzione totale , che è il prodotto di più coefficienti

Il coefficiente totale di correzione k è :

$$K = K_{ta} \times K_{tt} \times K_p \times K_r \times K_d , \text{ ove:}$$

- K_{ta} : coefficiente di correzione per la temperatura ambiente diversa da $T_a=30 \text{ }^\circ\text{C}$, si è ipotizzata una temperatura massima nella vasca di sottofondazione di $35 \text{ }^\circ\text{C}$, per cui $K_{ta}=0,95$.
- K_{tt} : coefficiente di correzione per la temperatura del terreno diversa da $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Tabella 18 della Norma. Non applicabile nel caso in esame.
- K_p : coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversi da $0,8 \text{ mt}$. Tabella 21 della Norma.
La profondità di posa coincide con la superficie superiore della vasca; è stata considerata una profondità di posa pari a $0,8 \text{ mt}$, per cui $K_p=1$.
- K_d = coefficiente di spaziatura tra cavi presenti nello stesso scavo. Tabella 18 della Norma.
Non applicabile nel caso in esame .
- K_r = coefficiente di correzione per valori di resistività termica del terreno diversa da $1,5 \text{ m/W}$.
Non applicabile nel caso in esame .

$$\text{Quindi } K = K_{ta} \times K_p = 0,95 \cdot 1 = 0,95$$

La portata reale della linea in cavo prevista, in virtù delle riduzioni ed incrementi indicati, diventa :

$$I_z = I_{z0} \cdot k = 218 \times 0,95 = 207 \text{ A}$$

Quindi la portata reale del cavo, nelle condizioni indicate è $I_z = 207 \text{ A}$

Verifica della congruità della portata di corrente dei cavi previsti

La corrente massima di impiego I_b in transito sulla linea è $I_b = 60,70 \text{ A}$

La portata reale della linea, per quanto esposto è $I_z = 207 \text{ A}$

Essendo $I_z > I_b$; $207 > 60,70 \text{ A}$

Quindi circa la portata I_z , la sezione prevista $S=70 \text{ mm}^2$, è congrua.

CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE

Nel caso di corrente alternata la caduta di tensione è calcolata con la relazione

$$\Delta V = K \cdot I \cdot L (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi) \text{ ove:}$$

$K = 1,73$ per linee trifasi

I = corrente massima di impiego; $I_b = 60,70 \text{ A}$

L = lunghezza della linea (Km) ; $L = 0,015 \text{ Km}$

R = resistenza della linea alla temperatura massima di servizio (ohm/km)

X = reattanza di fase della linea (ohm/km)

$\cos \phi$ = fattore di potenza, posto pari a 0,95

I valori della resistenza R e della reattanza X , forniti dal costruttore, valgono :

Resistenza R

- $S = 70 \text{ mm}^2$ $R = 0,580 \text{ ohm/km}$

Reattanza X

- $S = 70 \text{ mm}^2$ $X = 0,140 \text{ ohm/km}$

Si è imposto un valore limite massimo per i collegamenti di media tensione in esame, pari al 1%; quindi :

$$\Delta V = K \cdot I \cdot L (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi) = 1,73 \cdot 60,70 \cdot 0,015 \cdot (0,580 \cdot 0,95 + 0,140 \cdot 0,31) = 0,94 \text{ Volt}$$

Quindi il valore assoluto della caduta di tensione è $\Delta V = 0,94 \text{ Volt}$

Il valore percentuale della caduta di tensione $\Delta V\% = \Delta V / V \times 100 = 0,94 \text{ Volt} \times 0,94 / 30.000 \times 100 = 0,31 \%$

Verifica della congruità della caduta di tensione

Dai calcoli si è ottenuta una caduta di tensione assoluta $\Delta V = 0,94 \text{ Volt}$ ed una caduta di tensione percentuale $\Delta V\% = 0,31 \%$

$$\Delta V\% = 0,31 \% < 1 \%$$

Quindi circa la caduta di tensione percentuale, la sezione prevista $S = 70 \text{ mm}^2$, è congrua.

ENERGIA DISSIPATA IN PERDITE PER LA TRASMISSIONE

Per ogni ora di funzionamento, a pieno carico, si verifica una perdita di potenza per effetto Joule, pari a $P = RI^2 = 0,580 \times 0,015 \times 60,70^2 = 32 \text{ W}$.

Supponendo un numero di ore annuo di funzionamento pari a 1200 ore, ne consegue una perdita di energia pari a **$E_a = 38,40 \text{ KWh}$**

VERIFICA DELLA TENUTA ALLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

Come si evince dagli elaborati grafici la stazione elettrica elevatrice dell'impianto 30/150 kV prevede N°2 trasformatori elevatori, cadauno di caratteristiche:

- Potenza nominale $P = 40\text{-}50 \text{ MVA (ONAN-ONAF)}$
- Tensione primaria $V_1 = 150 \text{ kV} \pm 12 \cdot 1,25\%$
- Tensione secondaria $V_2 = 30,6 \text{ kV}$
- Tensione di corto circuito $V_{cc} = 10\%$
- Corrente nominale secondaria $I_z = 964 \text{ A}$

Considerando la potenza della rete a 150 KV, di potenza infinita rispetto a quella dei trasformatori, la corrente di corto circuito lato 30 KV, con il parallelo dei due trasformatori, sarà di circa $I_{cc} = 19,20 \text{ KA}$.

$$I_{cc} = \frac{I_z \cdot 100}{V_{cc}} = \frac{964 \cdot 100}{10} = 9,6 \text{ KA (con un solo trasformatore)}$$

$$I_{cc} = 9,6 \cdot 2 = 19,2 \text{ KA (con il parallelo dei due trasformatori)}$$

N.B. Un calcolo più preciso ed approfondito, necessiterebbe della reale corrente di corto circuito trifase simmetrica in corrispondenza della Nuova SE-Smistamento 150 KV, cui si dovrà collegare l'impianto. Tale valore non è stato disponibile all'atto della stesura della presente relazione.

Si è considerata, in maniera cautelativa e di sicurezza, una corrente di corto circuito presunta, in corrispondenza delle cabine di campo, $I_{ccp}=16 \text{ KA}$
Deve essere soddisfatta la relazione.

$$I^2 t \leq k^2 S^2$$

In pratica l'energia specifica lasciata fluire dall'interruttore MT, in caso di corto circuito, deve essere inferiore a quella sopportabile dal cavo.

I = corrente di corto circuito presunta = 16 kA

t = tempo di interruzione della corrente di corto circuito; considerando un ritardo intenzionale di intervento della funzione di protezione ANSI 50, pari a 50 msec, ed un tempo di 70 msec, affinché l'interruttore intervenga dal momento del consenso del relè, si ha che $t = 120 \text{ msec}$.

K = costante dipendente dalla natura dell'isolante; nel caso in esame $k = 143$

S = sezione della linea MT, $S = 70 \text{ mmq}$.

Quindi $I^2 t \leq k^2 S^2$

$$3,07 \times 10^7 < 1,00 \times 10^8$$

La sezione scelta è congrua anche nei confronti della tenuta alle correnti di corto circuito.

CONCLUSIONI

La linea prevista costituita da cavi unipolari, in configurazione "ad elica visibile", tipo ARP1H5E in formazione (3 x 1 x 70 mmq) è idonea per la connessione.

5. DESCRIZIONI DELLE CABINE DI TRASFORMAZIONE PERIFERICHE DI “CAMPO” E DELLA CABINA GENERALE DI “RACCOLTA”.

DESCRIZIONE DELLE LINEE ELETTRICHE IN CAVO MT-30 KV DI COLLEGAMENTO DELLE CABINE DI TRASFORMAZIONE PERIFERICHE “DI CAMPO”.

5.1 DESCRIZIONE DELLE CABINE DI TRASFORMAZIONE DI CAMPO

Come si evince dagli elaborati progettuali, sono state previste le seguenti cabine di trasformazione, per ciascuna area di produzione :

Area N°1

Tale area prevede la realizzazione di N°7 cabine di trasformazione elevatrici “di campo”, cadauna attrezzata con un solo trasformatore BT-MT (0,8 / 30 KV) di potenza unitaria P=3.150 KVA.

Le cabine di trasformazione previste saranno collegate in media tensione a 30 KV , in un anello esercito in una configurazione “anello aperto-chiuso”

Nello specifico è stato previsto l’anello :

- Anello N.1.1 costituito dal collegamento di N.7 cabine di trasformazione, denominate : C.1.1-C.1.2-C.1.3-C.1.4-C.1.5-C.1.6-C.1.7

Area N°2

Tale area prevede la realizzazione di N°6 cabine di trasformazione elevatrici “di campo”, cadauna attrezzata con un solo trasformatore BT-MT (0,8 / 30 KV) di potenza unitaria P=3.150 KVA.

Le cabine di trasformazione previste sono state suddivise, per i necessari collegamenti in media tensione a 30 KV , in un anello esercito in una configurazione “anello aperto-chiuso”

Nello specifico è stato previsto l’anello :

- Anello N.2.1 costituito dal collegamento di N.6 cabine di trasformazione, denominate : C.2.1-C.2.2-C.2.3-C.2.4-C.2.5-C.2.6

Area N°3

Tale area prevede la realizzazione di N°13 cabine di trasformazione elevatrici “di campo”, cadauna attrezzata con un solo trasformatore BT-MT (0,8 / 30 KV) di potenza unitaria P=3.150 KVA.

Le cabine di trasformazione previste sono state suddivise, per i necessari collegamenti in media tensione a 30 KV , in due anelli distinti, eserciti in una configurazione “anello aperto-chiuso”

Nello specifico sono stati previsti gli anelli :

- Anello N.3.1 costituito dal collegamento di N.7 cabine di trasformazione, denominate : C.3.13-C.3.1-C.3.2-C.3.3-C.3.4-C.3.5-C.3.12
- Anello N.3.2 costituito dal collegamento di N.6 cabine di trasformazione, denominate : C.3.9-C.3.8-C.3.7-C.3.6-C.3.11-C.3.10

La scelta dell’esercizio delle cabine di trasformazione di campo, in una configurazione di “anello aperto-chiuso”, riviene da considerazioni tecniche-economiche tali da

rendere più disponibile l'impianto, da ridurre in tempo "zero" il fuori esercizio in caso di guasti di fase o verso terra sulla rete MT, con intervento selettivo delle protezioni, in modo da eliminare solo ed esclusivamente l'elemento di linea o la cabina affetta da guasto. Nella Relazione Tecnica Specialistica il sistema è ampiamente descritto.

Ciascuna Cabina di trasformazione di Campo, si comporrà essenzialmente delle seguenti parti :

- Prefabbricati in cemento.
- Quadro di Media Tensione V=30 Kv
- Trasformatore elevatore 0,8/30 KV
- Quadro Generale BT di Parallelo Inverter
- Quadro Servizi Ausiliari
- UPS
- Impianti Speciali

5.1.1 PREFABBRICATI IN CEMENTO

Sono stati previsti, per ciascuna cabina, N°2 prefabbricati in cemento, deputati, rispettivamente, al contenimento di :

- Apparecchiature di Media Tensione, Trasformatore elevatore, Quadro di Parallelo Inverter, Quadro Ausiliari, Varie.
- Batterie per accumulo energia, da utilizzare esclusivamente, per l'alimentazione dei Servizi Ausiliari di sera-notte; da attrezzare successivamente.

Caratteristiche generali

Ogni cabina di trasformazione sarà del tipo prefabbricata in cemento armato vibrato con struttura di tipo monolitico; il calcestruzzo avrà una resistenza caratteristica $R_{ck} = 400 \text{ Kg/cm}^2$.

Il progetto per la realizzazione delle cabine elettriche prefabbricate MONOBOX sarà elaborato in conformità alle prescrizioni del D.M. 14.01.2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni per la seguente tipologia di struttura:

- Vita della struttura: Opere ordinarie
- Vita nominale: 50 anni. Classe II
- Coefficiente d'uso: 1.000
- Categoria terreno: D
- Valori di accelerazione $A_{g/g}$ ($T_r = 50$) 0.3500

Le pareti esterne saranno di spessore cm. 9, e saranno internamente ed esternamente trattate con intonaco murale plastico di tipo graffiato; le pareti interne divisorie saranno di spessore cm.7 e trattate nel medesimo modo delle pareti esterne. Il tetto, di spessore cm. 10, a corpo unico con la struttura del prefabbricato, sarà impermeabilizzato con guaina bituminosa applicata a caldo, tipo granigliato o del tipo in resina epossidica.

Il pavimento, di spessore cm.10, sarà dimensionato per sopportare un carico, uniformemente distribuito, non inferiore a 600 kg/mq + 3000 Kg concentrati in mezzeria.

Sarà idoneo a sopportare il peso delle apparecchiature elettromeccaniche anche durante le fasi di eventuale trasporto e movimentazione.

In corrispondenza dei punti di appoggio del trasformatore elevatore, sanno posati dei sostegni, di idonea misura, realizzati in cemento armato vibrato, posizionati all'interno della vasca di fondazione.

Il pavimento sarà corredato di forometria orizzontale, di idonee dimensioni, in corrispondenza delle apparecchiature elettriche che saranno installate nei singoli vani, per il passaggio dei cavi di collegamento di media e di bassa tensione, nonché di quelli ausiliari.

Gli ambienti di media e di bassa tensione, inoltre, saranno corredati di fori sul pavimento con "plotte" in vetroresina per l'accesso nella vasca di fondazione.

Nella struttura in cemento l'armatura elettrosaldata sarà fissata ai controtelai degli infissi in maniera tale da realizzare una rete equipotenziale disperdente uniformemente distribuita su tutta la superficie del chiosco e funge, contemporaneamente da una vera e propria gabbia di Faraday.

Le porte e le griglie standard, saranno in vetroresina, ignifughe ed autoestinguenti, del tipo Unificato di E-Distribuzione; la porta di accesso al vano di contenimento del trasformatore, viste le notevoli dimensioni, sarà in lamiera zincata, opportunamente rinforzata, e corredata di serratura di blocco tipo Arel.

Il peso del monobox sarà di circa 27 ql./ml. Il peso del basamento e del rialzo sarà di circa 16 ql./ml, di spessore 15 cm.

Il prefabbricato sarà realizzato adottando un sistema produttivo in regime di qualità certificato secondo le norme ISO 9001:2000.

La produzione in stabilimento avverrà in "serie dichiarata" con attestazione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Documentazioni a corredo della fornitura

Ciascun prefabbricato dovrà essere corredato dei documenti rilasciati in conformità alle prescrizioni del D.M. 14.01.2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni, alle prescrizioni della Norma CEI 0-16 ed alle prescrizioni ENEL per la connessione alla rete elettrica di ENEL Distribuzione:

- Omologazione ENEL
- Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici
- Certificato di origine
- Elaborati grafici
- Relazioni di calcolo
- Relazioni sui materiali
- Relazione sulla movimentazione, sul sollevamento e montaggio
- Relazione di uso e manutenzione e limiti di impiego
- Dichiarazione sui risultati delle prove a compressione
- Certificato di qualità aziendale
- Dichiarazione di conformità della rispondenza alle Norme CEI di pertinenza.
- Dichiarazione attestante l' idoneità dei locali all' esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

NOTE INSTALLATIVE DEI PREFABBRICATI IN CEMENTO

Perimetralmente all'impronta dei due prefabbricati, sarà realizzato un camminamento, di larghezza 100 cm e profondità 80 cm, realizzato in cemento armato, per l'accesso nei vani. Di fatto i prefabbricati saranno posizionati ad una quota rialzata di 80 cm rispetto alla quota dei terreni circostanti, le differenze di quota saranno realizzate, per una lunghezza di 125 cm, mediante terreno di riporto riveniente dagli scavi, compattati ed opportunamente modellati. La differenza di quota serve, tra l'altro, ad evitare l'ingresso di acqua nei prefabbricati in caso di precipitazioni.

In tal modo, di fatto, per ciascun complesso di prefabbricati, si realizzerà uno scavo di profondità molto limitata, di 30 cm, compreso lo spessore della soletta di magrone necessaria per l'appoggio delle vasche di fondazione.

5.1.1.1 CABINA PREFABBRICATA IN CEMENTO “DI CAMPO” PER SERVIZI TECNICI

Le dimensioni esterne di ciascuna cabina saranno :

- Lunghezza: 13,50 mt
- Larghezza: 3,00 mt
- Altezza : 3,40 mt (fuori terra)

Ogni cabina si comporrà di tre vani distinti, deputati a contenere, rispettivamente :

- Quadro di media tensione a 30 KV
- Trasformatore elevatore P=3150 KVA; V1= 800 V ; V2=30 KV
- Quadro di bassa tensione di “parallelo inverter” – Quadro Servizi Ausiliari.
- Pertinenze Varie

Struttura

- Impermeabilizzazione del tetto eseguita con resina epossidica e guaina bituminosa 4 mm, armata di tipo granagliato.
- Trattamento murale interno al quarzo-plastic con finitura graffiata colore bianco.
- Trattamento murale esterno al quarzo-plastic con finitura graffiato; colore da definire.
- Rete equipotenziale interna alla struttura in c.a.v. con nodo di collegamento (gabbia di Faraday).
- Golfari di sollevamento.
- Fori a pavimento per passaggio cavi MT/BT, come da progetto.
- N° 2 Pareti divisorie interne in c.a.v. di spessore 7cm.
- La struttura si comporrà di tre vani indipendenti.

Vano Apparecchiature di Media Tensione

Dimensioni utili interne: cm. 500x282x330 (L x P x H)

- N° 1 Porta a 2 ante in vetroresina, dimensioni 120x215 cm (H)
- N° 2 Griglie di aerazione in VTR 120x50(H)cm. Omologate ENEL, corredate di rete antinsetto.
- Impianto di illuminazione interna, ordinaria e di emergenza, come da progetto.
- Impianto prese di corrente come da progetto.
- Impianto elettrico sottotraccia completo di tubazioni, cassette, punti luce, conduttori.
- N° 1 Botola di accesso a vasche 100x60 con plotta tipo ENEL.

- Forometria orizzontale.
- N°1 torrino eolico.
- Impianto perimetrale di terra interno, costituito da bandella di rame nudo, dimensioni 30x3 mm; corredato di isolatori e morsetteria dedicata.
- Cartelli monitori di pericolo e di segnalazione, interni ed esterni.
- Targa di identificazione con schema di sollevamento.
- Schema del quadro MT, entro cornice con vetro.
- Tappeto isolante 36 KV
- Guanti isolanti 36 KV in custodia.
- Estintore per la classe di fuoco idonea per apparecchiatura elettrica; P=5 Kg.
- Pulsante per apertura di emergenza

Vano Trasformatore elevatore

Dimensioni utili interne: cm. 350x282x330 (L x P x H)

- N° 1 Porta a 2 ante in acciaio zincato a caldo, dimensioni 300x300 cm (H); corredata di serratura di blocco tipo Arel.
- N° 2 Griglie di aerazione in VTR 120x50(H)cm. Omologate ENEL, corredate di rete antinsetto.
- Impianto di illuminazione interna, ordinaria e di emergenza, come da progetto.
- Impianto elettrico sottotraccia completo di tubazioni, cassette, punti luce, conduttori.
- Forometria orizzontale.
- N°1 torrino eolico.
- Impianto perimetrale di terra interno, costituito da bandella di rame nudo, dimensioni 30x3 mm; corredato di isolatori e morsetteria dedicata.
- Cartelli monitori di pericolo e di segnalazione, interni ed esterni.
- Targa di identificazione con schema di sollevamento.

Vano Apparecchiature di Bassa Tensione

Dimensioni utili interne: cm. 468x282x330 (L x P x H)

- N° 1 Porta a 2 ante in vetroresina, dimensioni 120x215 cm (H)
- N° 2 Griglie di aerazione in VTR 120x50(H)cm. Omologate ENEL, corredate di rete antinsetto.
- Impianto di illuminazione interna, ordinaria e di emergenza, come da progetto.
- Impianto prese di corrente come da progetto.

- Impianto elettrico sottotraccia completo di tubazioni, cassette, punti luce, conduttori.
- N° 1 Botola di accesso a vasche 100x60 con plotta tipo ENEL.
- Forometria orizzontale.
- N°1 torrino eolico.
- Impianto perimetrale di terra interno, costituito da bandella di rame nudo, dimensioni 30x3 mm; corredato di isolatori e morsetteria dedicata.
- Cartelli monitori di pericolo e di segnalazione, interni ed esterni.
- Targa di identificazione con schema di sollevamento.
- Schema del quadro BT, entro cornice con vetro.
- Estintore per la classe di fuoco idonea per apparecchiatura elettrica; P=5 Kg.
- Pulsante per apertura di emergenza

Basamento prefabbricato a vasca

Dimensioni utili interne: cm. 1350x300x70 (L x P x H)

Corredato di predisposizione fori a frattura prestabilita, diametro D=20 cm.

Sigillatura tra vasca di fondazione e cabina prefabbricata realizzata mezzo spugna impermeabile biadesiva.

N°2 connettori interno-esterno per i collegamenti all'impianto di terra esterno.

5.1.1.2 CABINA PREFABBRICATA IN CEMENTO "DI CAMPO" PER ACCUMULO"

Le dimensioni esterne di ciascuna cabina saranno:

- Lunghezza: 6,00 mt
- Larghezza: 3,00 mt
- Altezza: 3,40 mt

Ogni cabina si comporrà di un vano unico deputato a contenere, rispettivamente :

- Le batterie di accumulo per l'alimentazione dei Servizi Ausiliari, di potenza stimata pari a circa 5 KW, per un periodo di 12-13 ore.
- Pertinenze Varie

Struttura

- Impermeabilizzazione del tetto eseguita con resina epossidica e guaina bituminosa 4 mm, armata di tipo granagliato.
- Trattamento murale interno al quarzo-plastic con finitura graffiata colore bianco.

- Trattamento murale esterno al quarzo-plastic con finitura graffiato; colore da definire.
- Rete equipotenziale interna alla struttura in c.a.v. con nodo di collegamento (gabbia di Faraday).
- Golfari di sollevamento.
- Fori a pavimento per passaggio cavi BT.

Vano Batterie di Accumulo

Dimensioni utili interne: cm. 582x282x330 (L x P x H)

- N° 1 Porta a 2 ante in vetroresina, dimensioni 120x215 cm (H)
- N° 2 Griglie di aerazione in VTR 120x50(H)cm. Omologate ENEL, corredate di rete antinsetto.
- Impianto di illuminazione interna, ordinaria e di emergenza, come da progetto.
- Impianto prese di corrente come da progetto.
- Impianto elettrico sottotraccia completo di tubazioni, cassette, punti luce, conduttori.
- Impianto di estrazione forzata dell'aria
- N° 1 Botola di accesso a vasche 100x60 con plotta tipo ENEL.
- Forometria orizzontale.
- N°1 torrino eolico.
- Impianto perimetrale di terra interno, costituito da bandella di rame nudo, dimensioni 30x3 mm; corredato di isolatori e morsetteria dedicata.
- Cartelli monitori di pericolo e di segnalazione, interni ed esterni.
- Targa di identificazione con schema di sollevamento.
- Estintore per la classe di fuoco idonea per apparecchiatura elettrica; P=5 Kg.
- Pulsante per apertura di emergenza

Basamento prefabbricato a vasca

Dimensioni utili interne: cm. 605 x 300 x 70 (L x P x H)

Corredato di predisposizione fori a frattura prestabilita, diametro D=20 cm.

Sigillatura tra vasca di fondazione e cabina prefabbricata realizzata mezzo spugna impermeabile biadesiva.

N°2 connettori interno-esterno per i collegamenti all'impianto di terra esterno.

5.1.1.3 QUADRO DI MEDIA TENSIONE PER INTERNO V=30 KV “DI CAMPO”

In ciascuna delle N°26 cabine di trasformazione “elevatrici di campo” è stato previsto un quadro di MT-36 KV , identico per ciascuna di esse.

La tipologia presa di riferimento è di produzione Schneider Electric, modello SM6-36 di caratteristiche generali :

• Tensione nominale	V _n = 36 KV
• Tensione di esercizio	V _e = 30 KV
• Corrente nominale	I _n = 630 A
• Corrente di breve durata ammissibile	I _{cc} = 16 KA x 1 sec
• Tenuta all’arco interno secondo IEC-62271-200.	16 KA x 1 sec – A-FL
• Classificazione della continuità di esercizio.	LSC2A
• Tensione nominale di isolamento tra le fasi e verso massa	V _i = 70 KV eff.
• Tensione nominale di isolamento tra le fasi e verso massa.	V _i = 170 KV di picco
• Grado di protezione.	IP - 3X
• Grado di resistenza agli urti.	IK – 07
• Temperatura di riferimento	-5°C / +40 °C
• Rischio sismico	fino a 0,5 G (orizzontale) fino a 0,4 G (verticale) classe 2 – IEEE-693/05 EN-60068-3/1993

COMPOSIZIONE ED ATTREZZAMENTO DEL QUADRO DI MEDIA TENSIONE PER INTERNO V=36 KV “DI CAMPO”

Il quadro si comporrà delle seguenti unità funzionali del tipo SM-6-36, con sviluppo da sinistra verso destra.

N°2 unità funzionali di “arrivo-partenza” anello, modello DM1A-SF1

Cadauna costituita ed attrezzata con :

- Struttura metallica
- Porta di accesso con interblocchi meccanici
- Oblò di ispezione
- Sbarre in rame rivestito di materiale isolante.
- Sezionatore di linea in gas SF₆, comando manuale, corredato di contatti ausiliari e di doppio blocco a chiave.
- Interruttore in gas SF₆, modello SF1-630 A – 36 KV- 16 KA; corredato di : comando motorizzato, sganciatori di apertura e di chiusura, contatti ausiliari, blocco a chiave, contascariche.
- Sezionatore di terra con potere di chiusura; corredato di contatti ausiliari e di doppio blocco a chiave.
- Terna di derivatori capacitivi con lampade di segnalazione di presenza tensione
- Resistenza anticondensa P=50 W – 230 Vac, corredata di termostato
- N°3 trasformatori di corrente TPL-130, in aria (bobina di Rogowski); corrente primaria minima/massima : 5/1250 A; classe precisione 0,5 per misure; classe precisione per protezione 5P
- N°1 trasformatore di corrente toroidale CSH-200

- N°1 cella di bassa tensione, contenente :
 - N°1 relè multifunzione SEPAM S42 (misure-controllo-automazione-
protezioni ANSI 50-51-50N-51N-67-67N-27-59-81H-81L); corredato di
scheda MES114, modulo di comunicazione ACE-949 RS485 Modbus.
 - Lampade di segnalazione
 - Selettore di scelta LOC-MIS
 - Manipolatore di comando Apri-Chiudi
 - Interruttori ausiliari
 - Morsettiere
 - Sensori ottici di rivelatori di arco interno, con relè VAMP
 - Sensori di monitoraggio termico TH110, con protocollo ZigBee
 - Data logger COM'X 510
 - Impianto di terra
- Dimensioni della singola unità : L x H x P = 1000 x 2250 x 1400 mm

N°1 unità funzionale di “misure”, modello CM

Attrezzata con :

- Struttura metallica
- Porta di accesso con interblocchi meccanici
- Oblò di ispezione
- Sbarre in rame rivestito di materiale isolante.
- Sezionatore di linea in gas SF6, comando manuale, corredato di contatti ausiliari e di doppio blocco a chiave.
- Sezionatore di terra con potere di chiusura; corredato di contatti ausiliari e di doppio blocco a chiave.
- Terna di derivatori capacitivi con lampade di segnalazione di presenza tensione
- Resistenza anticondensa P=50 W – 230 Vac, corredata di termostato
- N°3 trasformatori di tensione fase-terra tipo VRF3/S2 ; V1=30/rad3 KV; V2=100/rad3 V; V2=100/3 V; P=50 VA Cl.05; P=50 VA – 3P
- N°1 terna di fusibili ; In 2 A ; V=36 KV
- Sensori ottici di rivelatori di arco interno, con relè VAMP
- N°1 cella di bassa tensione, contenente :
 - Lampade di segnalazione
 - Interruttori ausiliari
 - Morsettiere
- Impianto di terra.

Dimensioni della singola unità : L x H x P = 750 x 2250 x 1400 mm

N°1 unità funzionale di “protezione trasformatore elevatore”, modello DM1A-SF1

Attrezzata con :

- Struttura metallica
- Porta di accesso con interblocchi meccanici
- Oblò di ispezione
- Sbarre in rame rivestito di materiale isolante.
- Sezionatore di linea in gas SF6, comando manuale, corredato di contatti ausiliari e di doppio blocco a chiave.
- Interruttore in gas SF6, modello SF1-630 A – 36 KV- 16 KA; corredato di :
comando motorizzato, sganciatori di apertura e di chiusura, contatti ausiliari,

- blocco a chiave, contascariche.
- Sezionatore di terra con potere di chiusura; corredato di contatti ausiliari e di doppio blocco a chiave.
 - Terna di derivatori capacitivi con lampade di segnalazione di presenza tensione
 - Resistenza anticondensa $P=50\text{ W} - 230\text{ Vac}$, corredata di termostato
 - N°3 trasformatori di corrente TPL-130, in aria (bobina di Rogowski); corrente primaria minima/massima : 5/1250 A; classe precisione 0,5 per misure; classe precisione per protezione 5P
 - N°1 trasformatore di corrente toroidale CSH-200
 - N°1 cella di bassa tensione, contenente :
 - N°1 relè multifunzione SEPAM T40 (misure-controllo-automazione-protezioni ANSI 50-51-50N-51N-49RMS-67-67N-27-59-81H-81L); corredato di scheda MES114, modulo di comunicazione ACE-949 RS485 Modbus.
 - Lampade di segnalazione
 - Selettore di scelta LOC-MIS
 - Manipolatore di comando Apri-Chiudi
 - Interruttori ausiliari
 - Morsettiere
 - Sensori ottici di rivelatori di arco interno, con relè VAMP 121
 - Sensori di monitoraggio termico TH110, con protocollo ZigBee
 - Data logger COM'X 510
 - Impianto di terra.
- Dimensioni della singola unità : L x H x P = 1000 x 2250 x 1400 mm

5.1.1.4 TRASFORMATORE ELEVATORE “DI CAMPO”

In ciascuna cabina di campo è stato previsto un trasformatore elevatore, con isolamento in resina epossidica, a doppio secondario (lato BT) di caratteristiche :

- Potenza nominale $P = 3150\text{ KVA}$
- Conforme al regolamento europeo UE-548
- Classificazione perdite Ao-Ak
- Indice $K=10$
- Tensione primaria (lato MT) $V_1 = 30\text{ KV } +/- 2x5\%$
- Tensione secondaria (lato BT) $V_2 = 800/800\text{ V}$
- Collegamento primario a triangolo
- Collegamenti secondari stella+n ; stella+n
- Gruppo vettoriale Dyn11-yn11
- Tensione di corto circuito $V_{cc} = 6\%$
- Perdite a vuoto $P_o = 3.800\text{ W}$
- Perdite a carico(a75°C) $P_{cc} = 19.800\text{ W}$
- Perdite a carico (a 120 °C) $P_{cc} = 22.000\text{ W}$
- Indici di classificazione ambientale F1-E2-C2
- Scariche parziali $\leq 10\text{ pC}$
- Pressione sonora 58 dB
- Dimensioni LxPxH 2280 x 1195 x 2660 mm
- Peso $P = 8370\text{ Kg}$

Il trasformatore sarà attrezzato con le seguenti apparecchiature :

- Ruote orientabili
- Golfari di sollevamento
- Targa caratteristiche
- Commutatore a vuoto delle tensioni primarie
- Termoresistenze al Pt-100 ohm (tre per ogni secondario – una per il nucleo)
- Ventilatori assiali lato MT e lato BT
- Centralina di controllo temperatura con uscita seriale RS485
- Centralina di controllo ventilatori

Il centro stella dei secondari del traformatore sarà collegato rigidamente a terra (sistema di distribuzione del tipo TN-S); sul collegamento a terra dei centri stella è stato previsto un relè di protezione dai contatti indiretti (ad alta soglia di intervento), tale da poter rilevare eventuali guasti verso terra nel tratto quadro di parallelo inverter – trasformatore, agendo sul corrispondente interruttore di media tensione, isolando dalla rete l'intera montante di generazione.

N.B.La scelta del sistema TN-S, lato bassa tensione, sarà decisa in fase realizzativa in funzione della tipologia di inverter che sarà installata.

5.1.1.5 QUADRO GENERALE DI BASSA TENSIONE DI PARALLELO INVERTER

Per ogni cabina di trasformazione è stato previsto un quadro di “parallelo inverter”, suddiviso in due sezioni, ciascuna delle quali afferisce ad un secondario del trasformatore.

Ciascuna sezione del quadro sarà costituita, essenzialmente, da:

- Struttura metallica.
- Sistema di sbarre, principali e secondarie, con relativi reggisbarre
- Piastre di fondo e frontali

Le caratteristiche elettriche di ciascuna sezione sono:

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| • Tensione nominale | $V_n=1000\text{ V}$ |
| • Tensione di esercizio | $V_e = 800\text{ Vac}$ |
| • Corrente nominale | $I_n = 1600\text{ A}$ |
| • Tenuta al corto circuito | $I_{cc} = 25\text{ KA}$ |
| • Corrente di c.to c.to | $I_{ccp} = 19\text{ KA}$ |
| • Forma costruttiva | F.4 |

Ciascuna sezione conterrà montate e cablate le seguenti apparecchiature:

- N°1 interruttore magnetotermico scatolato 3x1600 A, $I_{cu} = 36\text{ KA}$, in esecuzione fissa, attacchi posteriori, coprimorsetti, comando motore, contatti ausiliari, sganciatore elettronico.
- N°9 interruttori magnetotermici differenziali 3x160 A, $I_{cu} = 36\text{ KA}$, in esecuzione fissa, attacchi posteriori, coprimorsetti, comando motore, contatti ausiliari. blocco differenziale regolabile, sganciatore elettronico.
- N°1 multimetro di rete con uscita seriale RS485 ModBus

La sezione 1 conterrà, inoltre, un interruttore di protezione del trasformatore ausiliario di potenza P=30-50 KVA, lato 800 V.

5.1.1.6 TRASFORMATORE BT-BT PER ALIMENTAZIONE SERVIZI AUSILIARI

In ciascuna cabina di trasformazione è stato previsto un trasformatore BT-BT con isolamento in aria, per l'alimentazione dei Servizi Ausiliari, di caratteristiche :

- Potenza P=30 KVA
- Tensione primaria V=800 V – solo trifase
- Tensione secondaria V=230/400 V
- Tensione di corto circuito VCC=4%
- Gruppo vettoriale Dyn11
- Corredato di terna di termoresistenze Pt100 ohm e centralina di controllo della temperatura.

5.1.1.7 QUADRO PER ALIMENTAZIONE SERVIZI AUSILIARI 230 / 400 V

In ciascuna cabina di campo è previsto un quadro deputato all'alimentazione dei Servizi Ausiliari; si comporrà di due sezioni distinte :

Sezione Energia Normale

Tale sezione energizzerà

- illuminazione interna ordinaria e di sicurezza dei prefabbricati.
- illuminazione ordinaria e di emergenza dei prefabbricati
- Illuminazione esterna cabina
- Illuminazione perimetrale esterna (quota parte)
- impianto prese
- condizionamento vani MT-BT
- ventilazione forzata del trasformatore.
- UPS

Sezione Energia Continuità

Tale sezione energizzerà

- relè servizi ausiliari del quadro MT
- servizi ausiliari del quadro BT
- Illuminazione esterna cabina
- impianto antioditori.
- impianto di controllo TVCC
- impianto antintrusione
- sistema di controllo e monitoraggio SCDA (PLC-apparati vari)

5.2 DESCRIZIONE DELLA CABINA GENERALE DI “RACCOLTA”

Come si evince dagli elaborati progettuali, sono state previste le seguenti cabine di trasformazione, per ciascuna area di produzione :

Area N°1

Tale area prevede la realizzazione di N°7 cabine di trasformazione elevatrici “di campo”, cadauna attrezzata con un solo trasformatore BT-MT (0,8 / 30 KV) di potenza unitaria P=3.150 KVA.

Le cabine di trasformazione previste saranno collegate in media tensione a 30 KV , in un anello distinto, esercito in una configurazione “anello aperto-chiuso”

Nello specifico è stato previsto l’anello :

- Anello N.1.1 costituito dal collegamento di N.7 cabine di trasformazione, denominate : C.1.1-C.1.2-C.1.3-C.1.4-C.1.5-C.1.6-C.1.7

Area N°2

Tale area prevede la realizzazione di N°6 cabine di trasformazione elevatrici “di campo”, cadauna attrezzata con un solo trasformatore BT-MT (0,8 / 30 KV) di potenza unitaria P=3.150 KVA.

Le cabine di trasformazione previste sono state suddivise, per i necessari collegamenti in media tensione a 30 KV , in un anello esercito in una configurazione “anello aperto-chiuso”

Nello specifico è stato previsto l’ anello :

- Anello N.2.1 costituito dal collegamento di N.6 cabine di trasformazione, denominate : C.2.1-C.2.2-C.2.3-C.2.4-C.2.5-C.2.6

Area N°3

Tale area prevede la realizzazione di N°13 cabine di trasformazione elevatrici “di campo”, cadauna attrezzata con un solo trasformatore BT-MT (0,8 / 30 KV) di potenza unitaria P=3.150 KVA.

Le cabine di trasformazione previste sono state suddivise, per i necessari collegamenti in media tensione a 30 KV , in due anelli distinti, eserciti in una configurazione “anello aperto-chiuso”

Nello specifico sono stati previsti gli anelli :

- Anello N.3.1 costituito dal collegamento di N.7 cabine di trasformazione, denominate : C.3.13-C.3.1-C.3.2-C.3.3-C.3.4-C.3.5-C.3.12
- Anello N.3.2 costituito dal collegamento di N.6 cabine di trasformazione, denominate : C.3.9-C.3.8-C.3.7-C.3.6-C.3.11-C.3.10

I cinque anelli di media tensione, interni alle aree di produzione, conferiranno l’energia generata dalle singole aree , in un Quadro Generale di Media Tensione $V_e=30$ KV di RACCOLTA , ubicato all’interno di una cabina prefabbrica in cemento del tipo “a pannelli”.

5.2.1 CABINA GENERALE DI “RACCOLTA” PREFABBRICATA A PANNELLI

Nell' area 3 di produzione, nello specifico, Foglio Catastale del Comune di Castellaneta (TA) N°101, particella N°207, è stata prevista una cabina prefabbricata in cemento del tipo “a pannelli “componibili, deputata a contenere :

- Il quadro generale di media tensione 30 KV di Raccolta.
- Il trasformatore MT-BT per i servizi ausiliari
- Il quadro di bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari
- Sistema di Supervisione SCADA

Caratteristiche costruttive delle cabine a pannelli

La struttura prefabbricata è costruita secondo quanto prescritto dalle Norme CEI 11-1 “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata”, dalle Norme CEI 99-4 “Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale” e dalle Norme 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”. La struttura è realizzata in modo da assicurare un grado di protezione verso l'esterno, IP 33, Norme CEI 70-1. Essa è composta da elementi componibili prefabbricati in cemento armato vibrato e prodotte in modo tale da garantire pareti interne lisce e senza nervature e una superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali. Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione degli elementi costituenti il box è additivato con idonei fluidificanti e impermeabilizzanti al fine di ottenere adeguata protezione contro le infiltrazioni d'acqua per capillarità.

L'armatura interna del fabbricato è totalmente collegata meccanicamente ed elettricamente in modo da creare una vera e propria gabbia di faraday che dal punto di vista elettrico protegge il manufatto da sovratensioni di origine atmosferica e, nel contempo, fungono da un efficace filtro. Le dimensioni e le armature metalliche delle pareti sono sovradimensionate rispetto a quelle occorrenti per la stabilità della struttura in opera, in quanto le sollecitazioni indotte nei vari elementi durante le diverse fasi di sollevamento e di posa in opera sono superiori a quelle che si generano durante l'esercizio. Le pareti sono realizzate in calcestruzzo vibrato tipo RCK35 con cemento ad alta resistenza adeguatamente armato, di spessore pari a 20cm ed incombustibile come previsto dalla CEI 11- 1 al punto 6.5.2.1. Nel caso di locali adibiti ad usi particolari (ad esempio locale per gruppo elettrogeno) garantiscono una resistenza al fuoco R 120.

Per l'installazione delle porte vengono annegati, nel getto di calcestruzzo, degli inserti filettati in acciaio M 12x30, chiusi sul fondo, facenti filo con la superficie della parete e saldati all'armatura della parete stessa.

Il pavimento è calcolato per un carico uniformemente distribuito pari a 10KN/mq. Sul pavimento sono previste le aperture per il passaggio dei cavi posizionate secondo le indicazioni della DD.LL o del tecnico ENEL. Esso può avere spessori che variano da 10/15cm a seconda della profondità della struttura da realizzare.

La struttura con destinazione d'uso cabina elettrica prefabbricata risulta conforme alle seguenti norme:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64-O. P. C. M. 20 Marzo 2003 n. 3274 e s.m.i
D. Lgs. 9 aprile 2008 n.81
- D.M. Infrastrutture e Trasporti 14 gennaio 2008 (G.U. 4 febbraio 2008 n°29 –
Suppl. Ord.) “Norme tecniche per le costruzioni” |Norme CEI EN 60529 (CEI 70-
1)
- Tabella di unificazione Enel DG 2061
- Tabella Enel DG 10061 (prescrizioni
costruttive)
- Tabella Enel DG 10062 (prescrizioni di
collaudo)
- Omologazione Enel DG 2061 ED.V
Gennaio 2007
- Omologazione Enel DG 2061 REV.07.1 10
Febbraio 2012
- Omologazione Enel DG 2061 8 15
Settembre 2016
- Prescrizioni Enel DG10061 Ed.V | Enel
DG10062
Ed.V , | ENEL DG2092 Rev. 03 - 1 luglio
2011
- Norma CEI 17-63 CEI EN 61330
- Norma CEI 17-103 CEI EN 62271-202
- Norma CEI 70-1
- Norma CEI 11-1
- Norma CEI 11-8 -Norma CEI 99-4
- Norma CEI 0-16 rev.04
- ISO 9001/2008

Caratteristiche dimensionali

Le dimensioni della cabina prevista, sono :

- Lunghezza totale esterna L= 2985 cm
- L'altezza fuori terra Hft = 400 cm
- La profondità P = 4400 cm
- Spessore delle pareti esterne. L= 200 mm
- Spessore delle pareti interne. L= 150 mm
- Spessore della copertura. S= 200 mm
- Spessore pavimento. S= 150 mm; opportunamente supportato con pilastrini si sostegno.

Locali previsti

Sono stati previsti i seguenti locali :

- Locale quadro generale MT-Raccolta L= 1600 cm
- Locale trasformatore ausiliario. L= 300 cm
- Locale Quadri ausiliari BT. L= 500 cm
- Locale Ufficio – SCADA. L= 500 cm

Accessoriamento

La cabina sarà corredata di:

- vasca di fondazione di altezza utile 800-1000 mm
- porte in lamiera zincata
- fori a frattura prestabilita o sistemi Roxtec, per l'ingresso e l'uscita delle linee in cavo MT – BT
- impianto di servizio di illuminazione ordinaria e di emergenza.
- impianto prese di servizio
- impianto di condizionamento
- estintori
- cartelli monitori e di segnalazione
- impianto di terra interno.

5.2.2 QUADRO GENERALE DI MEDIA TENSIONE $V_e= 30$ KV DI “RACCOLTA”

E' stato previsto un quadro blindato con isolamento in gas SF6, modello GHA

- Tensione nominale: 36 kV
- Tensione di esercizio: 30 kV
- Tensione nominale di tenuta ad impulsi atmosferici : 170 KV
- Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale : 70 KV
- Corrente nominale di corto circuito di picco : 100 KA
- Corrente nominale di breve durata : 40 KA
- Corrente nominale sbarre di distribuzione 2.500 A
- Tenuta all'arco interno: AFL – 40 kA x 1 sec.

La specifica tecnica del quadro GHA e la sua composizione sono riportate nella Relazione Generale Specialistica.

Il quadro si comporrà, sinteticamente, delle seguenti unità funzionali

- N°4 unità generali di uscita verso Quadro MT della Stazione Elevatrice del produttore; cadauna corredata di : interruttore, 3 TA, 1 TO, protezione, misure. (N°1 è di Riserva). Dimensioni unitarie L x H x P= 800x2400x1400 mm.
- N°8 unità di “arrivo-partenze” linee in anello da impianti di produzione”, cadauna corredata di: interruttore, 3 TA, 1 TO, protezioni, misure. Dimensioni unitarie L x H x P= 600x2400x1400 mm.
- N°2 unità di “arrivo-partenze” linee in anello “Riserva”, cadauna corredata di: interruttore, 3 TA, 1 TO, protezioni, misure. Dimensioni unitarie L x H x P= 600x2400x1400 mm.
- N°1 unità di “protezione trasformatore per i servizi ausiliari”, corredata di: interruttore, 3 TA, 1 TO, protezioni, misure, morsettiera piombabile a servizio del contatore per la misura dell'energia consumata. Dimensioni unitarie L x H x P= 600x2400x1400 mm.
- N°1 unità di “ misure sbarre “, contenente n°3 TV fase-terra
30 kV: $\sqrt{3} / 100$: $\sqrt{3} / 100$:3 V
Dimensioni unitarie L x H x P= 600x2400x1400 mm.
- N°1 unità di “ misure sbarre “, contenente n°2 TV fase-fase
30 kV / 100-100 V
Dimensioni unitarie L X H X P= 600x2400x1400 mm

6. DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE INTERNE INTERRATE DI MEDIA TENSIONE V=30 KV DI COLLEGAMENTO TRA LE CABINE DI TRASFORMAZIONE DI CAMPO.

Per quanto indicato sono state previste le seguenti cabine di trasformazione, per ciascuna area di produzione :

Area N°1

Tale area prevede la realizzazione di N°7 cabine di trasformazione elevatrici “di campo”, cadauna attrezzata con un solo trasformatore BT-MT (0,8 / 30 KV) di potenza unitaria P=3.150 KVA.

Le cabine di trasformazione previste saranno collegate in media tensione a 30 KV , in un anello distinto, esercito in una configurazione “anello aperto-chiuso”

Nello specifico è stato previsto l’ anello :

- Anello N.1.1 costituito dal collegamento di N.7 cabine di trasformazione, denominate : C.1.1-C.1.2-C.1.3-C.1.4-C.1.5-C.1.6-C.1.7

Area N°2

Tale area prevede la realizzazione di N°6 cabine di trasformazione elevatrici “di campo”, cadauna attrezzata con un solo trasformatore BT-MT (0,8 / 30 KV) di potenza unitaria P=3.150 KVA.

Le cabine di trasformazione previste sono state suddivise, per i necessari collegamenti in media tensione a 30 KV , in un anello esercito in una configurazione “anello aperto-chiuso”

Nello specifico è stato previsto l’ anello :

- Anello N.2.1 costituito dal collegamento di N.6 cabine di trasformazione, denominate : C.2.1-C.2.2-C.2.3-C.2.4-C.2.5-C.2.6

Area N°3

Tale area prevede la realizzazione di N°13 cabine di trasformazione elevatrici “di campo”, cadauna attrezzata con un solo trasformatore BT-MT (0,8 / 30 KV) di potenza unitaria P=3.150 KVA.

Le cabine di trasformazione previste sono state suddivise, per i necessari collegamenti in media tensione a 30 KV , in due anelli distinti, eserciti in una configurazione “anello aperto-chiuso”

Nello specifico sono stati previsti gli anelli :

- Anello N.3.1 costituito dal collegamento di N.7 cabine di trasformazione, denominate : C.3.13-C.3.1-C.3.2-C.3.3-C.3.4-C.3.5-C.3.12
- Anello N.3.2 costituito dal collegamento di N.6 cabine di trasformazione, denominate : C.3.9-C.3.8-C.3.7-C.3.6-C.3.11-C.3.10

Di seguito sono riportati i dimensionamenti e verifiche dei calcoli delle linee in cavo per ogni singolo anello.

6.1 DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE INTERNE INTERRATE DI MEDIA TENSIONE V=30 KV DI COLLEGAMENTO TRA LE CABINE DI TRASFORMAZIONE DI CAMPO – AREA 1

6.1.1 DIMENSIONAMENTO ANELLO 1.1

L'anello 1.1 collega, in configurazione "aperto-chiuso" N.7 cabine di trasformazione, denominate : C.1.1-C.1.2-C.1.3-C.1.4-C.1.5-C.1.6-C.1.7

Per tale anello il dimensionamento comprenderà i seguenti calcoli e verifiche:

- Calcolo della portata reale I_z di corrente.
- Calcolo della caduta di tensione, assoluta e percentuale.
- Verifica della tenuta alle correnti di corto circuito.
- Energia dissipata in perdite per la trasmissione.

DATI DI PARTENZA

I dati di partenza del dimensionamento sono :

- Potenza di riferimento $P= 22,05$ MW
- Tensione di alimentazione. $V= 30$ KV
- Frequenza. $F= 50$ Hz
- Corrente di impiego $I_b= 425$ A
- Lunghezza della linea. $L= 6.400$ mt (totale anello)

CALCOLO DELLA PORTATA REALE DI CORRENTE

Il calcolo della portata reale I_z di corrente è stata effettuato in ossequio alle raccomandazioni della norma CEI – UNEL 35027 "CAVI DI ENERGIA PER TENSIONI NOMINALI U DA 1 kV A 30 kV – PORTATE DI CORRENTE IN REGIME PERMANENTE -POSA IN ARIA ED INTERRATA". Revisione Anno 2009-04

Nota : L'utilizzo della suddetta norma è stato quello di avere un riferimento procedurale, in quanto la stessa fa riferimento a cavi (tripolari o unipolari) di sezione massima di 300 mmq

La portata reale I_z di un cavo, in una determinata condizione di installazione, si ricava con la relazione:

$$I_z = I_{z0} \cdot k$$

ove:

- I_{z0} = portata teorica dei cavi
- K = coefficiente di correzione totale , ed è il prodotto di più coefficienti

La portata di corrente si riferisce a cavi funzionanti in sistemi trifasi equilibrati con frequenza di 50 Hz.

La portata di corrente teorica I_0 indicata nella norma è stata calcolata considerando un funzionamento in regime permanente con un fattore di carico del 100%; la norma indica che se per alcune condizioni di funzionamento il carico risulta essere variabile

o intermittente, le portate di corrente possono essere più elevate; tale condizione è tipica degli impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica. Si è considerato, come più avanti descritto, un incremento del 15%, come raccomandato.

Inoltre la norma CEI – UNEL – 35027 considera esclusivamente cavi con conduttori in rame; i cavi ipotizzati sono con conduttori in alluminio, per cui secondo le indicazioni della norma, per ottenere le portate teoriche, si dovrà fare riferimento ai valori con conduttori in rame, applicando un coefficiente di riduzione pari a 0,78.

Condizioni di posa

Le condizioni di posa delle linee in cavo oggetto del dimensionamento, sono:

- Cavi unipolari entro tubazione interrata ; percorsi perimetrali alle aree, in modo da non creare interferenze all'interno delle aree stesse di produzione.
- Lo spazio tra il cavo e la superficie interna della tubazione, si considera libero.

In ossequio alla norma CEI – EN – 35027 la condizione di posa prevista è :

- Riferimento E4: una terna di cavi unipolari entro tubazione interrata.

Le tubazioni previste sono in polipropilene, flessibili, corrugate, confezionamento in rotoli, corredate di manicotto terminale di giunzione; conformi alla norma CEI – EN – 50086 – 2 – 4 (CEI 23 – 463) diametro esterno $De = 200$ mm, resistenza allo sfilacciamento 40 J.

Conforme alla tabella di unificazione ENEL M5.1.

Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti

La coesistenza tra cavi di energia e gasdotti è regolamentata dal DM del 24-11-1984, modificato dal DM del 16-04-2008- “ Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione e l'accumulo e l'utilizzo del gas naturale con una densità non superiore a 0,8 “. In caso di incroci, tra cavi di energia u tubazioni convoglianti gas naturali, le condizioni di posa ed i provvedimenti da adottare si dovranno definire con gli enti proprietari o concessionari.

Attraversamenti di strade statali e provinciali

In corrispondenza degli attraversamenti delle linee in cavo, su strade statali e su strade provinciali, la linea in cavo deve essere disposta entro tubazioni, la cui profondità di posa non sarà minore di 1 mt; la distanza è calcolata dall'estradosso superiore della tubazione.

Coesistenza tra i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione

Circa gli incroci dei cavi di energia con quelli di comunicazione, quando uno dei cavi è protetto da una tubazione (o similari) non è necessario osservare alcuna precauzione. Nel caso di parallelismi, invece, la distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non sarà inferiore a 0,30 mt.

Tipologia di cavo previsto

I cavi unipolari previsti sono del tipo ARP1H5E caratterizzati dalle seguenti caratteristiche:

- Produttore PRYSMIAN GROUP
- Tensioni nominali 18/30 kV
- Norma di riferimento HD 620 – IEC 60502 -2
- Temperatura massima del conduttore 105° C
- Temperatura massima in corto circuito 300° C
- Anima in conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
- Semiconduttori interno/esterno in mescola estrusa
- Isolante in mescola di elastomero termoplastico (qualità HPTE)
- Rivestimento protettivo in nastro semiconduttore igroespandente
- Schermatura in nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale.
- Guaina esterna in polietilene di colore rosso (qualità DMP 2)
- Posa: entro cunicoli; tubazioni interrate; interrato; in aria libera; interrato con protezione meccanica.

Portata teorica I₀

Non potendo utilizzare le tabelle della norma per i limiti di sezione, come portata teorica si è considerata quella fornita dal costruttore.

La portata indicata è riferita alle seguenti condizioni :

- Temperatura massima del conduttore 105° C
- Temperatura del terreno 20° C
- Profondità di posa (0,8 – 1,00) mt
- Resistività termica del terreno 1,0 °C • m/W
- Posa a trifoglio
- Sezione scelta per il dimensionamento. S=400 mmq
- Formazione ad elica visibile (3 x 1 x 400 mmq)

La portata teorica fornita dal produttore è. **I₀= 580 A**

Considerando l'incremento del 15%, considerando la corrente intermittente, la portata teorica del cavo , diventa **I₀= 667 A**

In ossequio alle indicazioni della Norma CEI-EN-35027, avendo ipotizzato conduttori in alluminio, si è applicato un coefficiente di riduzione della portata (cautelativo) pari a 0,78; in tal modo la portata teorica del cavo diventa **I₀=520 A**

Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche elettriche del cavo scelto, di sezione $S=400 \text{ mm}^2$, sono :

- Resistenza apparente dei cavi, per posa interrata, configurazione a trifoglio, alla temperatura di $90 \text{ }^\circ\text{C}$, tensione 18/30 KV
 $R=0,1090 \text{ ohm/km}$
- Reattanza di fase dei cavi, a 50 Hz, per posa interrata, configurazione a trifoglio,
 $R=0,110 \text{ ohm/km}$, tensione 18/30 KV

Caratteristiche fisiche

Le caratteristiche fisiche dei conduttori unipolari, di sezione $S=400 \text{ mm}^2$, sono:

- Diametro conduttore $D_c=23,8 \text{ mm}$
- Diametro sull'isolante $D_i=37,8 \text{ mm}$
- Diametro esterno $D_e=53 \text{ mm}$
- Raggio minimo di curvatura $R_m=650 \text{ mm}$
- Peso $P=2,140 \text{ Kg/mt}$

Calcolo delle portate reali

La portata reale I_z della configurazione scelta di cavi, nelle condizioni reali, è data da:

$$I_z = I_{z0} \cdot k$$

ove:

- I_{z0} = portata teorica dei cavi
- K = coefficiente di correzione totale , che è il prodotto di più coefficienti

Il coefficiente totale di correzione k è :

$$K = K_{tt} \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_d , \text{ ove:}$$

- K_{tt} : coefficiente di correzione per la temperatura del terreno diversa da 20°C .
Tabella 18 della Norma.
Alla profondità di posa del cavo si è prevista , molto verosimilmente, una temperatura di 20°C , $K_{tt} = 1$.
- K_p : coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversi da $0,8 \text{ mt}$.
Tabella 21 della Norma.
La profondità di posa considerata assume che le caratteristiche del suolo siano omogenee e che non vi sia essiccazione del terreno nella regione circoscritta ai cavi.
Si è ipotizzata una profondità di posa, in alcune condizioni, di $1,2 \text{ mt}$; quindi $K_p = 0,95$.

- K_r = coefficiente di correzione per valori di resistività termica diversi da $1,5 \text{ k} \cdot \text{m/W}$. Tabella 23 della Norma.
È stata considerata una resistività termica di $1 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$, quindi $K_r = 1,14$
- K_d = coefficiente di spaziatura tra cavi presenti nello stesso scavo.
Tabella 18 della Norma.
È stata prevista una sola linea , per cui $K_d=1$

Quindi $K = K_{tt} \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_d = 1 \cdot 0,95 \cdot 1,14 \cdot 1 = 1,083$

La portata reale della linea in cavo prevista, in virtù delle riduzioni ed incrementi indicati, diventa :

$I_z = 520 \times 1,083 = 563 \text{ A}$

$I_z=563 \text{ A}$

Nella figura Fig.6.1 è rappresentata la Sezione Tipica S1
(posa su strada sterrata o su terreno agricolo)

N.B. Come si evince dalla sezione, ma è valido per tutte le sezioni, all'interno dello scavo, sono stati previste altre due tubazioni in PVC, deputate al contenimento, rispettivamente di :

- **Cavidotto in PVC, D=160 mm necessario per il transito di cavi ausiliari : segnali, blocco logico, ecc**
- **Cavidotto in PVC, D=50 mm necessario per il transito di cavi in fibra ottica : controllo, SCADA, ecc**

SEZIONE TIPICA "S2"

- N. 1 CAVO MT - POSA SU STRADA STERRATA O TERRENO NATURALE AGRICOLO
MODALITA' DI POSA: IN TUBO PROTETTIVO INTERRATO (CEI 11-17)
- CAVO UNIPOLARE - 18 /30 kV (CEI - UNEL 35027)
PROFONDITA' DI POSA: CEI 11-17

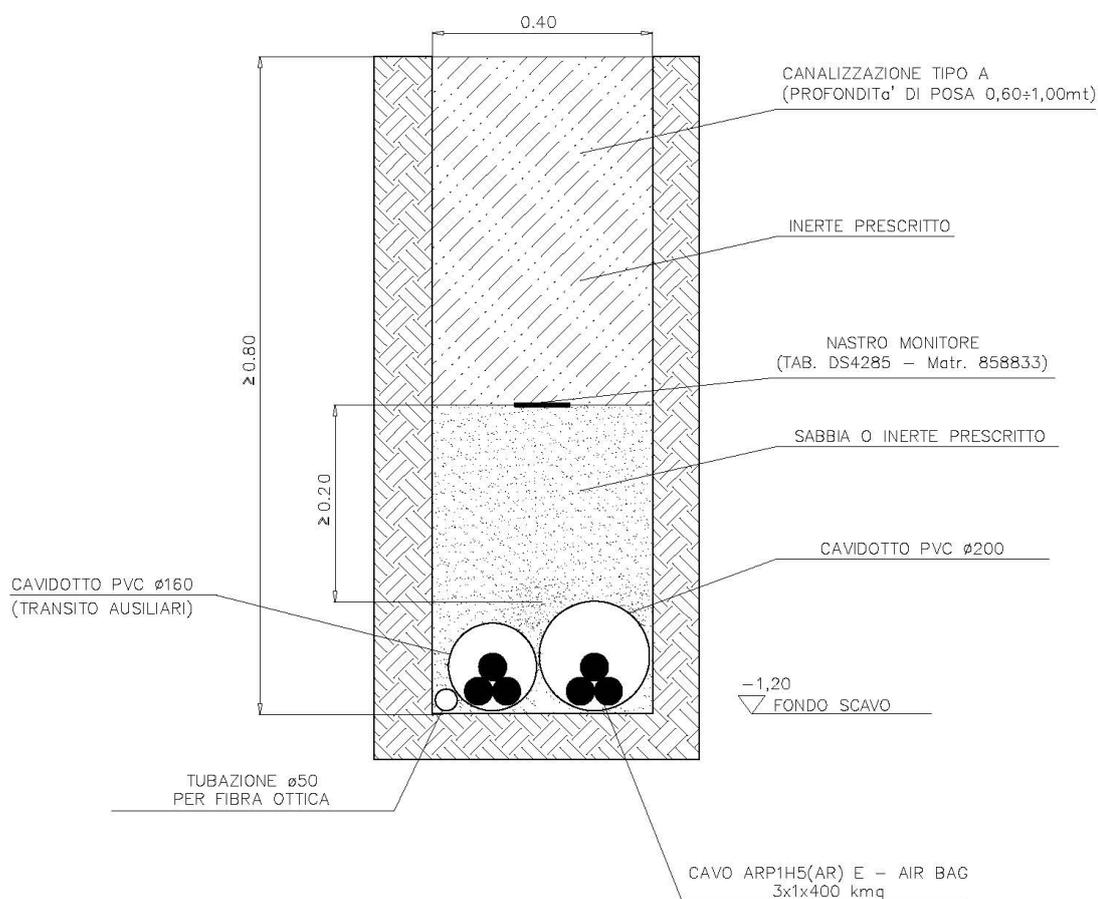


Fig. 6.1

Verifica della congruità della portata di corrente dei cavi previsti

La corrente di impiego massima I_b in transito sulla linea è $I_b = 425$ A

La portata reale della linea, per quanto esposto è $I_z = 563$ A

Essendo $I_z > I_b$; $563 > 425$ A

Quindi circa la portata I_z , la sezione prevista $S=400$ mmq, è congrua.

CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE

Nel caso di corrente alternata la caduta di tensione è calcolata con la relazione

$\Delta V = K \cdot I \cdot L (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)$ ove:

$K = 1,73$ per linee trifasi

I = corrente di impiego; $I_b = 425$ A

L = lunghezza della linea (Km); $L = 6,4$ km

R = resistenza della linea alla temperatura massima di servizio (ohm/km)

X = reattanza di fase della linea (ohm/km)

$\cos \phi$ = fattore di potenza, posto pari a 0,95

I valori della resistenza R e della reattanza X , forniti dal costruttore, valgono :

Resistenza R

- $S = 400$ mmq $R = 0,1090$ ohm/km

Reattanza X

- $S = 400$ mmq $X = 0,110$ ohm/km

Si è imposto un valore limite massimo per i collegamenti di media tensione in esame, pari al 2,5 %; quindi :

$$\Delta V = K \cdot I \cdot L (R \cdot \cos \phi + X \sin \phi = 1,73 \cdot 425 \cdot 6,4 \cdot (0,1090 \cdot 0,95 + 0,110 \cdot 0,31) = 648 \text{ Volt}$$

Quindi il valore assoluto della caduta di tensione è $\Delta V = 648$ Volt

Il valore percentuale della caduta di tensione $\Delta V\% = \Delta V / V \times 100 =$

$$648 / 30.000 \times 100 = 2,16 \%$$

Verifica della congruità della caduta di tensione

Dai calcoli si è ottenuta una caduta di tensione assoluta $\Delta V = 648$ Volt ed una caduta di tensione percentuale $\Delta V\% = 2,16\%$

$$\Delta V\% = 2,16\% < 2,5\%$$

Quindi circa la caduta di tensione percentuale, la sezione prevista $S=400$ mmq, è congrua.

ENERGIA DISSIPATA IN PERDITE PER LA TRASMISSIONE

Per ogni ora di funzionamento, a pieno carico, si verifica una perdita di potenza per effetto Joule, pari a $P=RI^2 = 0,1090 \times 6,4 \times 425^2 = 126$ KW.

Supponendo un numero di ore annuo di funzionamento pari a 1200 ore, ne consegue una perdita di energia pari a **Ea=151,20 MWh**

VERIFICA DELLA TENUTA ALLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

Come si evince dagli elaborati grafici la stazione elettrica elevatrice dell'impianto 30/150 kV prevede N°2 trasformatori elevatori, cadauno di caratteristiche:

- Potenza nominale $P = 40-50$ MVA (ONAN-ONAF)
- Tensione primaria $V_1 = 150$ kV $\pm 12 \cdot 1,25\%$
- Tensione secondaria $V_2 = 30,6$ kV
- Tensione di corto circuito $V_{cc} = 10\%$
- Corrente nominale secondaria $I_z = 964$ A

Considerando la potenza della rete a 150 KV, di potenza infinita rispetto a quella dei trasformatori, la corrente di corto circuito lato 30 KV, quando sarà presente un solo trasformatore, sarà di $I_{cc}=9,60$ KA; con la condizione del funzionamento in parallelo (condizione normale) si determinerà una corrente di corto circuito presunta pari a $I_{cc}=19,20$ KA.

$$I_{cc} = \frac{I_z \cdot 100}{V_{cc}} = \frac{964 \cdot 100}{10} = 9,6 \text{ KA}$$

$$I_{cc} = 9,6 \cdot 2 = 19,20 \text{ KA}$$

In virtù delle impedenze e resistenze introdotte dalle linee di collegamento tra il Quadro MT-30 KV di Raccolta ed il Quadro Generale MT-30 KV della Stazione Elevatrice del Produttore (lunghezza $L=10,7$ KM), tale valore di corrente di corto circuito, si abbassa ad valore di circa 18 KA.

N.B. Comunque un calcolo preciso della corrente di corto circuito presunta sarà possibile a seguito dei valori che TERNA comunicherà con la realizzazione della nuova SE-SMISTAMENTO 150 KV.

Deve essere soddisfatta la relazione.

$$I^2 t \leq k^2 S^2$$

In pratica l'energia specifica lasciata fluire dall'interruttore MT, in caso di corto circuito, è inferiore a quella sopportabile dal cavo.

I = corrente di corto circuito presunta = 20 kA (ipotesi peggiorativa)

t = tempo di interruzione della corrente di corto circuito; considerando un ritardo intenzionale di intervento della funzione di protezione ANSI 50, pari a 50 msec, ed un tempo di 70 msec, affinché l'interruttore intervenga dal momento del consenso del relè, si ha che t = 120 msec.

K = costante dipendente dalla natura dell'isolante; nel caso in esame k = 143

S = sezione della linea MT, S = 400 mmq.

Quindi $I^2 t \leq k^2 S^2$

$$4,8 \times 10^7 < 3,27 \times 10^9$$

La sezione scelta è congrua anche nei confronti della tenuta alle correnti di corto circuito.

CONCLUSIONI

La linea prevista costituita da cavi unipolari tipo ARP1H5E in formazione (3 x 1 x 400 mmq) è idonea per la connessione dell'anello 1.1

6.2 DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE INTERNE INTERRATE DI MEDIA TENSIONE V=30 KV DI COLLEGAMENTO TRA LE CABINE DI TRASFORMAZIONE DI CAMPO – AREA 2

6.2.1 DIMENSIONAMENTO ANELLO 2.1

L'anello 1.1 collega, in configurazione "aperto-chiuso" N.6 cabine di trasformazione, denominate : C.2.1-C.2.2-C.2.3-C.2.4-C.2.5-C.2.6

Per tale anello il dimensionamento comprenderà i seguenti calcoli e verifiche:

- Calcolo della portata reale I_z di corrente.
- Calcolo della caduta di tensione, assoluta e percentuale.
- Verifica della tenuta alle correnti di corto circuito.
- Energia dissipata in perdite per la trasmissione.

DATI DI PARTENZA

I dati di partenza del dimensionamento sono :

- Potenza di riferimento $P= 18,90 \text{ MW}$
- Tensione di alimentazione. $V= 30 \text{ KV}$
- Frequenza. $F= 50 \text{ Hz}$
- Corrente di impiego $I_b= 364 \text{ A}$
- Lunghezza della linea. $L= 4.280 \text{ mt (totale anello)}$

CALCOLO DELLA PORTATA REALE DI CORRENTE

Il calcolo della portata reale I_z di corrente è stata effettuato in ossequio alle raccomandazioni della norma CEI – UNEL 35027 "CAVI DI ENERGIA PER TENSIONI NOMINALI U DA 1 kV A 30 kV – PORTATE DI CORRENTE IN REGIME PERMANENTE -POSA IN ARIA ED INTERRATA". Revisione Anno 2009-04

Nota : L'utilizzo della suddetta norma è stato quello di avere un riferimento procedurale, in quanto la stessa fa riferimento a cavi (tripolari o unipolari) di sezione massima di 300 mmq

La portata reale I_z di un cavo, in una determinata condizione di installazione, si ricava con la relazione:

$$I_z = I_{z0} \cdot k$$

ove:

- I_{z0} = portata teorica dei cavi
- K = coefficiente di correzione totale , ed è il prodotto di più coefficienti

La portata di corrente si riferisce a cavi funzionanti in sistemi trifasi equilibrati con frequenza di 50 Hz.

La portata di corrente teorica I_0 indicata nella norma è stata calcolata considerando un funzionamento in regime permanente con un fattore di carico del 100%; la norma indica che se per alcune condizioni di funzionamento il carico risulta essere variabile

o intermittente, le portate di corrente possono essere più elevate; tale condizione è tipica degli impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica. Si è considerato, come più avanti descritto, un incremento del 15%, come raccomandato.

Inoltre la norma CEI – UNEL – 35027 considera esclusivamente cavi con conduttori in rame; i cavi ipotizzati sono con conduttori in alluminio, per cui secondo le indicazioni della norma, per ottenere le portate teoriche, si dovrà fare riferimento ai valori con conduttori in rame, applicando un coefficiente di riduzione pari a 0,78.

Condizioni di posa

Le condizioni di posa delle linee in cavo oggetto del dimensionamento, sono:

- Cavi unipolari entro tubazione interrata ; percorsi perimetrali alle aree, in modo da non creare interferenze all'interno delle aree stesse di produzione.
- Lo spazio tra il cavo e la superficie interna della tubazione, si considera libero.

In ossequio alla norma CEI – EN – 35027 la condizione di posa prevista è :

- Riferimento E4: una terna di cavi unipolari entro tubazione interrata.

Le tubazioni previste sono in polipropilene, flessibili, corrugate, confezionamento in rotoli, corredate di manicotto terminale di giunzione; conformi alla norma CEI – EN – 50086 – 2 – 4 (CEI 23 – 463) diametro esterno $De = 200$ mm, resistenza allo sfilacciamento 40 J.

Conforme alla tabella di unificazione ENEL M5.1.

Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti

La coesistenza tra cavi di energia e gasdotti è regolamentata dal DM del 24-11-1984, modificato dal DM del 16-04-2008- “ Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione e l'accumulo e l'utilizzo del gas naturale con una densità non superiore a 0,8 “. In caso di incroci, tra cavi di energia u tubazioni convoglianti gas naturali, le condizioni di posa ed i provvedimenti da adottare si dovranno definire con gli enti proprietari o concessionari.

Attraversamenti di strade statali e provinciali

In corrispondenza degli attraversamenti delle linee in cavo, su strade statali e su strade provinciali, la linea in cavo deve essere disposta entro tubazioni, la cui profondità di posa non sarà minore di 1 mt; la distanza è calcolata dall'estradosso superiore della tubazione.

Coesistenza tra i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione

Circa gli incroci dei cavi di energia con quelli di comunicazione, quando uno dei cavi è protetto da una tubazione (o similari) non è necessario osservare alcuna precauzione. Nel caso di parallelismi, invece, la distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non sarà inferiore a 0,30 mt.

Tipologia di cavo previsto

I cavi unipolari previsti sono del tipo ARP1H5E caratterizzati dalle seguenti caratteristiche:

- Produttore PRYSMIAN GROUP
- Tensioni nominali 18/30 kV
- Norma di riferimento HD 620 – IEC 60502 -2
- Temperatura massima del conduttore 105° C
- Temperatura massima in corto circuito 300° C
- Anima in conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
- Semiconduttori interno/esterno in mescola estrusa
- Isolante in mescola di elastomero termoplastico (qualità HPTE)
- Rivestimento protettivo in nastro semiconduttore igroespandente
- Schermatura in nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale.
- Guaina esterna in polietilene di colore rosso (qualità DMP 2)
- Posa: entro cunicoli; tubazioni interrate; interrato; in aria libera; interrato con protezione meccanica.

Portata teorica I₀

Non potendo utilizzare le tabelle della norma per i limiti di sezione, come portata teorica si è considerata quella fornita dal costruttore.

La portata indicata è riferita alle seguenti condizioni :

- Temperatura massima del conduttore 105° C
- Temperatura del terreno 20° C
- Profondità di posa (0,8 – 1,00) mt
- Resistività termica del terreno 1,00 °C • m/W
- Posa a trifoglio
- Sezione scelta per il dimensionamento. S=300 mmq
- Formazione ad elica visibile (3 x 1 x 300 mmq)

La portata teorica fornita dal produttore è. **I₀= 506 A**

Considerando l'incremento del 15%, considerando la corrente intermittente, la portata teorica del cavo , diventa **I₀= 582 A**

In ossequio alle indicazioni della Norma CEI-EN-35027, avendo ipotizzato conduttori in alluminio, si è applicato un coefficiente di riduzione della portata (cautelativo) pari a 0,78; in tal modo la portata teorica del cavo diventa **I₀=454 A**

Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche elettriche del cavo scelto, di sezione $S=300 \text{ mm}^2$, sono :

- Resistenza apparente dei cavi, per posa interrata, configurazione a trifoglio, alla temperatura di 90°C , tensione 18/30 KV
 $R=0,1360 \text{ ohm/km}$
- Reattanza di fase dei cavi, a 50 Hz, per posa interrata, configurazione a trifoglio,
 $R=0,110 \text{ ohm/km}$, tensione 18/30 KV

Caratteristiche fisiche

Le caratteristiche fisiche dei conduttori unipolari, di sezione $S=300 \text{ mm}^2$, sono:

- Diametro conduttore $D_c=20,8 \text{ mm}$
- Diametro sull'isolante $D_i=34,6 \text{ mm}$
- Diametro esterno $D_e=43 \text{ mm}$
- Raggio minimo di curvatura $R_m=610 \text{ mm}$
- Peso $P=1,760 \text{ Kg/mt}$

Calcolo delle portate reali

La portata reale I_z della configurazione scelta di cavi, nelle condizioni reali, è data da:

$$I_z = I_{z0} \cdot k$$

ove:

- I_{z0} = portata teorica dei cavi
- K = coefficiente di correzione totale , che è il prodotto di più coefficienti

Il coefficiente totale di correzione k è :

$$K = K_{tt} \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_d , \text{ ove:}$$

- K_{tt} : coefficiente di correzione per la temperatura del terreno diversa da 20°C .
Tabella 18 della Norma.
Alla profondità di posa del cavo si è prevista , molto verosimilmente, una temperatura di 20°C , $K_{tt} = 1$.
- K_p : coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversi da $0,8 \text{ mt}$.
Tabella 21 della Norma.
La profondità di posa considerata assume che le caratteristiche del suolo siano omogenee e che non vi sia essiccazione del terreno nella regione circoscritta ai cavi.
Si è ipotizzata una profondità di posa, in alcune condizioni, di $1,2 \text{ mt}$; quindi $K_p = 0,95$.

- K_r = coefficiente di correzione per valori di resistività termica diversi da $1,5 \text{ k} \cdot \text{m/W}$. Tabella 23 della Norma.
È stata considerata una resistività termica di $1,00 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$, quindi $K_r = 1,14$
- K_d = coefficiente di spaziatura tra cavi presenti nello stesso scavo.
Tabella 18 della Norma.
È stata prevista una sola linea , per cui $K_d=1$

Quindi $K = K_{tt} \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_d = 1 \cdot 0,95 \cdot 1,14 \cdot 1 = 1,083$

La portata reale della linea in cavo prevista, in virtù delle riduzioni ed incrementi indicati, diventa :

$I_z = 454 \times 1,083 = 491 \text{ A}$

$I_z=491 \text{ A}$

Nella figura Fig.6.3 è rappresentata la Sezione Tipica S1
(posa su strada sterrata o su terreno agricolo)

SEZIONE TIPICA "S1"

- N. 1 CAVO MT - POSA SU STRADA STERRATA O TERRENO NATURALE AGRICOLO
MODALITA' DI POSA: IN TUBO PROTETTIVO INTERRATO (CEI 11-17)
- CAVO UNIPOLARE - 18 /30 kV (CEI - UNEL 35027)
PROFONDITA' DI POSA: CEI 11-17

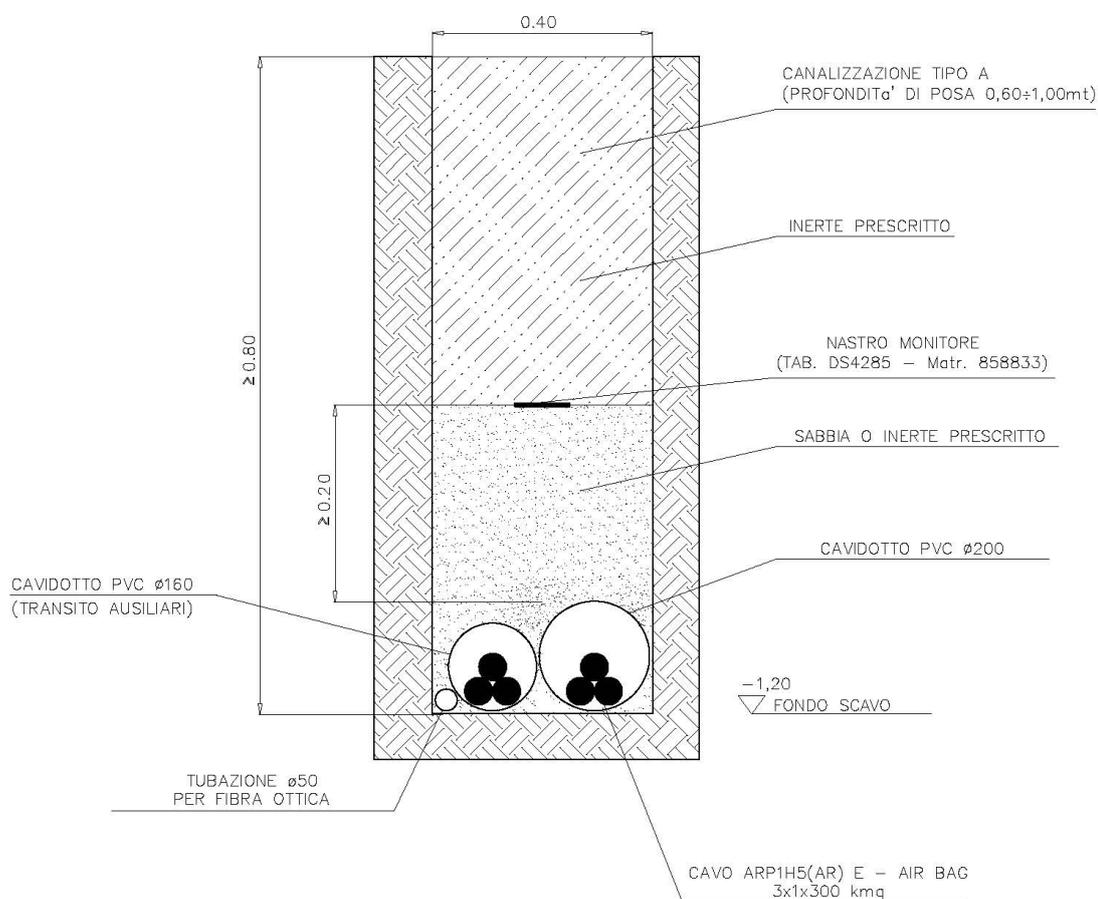


Fig. 6.3

Verifica della congruità della portata di corrente dei cavi previsti

La corrente di impiego massima I_b in transito sulla linea è $I_b = 364$ A

La portata reale della linea, per quanto esposto è $I_z = 491$ A

Essendo $I_z > I_b$; $491 > 364$ A

Quindi circa la portata I_z , la sezione prevista $S=300$ mmq, è congrua.

CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE

Nel caso di corrente alternata la caduta di tensione è calcolata con la relazione

$\Delta V = K \cdot I \cdot L (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)$ ove:

$K = 1,73$ per linee trifasi

I = corrente di impiego; $I_b = 364$ A

L = lunghezza della linea (Km); $L = 4,28$ km

R = resistenza della linea alla temperatura massima di servizio (ohm/km)

X = reattanza di fase della linea (ohm/km)

$\cos \phi$ = fattore di potenza, posto pari a 0,95

I valori della resistenza R e della reattanza X , forniti dal costruttore, valgono :

Resistenza R

• $S = 300$ mmq $R = 0,1360$ ohm/km

Reattanza X

• $S = 300$ mmq $X = 0,110$ ohm/km

Si è imposto un valore limite massimo per i collegamenti di media tensione in esame, pari al 2,5 %; quindi :

$$\Delta V = K \cdot I \cdot L (R \cdot \cos \phi + X \sin \phi) = 1,73 \cdot 364 \cdot 4,28 \cdot (0,1360 \cdot 0,95 + 0,110 \cdot 0,31)$$
$$= 440 \text{ Volt}$$

Quindi il valore assoluto della caduta di tensione è $\Delta V = 440$ Volt

Il valore percentuale della caduta di tensione $\Delta V\% = \Delta V / V \times 100 =$

$$440 / 30.000 \times 100 = 1,50 \%$$

Verifica della congruità della caduta di tensione

Dai calcoli si è ottenuta una caduta di tensione assoluta $\Delta V = 440$ Volt ed una caduta di tensione percentuale $\Delta V\% = 1,50\%$

$$\Delta V\% = 1,5\% < 2,5\%$$

Quindi circa la caduta di tensione percentuale, la sezione prevista $S=300$ mmq, è congrua.

ENERGIA DISSIPATA IN PERDITE PER LA TRASMISSIONE

Per ogni ora di funzionamento, a pieno carico, si verifica una perdita di potenza per effetto Joule, pari a $P=RI^2 = 0,1360 \times 4,28 \times 364^2 = 77$ KW.

Supponendo un numero di ore annuo di funzionamento pari a 1200 ore, ne consegue una perdita di energia pari a **Ea=92,40 MWh**

VERIFICA DELLA TENUTA ALLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

Come si evince dagli elaborati grafici la stazione elettrica elevatrice dell'impianto 30/150 kV prevede N°2 trasformatori elevatori, cadauno di caratteristiche:

- Potenza nominale $P = 40-50$ MVA (ONAN-ONAF)
- Tensione primaria $V_1 = 150$ kV $\pm 12 \cdot 1,25\%$
- Tensione secondaria $V_2 = 30,6$ kV
- Tensione di corto circuito $V_{cc} = 10\%$
- Corrente nominale secondaria $I_z = 964$ A

Considerando la potenza della rete a 150 KV, di potenza infinita rispetto a quella dei trasformatori, la corrente di corto circuito lato 30 KV, quando sarà presente un solo trasformatore, sarà di $I_{cc}=9,6$ KA; con la condizione del funzionamento in parallelo (condizione normale) si determinerà una corrente di corto circuito presunta pari a $I_{cc}=19,20$ KA.

$$I_{cc} = \frac{I_z \cdot 100}{V_{cc}} = \frac{964 \cdot 100}{10} = 9,60 \text{ KA}$$

$$I_{cc} = 9,60 \cdot 2 = 19,20 \text{ KA}$$

In virtù delle impedenze e resistenze introdotte dalle linee di collegamento tra il Quadro MT-30 KV di Raccolta ed il Quadro Generale MT-30 KV della Stazione Elevatrice del Produttore (lunghezza $L=10,7$ KM), tale valore di corrente di corto circuito, si abbassa ad valore di circa 18 KA.

N.B. Comunque un calcolo preciso della corrente di corto circuito presunta sarà possibile a seguito dei valori che TERNA comunicherà con la realizzazione della nuova SE-SMISTAMENTO 150 KV.

Deve essere soddisfatta la relazione.

$$I^2 t \leq k^2 S^2$$

In pratica l'energia specifica lasciata fluire dall'interruttore MT, in caso di corto circuito, è inferiore a quella sopportabile dal cavo.

I = corrente di corto circuito presunta = 20 kA (ipotesi peggiorativa)

t = tempo di interruzione della corrente di corto circuito; considerando un ritardo intenzionale di intervento della funzione di protezione ANSI 50, pari a 50 msec, ed un tempo di 70 msec, affinché l'interruttore intervenga dal momento del consenso del relè, si ha che t = 120 msec.

K = costante dipendente dalla natura dell'isolante; nel caso in esame k = 143

S = sezione della linea MT, S = 300 mmq.

Quindi $I^2 t \leq k^2 S^2$

$$4,8 \times 10^7 < 1,84 \times 10^9$$

La sezione scelta è congrua anche nei confronti della tenuta alle correnti di corto circuito.

CONCLUSIONI

La linea prevista costituita da cavi unipolari tipo ARP1H5E in formazione (3 x 1 x 300 mmq) è idonea per la connessione dell'anello 2.1

6.3 DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE INTERNE INTERRATE DI MEDIA TENSIONE V=30 KV DI COLLEGAMENTO TRA LE CABINE DI TRASFORMAZIONE DI CAMPO – AREA 3

6.3.1 DIMENSIONAMENTO ANELLO 3.1

L'anello 3.1 collega, in configurazione "aperto-chiuso" N.7 cabine di trasformazione, denominate : C.3.13-C.3.1-C.3.2-C.3.3-C.3.4-C.3.5-C.3.12

Per tale anello il dimensionamento comprenderà i seguenti calcoli e verifiche:

- Calcolo della portata reale I_z di corrente.
- Calcolo della caduta di tensione, assoluta e percentuale.
- Verifica della tenuta alle correnti di corto circuito.
- Energia dissipata in perdite per la trasmissione.

DATI DI PARTENZA

I dati di partenza del dimensionamento sono :

- Potenza di riferimento $P= 22,050 \text{ MW}$
- Tensione di alimentazione. $V= 30 \text{ KV}$
- Frequenza. $F= 50 \text{ Hz}$
- Corrente di impiego $I_b= 425 \text{ A}$
- Lunghezza della linea. $L= 3.740 \text{ mt (totale anello)}$

CALCOLO DELLA PORTATA REALE DI CORRENTE

Il calcolo della portata reale I_z di corrente è stata effettuato in ossequio alle raccomandazioni della norma CEI – UNEL 35027 "CAVI DI ENERGIA PER TENSIONI NOMINALI U DA 1 kV A 30 kV – PORTATE DI CORRENTE IN REGIME PERMANENTE -POSA IN ARIA ED INTERRATA". Revisione Anno 2009-04

Nota : L'utilizzo della succitata norma è stato quello di avere un riferimento procedurale, in quanto la stessa fa riferimento a cavi (tripolari o unipolari) di sezione massima di 300 mmq

La portata reale I_z di un cavo, in una determinata condizione di installazione, si ricava con la relazione:

$$I_z = I_{z0} \cdot k$$

ove:

- I_{z0} = portata teorica dei cavi
- K = coefficiente di correzione totale , ed è il prodotto di più coefficienti

La portata di corrente si riferisce a cavi funzionanti in sistemi trifasi equilibrati con frequenza di 50 Hz.

La portata di corrente teorica I_0 indicata nella norma è stata calcolata considerando un funzionamento in regime permanente con un fattore di carico del 100%; la norma

indica che se per alcune condizioni di funzionamento il carico risulta essere variabile o intermittente, le portate di corrente possono essere più elevate; tale condizione è tipica degli impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica. Si è considerato, come più avanti descritto, un incremento del 15%, come raccomandato.

Inoltre la norma CEI – UNEL – 35027 considera esclusivamente cavi con conduttori in rame; i cavi ipotizzati sono con conduttori in alluminio, per cui secondo le indicazioni della norma, per ottenere le portate teoriche, si dovrà fare riferimento ai valori con conduttori in rame, applicando un coefficiente di riduzione pari a 0,78.

Condizioni di posa

Le condizioni di posa delle linee in cavo oggetto del dimensionamento, sono:

- Cavi unipolari entro tubazione interrata ; percorsi perimetrali alle aree, in modo da non creare interferenze all'interno delle aree stesse di produzione
- Lo spazio tra il cavo e la superficie interna della tubazione, si considera libero.

In ossequio alla norma CEI – EN – 35027 la condizione di posa prevista è :

- Riferimento E4: una terna di cavi unipolari entro tubazione interrata.

Le tubazioni previste sono in polipropilene, flessibili, corrugate, confezionamento in rotoli, corredate di manicotto terminale di giunzione; conformi alla norma CEI – EN – 50086 – 2 – 4 (CEI 23 – 463) diametro esterno $D_e = 200$ mm, resistenza allo sfilacciamento 40 J.

Conforme alla tabella di unificazione ENEL M5.1.

Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti

La coesistenza tra cavi di energia e gasdotti è regolamentata dal DM del 24-11-1984, modificato dal DM del 16-04-2008- “ Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione e l'accumulo e l'utilizzo del gas naturale con una densità non superiore a 0,8 “. In caso di incroci, tra cavi di energia u tubazioni convoglianti gas naturali, le condizioni di posa ed i provvedimenti da adottare si dovranno definire con gli enti proprietari o concessionari.

Attraversamenti di strade statali e provinciali

In corrispondenza degli attraversamenti delle linee in cavo, su strade statali e su strade provinciali, la linea in cavo deve essere disposta entro tubazioni, la cui profondità di posa non sarà minore di 1 mt; la distanza è calcolata dall'estradosso superiore della tubazione.

Coesistenza tra i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione

Circa gli incroci dei cavi di energia con quelli di comunicazione, quando uno dei cavi è protetto da una tubazione (o similari) non è necessario osservare alcuna precauzione. Nel caso di parallelismi, invece, la distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non sarà inferiore a 0,30 mt.

Tipologia di cavo previsto

I cavi unipolari previsti sono del tipo ARP1H5E caratterizzati dalle seguenti caratteristiche:

- Produttore PRYSMIAN GROUP
- Tensioni nominali 18/30 kV
- Norma di riferimento HD 620 – IEC 60502 -2
- Temperatura massima del conduttore 105° C
- Temperatura massima in corto circuito 300° C
- Anima in conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
- Semiconduttori interno/esterno in mescola estrusa
- Isolante in mescola di elastomero termoplastico (qualità HPTE)
- Rivestimento protettivo in nastro semiconduttore igroespandente
- Schermatura in nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale.
- Guaina esterna in polietilene di colore rosso (qualità DMP 2)
- Posa: entro cunicoli; tubazioni interrate; interrato; in aria libera; interrato con protezione meccanica.

Portata teorica I₀

Non potendo utilizzare le tabelle della norma per i limiti di sezione, come portata teorica si è considerata quella fornita dal costruttore.

La portata indicata è riferita alle seguenti condizioni :

- Temperatura massima del conduttore 105° C
- Temperatura del terreno 20° C
- Profondità di posa (0,8 – 1,00) mt
- Resistività termica del terreno 1,00 °C • m/W
- Posa a trifoglio
- Sezione scelta per il dimensionamento. S=400 mmq
- Formazione ad elica visibile (3 x 1 x 400 mmq)

La portata teorica fornita dal produttore è. **I₀= 580 A**

Considerando l'incremento del 15%, considerando la corrente intermittente, la portata teorica del cavo , diventa **I₀= 667 A**

In ossequio alle indicazioni della Norma CEI-EN-35027, avendo ipotizzato conduttori in alluminio, si è applicato un coefficiente di riduzione della portata (cautelativo) pari a 0,78; in tal modo la portata teorica del cavo diventa **I₀=520 A**

Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche elettriche del cavo scelto, di sezione $S=400 \text{ mm}^2$, sono :

- Resistenza apparente dei cavi, per posa interrata, configurazione a trifoglio, alla temperatura di $90 \text{ }^\circ\text{C}$, tensione 18/30 KV
 $R=0,1090 \text{ ohm/km}$
- Reattanza di fase dei cavi, a 50 Hz, per posa interrata, configurazione a trifoglio,
 $R=0,110 \text{ ohm/km}$, tensione 18/30 KV

Caratteristiche fisiche

Le caratteristiche fisiche dei conduttori unipolari, di sezione $S=400 \text{ mm}^2$, sono:

- Diametro conduttore $D_c=23,8 \text{ mm}$
- Diametro sull'isolante $D_i=37,8 \text{ mm}$
- Diametro esterno $D_e=46 \text{ mm}$
- Raggio minimo di curvatura $R_m=650 \text{ mm}$
- Peso $P=2,140 \text{ Kg/mt}$

Calcolo delle portate reali

La portata reale I_z della configurazione scelta di cavi, nelle condizioni reali, è data da:

$$I_z = I_{z0} \cdot k$$

ove:

- I_{z0} = portata teorica dei cavi
- K = coefficiente di correzione totale , che è il prodotto di più coefficienti

Il coefficiente totale di correzione k è :

$$K = K_{tt} \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_d , \text{ ove:}$$

- K_{tt} : coefficiente di correzione per la temperatura del terreno diversa da 20° C .
Tabella 18 della Norma.
Alla profondità di posa del cavo si è prevista , molto verosimilmente, una temperatura di 20° C , $K_{tt} = 1$.
- K_p : coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversi da $0,8 \text{ mt}$.
Tabella 21 della Norma.
La profondità di posa considerata assume che le caratteristiche del suolo siano omogenee e che non vi sia essiccazione del terreno nella regione circoscritta ai cavi.
Si è ipotizzata una profondità di posa, in alcune condizioni, di $1,2 \text{ mt}$; quindi $K_p = 0,95$.

- K_r = coefficiente di correzione per valori di resistività termica diversi da $1,5 \text{ k} \cdot \text{m/W}$. Tabella 23 della Norma.
È stata considerata una resistività termica di $1 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$, quindi $K_r = 1,14$
- K_d = coefficiente di spaziatura tra cavi presenti nello stesso scavo.
Tabella 18 della Norma.
È stata prevista una sola linea , per cui $K_d=1$

Quindi $K = K_{tt} \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_d = 1 \cdot 0,95 \cdot 1,14 \cdot 1 = 1,083$

La portata reale della linea in cavo prevista, in virtù delle riduzioni ed incrementi indicati, diventa :

$I_z = 520 \times 1,083 = 563 \text{ A}$

$I_z = 563 \text{ A}$

Nella figura Fig.6.4 è rappresentata la Sezione Tipica S2
(posa su strada sterrata o su terreno agricolo)

SEZIONE TIPICA "S2"

- N. 1 CAVO MT - POSA SU STRADA STERRATA O TERRENO NATURALE AGRICOLO
MODALITA' DI POSA: IN TUBO PROTETTIVO INTERRATO (CEI 11-17)
- CAVO UNIPOLARE - 18 /30 kV (CEI - UNEL 35027)
PROFONDITA' DI POSA: CEI 11-17

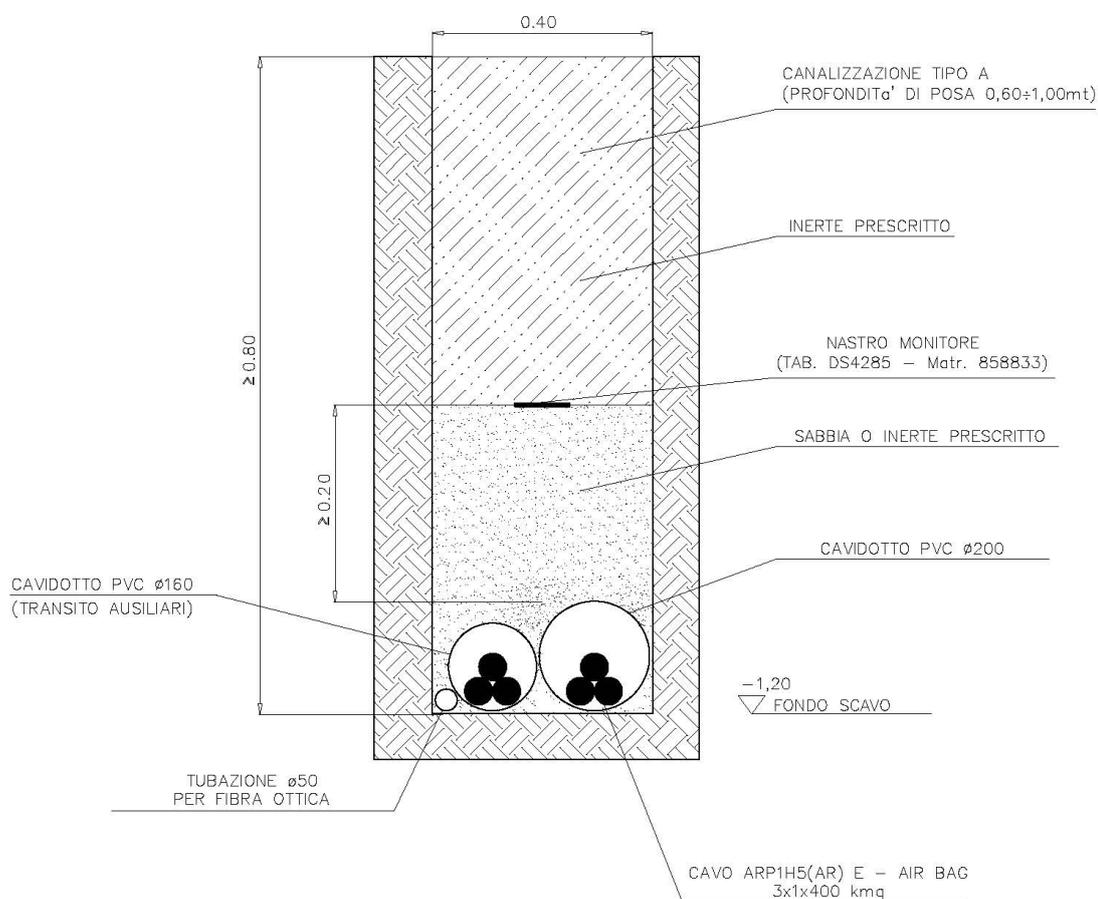


Fig. 6.4

Verifica della congruità della portata di corrente dei cavi previsti

La corrente di impiego massima I_b in transito sulla linea è $I_b = 425 \text{ A}$

La portata reale della linea, per quanto esposto è $I_z = 563 \text{ A}$

Essendo $I_z > I_b$; $563 > 425 \text{ A}$

Quindi circa la portata I_z , la sezione prevista $S=400 \text{ mm}^2$, è congrua.

CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE

Nel caso di corrente alternata la caduta di tensione è calcolata con la relazione

$\Delta V = K \cdot I \cdot L (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)$ ove:

$K = 1,73$ per linee trifasi

I = corrente di impiego; $I_b = 425 \text{ A}$

L = lunghezza della linea (Km); $L = 3,74 \text{ km}$

R = resistenza della linea alla temperatura massima di servizio (ohm/km)

X = reattanza di fase della linea (ohm/km)

$\cos \phi$ = fattore di potenza, posto pari a 0,95

I valori della resistenza R e della reattanza X , forniti dal costruttore, valgono :

Resistenza R

- $S = 400 \text{ mm}^2$ $R = 0,1090 \text{ ohm/km}$

Reattanza X

- $S = 400 \text{ mm}^2$ $X = 0,110 \text{ ohm/km}$

Si è imposto un valore limite massimo per i collegamenti di media tensione in esame, pari al 2,5 %; quindi :

$$\Delta V = K \cdot I \cdot L (R \cdot \cos \phi + X \sin \phi) = 1,73 \cdot 425 \cdot 3,74 \cdot (0,1090 \cdot 0,95 + 0,11 \cdot 0,31)$$
$$= 378 \text{ Volt}$$

Quindi il valore assoluto della caduta di tensione è $\Delta V = 378 \text{ Volt}$

Il valore percentuale della caduta di tensione $\Delta V\% = \Delta V / V \times 100 =$

$$378 / 30.000 \times 100 = 1,26 \%$$

Verifica della congruità della caduta di tensione

Dai calcoli si è ottenuta una caduta di tensione assoluta $\Delta V = 378$ Volt ed una caduta di tensione percentuale $\Delta V\% = 1,26\%$

$$\Delta V\% = 1,26\% < 2,5\%$$

Quindi circa la caduta di tensione percentuale, la sezione prevista $S=400$ mmq, è congrua.

ENERGIA DISSIPATA IN PERDITE PER LA TRASMISSIONE

Per ogni ora di funzionamento, a pieno carico, si verifica una perdita di potenza per effetto Joule, pari a $P=RI^2 = 0,1090 \times 3,74 \times 425^2 = 73$ KW.

Supponendo un numero di ore annuo di funzionamento pari a 1200 ore, ne consegue una perdita di energia pari a $E_a=87,60$ MWh

VERIFICA DELLA TENUTA ALLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

Come si evince dagli elaborati grafici la stazione elettrica elevatrice dell'impianto 30/150 kV prevede N°2 trasformatori elevatori, cadauno di caratteristiche:

- Potenza nominale $P = 40-50$ MVA (ONAN-ONAF)
- Tensione primaria $V_1 = 150$ kV $\pm 12 \cdot 1,25\%$
- Tensione secondaria $V_2 = 30,6$ kV
- Tensione di corto circuito $V_{cc} = 10\%$
- Corrente nominale secondaria $I_z = 964$ A

Considerando la potenza della rete a 150 KV, di potenza infinita rispetto a quella dei trasformatori, la corrente di corto circuito lato 30 KV, quando sarà presente un solo trasformatore, sarà di $I_{cc}=9,60$ KA; con la condizione del funzionamento in parallelo (condizione normale) si determinerà una corrente di corto circuito presunta pari a $I_{cc}=19,20$ KA.

$$I_{cc} = \frac{I_z \cdot 100}{V_{cc}} = \frac{964 \cdot 100}{10} = 9,6 \text{ KA}$$

$$I_{cc} = 9,60 \cdot 2 = 19,2 \text{ KA}$$

In virtù delle impedenze e resistenze introdotte dalle linee di collegamento tra il Quadro MT-30 KV di Raccolta ed il Quadro Generale MT-30 KV della Stazione Elevatrice del Produttore (lunghezza $L=10,7$ KM), tale valore di corrente di corto circuito, si abbassa ad valore di circa 18 KA.

N.B. Comunque un calcolo preciso della corrente di corto circuito presunta sarà possibile a seguito dei valori che TERNA comunicherà con la realizzazione della nuova SE-SMISTAMENTO 150 KV.

Deve essere soddisfatta la relazione.

$$I^2 t \leq k^2 S^2$$

In pratica l'energia specifica lasciata fluire dall'interruttore MT, in caso di corto circuito, è inferiore a quella sopportabile dal cavo.

I = corrente di corto circuito presunta = 20 kA (ipotesi peggiorativa)

t = tempo di interruzione della corrente di corto circuito; considerando un ritardo intenzionale di intervento della funzione di protezione ANSI 50, pari a 50 msec, ed un tempo di 70 msec, affinché l'interruttore intervenga dal momento del consenso del relè, si ha che t = 120 msec.

K = costante dipendente dalla natura dell'isolante; nel caso in esame k = 143

S = sezione della linea MT, S = 400 mmq.

Quindi $I^2 t \leq k^2 S^2$

$$4,8 \times 10^7 < 3,27 \times 10^9$$

La sezione scelta è congrua anche nei confronti della tenuta alle correnti di corto circuito.

CONCLUSIONI

La linea prevista costituita da cavi unipolari tipo ARP1H5E in formazione (3 x 1 x 400 mmq) è idonea per la connessione dell'anello 3.1

6.3.2 DIMENSIONAMENTO ANELLO 3.2

L'anello 1.1 collega, in configurazione "aperto-chiuso" N.6 cabine di trasformazione, denominate : C.3.9-C.3.8-C.3.7-C.3.6-C.3.11-C.3.10

Per tale anello il dimensionamento comprenderà i seguenti calcoli e verifiche:

- Calcolo della portata reale I_z di corrente.
- Calcolo della caduta di tensione, assoluta e percentuale.
- Verifica della tenuta alle correnti di corto circuito.
- Energia dissipata in perdite per la trasmissione.

DATI DI PARTENZA

I dati di partenza del dimensionamento sono :

- Potenza di riferimento $P= 18,90 \text{ MW}$
- Tensione di alimentazione. $V= 30 \text{ KV}$
- Frequenza. $F= 50 \text{ Hz}$
- Corrente di impiego $I_b= 364 \text{ A}$
- Lunghezza della linea. $L= 2.910 \text{ mt (totale anello)}$

CALCOLO DELLA PORTATA REALE DI CORRENTE

Il calcolo della portata reale I_z di corrente è stata effettuato in ossequio alle raccomandazioni della norma CEI – UNEL 35027 "CAVI DI ENERGIA PER TENSIONI NOMINALI U DA 1 kV A 30 kV – PORTATE DI CORRENTE IN REGIME PERMANENTE -POSA IN ARIA ED INTERRATA". Revisione Anno 2009-04

Nota : L'utilizzo della succitata norma è stato quello di avere un riferimento procedurale, in quanto la stessa fa riferimento a cavi (tripolari o unipolari) di sezione massima di 300 mmq

La portata reale I_z di un cavo, in una determinata condizione di installazione, si ricava con la relazione:

$$I_z = I_{z0} \cdot k$$

ove:

- I_{z0} = portata teorica dei cavi
- K = coefficiente di correzione totale , ed è il prodotto di più coefficienti

La portata di corrente si riferisce a cavi funzionanti in sistemi trifasi equilibrati con frequenza di 50 Hz.

La portata di corrente teorica I_0 indicata nella norma è stata calcolata considerando un funzionamento in regime permanente con un fattore di carico del 100%; la norma indica che se per alcune condizioni di funzionamento il carico risulta essere variabile o intermittente, le portate di corrente possono essere più elevate; tale condizione è tipica degli impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica. Si è considerato, come più avanti descritto, un incremento del 15%, come raccomandato.

Inoltre la norma CEI – UNEL – 35027 considera esclusivamente cavi con conduttori in rame; i cavi ipotizzati sono con conduttori in alluminio, per cui secondo le indicazioni della norma, per ottenere le portate teoriche, si dovrà fare riferimento ai valori con conduttori in rame, applicando un coefficiente di riduzione pari a 0,78.

Condizioni di posa

Le condizioni di posa delle linee in cavo oggetto del dimensionamento, sono:

- Cavi unipolari entro tubazione interrata ; percorsi perimetrali alle aree, in modo da non creare interferenze all'interno delle aree stesse di produzione.
- Lo spazio tra il cavo e la superficie interna della tubazione, si considera libero.

In ossequio alla norma CEI – EN – 35027 la condizione di posa prevista è :

- Riferimento E4: una terna di cavi unipolari entro tubazione interrata.

Le tubazioni previste sono in polipropilene, flessibili, corrugate, confezionamento in rotoli, corredate di manicotto terminale di giunzione; conformi alla norma CEI – EN – 50086 – 2 – 4 (CEI 23 – 463) diametro esterno $De = 200$ mm, resistenza allo sfilacciamento 40 J.

Conforme alla tabella di unificazione ENEL M5.1.

Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti

La coesistenza tra cavi di energia e gasdotti è regolamentata dal DM del 24-11-1984, modificato dal DM del 16-04-2008- “ Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione e l'accumulo e l'utilizzo del gas naturale con una densità non superiore a 0,8 “. In caso di incroci, tra cavi di energia u tubazioni convoglianti gas naturali, le condizioni di posa ed i provvedimenti da adottare si dovranno definire con gli enti proprietari o concessionari.

Attraversamenti di strade statali e provinciali

In corrispondenza degli attraversamenti delle linee in cavo, su strade statali e su strade provinciali, la linea in cavo deve essere disposta entro tubazioni, la cui profondità di posa non sarà minore di 1 mt; la distanza è calcolata dall'estradosso superiore della tubazione.

Coesistenza tra i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione

Circa gli incroci dei cavi di energia con quelli di comunicazione, quando uno dei cavi è protetto da una tubazione (o similari) non è necessario osservare alcuna precauzione. Nel caso di parallelismi, invece, la distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non sarà inferiore a 0,30 mt.

Tipologia di cavo previsto

I cavi unipolari previsti sono del tipo ARP1H5E caratterizzati dalle seguenti caratteristiche:

- Produttore PRYSMIAN GROUP
- Tensioni nominali 18/30 kV
- Norma di riferimento HD 620 – IEC 60502 -2
- Temperatura massima del conduttore 105° C
- Temperatura massima in corto circuito 300° C
- Anima in conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
- Semiconduttori interno/esterno in mescola estrusa
- Isolante in mescola di elastomero termoplastico (qualità HPTE)
- Rivestimento protettivo in nastro semiconduttore igroespandente
- Schermatura in nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale.
- Guaina esterna in polietilene di colore rosso (qualità DMP 2)
- Posa: entro cunicoli; tubazioni interrate; interrato; in aria libera; interrato con protezione meccanica.

Portata teorica Izo

Non potendo utilizzare le tabelle della norma per i limiti di sezione, come portata teorica si è considerata quella fornita dal costruttore.

La portata indicata è riferita alle seguenti condizioni :

- Temperatura massima del conduttore 105° C
- Temperatura del terreno 20° C
- Profondità di posa (0,8 – 1,00) mt
- Resistività termica del terreno 1,00 °C • m/W
- Posa a trifoglio
- Sezione scelta per il dimensionamento. S=300 mmq
- Formazione ad elica visibile (3 x 1 x 300 mmq)

La portata teorica fornita dal produttore è. **Izo= 506 A**

Considerando l'incremento del 15%, considerando la corrente intermittente, la portata teorica del cavo , diventa **Izo= 582 A**

In ossequio alle indicazioni della Norma CEI-EN-35027, avendo ipotizzato conduttori in alluminio, si è applicato un coefficiente di riduzione della portata (cautelativo) pari a 0,78; in tal modo la portata teorica del cavo diventa **Izo=454 A**

Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche elettriche del cavo scelto, di sezione $S=300 \text{ mm}^2$, sono :

- Resistenza apparente dei cavi, per posa interrata, configurazione a trifoglio, alla temperatura di $90 \text{ }^\circ\text{C}$, tensione 18/30 KV
 $R=0,1360 \text{ ohm/km}$
- Reattanza di fase dei cavi, a 50 Hz, per posa interrata, configurazione a trifoglio,
 $R=0,110 \text{ ohm/km}$, tensione 18/30 KV

Caratteristiche fisiche

Le caratteristiche fisiche dei conduttori unipolari, di sezione $S=300 \text{ mm}^2$, sono:

- Diametro conduttore $D_c=20,8 \text{ mm}$
- Diametro sull'isolante $D_i=34,6 \text{ mm}$
- Diametro esterno $D_e=43 \text{ mm}$
- Raggio minimo di curvatura $R_m=610 \text{ mm}$
- Peso $P=1,760 \text{ Kg/mt}$

Calcolo delle portate reali

La portata reale I_z della configurazione scelta di cavi, nelle condizioni reali, è data da:

$$I_z = I_{z0} \cdot k$$

ove:

- I_{z0} = portata teorica dei cavi
- K = coefficiente di correzione totale , che è il prodotto di più coefficienti

Il coefficiente totale di correzione k è :

$$K = K_{tt} \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_d , \text{ ove:}$$

- K_{tt} : coefficiente di correzione per la temperatura del terreno diversa da 20°C .
Tabella 18 della Norma.
Alla profondità di posa del cavo si è prevista , molto verosimilmente, una temperatura di 20°C , $K_{tt} = 1$.
- K_p : coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversi da $0,8 \text{ mt}$.
Tabella 21 della Norma.
La profondità di posa considerata assume che le caratteristiche del suolo siano omogenee e che non vi sia essiccazione del terreno nella regione circoscritta ai cavi.
Si è ipotizzata una profondità di posa, in alcune condizioni, di $1,2 \text{ mt}$; quindi $K_p = 0,95$.

- K_r = coefficiente di correzione per valori di resistività termica diversi da $1,5 \text{ k} \cdot \text{m/W}$. Tabella 23 della Norma.
È stata considerata una resistività termica di $1,00 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$, quindi $K_r = 1,14$
- K_d = coefficiente di spaziatura tra cavi presenti nello stesso scavo.
Tabella 18 della Norma.
È stata prevista una sola linea , per cui $K_d=1$

Quindi $K = K_{tt} \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_d = 1 \cdot 0,95 \cdot 1,14 \cdot 1 = 1,083$

La portata reale della linea in cavo prevista, in virtù delle riduzioni ed incrementi indicati,
diventa :

$I_z = 454 \times 1,083 = 491 \text{ A}$

$I_z=491 \text{ A}$

Nella figura Fig.6.5 è rappresentata la Sezione Tipica S1
(posa su strada sterrata o su terreno agricolo)

SEZIONE TIPICA "S1"

- N. 1 CAVO MT - POSA SU STRADA STERRATA O TERRENO NATURALE AGRICOLO
- MODALITA' DI POSA: IN TUBO PROTETTIVO INTERRATO (CEI 11-17)
- CAVO UNIPOLARE - 18 /30 kV (CEI - UNEL 35027)
- PROFONDITA' DI POSA: CEI 11-17

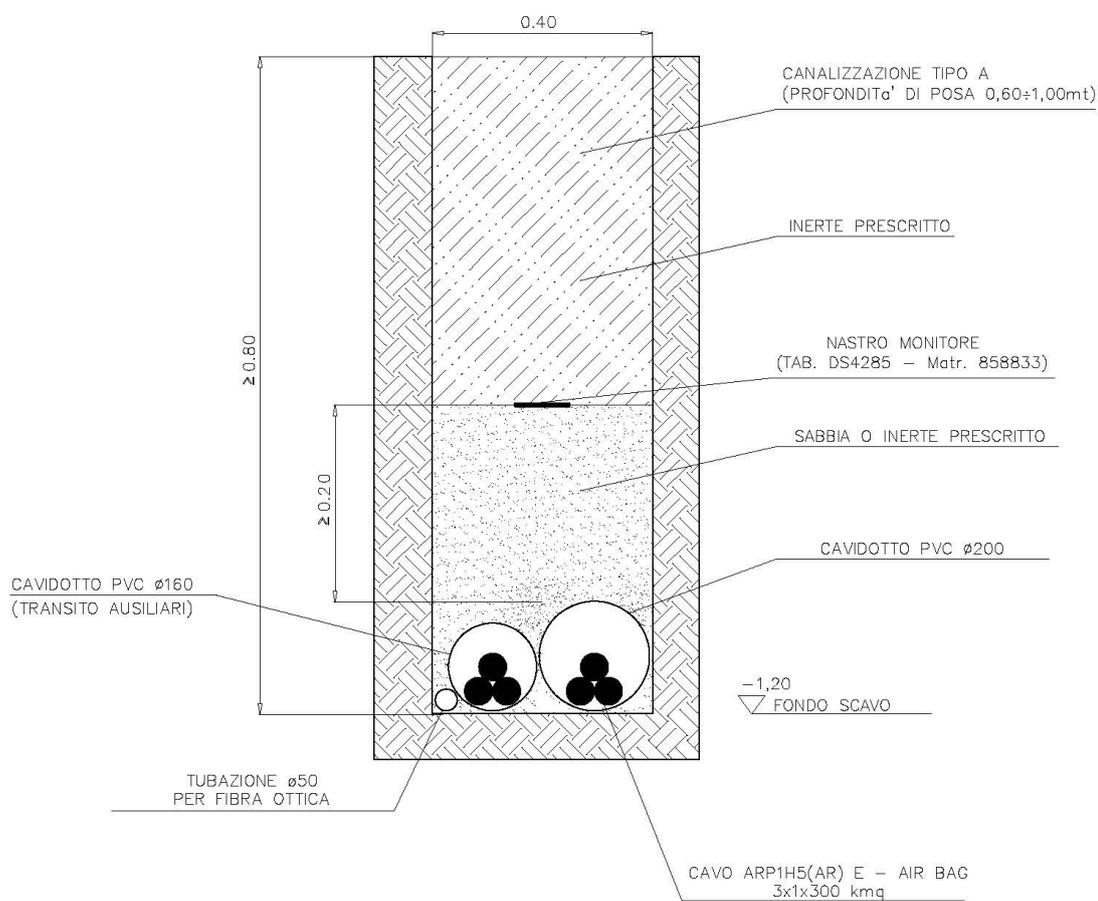


Fig. 6.5

Verifica della congruità della portata di corrente dei cavi previsti

La corrente di impiego massima I_b in transito sulla linea è $I_b = 364 \text{ A}$

La portata reale della linea, per quanto esposto è $I_z = 491 \text{ A}$

Essendo $I_z > I_b$; $491 > 364 \text{ A}$

Quindi circa la portata I_z , la sezione prevista $S=300 \text{ mm}^2$, è congrua.

CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE

Nel caso di corrente alternata la caduta di tensione è calcolata con la relazione

$\Delta V = K \cdot I \cdot L (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)$ ove:

$K = 1,73$ per linee trifasi

I = corrente di impiego; $I_b = 364 \text{ A}$

L = lunghezza della linea (Km); $L = 2,91 \text{ km}$

R = resistenza della linea alla temperatura massima di servizio (ohm/km)

X = reattanza di fase della linea (ohm/km)

$\cos \phi$ = fattore di potenza, posto pari a 0,95

I valori della resistenza R e della reattanza X , forniti dal costruttore, valgono :

Resistenza R

• $S = 300 \text{ mm}^2$ $R = 0,1360 \text{ ohm/km}$

Reattanza X

• $S = 300 \text{ mm}^2$ $X = 0,110 \text{ ohm/km}$

Si è imposto un valore limite massimo per i collegamenti di media tensione in esame, pari al 2,5 %; quindi :

$$\Delta V = K \cdot I \cdot L (R \cdot \cos \phi + X \sin \phi) = 1,73 \cdot 364 \cdot 2,910 \cdot (0,1360 \cdot 0,95 + 0,110 \cdot 0,31) = 300 \text{ Volt}$$

Quindi il valore assoluto della caduta di tensione è $\Delta V = 300 \text{ Volt}$

Il valore percentuale della caduta di tensione $\Delta V\% = \Delta V / V \times 100 =$

$$300 / 30.000 \times 100 = 1,00 \%$$

Verifica della congruità della caduta di tensione

Dai calcoli si è ottenuta una caduta di tensione assoluta $\Delta V = 300$ Volt ed una caduta di tensione percentuale $\Delta V\% = 1,00\%$

$$\Delta V\% = 1,00\% < 2,5\%$$

Quindi circa la caduta di tensione percentuale, la sezione prevista $S=300$ mmq, è congrua.

ENERGIA DISSIPATA IN PERDITE PER LA TRASMISSIONE

Per ogni ora di funzionamento, a pieno carico, si verifica una perdita di potenza per effetto Joule, pari a $P=RI^2 = 0,1360 \times 2,910 \times 364^2 = 52,40$ KW.

Supponendo un numero di ore annuo di funzionamento pari a 1200 ore, ne consegue una perdita di energia pari a **Ea=63,00 MWh**

VERIFICA DELLA TENUTA ALLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

Come si evince dagli elaborati grafici la stazione elettrica elevatrice dell'impianto 30/150 kV prevede N°2 trasformatori elevatori, cadauno di caratteristiche:

- Potenza nominale $P = 40-50$ MVA (ONAN-ONAF)
- Tensione primaria $V_1 = 150$ kV $\pm 12 \cdot 1,25\%$
- Tensione secondaria $V_2 = 30,6$ kV
- Tensione di corto circuito $V_{cc} = 10\%$
- Corrente nominale secondaria $I_z = 964$ A

Considerando la potenza della rete a 150 KV, di potenza infinita rispetto a quella dei trasformatori, la corrente di corto circuito lato 30 KV, quando sarà presente un solo trasformatore, sarà di $I_{cc}=9,6$ KA; con la condizione del funzionamento in parallelo (condizione normale) si determinerà una corrente di corto circuito presunta pari a $I_{cc}=19,20$ KA.

$$I_{cc} = \frac{I_z \cdot 100}{V_{cc}} = \frac{964 \cdot 100}{10} = 9,60 \text{ KA}$$

$$I_{cc} = 9,60 \cdot 2 = 19,20 \text{ KA}$$

In virtù delle impedenze e resistenze introdotte dalle linee di collegamento tra il Quadro MT-30 KV di Raccolta ed il Quadro Generale MT-30 KV della Stazione Elevatrice del Produttore (lunghezza $L=10,7$ KM), tale valore di corrente di corto circuito, si abbassa ad valore di circa 18 KA.

N.B. Comunque un calcolo preciso della corrente di corto circuito presunta sarà possibile a seguito dei valori che TERNA comunicherà con la realizzazione della nuova SE-SMISTAMENTO 150 KV.

Deve essere soddisfatta la relazione.

$$I^2 t \leq k^2 S^2$$

In pratica l'energia specifica lasciata fluire dall'interruttore MT, in caso di corto circuito, è inferiore a quella sopportabile dal cavo.

I = corrente di corto circuito presunta = 20 kA (ipotesi peggiorativa)

t = tempo di interruzione della corrente di corto circuito; considerando un ritardo intenzionale di intervento della funzione di protezione ANSI 50, pari a 50 msec, ed un tempo di 70 msec, affinché l'interruttore intervenga dal momento del consenso del relè, si ha che t = 120 msec.

K = costante dipendente dalla natura dell'isolante; nel caso in esame k = 143

S = sezione della linea MT, S = 300 mmq.

Quindi $I^2 t \leq k^2 S^2$

$$4,8 \times 10^7 < 1,84 \times 10^9$$

La sezione scelta è congrua anche nei confronti della tenuta alle correnti di corto circuito.

CONCLUSIONI

La linea prevista costituita da cavi unipolari tipo ARP1H5E in formazione (3 x 1 x 300 mmq) è idonea per la connessione dell'anello 3.2

7. RIEPILOGO DIMENSIONAMENTO LINEE MT-30 KV

Dal dimensionamento delle linee elettriche in cavo interrato in MT-30 KV sono scaturite le seguenti formazioni e sezioni :

- **Alimentazione lato MT-30 KV dei trasformatori delle cabine di campo**
Tipo ARP1H5E
Formazione (3 x 1 x 70 mmq)
Posa entro cunicoli

- **Anello aperto-chiuso 1.1 Area 1**
Tipo ARP1H5E
Formazione (3 x 1 x 400 mmq)
Posa entro cavidotti in PVC interrati

- **Anello aperto-chiuso 2.1 Area 2**
Tipo ARP1H5E
Formazione (3 x 1 x 300 mmq)
Posa. entro cavidotti in PVC interrati

- **Anello aperto-chiuso 3.1 Area 3**
Tipo ARP1H5E
Formazione (3 x 1 x 400 mmq)
Posa. entro cavidotti in PVC interrati

- **Anello aperto-chiuso 3.2 Area 3**
Tipo ARP1H5E
Formazione (3 x 1 x 300 mmq)
Posa. entro cavidotti in PVC interrati