

<b>REGIONE PUGLIA</b> 		<b>PROVINCIA DI TARANTO</b> 		<b>COMUNE DI CASTELLANETA</b> 		<b>COMUNE DI GINOSA</b> 		
Denominazione impianto:		<b>CONCA D'ORO</b>						
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			
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>								
<b>IMPIANTO AGRIFOVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI POTENZA NOMINALE 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 AGRONOMO PER LA RIQUALIFICAZIONE A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA</b>								
PROPONENTE		<b>NEXT SOL PV II S.R.L.</b> Via Eugenio Montale, 78 - 85025 Melfi (PZ) P.IVA: 02040540763 - PEC: nextsolpv2@pec.it						
<b>CODICE AUTORIZZAZIONE IMPIANTO: A1QVGF1</b>								
ELABORATO RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI TERRA - PROTEZIONE CONTRO I FULMINI						Tav. N° FV-CS-IE.36-00		
						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.
<b>PROJECT MANAGER</b> <b>ING. SERGIO MARTANO</b> <b>GEOM. FELICE SASSI</b>				  I TECNICI:		<b>Spazio riservato agli Enti</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> <b>IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI</b> <b>ING. SERGIO MARTANO</b> <b>ING. ROSSELLA MUSCI</b>				 				
<input type="checkbox"/> <b>AREA TOPOGRAFICA</b> <b>GEOM. FELICE SASSI</b>								
<input type="checkbox"/> <b>AREA VIA - VAS</b> <b>D.SSA WANDA GALANTE</b> <b>ARCH. IVAN RISIMINI</b>								
<input type="checkbox"/> <b>AREA AGRONOMICA - PAESAGGISTICA</b> <b>D.SSA WANDA GALANTE</b> <b>ARCH. IVAN RISIMINI</b>								
<input type="checkbox"/> <b>AREA GEOLOGICA - IDRAULICA</b> <b>DR. FRANCO SOZIO</b>								
<input type="checkbox"/> <b>AREA ARCHEOGICA</b> <b>DR. COSIMO PACE – NOVELUNE SRL</b>								
<input type="checkbox"/> <b>AREA RILIEVI FONOMETRICI</b> <b>ING. MICHELE BUNGARO</b>								

**IMPIANTO AGRIFOTOVOLTAICO 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  
IMPIANTO DI TERRA  
PROTEZIONE CONTRO I FULMINI**

## **INDICE**

<b>A.</b>	<b>IMPIANTO DI TERRA</b>	<b>4</b>
A.1	PREMESSA	4
A.2	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	5
A.2.1	CRITERIO DI SICUREZZA DELLE PERSONE	6
A.3	DESCRIZIONE IMPIANTO DI TERRA PREVISTO	11
<b>B.</b>	<b>PROTEZIONE CONTRO I FULMINI</b>	<b>13</b>
B.1	PREMESSA	13
B.2	FULMINAZIONE DIRETTA	14
B.3	FULMINAZIONE INDIRETTA	14
B.4	PROTEZIONE CONTRO LE FULMINAZIONI INDIRETTE	14
B.5	PROTEZIONE DELLE CABINE DI CAMPO E DI RACCOLTA	15

## **A. IMPIANTO DI TERRA**

### **A.1 PREMESSA**

L'impianto di terra è stato progettato in ossequio alle raccomandazioni delle Norme CEI – EN – 50522 ( Classificazione CEI 99 – 3 ), che contempla la messa a terra degli impianti con tensioni superiori ad 1 kV, tali da provvedere alla sicurezza delle persone e degli impianti stessi.

L'impianto di terra sarà unico per le sezioni presenti AT – MT – BT, per cui, per un sup corretto dimensionamento, è necessario il calcolo della corrente di guasto a terra sul sistema a 150 kV.

Il centro stella dei trasformatori AT – MT, lato AT – 150 kV è collegato rigidamente a terra, per cui le correnti di guasto verso terra assumono il valore di una vera e propria corrente di corto circuito.

Per un corretto dimensionamento è necessario il valore della corrente di guasto monofase a terra, che può essere fornito unicamente da RTN, a seconda della configurazione della rete a 150 kV.

## A.2 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

Il dimensionamento dell'impianto di terra può essere effettuato mediante i seguenti criteri:

- Criterio di sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano a seguito del funzionamento degli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto a terra.  
È il criterio più seguito in ossequio alla vigente Norma CEI – EN 50522 ( CEI 99 – 3 ); nel calcolo, di seguito riportato, si farà riferimento a tale criterio.
- Criterio della resistenza meccanica ed alla corrosione.  
Il dispersore deve possedere una buona resistenza meccanica ed alla corrosione, ottenute prevedendo materiali e dimensioni minime previste dalla norma.  
Tutti i conduttori di protezione ed equipotenziali non avranno una sezione a 50 mmq, anche se i valori minimi ammessi sono molto inferiori ( 16 mmq ).
- Criterio della tenuta termica.  
Si devono considerare il valore e la durata della corrente di guasto; quando il guasto è eliminato in tempi brevi, il fenomeno può essere considerato di tipo adiabatico, per cui, tutte l'energia sviluppata per il guasto, si trasforma in calore e, quindi, in un aumento di temperatura. La sezione del conduttore di terra può essere calcolata con la relazione

$$S = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\theta_f \beta}{\theta_i \beta}}}$$

Ove:

K = 226 per rame

$\beta$  = 234, 5 per il rame

$\theta_i$  = temperatura iniziale

$\theta_f$  = temperatura finale

I = corrente di guasto.

- Criterio della salvaguardia delle apparecchiature elettriche

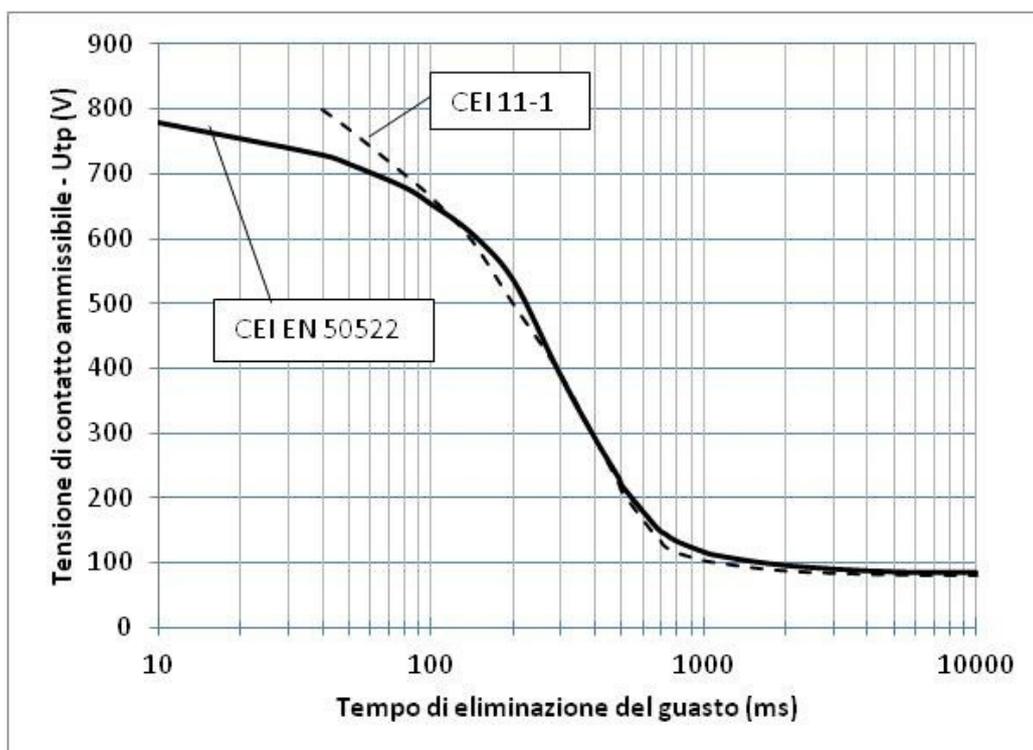
## A.2.1 CRITERIO DI SICUREZZA DELLE PERSONE

La sicurezza delle persone è ritenuta accettabile quando, a seguito di un guasto a terra, in nessuna parte dell'impianto vengano superati i limiti massimi della tensione di contatto ammissibile  $U_{Tp}$ , tenendo conto del tempo di eliminazione del guasto. I limiti di  $U_{Tp}$  sono stati determinati assumendo le seguenti condizioni:

- percorso della corrente da una mano ai piedi;
- considerando un valore di impedenza del corpo umano con una probabilità del 50 %;
- ammettendo un 5% di probabilità di fibrillazione ventricolare;
- nessuna resistenza aggiuntiva (ad es. guanti o calzature).

È regola generale che, osservando le prescrizioni per la tensione di contatto, vengano soddisfatte le prescrizioni per la tensione di passo, perché i limiti delle tensioni di passo sono maggiori di quelli di contatto a causa del diverso percorso della corrente attraverso il corpo (art. 4.3). In pratica non è più necessario misurarle.

La nuova curva di sicurezza riportata nella Norma CEI 99 – 3, rappresenta il valore delle tensioni di contatto ammissibile in funzione del tempo di eliminazione del guasto da parte delle protezioni. . Nella Tabella allegata sono riportati i valori in forma numerica ( confrontati anche con i valori precedenti della Norma CEI 11 – 1, non più in vigore ).



Valori limite di $U_{Tp}$ in funzione della durata $t_f$ del guasto		
Durata del guasto $t_f$ (s)	Tensione di contatto ammissibile $U_{Tp}$ (V)	
	CEI EN 50522	CEI 11-1
0,10	654	660
0,50	220	220
0,64	165	150
0,72	140	125
1,00	117	112
2,00	96	91
5,00	86	81
10,00	85	80
> 10	80	75

Per durate del guasto superiori a 10 s la  $U_{Tp}$  passa da 75 V a 80 V (questa condizione riguarda gli impianti MT alimentati dalla rete pubblica a neutro compensato, che sono ormai la maggioranza, allo scopo di consentire l'individuazione del tronco guasto).

### Dimensionamento per il rispetto delle tensioni di contatto ammissibili

Le tensioni di contatto ammissibili  $U_{Tp}$  (Fig. 1) sono rispettate quando è soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- C1: l'impianto considerato è parte d un impianto di terra globale (quasi mai );
- C2: il valore della tensione totale di terra  $U_E$ , determinato con misure o calcoli ( $U_E = Z_E \times I_E$ ), non supera il doppio del valore della tensione di contatto ammissibile  $U_{Tp}$  ( $U_E \leq 2 \cdot U_{Tp}$ ).

Se la condizione C2 non viene rispettata, ma la tensione totale di terra  $U_E$  non supera di quattro volte la tensione di contatto ammissibile  $U_{Tp}$ , per rispettare le condizioni di sicurezza si possono adottare idonei provvedimenti che consentono di evitare tensioni di contatto pericolose mediante interventi di isolamento delle pareti/recinzioni/posti di manovra, oppure interventi di equipotenzializzazione.

Il diagramma di flusso di Fig. 2 rappresenta la procedura di progettazione di un impianto di terra ai fini del rispetto delle tensioni di contatto ammissibili.

Le definizioni delle grandezze riportate sono le seguenti.

- $I_E$  : corrente di terra (corrente che fluisce verso l'impianto di terra, in caso di guasto)
- $Z_E$  : impedenza di terra (impedenza tra un punto specifico in un impianto e la terra di riferimento; normalmente si parla di "resistenza di terra")
- $U_E$  : tensione totale di terra (tensione tra un impianto di terra e la terra di riferimento)
- $U_{Tp}$  : tensione di contatto ammissibile (massima tensione di contatto ammessa, determinata in base alla curva di sicurezza di fig. 1)
- $U_T$  : tensione di contatto effettiva (misurata applicando il metodo di "iniezione di corrente" cioè facendo disperdere una corrente di prova all'impianto di terra e moltiplicando i valori misurati per il rapporto tra la corrente di terra e la corrente di prova).

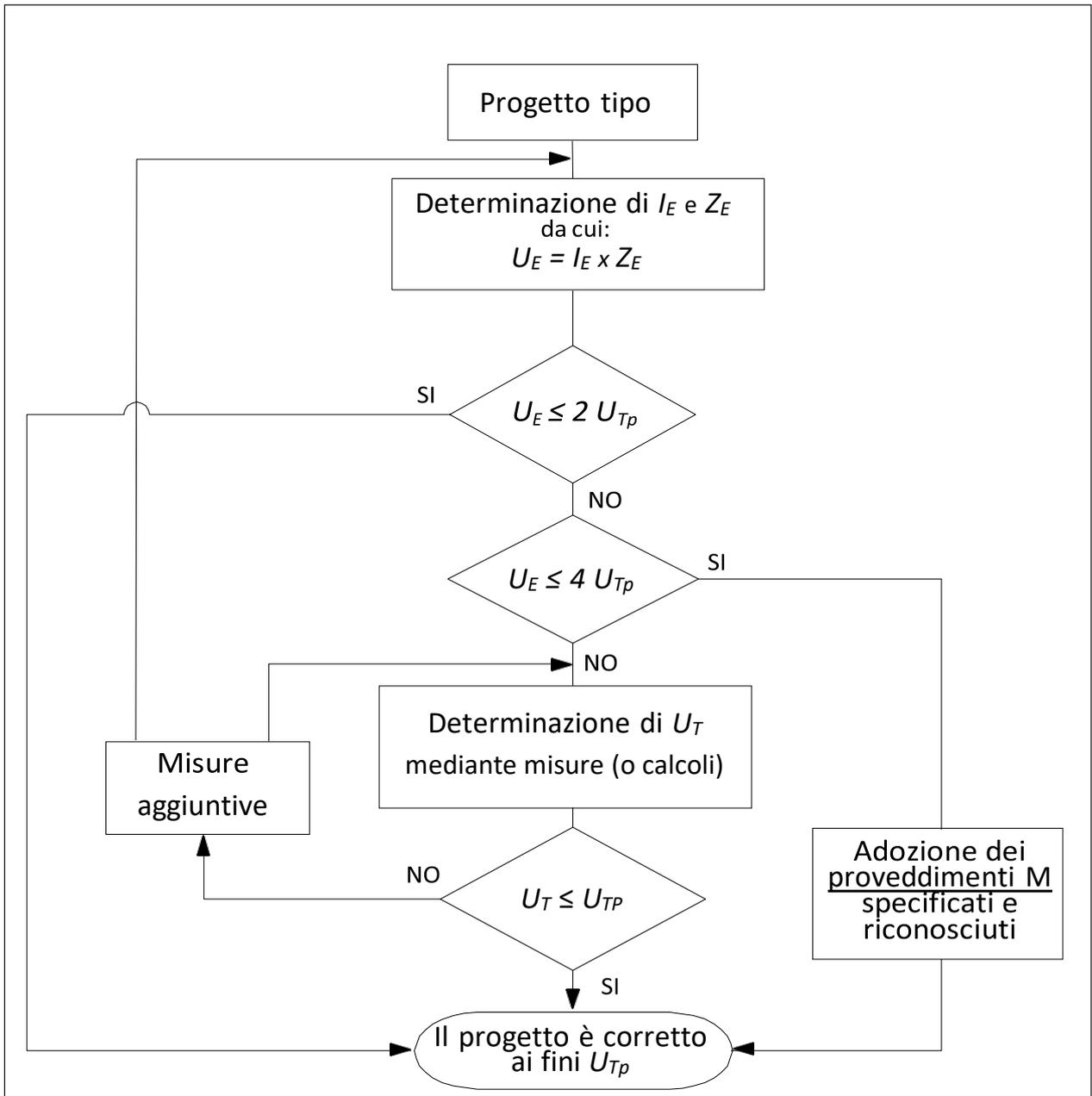


Fig. 2

## Risultati del calcolo

Per quanto detto il valore della corrente di guasto monofase a terra è un dato che deve fornire RTN, che in questa fase progettuale non è nota.

Per configurazioni simili, sempre con una tensione di esercizio  $V_e = 150$  kV della stazione di trasformazione 30/150 kV, si può assumere, molto verosimilmente, un valore  $I_0 = 10$  kA e con un tempo di eliminazione del guasto, da parte delle protezioni, di 0,2 sec.

Dalla Fig. 2 si evince che la tensione di contatto ammissibile è  $U_{tp} = 525$  Volt.

Dai calcoli della  $Z_E$  (alquanto complessi vista l'ampiezza dell'impianto)

$$Z_E = 0,1 \text{ ohm}$$

$$U_E = I_E \cdot Z_E = 10.000 \cdot 0,1 = 1.000 \text{ V}$$

$$\text{Poiché } U_E \leq 2 \cdot U_{Tp} \quad 1.000 \leq 2 \cdot 525 \quad 1.000 \leq 1.050 \text{ V}$$

**Il calcolo di progetto è corretto ai fini della  $U_{Tp}$ .**

### **NB.**

La verifica sarà possibile solo dopo aver conosciuto l'effettivo valore della corrente di guasto monofase a terra.

### A.3 DESCRIZIONE IMPIANTO DI TERRA PREVISTO

L'impianto di terra previsto si compone essenzialmente delle seguenti parti.

#### Dispensori a maglia

In corrispondenza dell'area ove sarà realizzata la stazione elevatrice 30/150 kV del produttore è stata prevista una rete magliata di conduttori in corda di rame nudo di sezione  $S = 95 \text{ mm}^2$ , interrati ed una profondità media di 70 cm.

Il lato della maglia elementare è di circa 2 – 3 metri nell'area della stazione, al fine di limitare le tensioni di passo e di contatto.

Nella parte perimetrale è previsto un anello esterno, con angoli rotondi, posato ad una profondità di circa 2 mt; inoltre, sempre perimetralmente, sono previsti dei dispersori costituiti da tubazioni in acciaio zincato, di  $h = 12 \text{ mt}$ , posati nel primo tratto di 5 – 6 mt entro tubazione PVC.

Questo accorgimento eviterà di creare zone con forti gradienti di potenziali, come si evince dalla Fig.3.

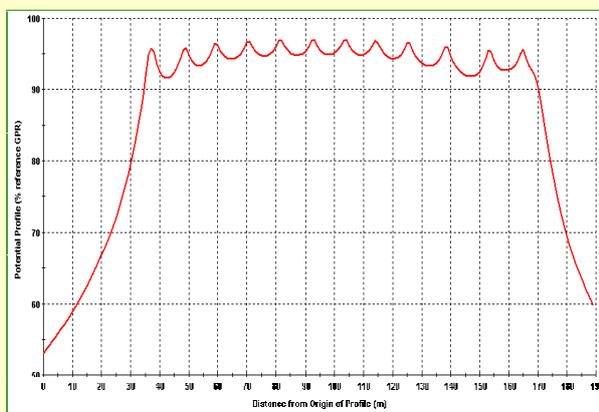
Le maglie elementari saranno realizzate mediante morsetti a compressione in rame ( crimpit ).

Nell'area deputata al contenimento dei moduli, degli inverter e delle cabine elevatrici di campo, le magliature saranno molto più ampie, con un lato elementare di 10 – 20 mt.

## Norma EN 50522 (CEI 99-3)

### Dimensionamento impianto di terra di un sistema AT

#### PROFILO MEDIANO DEL POTENZIALE SULLA SUPERFICIE PER DISPENSORE A MAGLIA DI STAZIONE AT



#### ANDAMENTO DEI GRADIENTI DI TENSIONE DI UN DISPENSORE A MAGLIA DI STAZIONE AT

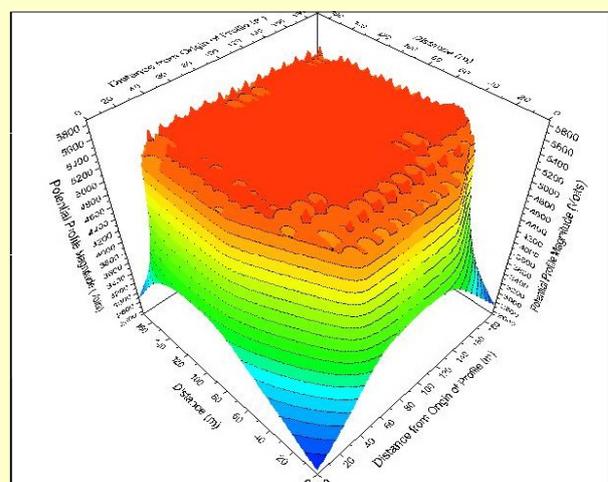


Fig.3

### **Dispensori nelle cabine elevatrici di campo**

All'interno delle cabine di campo è previsto un anello perimetrale costituito da bandella di rame 30 x 5 mm, collegata mediante corda di rame nuda  $S = 95 \text{ mm}^2$ , in più punti, alla magliatura esterna.

All'interno della cabina è previsto un collettore di terra, costituito da sbarra di rame 100 x 10 mm<sup>2</sup>, collegata al collettore perimetrale della cabina.

Al collettore interno confluiranno tutti i collegamenti di terra ed equipotenziali relativi a:

- Struttura del quadro MT
- Struttura del quadro generale BT
- Centro stella dei trasformatori
- Collegamenti delle masse.

### **Dispensori di profondità**

Dispensori di profondità del tipo a "picchetto a croce", in acciaio zincato, sono previsti perimetralmente alle cabine di campo e di raccolta.

### **Messa a terra del sistema fotovoltaico**

È previsto il collegamento a terra delle strutture di sostegno mediante cavi isolati di sezione non inferiore a 50 mm<sup>2</sup>.

Lo stesso dicasi per gli inverter disposti sotto le strutture.

Non è prevista, in tale fase, la messa a terra delle cornici dei moduli, per cui, il generatore fotovoltaico è isolato da terra.

Le masse del sistema fotovoltaico, ovviamente, sono collegate alla terra ( sistema IT ). La resistenza dell'impianto di terra  $R_E$  dovrà soddisfare la condizione della Norma CEI 64 – 8  $R_E \leq 120 / I_d$  ove  $I_d$  = corrente di guasto a terra.

Le masse a valle del trasformatore elevatore ( quindi lato 30 kV ) saranno tutte collegate a terra ed idonei relè differenziali ( lato MT e lato BT ) provvederanno a rilevare eventuali guasti.

## B. PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

### B.1 PREMESSA

Per stabilire se adottare misure di protezione contro i fulmini occorre effettuare un'analisi del rischio secondo la Norma CEI 62305 – 2 ( CEI 81 – 10/2 ) nei confronti della struttura da proteggere.

Per l'impianto fotovoltaico a terra la struttura è l'impianto stesso.

Un fulmine può:

- Colpire direttamente la struttura ( **fulminazione diretta** )
- Interessare le linee di energia e di segnale entranti nella struttura, oppure cadere a terra in prossimità della struttura stessa ( **fulminazione indiretta** )

I danni che il fulmine può provocare sono essenzialmente dovuti a tre cause:

- Tensioni di contatto e di passo: morte di persone e di animali;
- Scariche pericolose: danni fisici ( incendi, esplosioni, rotture meccaniche, rilascio di sostanze tossiche ecc );
- Sovratensioni: avarie di apparecchiature elettriche ed elettroniche.

A seconda della destinazione d'uso della struttura e i tipi di danno, i relativi rischi da considerare sono:

- Rischio R<sub>1</sub> : perdita di vite umane
- Rischio R<sub>2</sub> : perdita di servizio pubblico
- Rischio R<sub>3</sub> : perdita di patrimonio culturale
- Rischio R<sub>4</sub> : perdite economiche

Nella specificità del caso, in seguito, si considerano soltanto i rischi R<sub>1</sub> ( perdita di vite umane ) e R<sub>4</sub> ( perdite economiche ).

Nei confronti del danno economico dovuto ai fulmini ( rottura dei moduli, avaria inverter, mancata produzione di energia elettrica ecc ) in genere c'è l'accettazione sottoscritta di tale rischio da parte del committente, che in tal modo decide di evitare l'onere delle misure di protezione.

Questa condizione non è più accettabile se ci sono danni alle persone ( R<sub>1</sub> ), che il fulmine può provocare per il tramite dell'impianto fotovoltaico.

## B.2 FULMINAZIONE DIRETTA

Nella fulminazione diretta di un impianto fotovoltaico a terra, il rischio di incendio è praticamente nullo e l'unico pericolo per le persone è rappresentato dalle tensioni di contatto e di passo.

Per quanto visto in precedenza le tensioni di passo e di contatto sono, di fatto, trascurabili.

## B.3 FULMINAZIONE INDIRECTA

Un fulmine può causare danni agli impianti anche se non lo colpisce direttamente, attraverso accoppiamenti resistivi e/o induttivi.

L'accoppiamento resistivo si verifica quando un fulmine colpisce una linea elettrica che entra nell'impianto; se la sovratensione generata dal fulmine supera la tensione di tenuta dei cavi o delle apparecchiature, si determina una scarica che può innescare l'incendio. La corrente di fulmine è per sua natura impulsiva e genera nello spazio circostante un campo elettromagnetico variabile nel tempo. L'accoppiamento induttivo, dovuto al campo variabile, genera delle sovratensioni indotte sui circuiti dell'impianto.

Il parametro a cui fare riferimento nella protezione contro le sovratensioni è la tensione di tenuta ad impulso delle apparecchiature.

Per ridurre le sovratensioni indotte si farà in modo che l'area della spira del circuito indotto sia molto ridotta; ad esempio per la formazione delle stringhe si utilizzerà un sistema di cablaggio delle stesse, tale da ridurre al massimo le aree formate dalle spire.

## B.4 PROTEZIONE CONTRO LE FULMINAZIONI INDIRECTE

### Lato Corrente Continua

Le sovratensioni lato corrente continua sollecitano gli inverter ed i moduli; saranno previsti scaricatori ( SPD ) conformi alla Norma EN – 50539 – 11 ( CEI 37 – 16).

Saranno previsti SPD installati ai morsetti dell'inverter tra i conduttori attivi a terra, di tipo:

- Tipo 2
- Tensione di esercizio continuativa  $U_c > 1,25 U_{oc}$
- Livello di protezione  $U_p \leq U_{wi}$ , ove  $U_{wi}$  è la tensione di tenuta ad impulso dell'inverter
- Corrente massima di scarica  $I_{max} > 5 \text{ kA}$ .

Gli SPD posti a protezione degli inverter proteggeranno anche i moduli se

$U_p \leq U_{wi}$ , essendo  $U_{wi}$  la tensione di tenuta dei moduli.

### **Lato Corrente Alternata**

Anche in tale lato saranno previste SPD, di caratteristiche:

- Tipo 1
- Tensione di esercizio continuativa  $U_c > 1,1 U_o$  con la tensione verso terra
- Corrente impulsiva di scarica  $I_{imp} \geq 10 \text{ kA}$ .

### **B.5 PROTEZIONE DELLE CABINE PREFABBRICATE DI CAMPO E DI RACCOLTA**

Le cabine di campo e di raccolta sono, di fatto, autoprotette, in quanto all'interno delle pareti e del soffitto è presente una vera e propria "gabbia di Faraday", collegata all'impianto di terra generale. Anche le apparecchiature in esse installate, opportunamente collegate all'impianto di terra, risultano protette.