



Regione Toscana

ETC
Energy Total Capital
Investment Fund & Renewable Energy



Comune di Siena

Costruzione ed esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare denominato "Montepulciano" da realizzarsi nel comune di MONTEPULCIANO (SI) e delle opere ed infrastrutture connesse da realizzarsi nei comuni di MONTEPULCIANO e MONTALLESE (SI), avente potenza nominale pari a 17,41 MW



STATO DEL PROGETTO:
Definitivo

TITOLO ELABORATO

INGEGNERIA



ETC
Energy Total Capital

PROPONENTE



ETC
Energy Total Capital

TIMBRO E FIRMA DEL PROGETTISTA

DATA

30/07/2024

REDATTO

Ing. A. Ilardi
Dr. G. Durante

VERIFICATO

Ing. Antonio Ilardi

APPROVATO

Ing. Antonio Ilardi





ETC

Energy Total Capital Montepulciano PV

group of



ETC

Energy Total Capital

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

Sommario

1.	Stazione di Elevazione Utente	2
1.1	Ubicazione e viabilità di accesso	2
1.2	Descrizione delle opere elettromeccaniche.....	3
1.3	Servizi ausiliari	4
1.4	Rete di terra	5
1.5	Edificio S.E.U.....	5
1.6	Opere civili	7
1.7	Collegamenti MT	9
1.8	Collegamenti AT	10
1.9	Modalità di posa.....	11
1.10	Dati tecnici del cavo utilizzato	12
1.11	Assegnazione dello Stallo da parte di Terna	14
2.	Criteri di scelta delle protezioni e metodo di Calcolo	16
2.1	Protezione contro il corto circuito	16
2.2	Protezione contro i contatti diretti.....	17
2.3	Protezione contro il sovraccarico	17
2.4	Dimensionamento contro la caduta di tensione	19
2.5	Determinazione delle correnti di cortocircuito	20

1. Stazione di Elevazione Utente

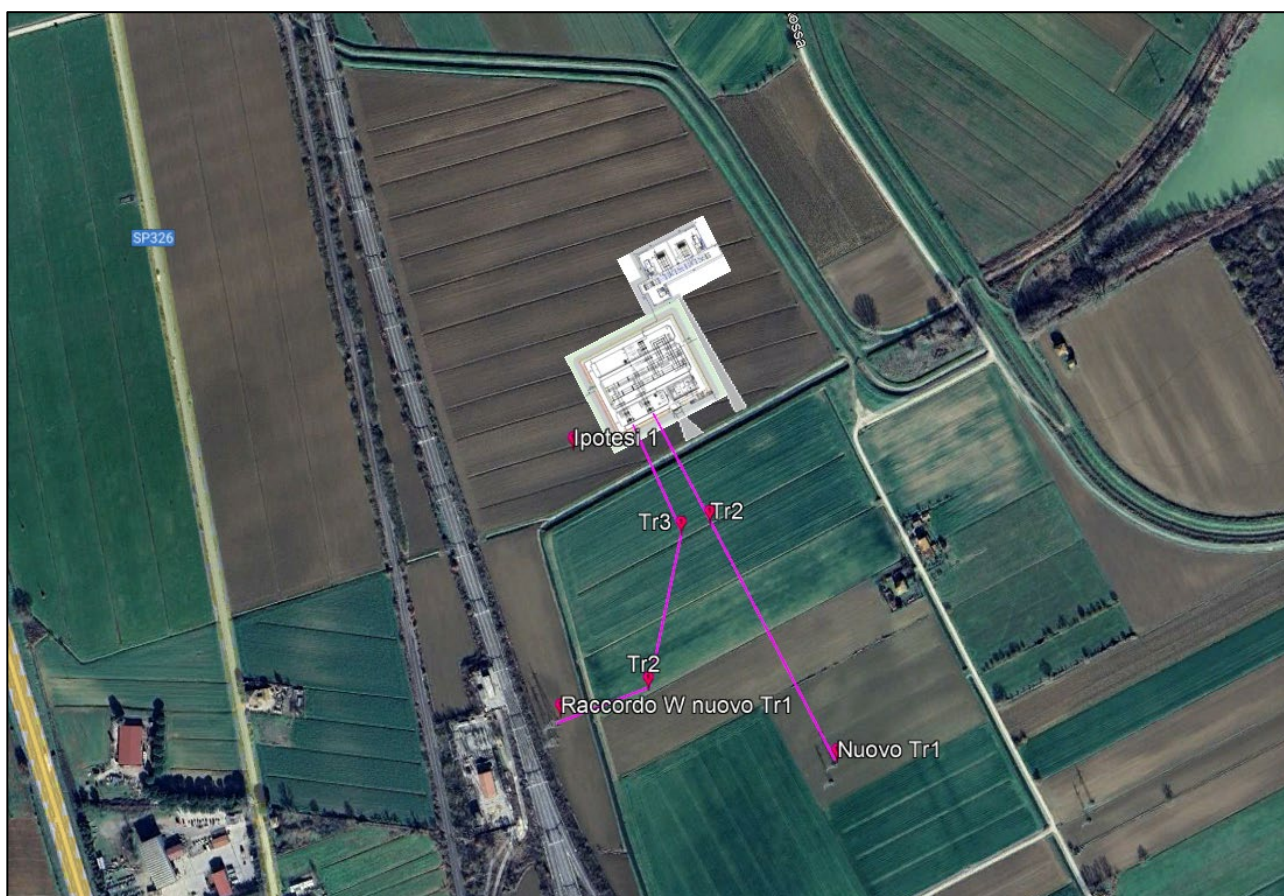
1.1 Ubicazione e viabilità di accesso

L’Impianto Fotovoltaico in progetto convoglierà l’energia prodotta verso una nuova Stazione Utente di Elevazione (S.E.U.) 30/132 kV, da ubicarsi nei pressi del futuro ampliamento della SE “Montallese” presso il Comune di Chiusi (SI).

Attualmente, al vaglio del distributore, sono presenti due localizzazioni differenti per l’ampliamento della “SE Montallese” descritte entrambe nello SPA.

Le due soluzioni proposte sono distanti tra di loro c.a 500m.

Di seguito uno stralcio dei due inquadramenti:



RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

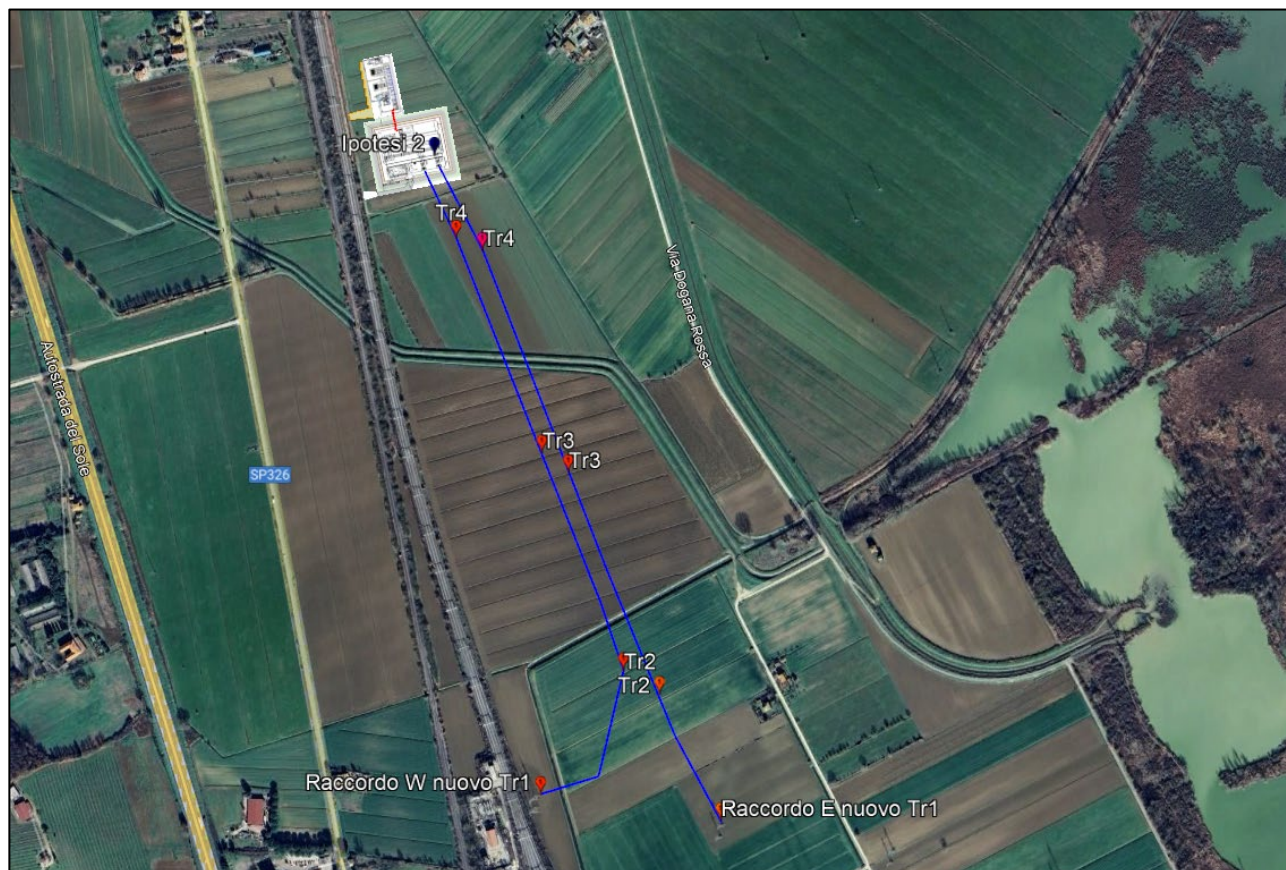


Figura1 - Inquadramento Area Impianto - S.E.U. ed SE su ortofoto

1.2 Descrizione delle opere elettromeccaniche

La Soluzione Tecnica Minima Generale prevede che la centrale venga collegata in antenna a 132 kV su uno stallo dell'ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 132 kV della RTN denominata "Montallese".

L'impianto di utenza per la connessione (di competenza del produttore) ha origine nel punto di connessione alla rete TERNA, consistente in uno stallo sulla Stazione Elettrica di cui sopra, ed è costituito da un nuovo elettrodotto in AT a 132 kV interrato che collegherà il punto di connessione alla nuova S.E.U., posta ad una distanza di c.a 20 m in linea d'aria e un nuovo elettrodotto a 30 kV che collegherà la S.E.U. all'Impianto Fotovoltaico.

Presso la S.E.U. verrà realizzata una sezione AT a 132 kV, con interposti 2 trasformatori di potenza. In tal modo in ogni caso di guasto di uno stallo l'altro potrà trasformare l'intera potenza dell'impianto.

Lo stallo arrivo trasformatore è costituito da:

- un sistema a sbarre;

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

- un interruttore INT1;
- un trasformatore 132/30 kV;
- uno scaricatore SC1;
- un trasformatore di tensione ad avvolgimento secondario TV1;
- un trasformatore di corrente a quattro avvolgimenti secondari TV2;
- un sezionatore combinato linea terra SEZ1;
- uno scaricatore SC1.

In considerazione delle caratteristiche dimensionali delle opere costituenti la stazione di utenza si ritiene che le fondazioni potranno essere, di norma, di tipo diretto poggianti sulla formazione in posto. Tutte le basi di sostegno dei tralicci in calcestruzzo, per l'alloggiamento delle apparecchiature elettriche necessarie per la costruzione della sottostazione in esame, si realizzano con tirafondi in acciaio zincato. L'illuminazione della stazione sarà realizzata con pali tradizionali di tipo stradale, con proiettori orientabili. Le aree in cui verranno posizionate le apparecchiature elettriche saranno riempite con materiale drenante (tipo ghiaia), al cui contorno saranno posizionati i cordoli di delimitazione in c.l.s. armato prefabbricato. Tutte le restanti superfici, carrabili e non, verranno asfaltate con un primo stato di brider ed un tappetino di usura e si troveranno a quota inferiore rispetto al piano di installazione delle apparecchiature elettriche. Per la raccolta delle acque piovane si provvederà a realizzare il piazzale con pendenze tali da permettere il naturale secollo delle stesse verso l'apposito impianto di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche.

1.3 Servizi ausiliari

I servizi ausiliari necessari presso la S.E.U. saranno alimentati tramite trasformatori MT/BT 30/0,4 kV, in derivazione dei quadri generali MT.

Al fine di garantire la massima continuità di servizio e il riarmo delle apparecchiature, è prevista l'installazione di un gruppo elettrogeno ausiliario.

Da tali trasformatori/generatori verrà alimentato il quadro QSA, al quale saranno collegate tutte le utenze in c.a. in bassa tensione, quali:

- Ausiliari sezione MT;
- Ausiliari sezione AT;
- Illuminazione aree esterne;
- Circuiti prese e circuiti illuminazione edificio SEE;
- Motori e pompe;

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

- Raddrizzatore BT;
- Sistema di monitoraggio;
- Altre utenze minori.

Dal quadro QSA verrà derivata l'alimentazione dei circuiti di protezione e comando, alimentati a 100 Vcc mediante un banco di batterie, alimentate dal raddrizzatore.

1.4 Rete di terra

Presso la sottostazione verrà realizzato un sistema di terra dimensionato secondo le norme CEI EN 50522 (CEI 99-3) e CEI EN 61936-1 (CEI 99-2).

L'impianto di terra consisterà in un dispersore di terra in corda di rame nudo dalla sezione di 70 mmq; interrato alla profondità di ca 70 cm dal piano di calpestio, che seguirà l'intero perimetro della SSE, e da una maglia interna di lato massimo pari a 4,5 m.

1.5 Edificio S.E.U.

La stazione di elevazione di utenza, in entrambi i casi ubicata all'interno di un'area recintata di circa 80 m x 60 m, il trasformatore MT/AT e tutta la sezione impiantistica in AT a 132 kV, sono posizionati all'aperto, mentre le sezioni MT e BT all'interno di un manufatto in muratura ordinaria e/o strutture prefabbricate leggere, avente le seguenti dimensioni complessive di 29,40 m x 6,70 m con altezza interna di 3 m, suddiviso in vari locali funzionali: locale quadri MT; locale trasformatore MT/BT per servizi ausiliari di cabina; locale misure; locale sistema di telecontrollo.



ETC

Energy Total Capital Montepulciano PV

group of



ETC

Energy Total Capital

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

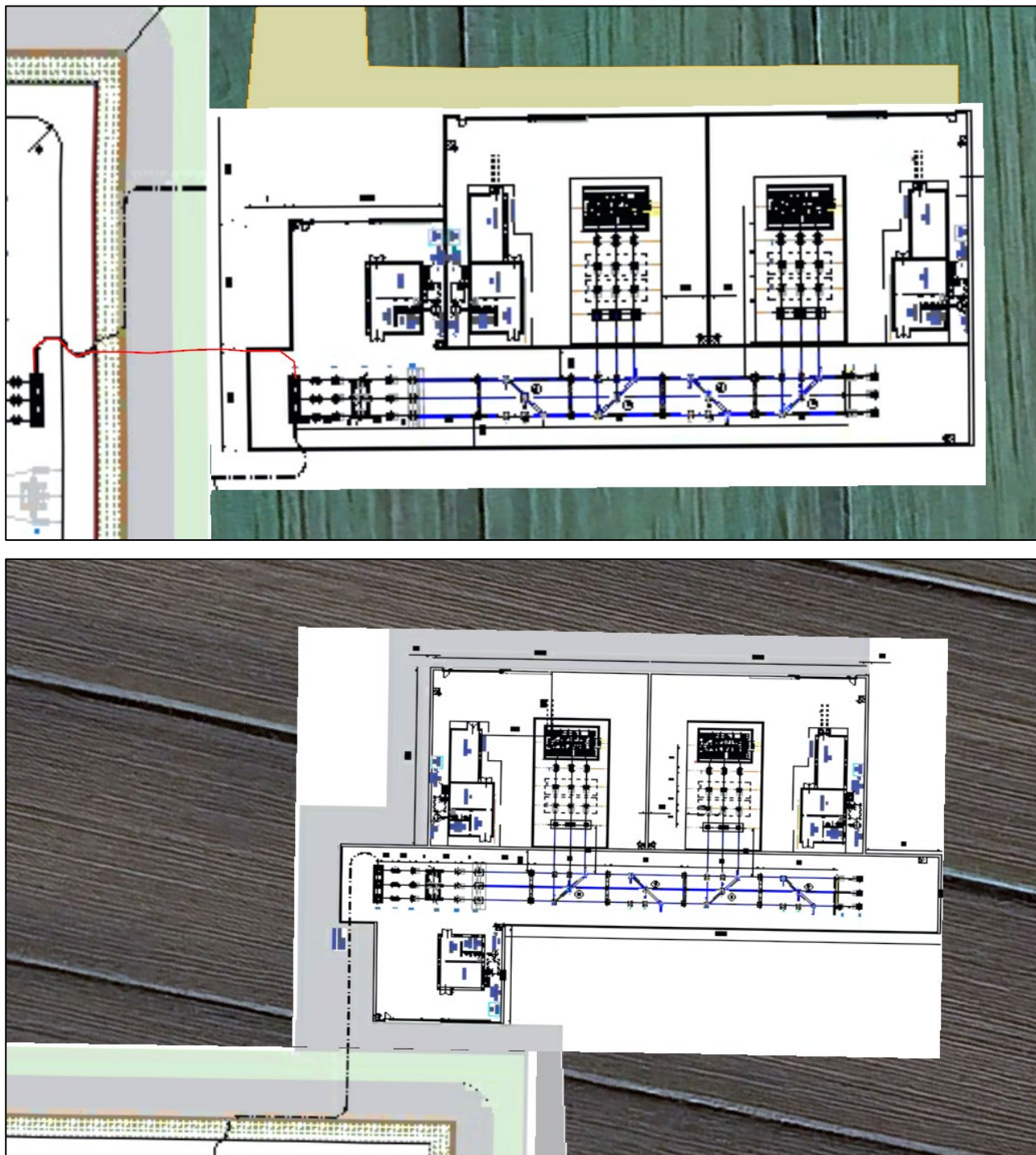


Figura 4 – Planimetria S.E.U. Ipotesi 1 e Ipotesi 2

1.6 Opere civili

FABBRICATI

I fabbricati sono costituiti da un edificio a quadri comando e controllo costituito da un manufatto in muratura ordinaria e/o strutture prefabbricate leggere, di dimensioni 29,50x6,70x3 m, e composto dai seguenti locali:

banco di rifasamento;

Trasformatore dei servizi ausiliari;

- gruppo elettrogeno;
- locale MT;
- sala quadro, controllo e protezioni;
- locale TLC;
- locale misure fisicali.

In esso saranno realizzati i seguenti impianti tecnologici:

- illuminazione e prese F.M.;
- riscaldamento, condizionamento e ventilazione;
- rilevazione incendi;
- controllo accessi e antintrusione;
- telefonico.

FONDAZIONI DEI SOSTEGNI SBARRE E CUNICOLI CAVI

Le fondazioni dei sostegni sbarre, delle apparecchiature e degli ingressi di linea in stazione, sono realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera; per le sbarre e per le apparecchiature, con esclusione degli interruttori, potranno essere realizzate anche fondazioni di tipo prefabbricato, con caratteristiche uguali o superiori a quelle delle fondazioni gettate in opera.

Esse sono state calcolate in tempi recenti a seguito della redazione del progetto unificato ENEL per le stazioni, e tengono conto di pressioni massime sul terreno pari a 0.8 da N/cm².

Le coperture dei pozzetti e dei cunicoli, facenti parte delle suddette fondazioni, saranno in PRFV (materiale rinforzato con fibre a matrice polimerica) con resistenza di 2000 daN. I cunicoli per cavetteria saranno realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, oppure prefabbricati; le coperture in PRFV saranno carrabili con resistenza di 5000 daN.

STRADE E PIAZZOLE

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

Le strade interne all'area della stazione saranno asfaltate e di larghezza non inferiore a 4 m; le piazzole per l'installazione delle apparecchiature saranno ricoperte con adeguato strato di ghiaione stabilizzato;

tali finiture superficiali contribuiranno a ridurre i valori di tensione di contatto e di passo effettive, in caso di guasto a terra sul sistema AT.

INGRESSI E RECINZIONI

Il collegamento dell'impianto alla viabilità ordinaria sarà garantito da una strada di accesso locale, che avrà una larghezza opportuna e sarà realizzata con caratteristiche idonee per qualsiasi tipo di mezzo di trasporto su strada. Per l'ingresso alla stazione, è previsto un cancello carrabile largo 7.00 m di tipo scorrevole ed un cancello pedonale, ambedue inseriti fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato e posizionati sul lato N-O della recinzione perimetrale. Quest'ultima sarà conforme alla *Norma CEI 11-1*

MOVIMENTI DI TERRA

L'area sulla quale dovrà sorgere la nuova stazione è pianeggiante. I movimenti di terra sono pertanto di modestissima entità e legati sostanzialmente alla realizzazione delle fondazioni. I lavori civili di preparazione, in funzione delle caratteristiche plano altimetriche e fisico/meccaniche del terreno, consisteranno in un eventuale sbancamento/riporto, al fine di ottenere un piano a circa 60/80 cm rispetto alla quota del piazzale di stazione. Il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere e, successivamente, il suo utilizzo per il riempimento degli scavi e per il livellamento del terreno alla quota finale di progetto, previo accertamento in fase esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il suo utilizzo in sito.

SMALTIMENTO ACQUE REFLUE E FOGNARIE

Per la raccolta delle acque meteoriche sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale che convoglia la tonalità delle acque raccolte dalle strade e dai piazzali in appositi collettori (tubi, vasche di prima pioggia, pozzi perdenti, ecc...). Lo smaltimento delle acque meteoriche è regolamentato dagli enti locali; pertanto, a seconda delle norme vigenti, si dovrà realizzare il sistema di smaltimento più idoneo, che potrà essere in semplice tubo, da collegare alla rete fognaria, mediante sifone o pozzi ispezionabili, da un pozzo perdente, da un sistema di sub-irrigazione o altro. **Principali apparecchiature di progetto**

Si elencano le caratteristiche delle principali apparecchiature AT costituenti la sezione 132 kV della S.E.U. in progetto. Tutte le apparecchiature saranno rispondenti alle Norme tecniche CEI citate dalle prescrizioni TERNA.

Dati di impianto**RETE MT/AT**

- Sistema

Trifase

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

- Frequenza 50 Hz
- Tensione nominale 30 kV
- Tensione nominale 132 kV
- Corrente massima di corto circuito trifase (lato AT-RTN) 31.5 kVA
- Corrente massima di corto circuito monofase (lato AT-RTN) 40 kA

1.7 Collegamenti MT

La progettazione dell'elettrodotto in cavo che collega la SE Utente all'impianto fotovoltaico è stata eseguita in accordo ai parametri elettrici specificati nel seguito. La rete MT è stata prevista con esercizio a neutro isolato.

La portata per i cavi di media tensione in aria o interrati, direttamente o attraverso tubo, si determina con la relazione seguente, conformemente alla CEI-UNEL 35027:

Per posa in aria:

$$I_z = I_O \cdot K_t$$

Per posa interrata:

$$I_z = I_O \cdot K_{tt} \cdot K_d \cdot K_p \cdot K_r$$

Avendo indicato:

I_O = Valore di portata di corrente ricavata dalle tabelle della norma CEI-UNEL 35027

K_{ta} = fattore di correzione per temperatura dell'aria diversa da 30°C (Tabella 17 CEI UNEL 35027);

K_{tt} = fattore di correzione per temperatura del terreno diversa da 20 °C (Tabella 18 CEI UNEL 35027)

K_d = fattore di correzione per spaziatura 250 mm (anziché 70 mm tra cavi tripolari direttamente interrati (Tabella 19 CEI UNEL 35027).

K_p = fattore di correzione per valori di profondità di posa diversi da 0,8 m (Tabella 20-21 CEI UNEL 35027).

La profondità di posa fa riferimento al centro dei cavi o dei circuiti.

K_r = fattore di correzione per resistività termica diversa dal valore di riferimento 1,5 mk/W (Tabella 22-23 CEI UNEL 35027).

La lunghezza totale della rete MT è di c.a 3 km, realizzata in cavo ARG7H1R 18/30 kV, 3x1x185 mm². Il cavidotto sarà realizzato con scavo a sezione obbligata con mezzo meccanico. Sui fondi di terreni privati (comprese anche le strade vicinali), interessati dal tracciato del cavidotto in oggetto, verrà apposta una servitù di elettrodotto per una

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

fascia di 2,00 m a destra e sinistra dell'asse del cavidotto, come previsto dalla tabella con indicazione delle fasce di asservimento per tipologia di cavidotto dell'allegato K "Linee guida E-Distribuzione".

1.8 Collegamenti AT

La progettazione dell'elettrodotto in cavo che collega la SEU al nuovo ampliamento della Stazione Elettrica "Benevento3" è stata eseguita in accordo ai parametri elettrici specificati nel seguito; in particolare la scelta del cavo è stata eseguita in relazione alla tensione di impiego ed alle condizioni di carico previste ed in relazione alla tipologia di posa ipotizzata.

Dimensionamento elettrico della linea AT

Per la determinazione della portata del conduttore di fase del cavo interrato sarà applicato in metodo descrittivo dalla tabella CEI-UNEL 35026. Si ipotizza il seguente tipo di cavo per la LINEA AT

S= 1x3x400 mmq per cavidotto con potenza superiore a 14 MW (nel nostro caso viene trasportata una potenza di 16,12) .

A partire dalla portata nominale, si calcola un fattore correttivo

$$K_{tot}=K_5 \times K_6 \times K_7 \times K_8$$

Dove:

K₅ è il fattore di correzione da applicare se la temperatura del terreno è diversa da 20° C;

K₆ è il

fattore di correzione da applicare per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano;

K₇ è il fattore di correzione per profondità di posa dal valore di riferimento pari a 0,8 m;

K₈ è il fattore di correzione per resistività del terreno diversa dal valore di riferimento di 1,5 Kxm/W, valido per terreni asciutti

Nel caso in esame (con riferimento alle tabelle della CEI-UNEL 35026):

K₅ = 0,96 poiché si suppone una temperatura massima del terreno pari a

K₆ = poiché il circuito è unico.

K₇ = 0,98 poiché la profondità di posa è pari a 1 m;

K₈ = poiché la posa avviene in terreno asciutto.

Inoltre poiché la posa è in tubazione si considera un ulteriore fattore di riduzione pari a $k_{tubazione}=0,87$

In definitiva il fattore di riduzione della portata del cavo è pari a

$$K_{tot} = K_5 \times K_6 \times K_7 \times K_8 \times K_{tubazione} = 0,81$$

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

La lunghezza totale della rete AT è di c.a 1,75 km realizzata in terna di cavo ad elica visibile del tipo ARE4H1H5E, o altro di caratteristiche equivalenti, 1x3x400mmq. Il cavo è costituito da un conduttore in alluminio con sezione di 400 mmq, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in politene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio monoplaccato e rivestimento in politene con grafitatura esterna. Il cavidotto sarà realizzato con scavo a sezione obbligata con mezzo meccanico. Sui fondi di terreni privati (comprese anche le strade vicinali), interessati dal tracciato del cavidotto in oggetto, verrà apposta una servitù di elettrodotto per una fascia di 2,5 m a destra e sinistra dell'asse del cavidotto, come previsto dalla tabella con indicazione delle fasce di asservimento per tipologia di cavidotto dell'allegato K "Linee guida E-Distribuzione".

1.9 Modalità di posa

Tutti i cavi utilizzati per i collegamenti interni ed esterni all'impianto saranno di tipo schermato con conduttore in alluminio. Le profondità di posa garantiscono la non interferenza dei cavidotti con l'attività fotocola, qualora il tracciato dovesse attraversare zone di coltivazione.

- I cavi MT e AT saranno posati secondo quanto indicato negli elaborati di progetto eseguito con escavatore a benna cingolato;
- Per la posa di singola terna di cavi di MT su strada sterrata e asfaltata viene eseguito uno scavo di 1.1 x 0.7 m; mentre per la posa di singola terna di cavi di AT su strada sterrata e asfaltata viene eseguito uno scavo di 1.3 x 0.7 m;
- Posa manuale dei cavi elettrici e del conduttore di terra sul fondo dello scavo;
- Reinterro parziale con sabbia lavata con pala meccanica compatta su ruote;
- Eventuale posa di pozzetti prefabbricati mediante camion con gru;
- Reinterro e ripristino della pavimentazione esistente ove necessario fino alla quota preesistente mediante pala meccanica compatta; laddove possibile il reinterro potrà avvenire con materiale proveniente dagli scavi previa opportuna selezione;

La realizzazione del cavidotto AT, di collegamento tra la S.E.U. e la SE, da effettuarsi interamente al di sotto della viabilità esistente, potrà comprendere, le seguenti lavorazioni aggiuntive:

- Fresatura e trasporto a discarica dell'asfalto. Tale attività sarà eseguita a mezzo di fresatrice e di camion per il trasporto;
- Posa dei tubi corrugati HDPE a protezione dei cavi, passanti all'interno di massetto in calcestruzzo per i tratti di cavidotto in sottopasso e sovrappasso rispetto a sottoservizi esistenti;

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

- Posa di cavi tramite Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.) per il superamento di ostacoli di maggior ingombro;
- Posa di eventuali cippi di segnalazione eseguita manualmente o mediante camion con gru in base alla tipologia di elemento segnalante;
- Il ripristino dello strato di finitura avverrà tramite la posa dello strato di conglomerato bituminoso e tappetino di usura.

La posa della rete di terra dell'impianto avviene contestualmente alla posa dei cavi. La rete di terra delle cabine sarà realizzata tramite cavo di rame nudo posato sul fondo di trincee di profondità di 80 cm circa scavante lungo il perimetro delle cabine, con l'integrazione di dispersori

1.10 Dati tecnici del cavo utilizzato

Si riporta di seguito la tabella delle portate in corrente dei cavi scelti alle condizioni di riferimento e alle condizioni operative impiegate nel progetto per la rete MT 30 kV.



ETC

Energy Total Capital Montepulciano PV

group of



ETC

Energy Total Capital

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

ARG7H1R 18/30 kV

Caratteristiche tecniche/Technical characteristics

U max: 36 kV

Formazione Size	Ø indicativo conduttore Approx. conduct. Ø	Spessore medio isolante Average insulation thickness	Ø esterno max Max outer Ø	Peso indicativo cavo Approx. cable weight	Portata di corrente Current rating			
					A			
n° x mm²	mm	mm	mm	kg/km	in aria in air		interrato* buried*	
					a trifoglio flat	in piano flat	a trifoglio flat	in piano flat
1 X 35	7,0	8,0	33,5	1030,0	144,0	152,0	142,0	149,0
1 x 50	8,1	8,0	34,1	1150,0	174,0	183,0	168,0	177,0
1 x 70	9,7	8,0	36,2	1300,0	218,0	229,0	207,0	218,0
1 x 95	11,4	8,0	38,2	1450,0	266,0	280,0	247,0	260,0
1 x 120	12,9	8,0	40,0	1650,0	309,0	325,0	281,0	296,0
1 x 150	14,3	8,0	41,0	1800,0	352,0	371,0	318,0	335,0
1 x 185	16,0	8,0	43,1	2020,0	406,0	427,0	361,0	380,0
1 x 240	18,3	8,0	45,0	2300,0	483,0	508,0	418,0	440,0
1 x 300	21,0	8,0	47,0	2620,0	547,0	576,0	472,0	497,0
1 x 400	23,6	8,0	51,1	3080,0	640,0	674,0	543,0	572,0
1 x 500	26,5	8,0	53,0	3630,0	740,0	779,0	621,0	654,0
1 x 630	30,1	8,0	60,2	4250,0	862,0	907,0	706,0	743,0

*Resistività termica del terreno 100°C cm/W
* Ground thermal resistivity 100°C cm/W

Caratteristiche elettriche/Electrical characteristics

Formazione	Size	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz		Reattanza di fase		Capacità a 50Hz
		Max. electrical resistance at 20°C	Conductor apparent resistance at 90°C and 50Hz		Phase reactance		Capacity at 50Hz
			a trifoglio trifol	in piano flat	a trifoglio trifol	in piano flat	
	n° x mm²	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	µF/km
	1 X 35	0,868	1,113	1,113	0,16	0,21	0,15
	1 x 50	0,641	0,822	0,822	0,15	0,20	0,15
	1 x 70	0,443	0,568	0,568	0,14	0,20	0,16
	1 x 95	0,320	0,411	0,411	0,13	0,19	0,18
	1 x 120	0,253	0,325	0,325	0,13	0,18	0,19
	1 x 150	0,206	0,265	0,265	0,12	0,18	0,20
	1 x 185	0,164	0,211	0,211	0,12	0,18	0,22
	1 x 240	0,125	0,161	0,161	0,11	0,17	0,24
	1 x 300	0,100	0,130	0,129	0,11	0,17	0,27
	1 x 400	0,0778	0,102	0,101	0,11	0,16	0,29
	1 x 500	0,0605	0,0801	0,0794	0,10	0,16	0,32
	1 x 630	0,0469	0,0635	0,0625	0,099	0,16	0,36

Si riporta di seguito la tabella delle portate in corrente dei cavi scelti alle condizioni di riferimento e alle condizioni operative impiegate nel progetto per la rete AT 132 kV.



ETC

Energy Total Capital Montepulciano PV

group of



ETC

Energy Total Capital

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

Formazione	Ø indicativo conduttore	Ø indicativo isolante	Ø esterno max	Peso indicativo cavo	Portata di corrente			
Size	Approx. conduct. Ø	Approx. insulation Ø	Max outer Ø	Approx. cable weight	Current rating			
n° x mm²	mm	mm	mm	kg/km	A			
					in aria In air	in piano flat	interrato* buried*	in piano flat
1 x 50	8,1	24,45	30,75	1158,0	229,0	250,0	214,0	222,0
1 x 70	9,7	26,05	32,55	1418,0	285,0	316,0	263,0	272,0
1 x 95	11,4	27,75	34,30	1706,0	347,0	387,0	314,0	325,0
1 x 120	12,9	29,40	36,15	2001,0	401,0	445,0	358,0	370,0
1 x 150	14,3	30,70	37,45	2307,0	452,0	505,0	400,0	415,0
1 x 240	18,3	34,65	41,85	3325,0	615,0	680,0	525,0	540,0
1 x 300	21,0	37,00	44,45	4069,0	705,0	775,0	593,0	606,0
1 x 400	23,2	39,80	47,45	4887,0	815,0	895,0	671,0	685,0
1 x 500	26,1	43,00	50,90	5982,0	943,0	1030,0	761,0	775,0
1 x 630	30,3	46,50	54,65	7410,0	1085,0	1170,0	860,0	875,0

*Resistività termica del terreno 100°C cm/W
* Ground thermal resistivity 100°C cm/W

1.11 Assegnazione dello Stallo da parte di Terna

Lo stallo di arrivo in stazione Terna sarà costituito principalmente da:

- Terna di terminali AT per esterno;
- Terna di scaricatori di sovratensione;
- Interruttore tripolare;
- Terna di trasformatori di corrente (TA);
- Terna di trasformatori Tensione capacitivi (TVC);
- Sezionatore di linea.

Tutti i componenti saranno conformi alle specifiche Terna.

Di seguito uno stralcio della cartografia di inquadramento delle opere di connessione (Figura 5):



ETC

Energy Total Capital Montepulciano PV

group of



ETC

Energy Total Capital

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE



Figura5 - Inquadramento opere di connessione su ortofoto

2. Criteri di scelta delle protezioni e metodo di Calcolo

2.1 Protezione contro il corto circuito

La protezione contro gli effetti del corto circuito sarà realizzata nell'intervento efficace degli organi di protezione, nel dimensionamento corretto delle apparecchiature e materiali ed inoltre nella resistenza agli sforzi elettrodinamici di quadri e quant'altro. Per garantire l'interruzione automatica dell'alimentazione in Media Tensione (nei valori e tempi previsti dalla norma, coordinati con i dati caratteristici della rete MT), la corrente di intervento della protezione contro il corto-circuito deve essere accuratamente selezionata, tra le varie impostazioni offerte dall'apparecchiatura di protezione. Le apparecchiature di MT e di BT dovranno resistere senza danneggiarsi, nel caso avvenga un corto-circuito, potendo riprendere il servizio normale (senza risentirne in modo grave) passato ed eliminato il guasto.

L'impianto e le apparecchiature che lo compongono, saranno in grado di resistere a:

- I. sforzi elettrodinamici che interessano i conduttori vicini, durante il passaggio di un elevato valore di corrente che si verifica durante un guasto;
- II. sollecitazioni termiche a cui viene sottoposto il conduttore e l'isolante che lo ricopre senza alterare le proprie caratteristiche;
- III. sollecitazioni dovute ad arco elettrico che interessano apparecchiature come interruttori (che dovranno essere in grado di estinguerlo senza diminuire le proprie prestazioni);
- IV. sollecitazioni determinate dal passaggio di elevati valori di corrente che si verificano, in genere nei vari punti di una installazione, ogni volta che avviene un guasto con conseguente corto-circuito.

La protezione contro gli effetti del corto circuito su apparecchiature, distributori di energia e sistemi di sbarre sarà garantita dal costruttore delle stesse, a seguito di prove di laboratorio e dimensionamenti accurati, in particolare questi potrà garantire a catalogo le proprie apparecchiature. Tali considerazioni sono riferite soprattutto agli interruttori automatici, ai quadri di distribuzione che li contengono, ai sistemi prefabbricati di distribuzione dell'energia elettrica all'interno dei quadri elettrici.

Per gli organi di protezione automatici dovrà essere verificata la condizione:

$$ICC \leq P. \text{ di I.}$$

Dove:

- ICC corrente di cortocircuito massima nel punto considerato [kA];

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

- P.di I. potere di interruzione dell'interruttore automatico di protezione [kA]

La protezione contro gli effetti termici del corto circuito sui cavi avviene verificando che l'energia che l'organo di protezione lascia passare nel tempo, sia dissipabile dal cavo senza danneggiarsi secondo la proporzione:

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

Dove:

- I^2t integrale di joule, energia sviluppata per la durata del cortocircuito [A^2s] K^2S^2 fattore caratteristico del cavo, dipendente dalla sezione e dall'isolante [A^2s] I corrente di cortocircuito [A]
- t tempo di durata del cortocircuito [s]
- K fattore caratteristico del cavo in PVC tra 115 e 143 se in GOMMA tra 143 e 176 S sezione conduttore [mm^2]

2.2 Protezione contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti delle parti in MT, deve essere di tipo totale, da attuarsi mediante isolamento e l'adozione di involucri con grado di protezione idoneo. In particolare, le parti attive sono accessibili solo aprendo alcune portelle dopo sicure operazioni interbloccate, oppure togliendo parti di involucri con l'uso di attrezzi, il tutto conformemente alle norme e leggi in vigore.

Il minimo grado di protezione deve raggiungere almeno IP2X conformemente alle prescrizioni della norma CEI 17-6. La protezione contro i contatti diretti delle parti in BT, deve essere di tipo totale, da attuarsi mediante isolamento o l'adozione di involucri con grado di protezione almeno: IPXXD, per le superfici orizzontali superiori a portata di mano, e IPXXB per le altre superfici. In particolare, le parti attive sono accessibili solo togliendo parti di involucri con l'uso (almeno) di attrezzi. Per le linee elettriche in cavo la protezione sarà di tipo totale, costituita dall'isolamento del conduttore, asportabile solo mediante distruzione, pertanto sicura contro i contatti diretti lungo tutto il suo percorso.

2.3 Protezione contro il sovraccarico

Per garantire l'interruzione automatica dell'alimentazione per sovraccarico, saranno adottate le protezioni di cui saranno fornite le apparecchiature di Media Tensione. Le tarature di queste saranno dettate dal tipo di apparecchiatura installata a valle. La curva caratteristica di intervento sarà scelta tra le varie opzioni disponibili

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

dal sistema di protezione, cercando quella più adatta allo scopo. Il valore nominale di questi dovranno considerare i carichi a cui sarà sottoposta la rete MT; questi saranno dello stesso tipo sulle tre fasi, senza particolari applicazioni, data la natura

ordinaria dell'impianto. La protezione dal sovraccarico degli impianti di Bassa Tensione, sarà assicurata mediante l'adozione di interruttori automatici magnetotermici coordinati con la portata delle condutture installate a valle di essi.

La verifica della protezione dal sovraccarico avviene assicurando le seguenti relazioni:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad I_f \leq 1,45 * I_Z$$

Dove:

- I_B = corrente di impiego del circuito [A]
- I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione [A]
- I_Z = portata a regime permanente della conduttura elettrica [A]
- I_f = corrente convenzionale di funzionamento del dispositivo di protezione [A]

La determinazione di I_Z viene riferita alle recenti tabelle CEI-UNEL 35024/1, per cavi isolati con materiale elastomerico, nei campi di applicazione previsti; per altri tipi di posa o di cavo valgono le normative specifiche. In base a questa normativa, maggiormente restrittiva rispetto alle precedenti edizioni, l'effettiva portata di un cavo è oggetto di diversificate considerazioni; per cui:

$$I_Z = I_0 * k_1 * k_2$$

Dove:

- I_Z = portata a regime permanente della conduttura elettrica [A];
- I_0 = portata alla temperatura ambiente di 30°C relativa al singolo cavo multipolare, o insieme di cavi unipolari che compongono un solo circuito (valori reperibili nelle tabelle della stessa norma) [A];
- k_1 = fattore di correzione per temperatura ambiente diversa da 30 °C (valori reperibili nelle tabelle);
- k_2 = fattore di correzione per cavi installati in fascio od in strato;

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

La determinazione del fattore di correzione denominato k_2 è frutto di considerazioni distinte e complesse, riguardanti il concetto secondo cui un cavo, posto in prossimità di altri circuiti, diminuisce la sua portata, in quanto viene riscaldato dagli altri e viceversa.

Per cavi raggruppati in fascio o strato è prevista l'applicazione del fattore quando i cavi considerati hanno sezioni simili (tre sezioni commerciali consecutive)

$$k_2 = 1/\sqrt{n}$$

intendendo n come numero di circuiti (circuiti cautelativamente considerati percorsi dall'intera corrente di portata), trascurando da n i circuiti percorsi da una corrente:

$$I < 30\% I_Z$$

2.4 Dimensionamento contro la caduta di tensione

Il fenomeno di abbassamento di tensione tra due punti, uno a monte e l'altro a valle, in una rete elettrica di distribuzione, viene denominato caduta di tensione. In tutti gli impianti elettrici occorre valutare che la differenza tra la tensione al punto d'origine dell'alimentazione e la tensione all'utilizzatore d'energia sia adeguatamente contenuta, nei limiti normativi e nei limiti di funzionamento dell'apparecchio utilizzatore. Un'eccessiva differenza tra i due valori nuoce al funzionamento ed al rendimento degli impianti, inoltre elevate differenze di tensione tra monte e valle è sinonimo di perdite sulla linea elettrica, con conseguente cattivo dimensionamento e non ottimizzazione dell'impianto di trasmissione dell'energia. La caduta di tensione sarà contenuta mediante un corretto calcolo dimensionale delle linee.

Il valore della caduta di tensione può essere determinato mediante la formula:

$$\Delta U = k * I * L * (r_0 \cos \phi + x_0 \sin \phi)$$

Dove:

- ΔU = caduta di tensione [V]
- I = corrente efficace della linea [A]
- L = lunghezza della linea [km]
- r_0 = resistenza della linea (rif. 90°C) [Ω /km]
- x_0 = reattanza della linea [Ω /km]

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

- V = tensione inizio linea [V]
- k = sistema trifase = $\sqrt{3}$ sistema monofase = 2

la caduta di tensione percentuale sarà quindi:

$$DV\% = 100 * DU / V$$

2.5 Determinazione delle correnti di cortocircuito

La presente sezione riporta la descrizione del metodo con cui è stato elaborato il procedimento per il calcolo delle correnti di cortocircuito.

La potenza di cortocircuito della Rete AT (P_r) è la potenza, espressa in MVA, che si ottiene dalla corrente di cortocircuito simmetrica (I_{ccs}) alla tensione nominale.

Essa si calcola come:

$$P_r = c * (\sqrt{3}) * U_n * I_{ccs}$$

Dove:

P_r = Potenza di corto circuito della Rete [MVA]; U_n

= Tensione nominale della Rete Ω ;

I_{ccs} = Corrente di cortocircuito trifase simmetrica [kA];

c = Coefficiente di margine indicato dalla Norma CEI per le reti AT e MT, che tiene conto del possibile aumento della tensione in rete (Valore = 1.1).

Per il computo corretto del contributo della rete AT, riferito alla tensione dei montanti MT, si deve calcolare la reattanza equivalente della Rete (X_r), riferita al lato MT dei trasformatori:

$$X_r = (U_{t2})^2 / P_r$$

Dove:

X_r = Reattanza equivalente della Rete riferita all'avvolgimento MT del trasformatore

[Ω];

U_{t2} = Tensione riferita all'avvolgimento MT del trasformatore, con la maggiorazione del 10% (condizione limite) [kV];

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

P_r = Potenza di corto circuito della Rete [MVA].

Per determinare l'impedenza equivalente (e la relativa resistenza e reattanza) del trasformatore riferita all'avvolgimento MT, si sono utilizzate le seguenti formule:

$$Z_{t2} = [(U_{t2})^2 / P_{tn}] * [U_{cc} / 100];$$

$$R_{t2} = [(U_{t2})^2 / P_{tn}] * [P_p(Cu) / 100];$$

$$X_{t2} = \sqrt{[(Z_{t2})^2 - (R_{t2})^2]}$$

Dove:

- Z_{t2} = Impedenza equivalente riferita all'avvolgimento MT (U_{t2}) del trasformatore [Ω];
- R_{t2} = Resistenza equivalente riferita all'avvolgimento MT (U_{t2}) del trasformatore [Ω];
- X_{t2} = Reattanza equivalente riferita all'avvolgimento MT (U_{t2}) del trasformatore, calcolata come differenza vettoriale tra l'impedenza e la resistenza [Ω];
- U_{cc} = Tensione di cortocircuito del trasformatore [%];
- P_{tn} = Potenza nominale del trasformatore [MVA];
- $P_p(Cu)$ = Perdite nel rame del trasformatore [%];

Per determinare il contributo fornito dai generatori alla corrente di cortocircuito, si è utilizzata la seguente formula:

$$X_{cc(s)g} = (c * U_g) / [(\sqrt{3}) * X''_d]$$

Dove:

- $X_{cc(s)g}$ = Corrente simmetrica di cortocircuito (iniziale) prodotta dal Generatore [kA]
- U_g = Tensione nominale del trasformatore [kV]
- c = Coefficiente di margine indicato dalla Norma CEI per le reti AT e MT, che tiene conto del possibile aumento della tensione in rete (Valore = 1.1)
- X''_d = Reattanza subtransitoria diretta satura del generatore [Ω]

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

A sua volta X''_d è calcolato come:

$$X''_d = (U_g^2 * X''_{dpu}) / [(\sqrt{3}) * I_g * U_g]$$

Dove:

- X''_{dpu} = Reattanza subtransitoria diretta satura del generatore espressa in $[\Omega]$
- U_g = Tensione nominale del trasformatore [kV]
- I_g = Corrente nominale del trasformatore [kA]

Il prodotto $(\sqrt{3}) * I_g * U_g$ rappresenta la potenza nominale apparente del generatore [MVA]

Le impedenze relative alle sbarre dei quadri e dei componenti di linea non vengono, nel calcolo in oggetto, considerate in quanto si ritengono di valore trascurabile.

Il valore simmetrico della corrente di cortocircuito " $I_{cc}(s)_x$ ", nel punto richiesto (x), viene calcolato come:

$$I_{cc}(s)_x = [c * (U_{tx})] / [(\sqrt{3}) * Z_{xcc}]$$

Dove:

- $I_{cc}(s)_x$ = Valore simmetrico della corrente di corto circuito al punto di guasto (x) considerato [kA]
- c = Coefficiente di margine indicato dalla Norma CEI per le reti AT e MT, che tiene conto del possibile aumento della tensione in rete (Valore = 1.1)
- U_{tx} = Valore di tensione al punto di guasto (x) considerato [kV]
- Z_{xcc} = Impedenza totale del circuito al punto di guasto considerato $[\Omega]$

A sua volta Z_{xcc} è calcolata come:

$$Z_{xcc} = \sqrt{[(R_{xcc})^2 + (X_{xcc})^2]}$$

Dove:

- R_{xcc} = Resistenza totale del circuito come somma delle resistenze delle apparecchiature fino al punto di guasto considerato (comprensivo anche delle resistenze delle linee elettriche) $[\Omega]$
- X_{xcc} = Reattanza totale del circuito come somma delle reattanze delle apparecchiature fino al punto di guasto considerato (comprensivo anche delle reattanze delle linee elettriche) $[\Omega]$

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

Il valore di cresta della corrente di cortocircuito “ $I_{cc}(p)_x$ ” nel punto richiesto (x), viene calcolato come:

$$I_{cc}(p)_x = k(p) * I_{cc}(s)_x$$

Dove:

- $I_{cc}(p)_x$ = Valore di cresta della corrente di corto circuito al punto di guasto (x) considerato [kA]
- $I_{cc}(s)_x$ = Valore simmetrico della corrente di corto circuito al punto di guasto (x) considerato [kA]
- $k(p)$ = fattore di cresta, dipendente dalle caratteristiche del circuito (resistenza e reattanza) ove avviene il cortocircuito, che definiscono l'angolo di sfasamento dato da $\Rightarrow \tan \varphi = X_{cc} / R_{cc}$

Data una certa sezione del conduttore, deve essere verificato che, nelle condizioni di corto circuito, la corrente passante non sia tale da danneggiare l'isolamento del cavo stesso. La massima corrente di corto circuito $I_{cc}(H)_x$, ammessa nel cavo del circuito (x), è data dalla relazione:

$$I_{cc}(H)_x = (S * C) / \sqrt{T}$$

dove:

S = Sezione del conduttore [mm²]

T = Durata del cortocircuito, assumendo il tempo di intervento delle protezioni che interrompono il cortocircuito [s];

C = Coefficiente di tipo del cavo che tiene in considerazione il tipo di materiale e d'isolamento, la temperatura iniziale e finale ammessa, come da Norma CEI 11-17, tabella 2.02.02.

Nel caso di collegamento con più conduttori in parallelo per fase, il valore di I_{cc} di linea deve essere ridotto proporzionalmente per l'ottenimento del valore di $I_{cc}(H)_x$ del conduttore da inserire nella formula, come:

$$I_{cc} / N_c = I_{cc}(H)_x$$

Dove:

N_c = Numero di conduttori in parallelo sulla stessa fase

La verifica della corrente minima di cortocircuito viene effettuata per stabilire la corrente sotto la quale la linea non può considerarsi protetta, ovvero la lunghezza massima protetta per una certa corrente di cortocircuito. Come corrente di cortocircuito minima si considera quella corrispondente ad un cortocircuito

RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE

che si produca tra le fasi, nel punto più lontano della linea protetta. Per la determinazione della corrente di cortocircuito minima saranno utilizzate le seguenti formule:

$$I_{cc(m)x} = [k\delta U_L * (U_{cx})] / \{1.5 * \rho * [(2 * L) / S]\}$$

Dove:

- U_{cx} = Tensione concatenata di alimentazione del circuito (x) [V]
- ρ = Resistività a 20°C del materiale dei conduttori (0.0179 per il rame) [Ωmm²/m]
- L = Lunghezza della linea protetta [m]
- S = Sezione del conduttore) [mm²]
- $I_{cc(m)}$ = Corrente di cortocircuito presunta [A]
- $k\delta U_L$ = Coefficiente di riduzione della tensione di alimentazione per effetto della corrente di cortocircuito, rispetto alla tensione di alimentazione, dato da:

$$k\delta U_L = 1 - [(\sqrt{3}) * I_{cc(p)} * Z_L] / U_{fx}$$

Dove:

- U_{fx} = Tensione di fase di alimentazione del circuito (x) [V]
- $I_{cc(p)}$ = Corrente di cortocircuito nella situazione di cresta (picco) [A]
- Z_L = Impedenza di linea [Ω]

Si può ricavare la massima lunghezza protetta di un cavo, con la seguente formula:

$$L = (k\delta U_L * U_{cx} * S) / [1,5 * \rho * 2 * I_{cc(m)x}]$$

Nel caso di collegamento con più conduttori in parallelo per fase, il valore di I_{cc} di linea deve essere ridotto proporzionalmente per l'ottenimento del valore di $I_{cc(m)}$ del conduttore da inserire nella formula, come:

$$I_{cc} / N_c = I_{cc(m)x}$$

Dove:

N_c Numero di conduttori in parallelo sulla stessa fase.