

**Comune
di
Deliceto**

**Regione
Puglia**

**Provincia
di
Foggia**


Titolo:

Progetto di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza nominale di 15,681 MWp e delle relative opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale, denominato "APPIANO" da realizzarsi in regime *agrovoltaico* nel comune di Deliceto (FG) alla C.da "Tremoletto".

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

ai sensi del D.Lgs 152/2006

- Progetto Definitivo -

Elaborato:

RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI

Codice Interno:

DOC.11

Formato:

A4

Cod. File:

FTZK5G0_CalcoliPreliminari

Scala:

n.a.

Codice Pratica:

FTZK5G0

Studio di Progettazione:


www.progenergy.it

viale Due Giugno n. 2 - 71016 San Severo (FG)

Tel./Fax: 0882.603948

 pec: progenergy@legalmail.it

P.IVA: 03797240714



Progettista:

Ing. Michele FERRERO


 Latitudine: 41° 15' 35.65" N
 Longitudine: 15° 25' 44.98" E

Rev.	Data	Descrizione revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
0	01/2022	Prima emissione	Ing. Michele FERRERO	Ing. Saverio LIOCE	Ing. Saverio LIOCE
1	mm/aaaa				
2	mm/aaaa				

PRIMA SEZIONE: DESCRIZIONE DELLE OPERE	2
1.1 Premessa	2
1.2 Dati identificativi della Società proponente e localizzazione dell'intervento	2
SECONDA SEZIONE: DIMENSIONAMENTI	9
2.1 Layout Elettrico MT - Impianto fotovoltaico	9
2.2 Verifiche e Coordinamenti preliminari	12
2.3 Prescrizioni sistema MT	18
2.4 Configurazioni Sottocampi Fotovoltaici	36
2.5 Collegamento dalla Cabina Generale Utente 30 kV alla SE 30/150 kV	41
2.6 Dimensionamento cavi in MT 30 kV lato SE – Configurazioni MT Impianto fotovoltaico	42
2.7 Sezione minima del cavo	43
2.8 Portata del cavo	43
2.9 Temperatura massima di esercizio del cavo	43
2.10 Valori della caduta massima di tensione percentuale	44



PRIMA SEZIONE: DESCRIZIONE DELLE OPERE

1.1 Premessa

La presente relazione illustra il dimensionamento, il calcolo e la verifica elettrica dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza nominale di **15,681 MW_p**, nonché di potenza di immissione in rete pari a 15,197 MW, che la società **VRD 28.4 S.R.L** intende realizzare su terreno agricolo in agro del Comune di **Deliceto (FG)**.

L'impianto fotovoltaico, denominato "**APPIANO**", sarà integrato (*agrovoltaiico*) con la coltivazione di piante di asparago posizionate tra le file dei moduli fotovoltaici e con predisposizione di relativo sistema di fertirrigazione.

È stato altresì richiesto ed emesso da parte di TERNA S.p.A. il preventivo di connessione alla Rete Elettrica Nazionale (*cod. pratica 202002334*) che prevede un collegamento in alta tensione a 150 kV in antenna sulla Stazione Elettrica (SE) denominata "Deliceto".

1.2 Dati identificativi della Società proponente e localizzazione dell'intervento

Nella tabella 1 che segue si riportano i dati identificativi della società proponente dell'iniziativa progettuale, VRD 28.4 S.R.L è una società di scopo che fa capo alla VIRIDIS ENERGIA una giovane società italiana che grazie alla solidità finanziaria della compagine societaria e alla profonda esperienza maturata dal suo management nello sviluppo, costruzione e gestione di impianti da fonte rinnovabile, è capace di efficientare la produzione dei propri impianti offrendo, ai propri clienti, energia verde a prezzi competitivi, rispetto alla generazione da fonti fossili.

Denominazione	VRD 28.4 S.R.L.
Partita IVA e Codice Fiscale	11636250968
Sede Legale	Via Luigi Galvani n.24 – 20124 Milano
Rappresentante Legale	Ing. Matteo RICCIERI

Tabella 1 – Dati identificativi Società Proponente.



Il progetto di cui trattasi è ubicato nel territorio del comune di Deliceto (FG) e precisamente alla "C.da Tremoleto" su terreno agricolo identificato catastalmente nel N.C.T. del Comune al foglio 2 p.lle 21-25-43-56-58-60-73-75-84-107-112-180

Nella tabella 2 sono indicate le particelle oggetto di intervento con la loro estensione e i dati del proprietario:

Comune	Foglio	Particella	Estensione	Ditta Catastale
Deliceto	2	21	7.65.40	APPIANO Annunziata nata a Deliceto il 08/05/1953 – Codice Fiscale: PPNNNZ53E48D269X
Deliceto	2	25	60.24	APPIANO Annunziata nata a Deliceto il 08/05/1953 – Codice Fiscale: PPNNNZ53E48D269X
Deliceto	2	43	1.45.14	APPIANO Annunziata nata a Deliceto il 08/05/1953 – Codice Fiscale: PPNNNZ53E48D269X
Deliceto	2	56	5.79.95	APPIANO Annunziata nata a Deliceto il 08/05/1953 – Codice Fiscale: PPNNNZ53E48D269X
Deliceto	2	58	04.86	APPIANO Annunziata nata a Deliceto il 08/05/1953 – Codice Fiscale: PPNNNZ53E48D269X
Deliceto	2	60	1.40.60	APPIANO Annunziata nata a Deliceto il 08/05/1953 – Codice Fiscale: PPNNNZ53E48D269X
Deliceto	2	73	3.29.18	APPIANO Annunziata nata a Deliceto il 08/05/1953 – Codice Fiscale: PPNNNZ53E48D269X
Deliceto	2	75	14.58	APPIANO Annunziata nata a Deliceto il 08/05/1953 – Codice Fiscale: PPNNNZ53E48D269X
Deliceto	2	84	3.68.30	APPIANO Annunziata nata a Deliceto il 08/05/1953 – Codice Fiscale: PPNNNZ53E48D269X
Deliceto	2	107	06.80	APPIANO Annunziata nata a Deliceto il 08/05/1953 – Codice Fiscale: PPNNNZ53E48D269X
Deliceto	2	112	08.45	APPIANO Annunziata nata a Deliceto il 08/05/1953 – Codice Fiscale: PPNNNZ53E48D269X
Deliceto	2	180	2.53.47	APPIANO Annunziata nata a Deliceto il 08/05/1953 – Codice Fiscale: PPNNNZ53E48D269X

Tabella 2 - Dati censuari delle particelle catastali interessate dall'impianto di produzione.

Nella tabella 3 che segue sono invece indicate le particelle interessate dal tracciato di connessione e destinate alla Sottostazione Elettrica Utente (SSEU), infrastrutture necessarie per il collegamento dell'impianto alla Rete Elettrica Nazionale.

Comune	Foglio	Particella	Estensione	Ditta Catastale
Strada Provinciale n.103 (Attraversamento con T.O.C.)				PROVINCIA DI FOGGIA con sede in Foggia - Codice Fiscale: 00374200715
Deliceto	2	52	31.22.39	GIULIANI Carlotta nata a Foggia il 26/05/1950 – Codice Fiscale: GLNCLT50E66D643N
Strada Comunale (cavidotto interrato in cunetta)				COMUNE DI DELICETO con sede in Deliceto in corso Regina Margherita - Codice Fiscale: 80003310713
Strada Provinciale n.102 (cavidotto interrato in cunetta)				PROVINCIA DI FOGGIA con sede in Foggia - Codice Fiscale: 00374200715
Strada Vicinale (cavidotto interrato in cunetta)				COMUNE DI DELICETO con sede in Deliceto in corso Regina Margherita - Codice Fiscale: 80003310713
Deliceto	28	32	1.75.94	CAMPANELLA Mattia nato a Deliceto il 13/01/1966 – Codice Fiscale: CMPMTT66A13D269A
Deliceto	28	52	0.77.07	CAMPANELLA Mattia nato a Deliceto il 22/03/1943 – Codice Fiscale: CMPMTT43C22D269U
Deliceto	28	362	1.65.94	CAMPANELLA Giovanni nato a Deliceto il 06/07/1968 – Codice Fiscale: CMPGNN68L06D269G
Strada Comunale Deliceto – Ascoli Satriano (cavidotto interrato in cunetta)				COMUNE DI DELICETO con sede in Deliceto in corso Regina Margherita - Codice Fiscale: 80003310713
Deliceto	42	117	0.02.04	DEMANIO PUBBLICO DELLO STATO PER LE OPERE DI BONIFICA con in Foggia - Codice Fiscale: 80193210582
Deliceto	42	116	0.04.70	DEMANIO PUBBLICO DELLO STATO PER LE OPERE DI BONIFICA con in Foggia - Codice Fiscale: 80193210582
Deliceto	42	603	1.00.16	GIOIA Grazia nata a Deliceto il 05/12/1958 – Codice Fiscale: GIOGRZ58T45D269E
Deliceto	42	15	1.48.09	CAMPANELLA Mattia nato a Deliceto il 13/01/1966 – Codice Fiscale: CMPMTT66A13D269A
Deliceto	42	423	0.18.50	GIOIA Grazia nata a Deliceto il 05/12/1958 – Codice Fiscale: GIOGRZ58T45D269E

Deliceto	42	424	0.82.34	GIOIA Grazia nata a Deliceto il 05/12/1958 – Codice Fiscale: GIOGRZ58T45D269E
Deliceto	42	553	0.65.43	TERNA RETE ELETTRICA NAZIONALE S.P.A. con in Roma - Codice Fiscale: 05779661007
Deliceto	42	560	1.31.53	TERNA RETE ELETTRICA NAZIONALE S.P.A. con in Roma - Codice Fiscale: 05779661007
Deliceto	42	534	0.02.12	TERNA RETE ELETTRICA NAZIONALE S.P.A. con in Roma - Codice Fiscale: 05779661007
Deliceto	42	555	0.02.41	TERNA RETE ELETTRICA NAZIONALE S.P.A. con in Roma - Codice Fiscale: 05779661007
Deliceto	42	416	0.01.26	TERNA RETE ELETTRICA NAZIONALE S.P.A. con in Roma - Codice Fiscale: 05779661007
Deliceto	42	420	0.19.27	TERNA RETE ELETTRICA NAZIONALE S.P.A. con in Roma - Codice Fiscale: 05779661007

Tabella 3. - Dati censuari delle particelle catastali interessate dalle Opere di Connessione alla RTN.

L'area d'impianto è delimitata a nord da un corso d'acqua "Fosso Pozzo Vitolo" e a sud dalla SP103 mentre sia ad est che ad ovest vi sono altri terreni agricoli. Le aree occupate dall'impianto sviluppano una superficie recintata complessiva di circa 23,5 ha lordi; difatti dei circa 26,77 ha contrattualizzati, alcune particelle, come si evince dall'inquadramento catastale dell'impianto, sono state escluse in quanto o quelle aree risultano rientrare nella fascia di rispetto del corso d'acqua a nord (p.lle 60-107-112 e parte della 56) oppure perché di entità ridotta (p.lle 58 e 75) per ospitare strutture fotovoltaiche e pertanto destinate ad area di stoccaggio in fase di cantiere e per un manufatto dedicato a servizi ausiliari in fase di esercizio.

Il terreno presenta struttura orografica regolare e in prevalenza pianeggiante con una pendenza più accentuata al confine nord verso il canale. All'interno dell'area parco saranno garantiti spazi di manovra e previste strade perimetrali adeguate, per facilitare il transito dei mezzi atti alla futura manutenzione. Si segnala anche la presenza di una linea elettrica aerea di media tensione, che attraversa trasversalmente l'appezzamento di terreno, oltre ad una cabina elettrica di trasformazione posizionata in maniera quasi baricentrica all'area d'intervento; anche per queste infrastrutture esistenti sarà garantito l'accesso e la fascia di rispetto.



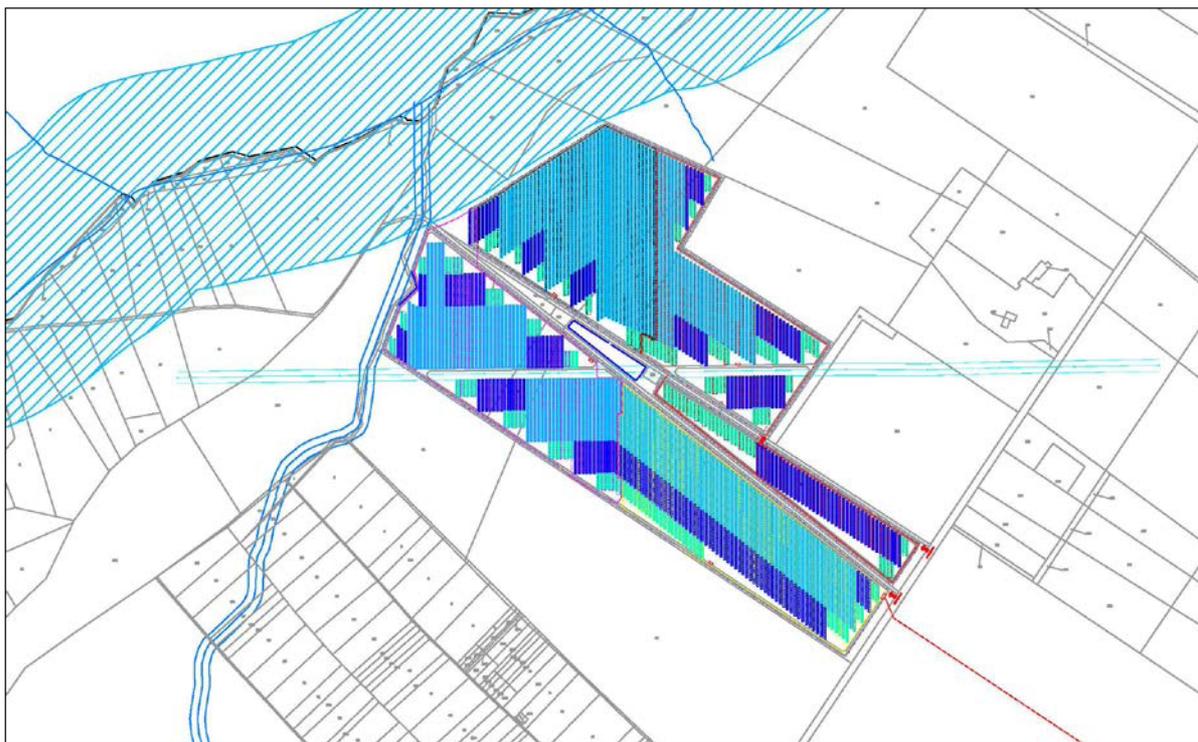


Fig. 1 - Inquadramento catastale del progetto.

L'impianto fotovoltaico sarà connesso alla RTN, così come previsto nel preventivo di connessione (cod. pratica 202002334) alla Stazione Elettrica TERNA (SE) denominata "Deliceto", tramite cavidotto interrato di media tensione (30kV) fino alla stazione elettrica utente di trasformazione (SSEU) e successivamente con un cavidotto in alta tensione (150kV) fino alla stazione elettrica TERNA, punto di connessione per l'impianto.

Ai sensi della delibera ARG/elt 99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA), la SSEU ed il nuovo elettrodotto a 150 kV costituisce impianto d'utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione RTN costituisce impianto di rete per la connessione.

Pertanto le opere per la connessione dell'impianto fotovoltaico sono le seguenti:

- *realizzazione di un cavidotto in media tensione 30 kV;*
- *realizzazione di una nuova stazione di utenza 30/150 kV comprensiva di stallo produttore;*
- *realizzazione di un nuovo elettrodotto interrato, cavo AT, a 150 kV di collegamento tra la stazione di utenza e la già esistente stazione TERNA;*



L'intero tracciato dell'elettrodotto interrato è stato studiato al fine di assicurare il minor impatto possibile sul territorio, prevedendo il percorso all'interno delle sedi stradali esistenti ed alle aree di progetto, attraversando invece i terreni agricoli privati solo dove strettamente necessario e per brevi tratti.

Difatti, il tracciato del **cavidotto in media tensione** (Fig. 2), che sviluppa una lunghezza complessiva di circa **7.530** metri, dopo aver attraversato, con il sistema "*spingitubo teleguidato*" (tecnica utilizzata per la realizzazione di attraversamenti sotto strade, ferrovie, corsi d'acqua, fabbricati e ostacoli che non possono essere rimossi) la vicina strada provinciale n.103 e dopo aver attraversato il terreno agricolo corrispondente la p.lla 52 di proprietà di un soggetto privato (sig.ra Giuliani Carlotta), sviluppa buona parte del suo percorso su strade pubbliche esistenti; percorre dapprima una strada comunale, successivamente un lungo tratto della SP102 e quindi una strada vicinale che costeggia un parco eolico. Giunto in corrispondenza della p.lla 32 del foglio di mappa 28, il cavidotto di media tensione sale la collina posta sulla destra interessando anche i terreni agricoli di proprietà dei sig.ri Campanella Mattia e Giovanni (p.lle 52 e 362) fino a giungere sulla strada comunale Deliceto – Ascoli Satriano che verrà percorsa per circa 400 metri in direzione est per terminare sull'area destinata alla stazione elettrica utente (p.lla 15 del foglio 28), area quest'ultima di cui la società proponente detiene i diritti di superficie per la realizzazione della suddetta infrastruttura elettrica. Dalla sottostazione utente di trasformazione (SSEU), dimensionata secondo quanto riportato negli elaborati grafici allegati, partirà il **cavidotto interrato in alta tensione** (Fig. 3), che sviluppa una lunghezza complessiva di circa **850 metri** attraversando dapprima i terreni di proprietà della sig.ra Gioia Grazia e quindi quelli che fanno capo a Terna S.p.A. relativamente all'ampliamento della stazione RTN "Deliceto".





Fig. 2 - Percorso dell'elettrodotto interrato MT da realizzare (tratto in blu).



Fig. 3 – Area SSEU (colore magenta) e percorso dell'elettrodotto interrato AT da realizzare (tratto in rosso).



SECONDA SEZIONE: DIMENSIONAMENTI

2.1 Layout Elettrico MT - Impianto fotovoltaico

Il layout dello schema funzionale dell'impianto elettrico MT è individuato nelle figure seguenti

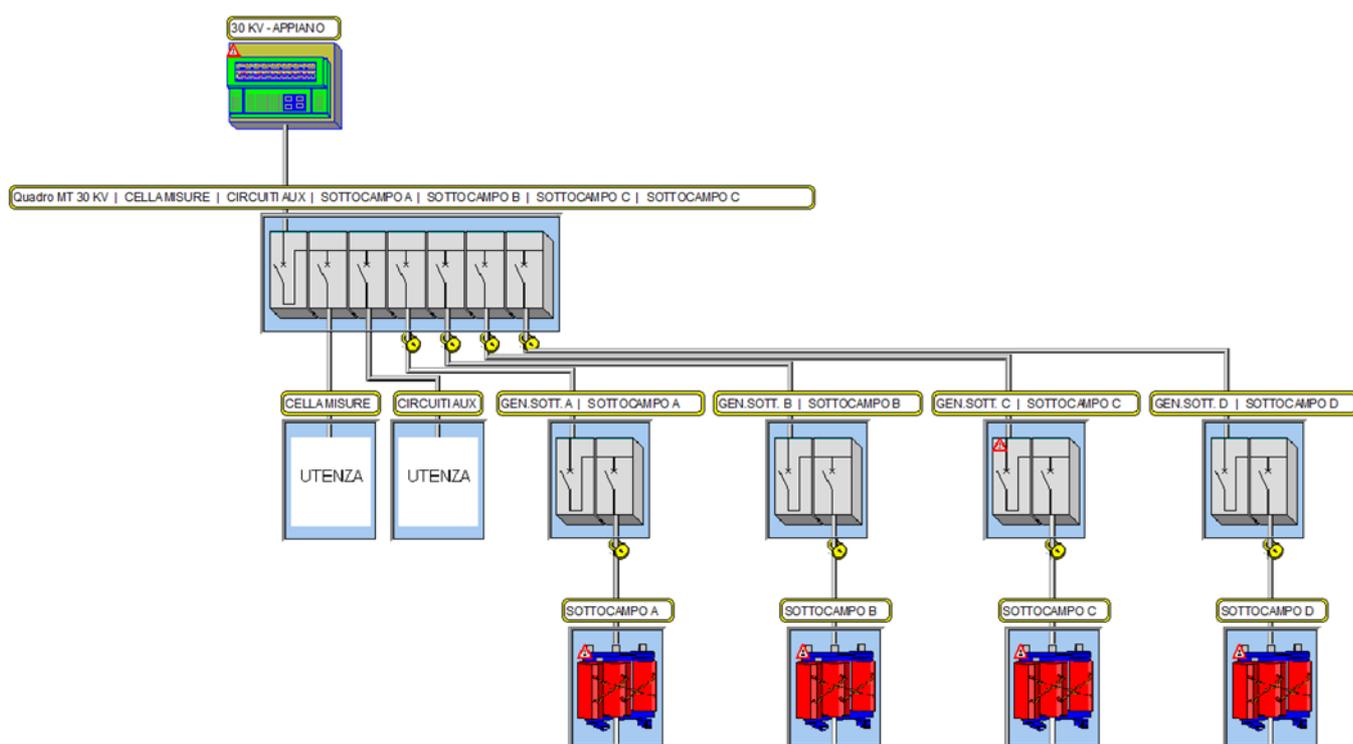


Fig. 4 – Schema funzionale impianto.

I quattro gruppi di conversione e trasformazione SMA “MV POWER STATION 4000” saranno collegati al Power Center della Cabina Generale di Utenza mediante cavi in MT e relativo cavidotto interrato.

I cavi in Media Tensione avranno le seguenti caratteristiche:

- U_0/U “18-30” kV
- T_{max} di esercizio: 90 °C;
- T_{min} di posa: 0 °C;
- T_{max} di cortocircuito: 250°C
- *Formazione per alimentazione “MV POWER STATION”: ARE4H1RX 3x1x300; ($I_z = 469$ A; posa interrata a 20°C- $R_t = 1$ m°C/W);*

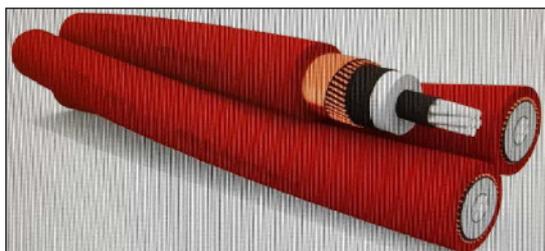


Fig. 5 – Immagine esemplificativa della tipologia di cavo MT da impiegare.

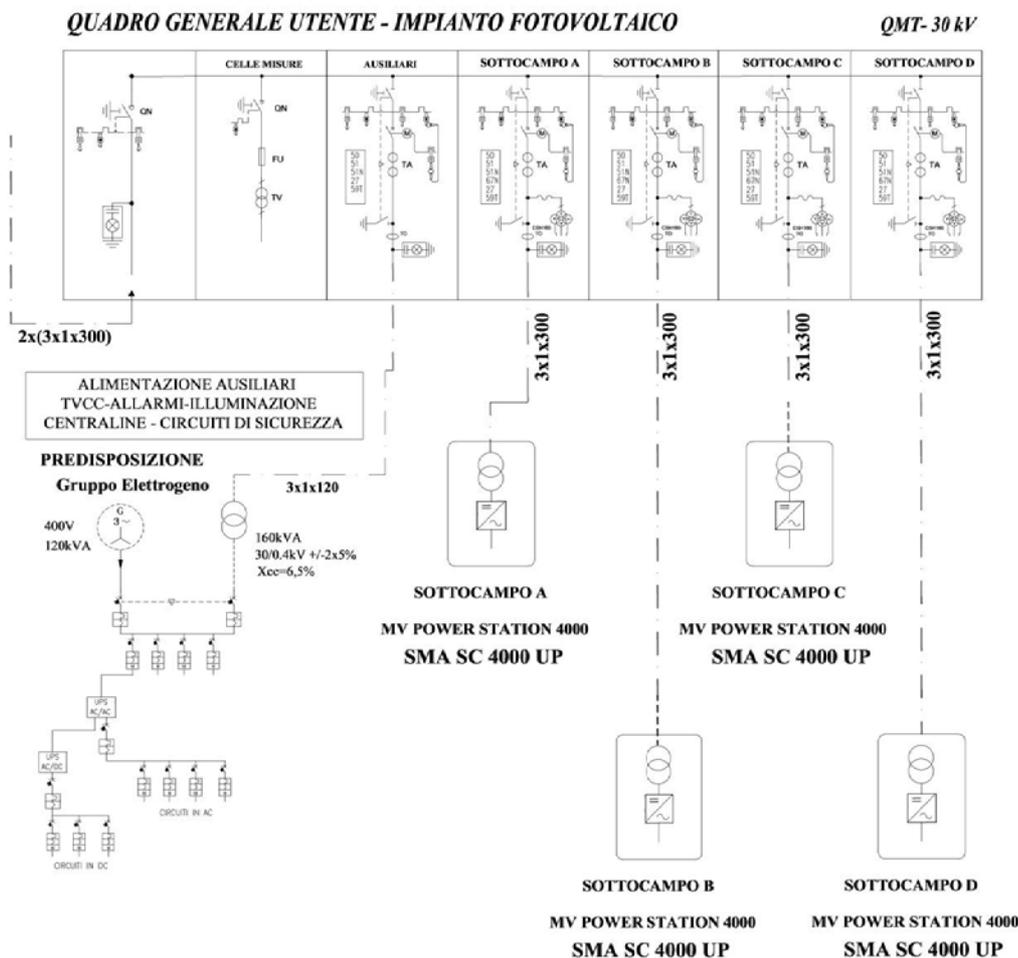


Fig. 6 – Schema collegamento dei gruppi di conversione e trasformazione alla Cabina Generale Utente.



I cavi di Media Tensione saranno protetti da tubi caratterizzati da una capacità allo schiacciamento inferiore al 5% del diametro e “tipologia 750”.

In accordo con la norma CEI 23-46 i tubi tipo 750 potranno essere interrati direttamente senza precauzioni aggiuntive. Al fine di garantire una percezione visiva sul campo fotovoltaico del percorso interrato dei cavidotti si installerà ogni 30/50 m e nei cambi di direzione del cavidotto, un paletto di segnalazione atto a garantire una sicurezza percettiva/visiva degli operatori in campo. La posa del cavidotto per tipologia adottata potrà essere interrato, se necessario, ad una profondità <50 cm completo sempre di nastro segnalatore.

Al fine di garantire una corretta distribuzione dei carichi energetici e selettività dell'impianto ogni sottocampo sarà dotato di una cabina di conversione “SMA SC 4000UP” in grado di far confluire l'energia prodotta alla Cabina Generale di Utenza.



2.2 Verifiche e Coordinamenti preliminari

Circuito		Apparecchiatura		Corto circuito								Test		
Lunghezza \leq Lunghezza max				I _{cc} max < P.d.I.				I ² t < K ² S ²				I _f \leq 1,45 I _z		
C.d.t. % con I _b \leq C.d.t. max								FASE						
Sigla utenza	Sezione	Tipo	Distribuzione	I _d	P.d.I.	I _k max	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I _n	I _z	I _f	1.45I _z		
	[mm ²]			[A]	[kA]	[kA]	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	[A]		
GENERALE MT		CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	300	25	8,03			500		525		SI	
CELLA MISURE	1(3x95)	CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	100	25	8,03	7,74E+06	1,85E+08	10	236	11	342	SI	
CELLA MISURE			Tripolare			8,02			10		11		SI	
CIRCUITI AUX	1(3x95)	CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	100	25	8,03	7,74E+06	1,85E+08	10	236	11	342	SI	
			Tripolare			8,02			10		11		SI	
SOTTOCAMPO A	3(1x185)	CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	300	25	8,03	1,55E+07	7,00E+08	300	492	315	713	SI	
SOTTOCAMPO B	3(1x185)	CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	300	25	8,03	1,55E+07	7,00E+08	300	492	315	713	SI	
SOTTOCAMPO C	3(1x185)	CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	300	25	8,03	1,55E+07	7,00E+08	300	492	315	713	SI	
SOTTOCAMPO C	3(1x185)	CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	300	25	8,03	1,55E+07	7,00E+08	300	492	315	713	SI	

Lunghezza \leq Lunghezza max					I _k max \leq P.d.I.				I ² t \leq K ² S ²				I _f \leq 1,45 I _z		
C.d.t. % con I _b \leq C.d.t. max									FASE						
Sigla utenza	Sezione	L	Tipo	Distribuzione	I _d	P.d.I.	I _k max	I di Int. Prot.	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I _n	I _z	I _f	1.45I _z	
	[mm ²]	[m]			[A]	[kA]	[kA]	[A]	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	[A]	
Gen			CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	300	25	5,22				300		315		SI
SOTTOCAMPO A	3(1x300)	1 000	CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	300	25	5,22		6,54E+06	1,84E+09	630	666	662	966	SI
SOTTOCAMPO A		0		Quadrupolare			30,79	36 209			270 000		9 450		SI

Sigla utenza	Sezione	L	Tipo	Distribuzione	I _d	P.d.l.	I _k max	I di Int. Prot.	I gt Fondo Linea	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I _n	I _z	I _f	1.45I _z
	[mm ²]	[m]			[A]	[kA]	[kA]	[A]	[A]	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	[A]
GEN			CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	300	25	7,99					300		315	SI
SOTTOCAMPO B	3(1x300)		CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	300	25	7,99			1,53E+07	1,84E+09	630	666	662	966 SI
SOTTOCAMPO				Quadripolare			32,97	36 209	30 475			270 000		9 450	SI

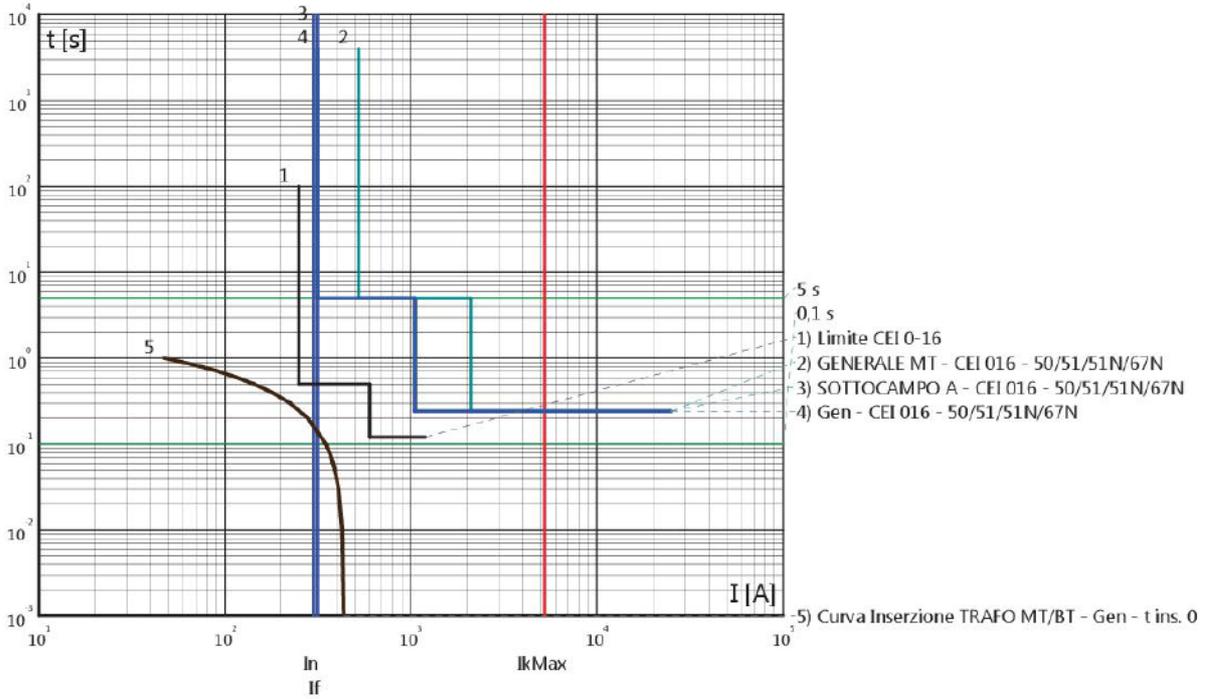
Sigla utenza	Sezione	L	Tipo	Distribuzione	I _d	P.d.l.	I _k max	I di Int. Prot.	I gt Fondo Linea	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I _n	I _z	I _f	1.45I _z
	[mm ²]				[A]	[kA]	[kA]	[A]	[A]	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	[A]
			CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	300	25	7,99					300		315	SI
SOTTOCAMPO C	3(1x300)		CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	300	25	7,99			1,53 E+07	1,84E+09	630	666	662	966 SI
				Quadripolare			32,97	36 209	30 475			270 000		9 450	SI

Sigla utenza	Sezione	Tipo	Distribuzione	I _d	P.d.l.	I _k max	I di Int. Prot.	I gt Fondo Linea	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I _n	I _z	I _f	1.45I _z
	[mm ²]			[A]	[kA]	[kA]	[A]	[A]	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	[A]
GEN. D		CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	300	25	7,99					300		315	SI
SOTTOCAMPO D	3(1x300)	CEI 016 - 50/51/51N/67N	Tripolare	300	25	7,99			1,53E+07	1,84E+09	630	666	662	966 SI
SOTTOCAMPO D			Quadripolare			32,97	36 209	30 475			270 000		9 450	SI

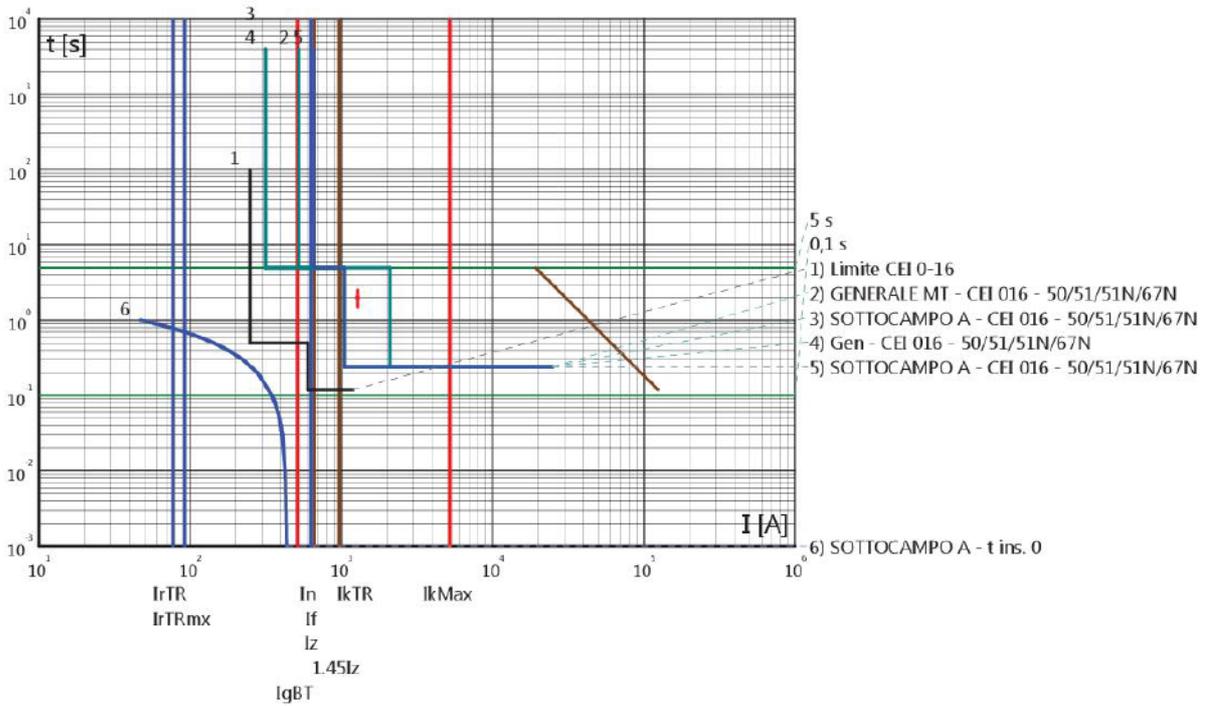


Curve TEMPO-CORRENTE

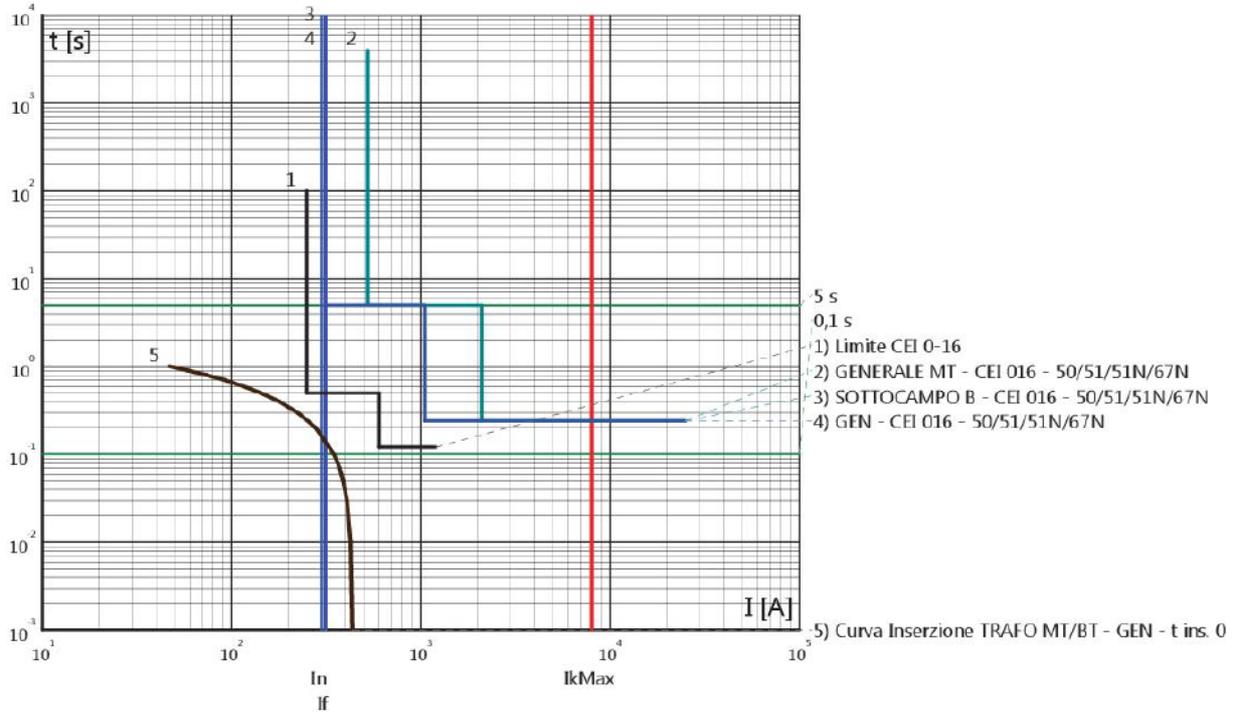
Arrivo: Gen



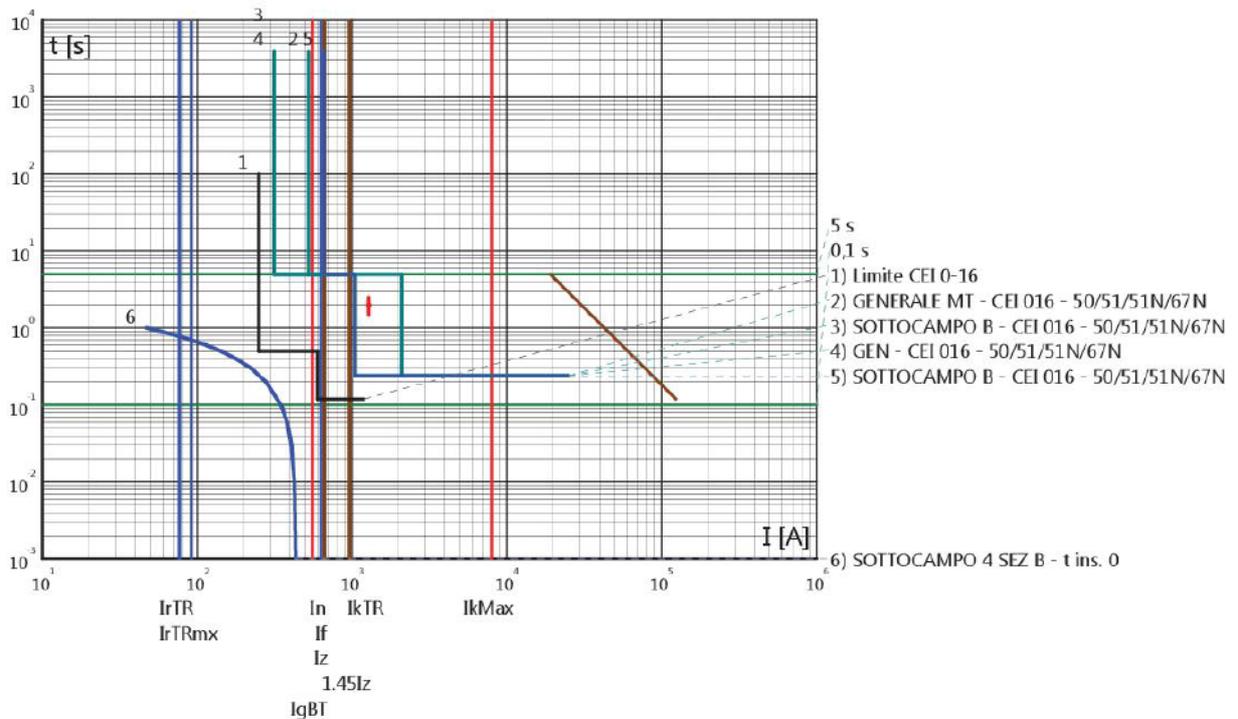
Partenza: SOTTOCAMPO A



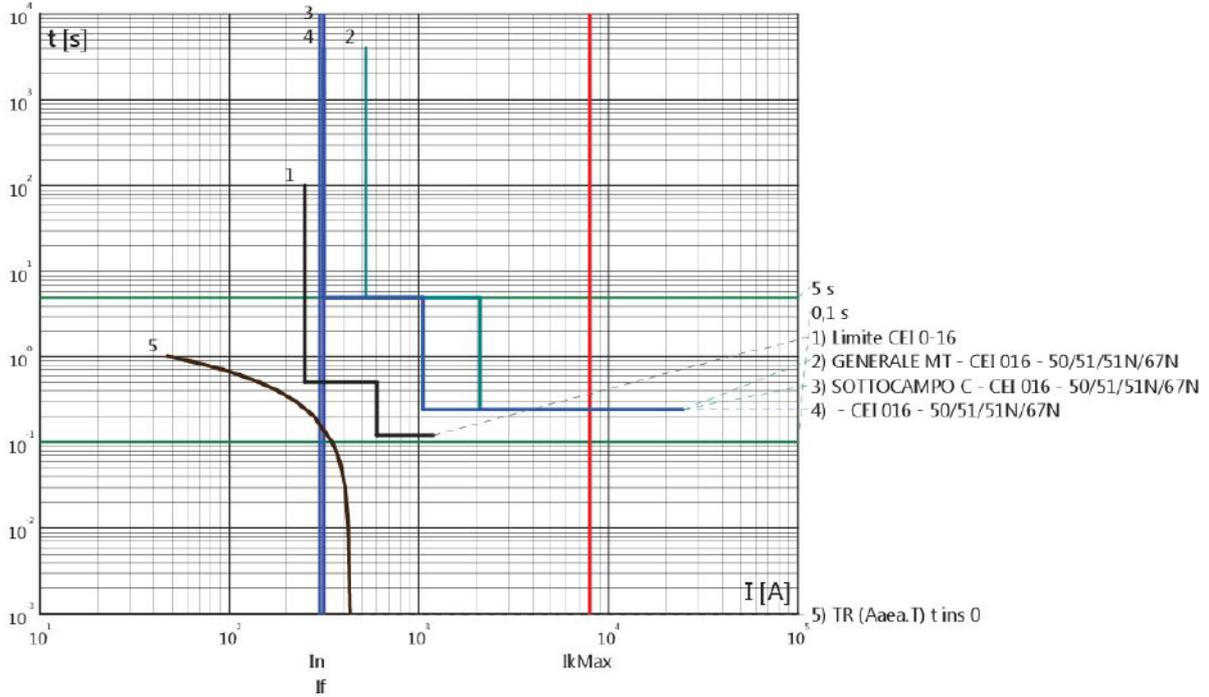
Arrivo: GEN



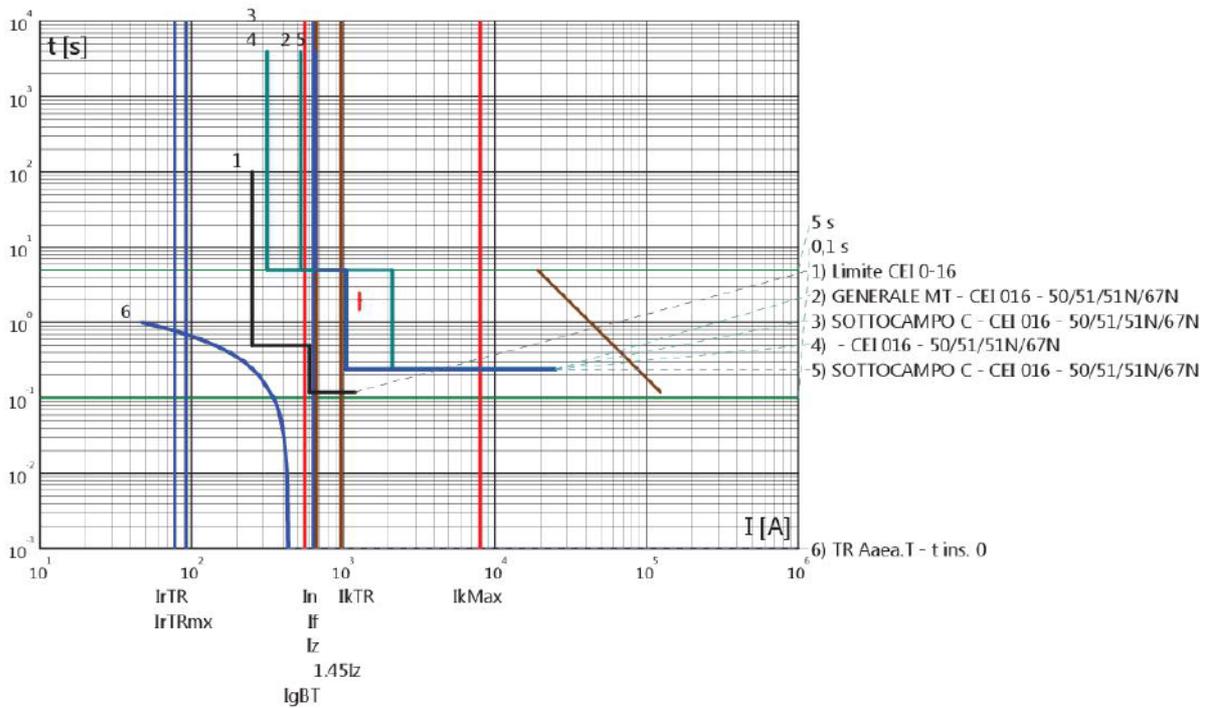
Partenza: SOTTOCAMPO B



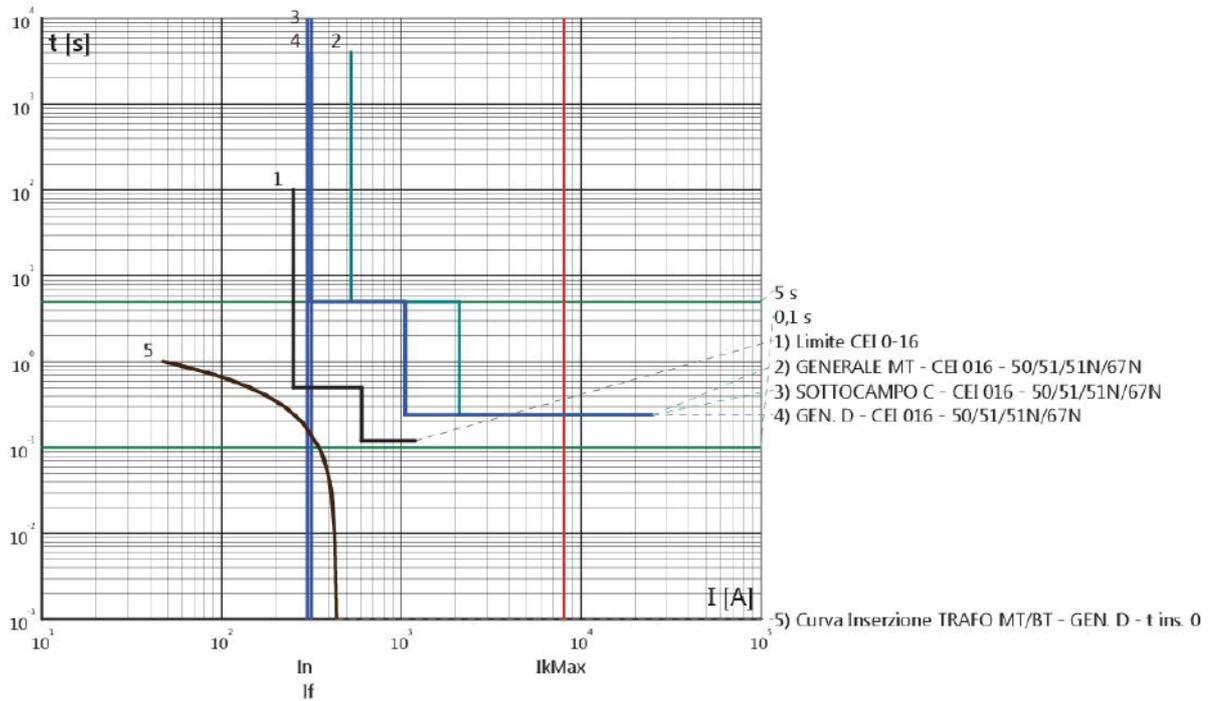
Arrivo:



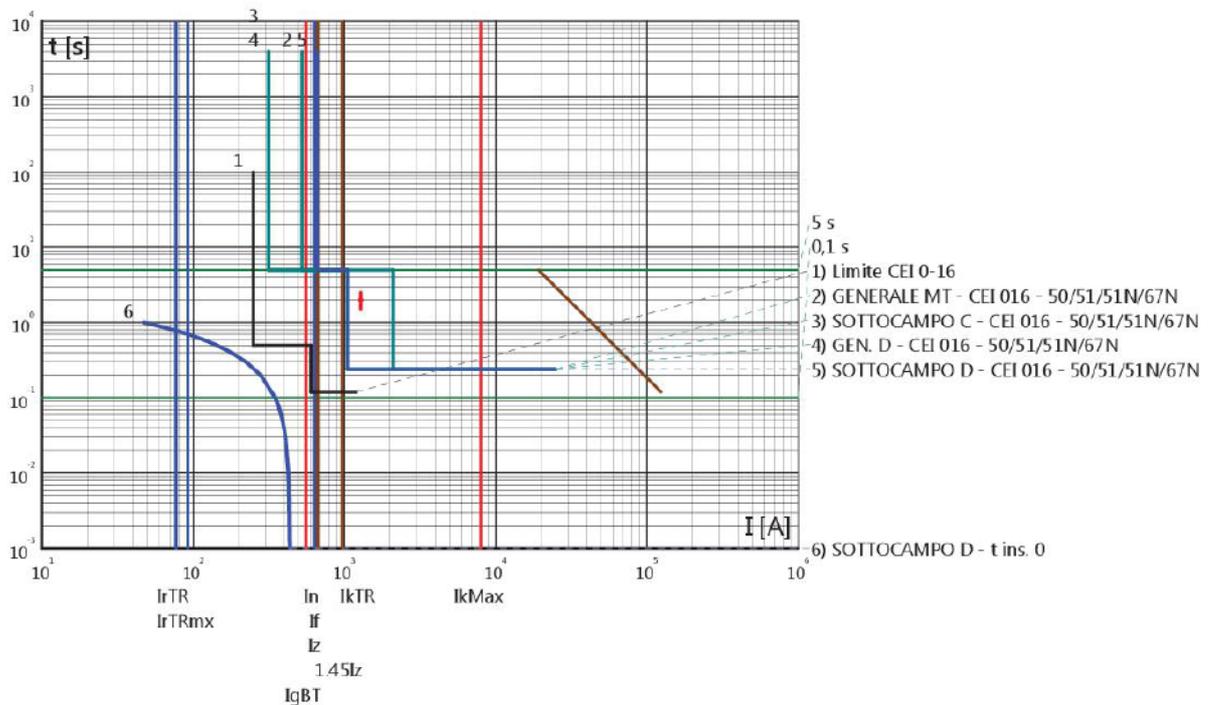
Partenza: SOTTOCAMPO C



Arrivo: GEN. D



Partenza: SOTTOCAMPO D



2.3 Prescrizioni sistema MT

Protezione contro i contatti indiretti

Guasti a terra lato M.T.

Il dispersore di terra degli impianti in MT deve essere dimensionato in modo che la sua resistenza di terra R_E sia di valore tale che, in relazione al coordinamento con i dispositivi di protezioni di media tensione (tempi di intervento in funzione del valore della corrente di guasto) per guasti verso massa nel sistema MT, le tensioni di contatto U_T siano contenute entro i limiti della curva di sicurezza (tensioni di contatto ammissibili UTP, in funzione della durata del guasto t_F) riportata nella Norma CEI 99-3.

In particolare è necessario verificare che la tensione totale di terra U_E risulti inferiore al valore di UTP.

$$U_E = R_E \times I_E \leq U_{TP}$$

I_E = Corrente di terra. Nel calcolo pratico viene fatta coincidere con la corrente di guasto a terra I_F . Il valore di I_F deve essere richiesto all'Ente distributore.

Guasti a terra lato B.T. - Interruzione automatica dell'alimentazione

La protezione contro i contatti indiretti potrà essere assicurata tramite interruzione automatica dell'alimentazione per mezzo di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti o per mezzo di interruttori differenziali.

Le caratteristiche dei dispositivi di protezione e le impedenze dei circuiti devono essere tali che, se si presenta un guasto di impedenza trascurabile in qualsiasi parte dell'impianto tra un conduttore di fase ed un conduttore di protezione o una massa, l'interruzione automatica dell'alimentazione avvenga entro i tempi specificati, soddisfacendo la seguente condizione:

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

dove:

Z_s = impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;

I_a = è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tab. 41A in funzione della tensione nominale U_o per circuiti terminali fino a 32A, o entro un tempo convenzionale non superiore a 5 s per gli altri circuiti; se si usa un interruttore differenziale I_a è la corrente differenziale nominale di intervento;

U_o = è la tensione nominale verso terra in volt in c.a. e in c.c.

Componenti di classe II

In alternativa al coordinamento fra impianto di messa a terra e dispositivi di protezione attiva, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata adottando macchine e apparecchi con isolamento doppio o rinforzato per costruzione o installazione: apparecchi di Classe II. In uno stesso impianto questo tipo di protezione può coesistere con la protezione mediante messa a terra. È vietato collegare intenzionalmente a terra le parti metalliche accessibili delle macchine, degli apparecchi e delle altre parti dell'impianto di Classe II.

Protezione contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti dovrà realizzata tramite isolamento delle parti attive tramite involucri con livello di protezione adeguato al luogo di installazione, e tali da non permettere il contatto con le parti attive se non previo smontaggio degli elementi di protezione con l'ausilio di attrezzi.

Protezione contro le sovracorrenti

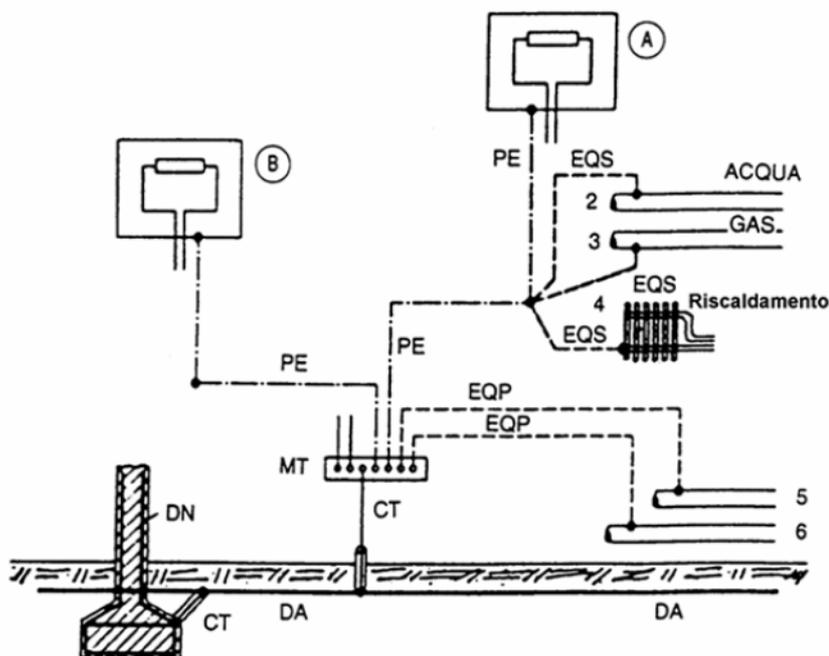
La protezione delle linee contro le sovracorrenti dovrà essere assicurata da interruttori automatici (o da fusibili) installati sui quadri di distribuzione. È generalmente prevista la protezione dai sovraccarichi per tutte le linee di distribuzione o terminali. Eventuali eccezioni, dove permesse dalla norma, sono indicate nella documentazione allegata al progetto.



Impianti di terra

Per impianto di terra si intende l'insieme dei seguenti elementi:

- dispersori
- conduttori di terra
- collettore o nodo principale di terra
- conduttori di protezione
- conduttori equipotenziali



DA:	Dispersore intenzionale
DN:	Dispersore naturale (di fatto)
CT:	Conduttore di terra (tratto di conduttore non in contatto elettrico con il terreno)
MT:	Collettore (o nodo) principale di terra
PE:	Conduttore di protezione
EQP:	Conduttori equipotenziali principali
EQS:	Conduttori equipotenziali supplementari (per es. in locale da bagno)
A-B	Masse
2,3,4,5,6	Masse estranee



Impianti a tensione nominale ≤ 1000 V c.a.

L'impianto di messa a terra deve essere realizzato secondo la Norma CEI 64-8, tenendo conto delle raccomandazioni della "Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario" (CEI 64-12); nelle pagine seguenti si riassumono le principali prescrizioni relative agli impianti di bassa tensione.

In ogni impianto utilizzatore deve essere realizzato un impianto di terra unico. A detto impianto devono essere collegate tutte le masse e le masse estranee esistenti nell'area dell'impianto utilizzatore, la terra di protezione e di funzionamento dei circuiti e degli apparecchi utilizzatori (ove esistenti: centro stella dei trasformatori, impianto contro i fulmini, ecc.).

L'esecuzione dell'impianto di terra va correttamente programmata nelle varie fasi della costruzione e con le dovute caratteristiche. Infatti alcune parti dell'impianto di terra, tra cui il dispersore, possono essere installate correttamente (ed economicamente) solo durante le prime fasi della costruzione, con l'utilizzazione dei dispersori di fatto (ferri del cemento armato, tubazioni metalliche ecc.).

Elementi dell'impianto di terra

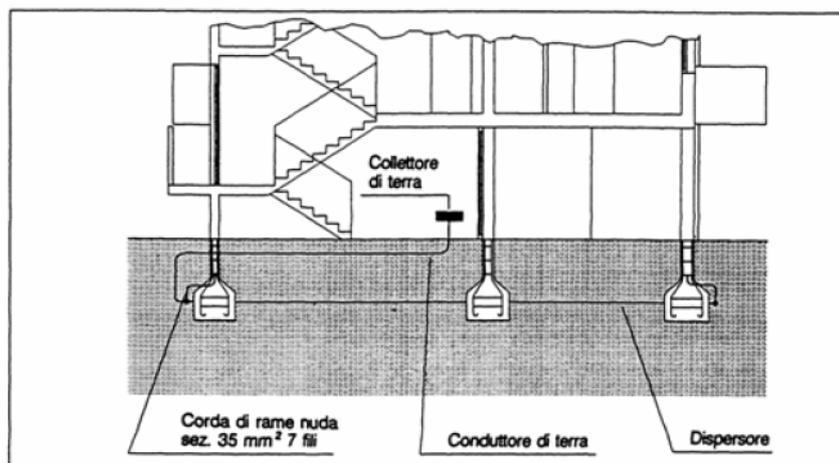
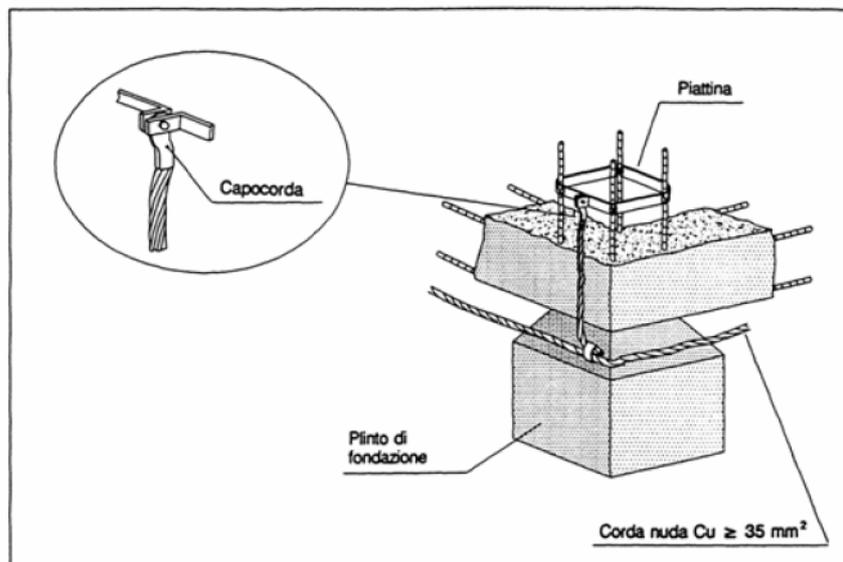
Dispersore

Il dispersore è il componente che permette di disperdere le correnti che possono fluire verso terra. È generalmente costituito da elementi metallici, ad esempio: tondi, profilati, tubi, nastri, corde, piastre le cui dimensioni e caratteristiche sono specificate dalla Norma CEI 64-8.

È economicamente conveniente e tecnicamente consigliato utilizzare come dispersori (naturali) i ferri delle armature nel calcestruzzo a contatto del terreno.

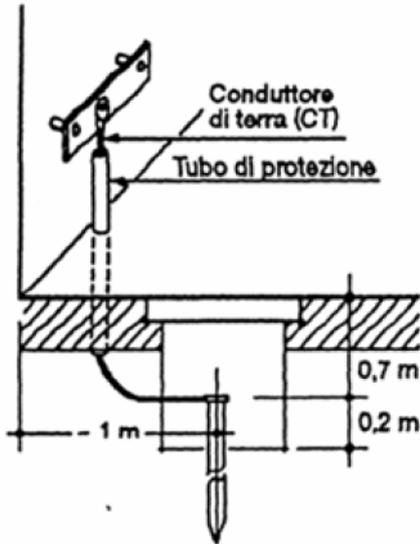


Esempio di collegamento dei dispersori naturali:

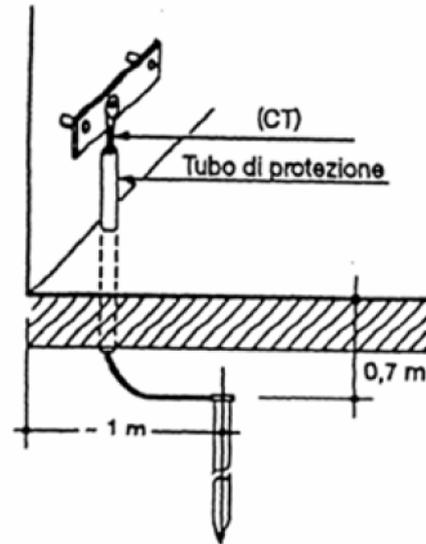


Quando si realizzano dispersori intenzionali, affinché il valore della resistenza di terra rimanga costante nel tempo, si deve porre la massima cura all'installazione ed alla profondità dei dispersori. È preferibile che gli elementi disperdenti siano collocati all'esterno del perimetro dell'edificio.

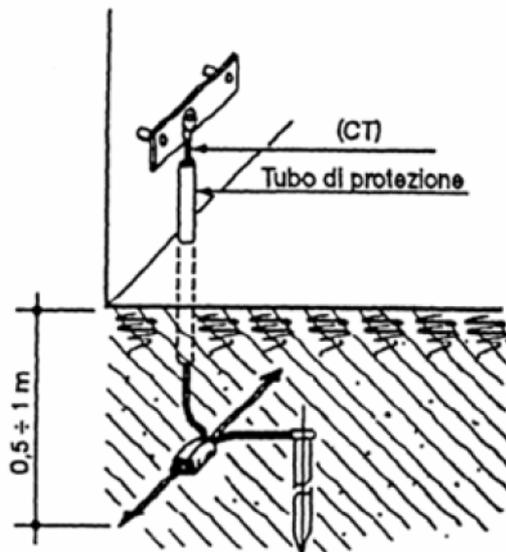




Picchetto alloggiato in pozzetto con coperchio



**Picchetto interrato direttamente
 (senza pozzetto)**



Combinazione di picchetti ed elementi orizzontali. Il collegamento deve essere realizzato mediante morsetto a pressione con viti (evitando il taglio del conduttore)



Conduttori di terra

Sono definiti conduttori di terra i conduttori che collegano i dispersori al collettore (o nodo) principale di terra, oppure i dispersori tra loro. Sono generalmente costituiti da conduttori di rame (o equivalente) o ferro.

I conduttori di terra devono essere affidabili ed avere caratteristiche che ne permettano una buona conservazione ed efficienza nel tempo, devono quindi essere resistenti ed adatti all'impiego.

Per la realizzazione dei conduttori di terra possono essere impiegati: corde, piattine, elementi strutturali metallici inamovibili.

I conduttori di terra devono rispettare le seguenti sezioni minime:

Tipo di conduttore	Sezione minima del conduttore di terra
Con protezione contro la corrosione ma non meccanica	16 mm ²
Senza protezione contro la corrosione	25 mm ² in rame 50 mm ² in ferro
Con protezione contro la corrosione e con protezione meccanica	Sezione del conduttore di protezione

Collettore (o nodo) principale di terra

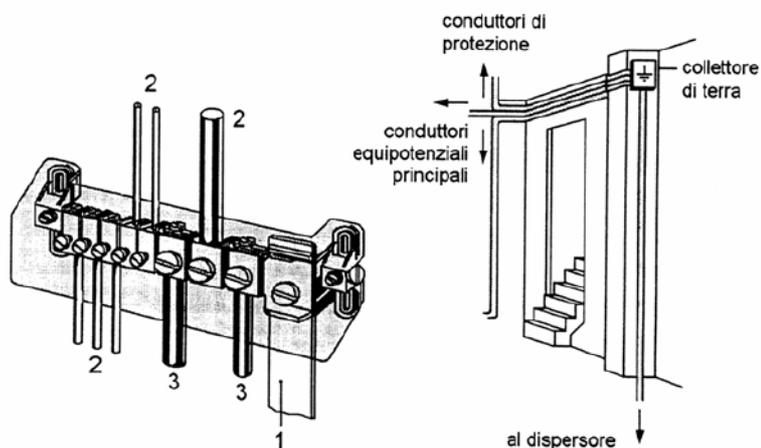
In ogni impianto deve essere previsto (*solitamente nel locale cabina di trasformazione, locale contatori o nel quadro generale*) in posizione accessibile (*per effettuare le verifiche e le misure*) almeno un collettore (o nodo) principale di terra.

A tale collettore devono essere collegati:

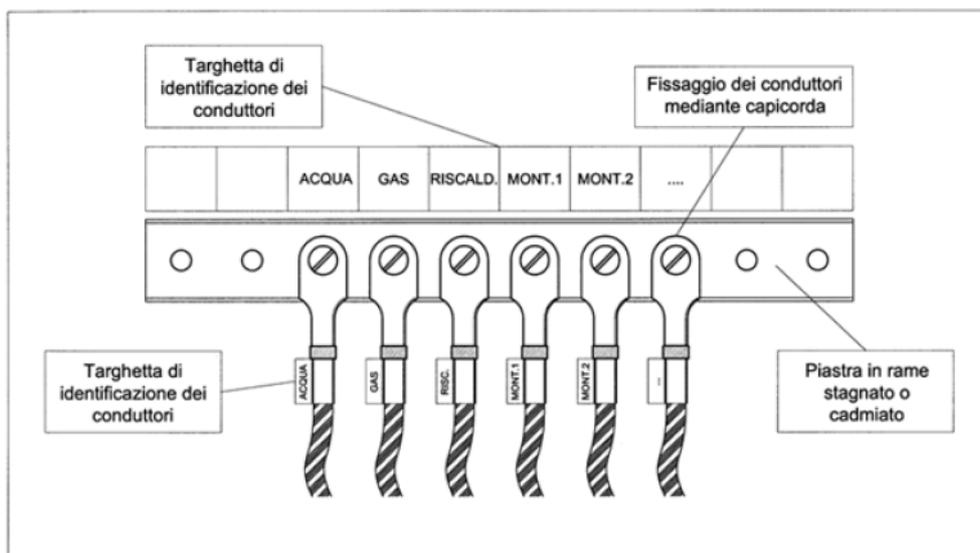
- *il conduttore di terra*
- *conduttori di protezione*
- *conduttori equipotenziali principali*
- *l'eventuale conduttore di messa a terra di un punto del sistema (in genere il neutro)*
- *le masse dell'impianto MT*

Ogni conduttore deve avere un proprio morsetto opportunamente segnalato e, per consentire l'effettuazione delle verifiche e delle misure, deve essere prevista la possibilità di scollegare, solo mediante attrezzo, i singoli conduttori che confluiscono nel collettore principale di terra.

Esempi di nodo principale di terra:



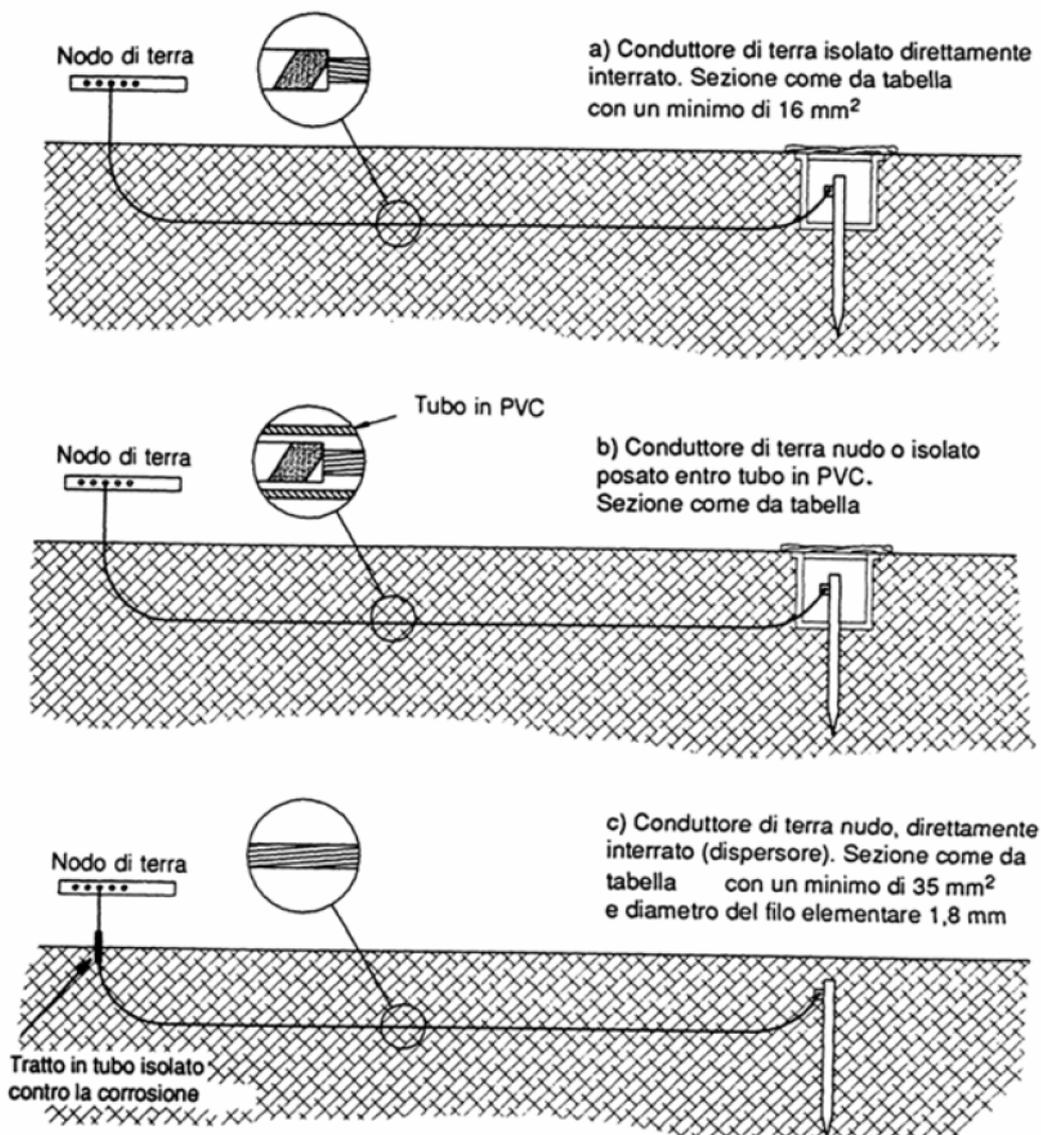
- 1 - Conduttore di terra proveniente dal dispersore
- 2 - Conduttori di protezione
- 3 - Conduttori equipotenziali principali



Conduttori di protezione

I conduttori di protezione devono essere distribuiti, insieme ai conduttori attivi, a tutte le masse ed ai poli di terra delle prese di corrente. Le sezioni dei conduttori di protezione dovranno avere una sezione coordinata con i conduttori di fase ad essi associati secondo la seguente tabella:

Sezione del conduttore di fase S (mm^2)	Sezione minima del conduttore di protezione S_{pe} (mm^2)
$S \leq 16$	$S_{pe} = S$
$16 < S \leq 35$	$S_{pe} = 16$
$S > 35$	$S_{pe} = S/2$



Conduttori equipotenziali

I conduttori equipotenziali principali e supplementari devono avere le sezioni indicate nelle tabelle che seguono.

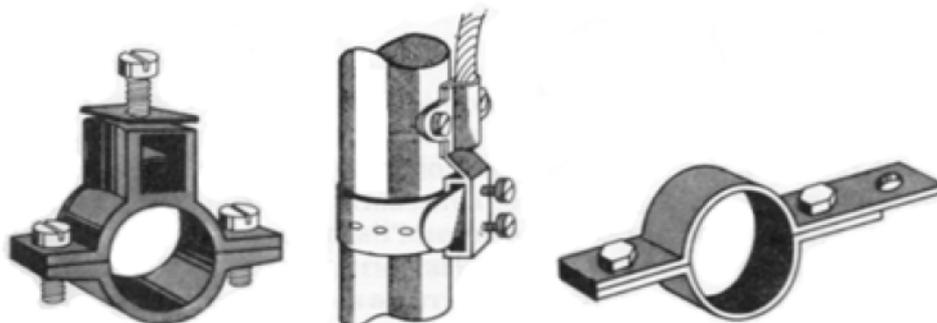
<i>Sezione del conduttore di protezione (mm²)</i>	<i>Sezione del conduttore equipotenziale principale (mm²)</i>
<i>S</i>	<i>Minimo 6 mm²</i>

<i>Tipo di connessione</i>	<i>Sezione del conduttore di protezione (mm²)</i>	<i>Sezione minima del conduttore equipotenziale supplementare S_b</i>
<i>Tra due masse (M1 ed M2)</i>	<i>S_{PE1} ed S_{PE2} (con S_{PE1} ≤ S_{PE2})</i>	<i>S_b ≥ S_{PE1}</i>
<i>Tra massa e massa estranea</i>	<i>S_{PE}</i>	<i>S_{PE}/2</i>
<i>Tra due masse estranee</i>	<i>2.5 mm² con protezione meccanica</i>	
<i>Tra massa estranea e impianto di terra</i>	<i>4 mm² senza protezione meccanica</i>	

Collegamento equipotenziale principale

Alla base dell'edificio tutte le masse estranee (tubazioni metalliche) devono essere connesse al nodo principale di terra mediante cavi in rame, realizzando in tal modo il collegamento equipotenziale principale

Esempi di morsetti per la connessione delle tubazioni:



Protezione contro le sovratensioni

Il progetto delle misure di protezione contro le sovracorrenti è stato eseguito considerando le possibili condizioni di sovraccarico e cortocircuito.

Protezione contro i sovraccarichi

Riferimenti normativi:

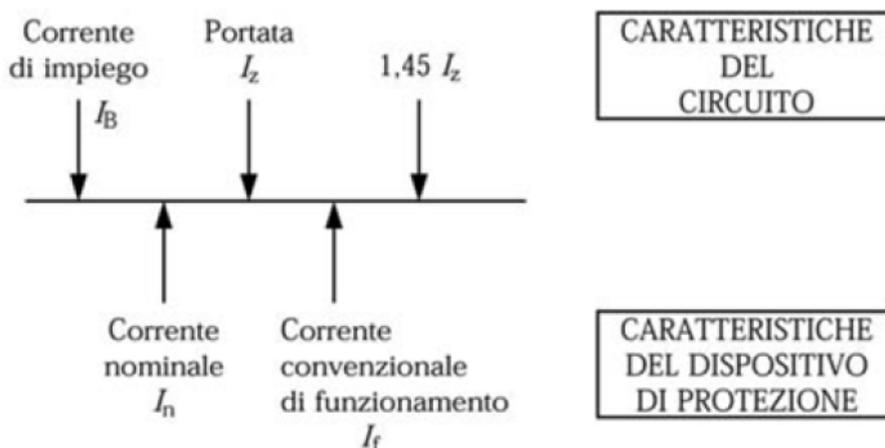
Norma CEI 64-8 Art. 433.2 - *Coordinamento tra conduttori e dispositivi di protezione.*

La verifica della protezione contro i sovraccarichi è stata effettuata secondo i seguenti criteri:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \qquad I_f \leq 1,45 I_z$$

dove:

- I_b = Corrente di impiego del circuito
- I_n = Corrente nominale del dispositivo di protezione
- I_z = Portata in regime permanente della conduttura in funzione del tipo e della posa del cavo
- I_f = Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione



Protezione contro i cortocircuiti

Riferimenti normativi:

Norma CEI 64-8 Art. 434.3 - Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti

La verifica della protezione contro i cortocircuiti nell'impianto in è stata effettuata secondo i seguenti criteri:

$$I_{CC\ max} \leq p.d.i. \qquad I^2t \leq K^2S^2$$

dove:

- $I_{CC\ max}$ = Corrente di corto circuito massima
- $p.d.i.$ = Potere di interruzione apparecchiatura di protezione
- I^2t = Integrale di Joule dalla corrente di corto circuito presunta (valore letto sulle curve delle apparecchiature di protezione)
- K = Coefficiente della conduttura utilizzata
115 per cavi isolati in PVC
135 per cavi isolati in gomma naturale e butilica
143 per cavi isolati in gomma etilenpropilenica e polietilene reticolato
- S = Sezione della conduttura



Correnti di cortocircuito all'interno dell'impianto

Nei vari punti dell'impianto le correnti di cortocircuito sono calcolate considerando le impedenze delle condutture, in accordo a quanto prescritto dalla norma CEI 11-25 e dalla guida CEI 11-28.

Riferimenti normativi

- Norma CEI 11-25, Guida CEI 11-28

Corrente di cortocircuito trifase

$$I_{k\ 3F} = \frac{U_n * C}{k * Z_{cc}}$$

dove:

U_n = tensione concatenata

C = fattore di tensione

$$K = \sqrt{3}$$

$$Z_{cc} = \sqrt{\sum R_{fase}^2 + \sum X_{fase}^2}$$

Corrente di cortocircuito fase-fase

$$I_{k\ FF} = \frac{U_n * C}{k * Z_{cc}}$$

dove:

U_n = tensione concatenata

C = fattore di tensione

$$K = 2$$

$$Z_{cc} = \sqrt{\sum R_{fase}^2 + \sum X_{fase}^2}$$

Corrente di cortocircuito fase-neutro

dove:

U_n = tensione concatenata

C = fattore di tensione

$$K = \sqrt{3}$$

$$Z_{cc} = \sqrt{(\sum R_{fase} + \sum R_{neutro})^2 + (\sum X_{fase} + \sum X_{neutro})^2}$$

Corrente di cortocircuito fase-protezione

$$I_{k FP} = \frac{U_n * C}{k * Z_{cc}}$$

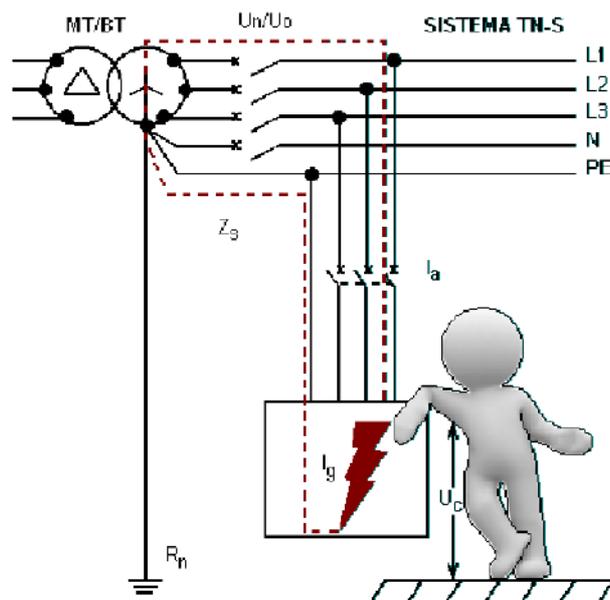
dove:

U_n = tensione concatenata

C = fattore di tensione

$$K = \sqrt{3}$$

$$Z_{cc} = \sqrt{(\sum R_{fase} + \sum R_{protez.})^2 + (\sum X_{fase} + \sum X_{protez.})^2}$$



Fattore di tensione e resistenza dei conduttori

Il fattore di tensione e la resistenza dei cavi assumono valori differenti a seconda del tipo di corrente di cortocircuito che si intende calcolare. In funzione di questi parametri si ottengono pertanto i valori massimo ($I_k \text{ MAX}$) e minimo ($I_k \text{ min}$), per ciascun tipo di corrente di guasto calcolata (trifase, fase-fase, fase-neutro).

I valori assegnati sono riportati nella tabella seguente:

	$I_k \text{ MAX}$	$I_k \text{ min}$
C Fattore di tensione	1	0.95
R Resistenza	$R_{20^\circ\text{C}}$	$R = \left[1 + 0.004 \frac{1}{^\circ\text{C}} (\theta_e - 20^\circ\text{C}) \right] R_{20^\circ\text{C}}$ (Guida CEI 11-28 Pag. 11 formula (7))

dove la $R_{20^\circ\text{C}}$ è la resistenza dei conduttori a 20°C e θ_e è la temperatura scelta per stimare l'effetto termico della corrente di cortocircuito. Il valore di riferimento è 145°C (come indicato nell'esempio di calcolo della guida CEI 11-28)

Verifica del potere di chiusura in cortocircuito

(Norme CEI EN 60947-2)

$$I_p \leq I_{CM}$$

dove:

I_p = è il valore di cresta della corrente di cortocircuito (massimo valore possibile della corrente presunta di cortocircuito)

I_{CM} = è il valore del potere di chiusura nominale in cortocircuito

Valore di cresta I_p della corrente di cortocircuito

Il valore di cresta I_p è dato dalla norma CEI 11-28 - Art. 9.1.2 da:



$$I_P = K_{CR} \times \sqrt{2} \times I_K''$$

dove:

I_K'' è la corrente simmetrica iniziale di cortocircuito

K_{CR} è il coefficiente correttivo ricavabile dalla seguente formula: $K_{CR} = 1,02 + 0,98 e^{-3 \cdot R_{cc} / X_{cc}}$

Il valore di I_P può tuttavia essere limitato da apparecchiature installate a monte che abbiano una caratteristica di limitazione del picco (valore letto dall'archivio apparecchiature).

Il valore di I_{CM} è dato dalla norma CEI 11-28 - Art. 9.1.1 da:

$$I_{CM} = I_{CU} * n$$

dove:

I_{CU} è il valore del potere di interruzione estremo in cortocircuito

n è un coefficiente da utilizzare in funzione della tabella normativa di seguito riportata

Estratto dalla Tabella 2 - Rapporto n tra potere di chiusura e potere di interruzione in cortocircuito e fattore di potenza relativo (interruttori per corrente alternata):

Potere di interruzione in cortocircuito kA valore efficace	Fattore di potenza	Valore minimo del fattore n $n = \frac{\text{potere di chiusura in cortocircuito}}{\text{potere di interruzione in corto circuito}}$
$4,5 < I \leq 6$	0,7	1,5
$6 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2,0
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,2

Verifica dei condotti sbarre

(Norme CEI EN 60439-1 e CEI EN 60439-2)

$$I_P \leq I_{PK}$$

$$I^2 t \leq I_{CW}^2$$



Valore di cresta I_p della corrente di cortocircuito

Il valore di cresta IP è dato dalla norma CEI 11-28 - Art. 9.1.2 da:

$$I_p = K_{CR} \times \sqrt{2} \times I_K''$$

dove:

I_K'' è la corrente simmetrica iniziale di cortocircuito

K_{CR} = è il coefficiente correttivo ricavabile dalla seguente formula: $K_{CR} = 1,02 + 0,98 e^{-3 \cdot R_{cc} / X_{cc}}$

Verifica della tenuta del condotto sbarre

$$I^2 t \leq I_{cw}^2$$

dove:

$I^2 t$ = valore dell'energia specifica passante letto sulla curva $I^2 t$ della protezione in corrispondenza delle correnti di corto circuito

I_{cw}^2 = corrente ammissibile di breve durata (1s) sopportata dal condotto sbarre



Cabina di trasformazione riferimenti normativi Generali:

- CEI EN 62271-202 (17-103) Sottostazioni prefabbricate ad Alta tensione/bassa tensione.
- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 0-15: Manutenzione delle cabine elettriche MT/BT dei clienti/utenti finali.
- CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
- CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV.
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1): Impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.
- CEI 99-3 (CEI EN 50522): Messa a terra degli impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.
- CEI 99-4: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/Utente finale.
- CEI 11-48 (CEI EN 50110-1): Esercizio degli impianti elettrici – Prescrizioni generali.
- CEI 11-49 (CEI EN 50110-2): Esercizio degli impianti elettrici – Allegati nazionali.
- CEI EN 50160: Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica.

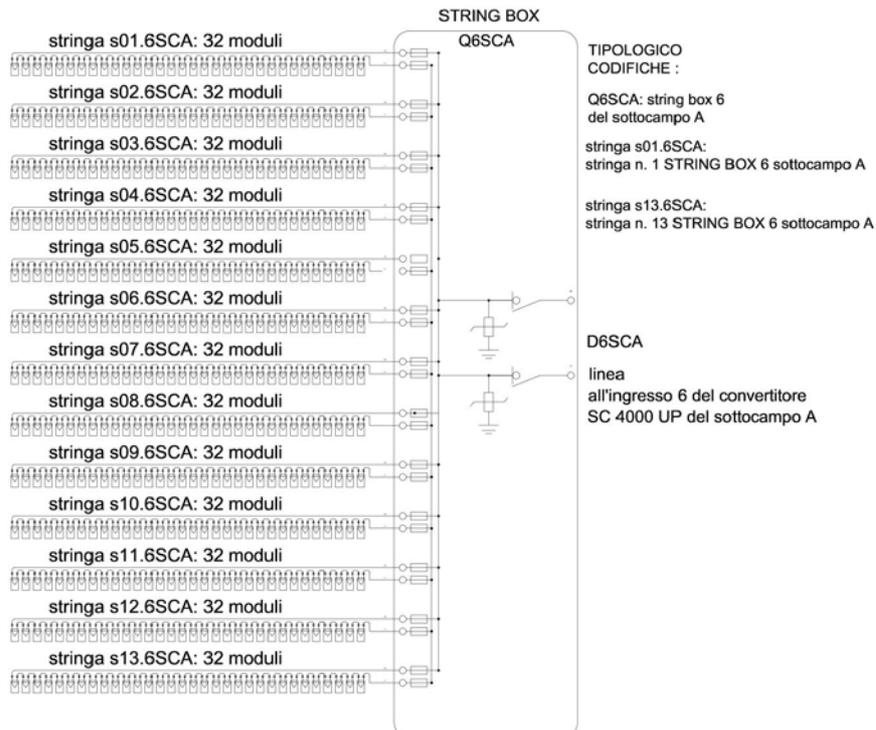
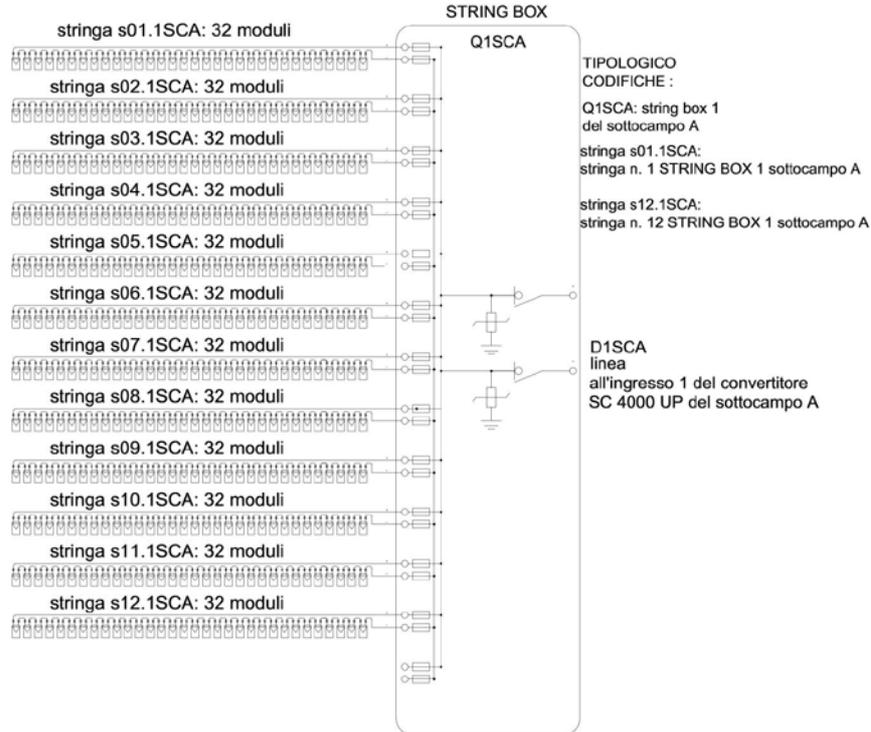
Riferimenti legislativi:

- Testo Unico Sicurezza 81/08.
- DM 14/01/08 Norme tecniche per le costruzioni.
- DPR n. 462 del 22/10/01 "Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi".

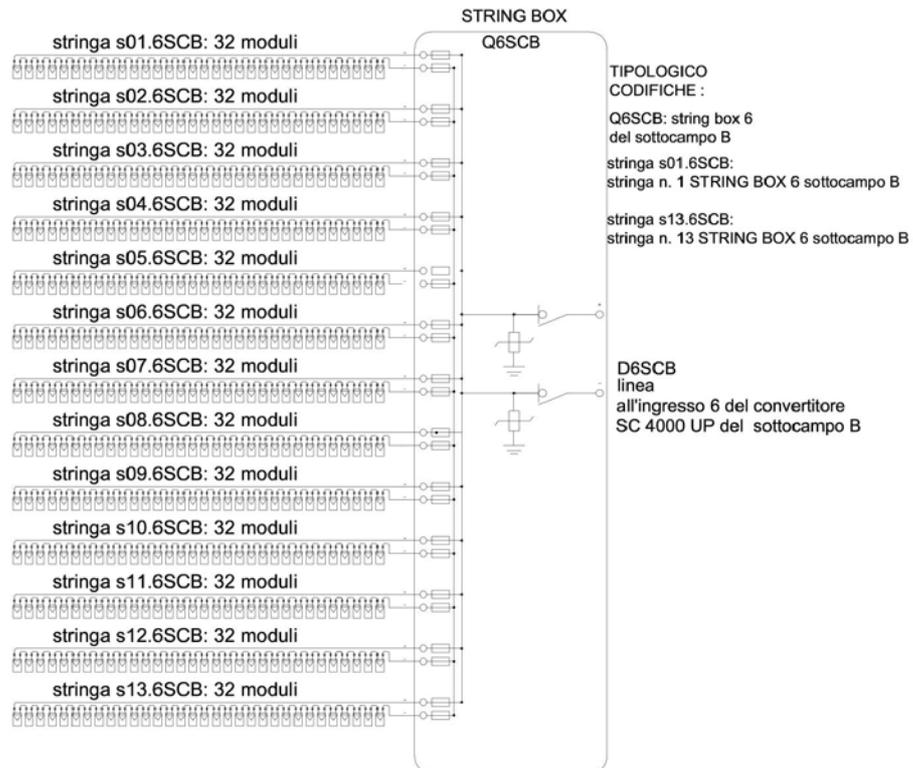
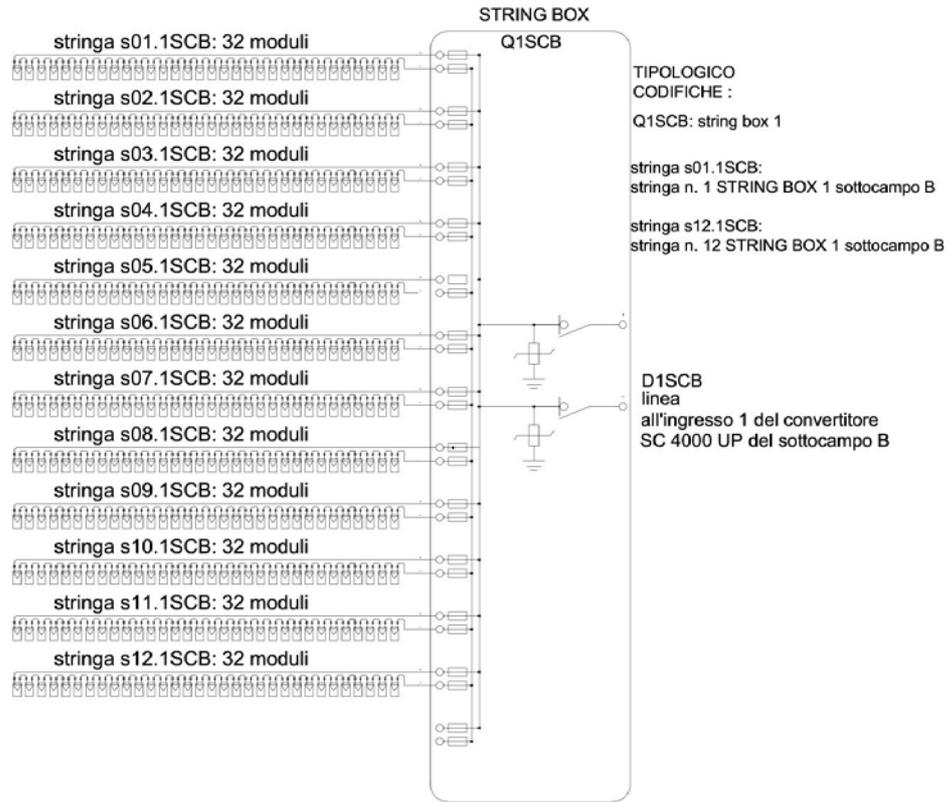


2.4 Configurazioni Sottocampi Fotovoltaici

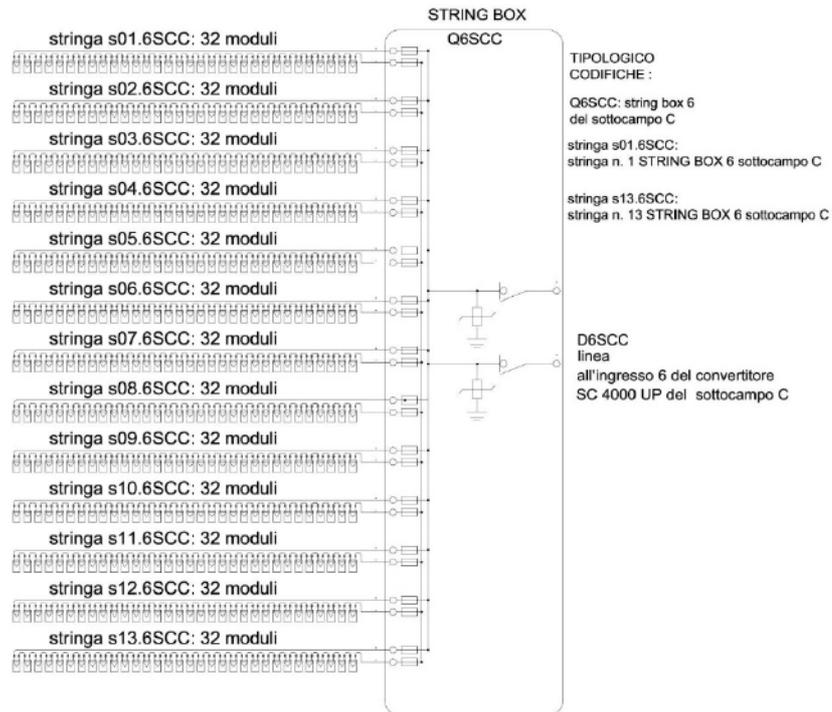
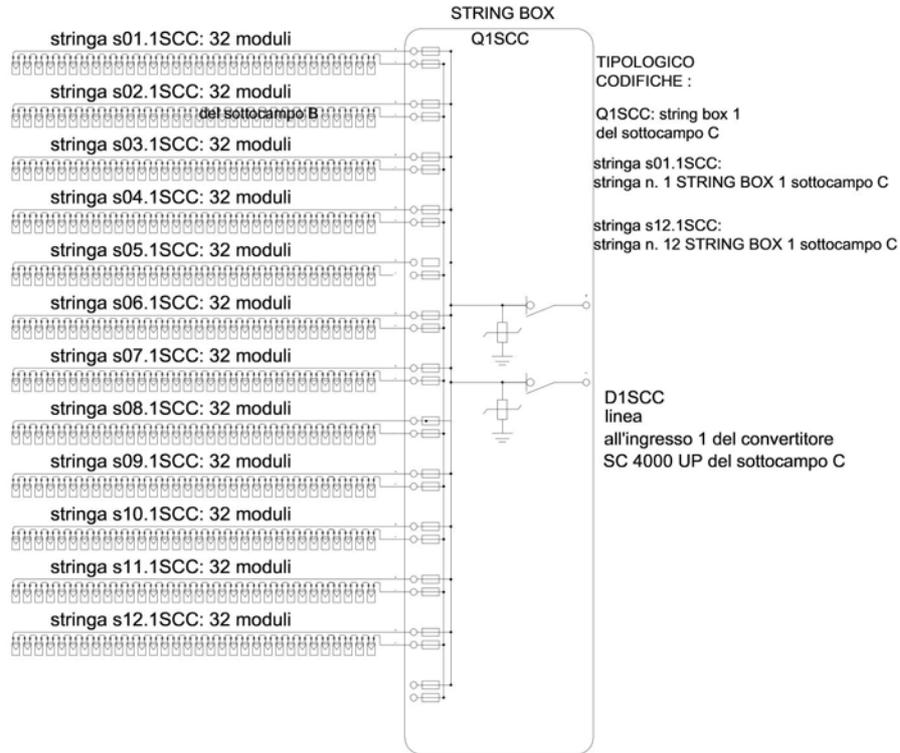
SOTTOCAMPO - A



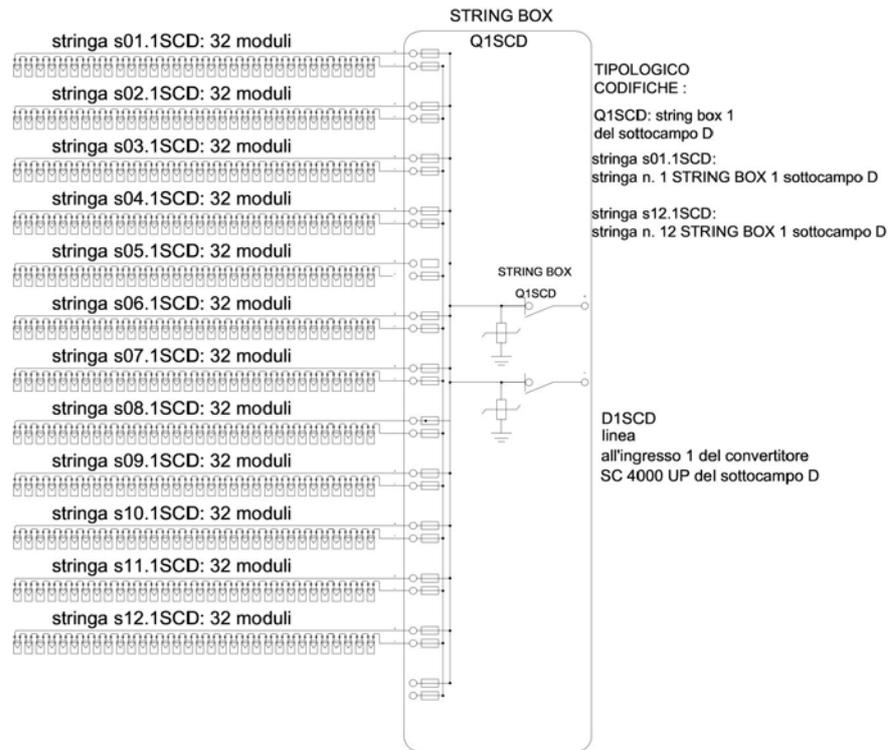
SOTTOCAMPO - B

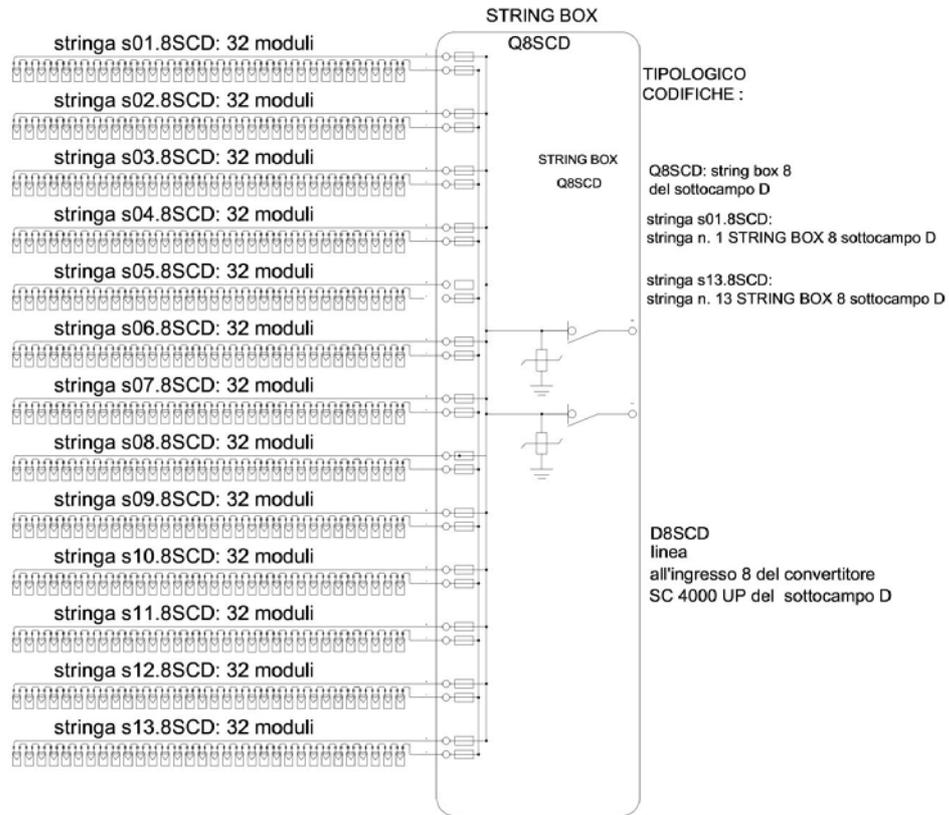


SOTTOCAMPO - C



SOTTOCAMPO - D





2.5 Collegamento dalla Cabina Generale Utente 30 kV alla SE 30/150 kV

I cavi oggetto di questo dimensionamento saranno utilizzati per la distribuzione di energia in MT con le seguenti caratteristiche elettriche e tipo di posa.

- *Tensione nominale:* 30kV
- *Frequenza nominale:* 50Hz
- *Tensione di isolamento:* 36kV
- *In tubo interrato*

Cavi a Elica visibile Tipo **ARE4H1RX – 18/30 kV**

- *Formazione:* 2x(3x1x300)
- *Portata di Corrente interrato a 20°C:* 469 A
- $R_i = 1 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- *Tensione di isolamento U0/U:* 18/30 kV;
- *Sezioni:* 300 mm²;
- *Temperatura massima di esercizio:* 90° C;
- *Temperatura minima di posa:* 0° C;
- *Max temperatura di Corto-Circuito:* 250° C;
- U_{max} : 36 kV;



Caratteristiche Particolari:

Cavi di Media Tensione non propagante la fiamma

Condizioni di impiego:

installazioni in canale interrato; tubo interrato; interro diretto; aria libera; interrato con protezione.

Norme di riferimento:

- ✓ Costruzioni e requisiti: IEC 60502-2;
- ✓ Propagazione Fiamma: CEI 20-35;



2.6 Dimensionamento cavi in MT 30 kV lato SE – Configurazioni MT Impianto fotovoltaico

Il cavo MT è stato dimensionato in modo che esso sia in grado di resistere alle sollecitazioni termiche in caso di c.to e alla portata. Per il dimensionamento al corto circuito si è utilizzata la formula della sezione minima, derivata dall'integrale di joule:

$$K^2 S^2 \geq I^2 t \quad \text{da dove si ottiene} \quad S \geq (I_{cc} * \sqrt{t})/K$$

dove:

- **S**: sezione in mm²;
- **I_{cc}**: corrente di cc in ampere;
- **t**: tempo di permanenza del corto circuito in s (tempo di intervento delle protezioni);
- **K**: costante di corto circuito. Si ottiene dalla tabella 2.2.02 della norma CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica; linee in cavo”.

Assumendo i valori dei cavi isolati in gomma, con temperatura di esercizio 90°C e temperatura di Corto-Circuito di 250°C, risulta K=143;

Per il dimensionamento in corrente la portata del cavo è stata declassata considerando un coefficiente pari a 0.8 per tener conto delle condizioni di posa.

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si è utilizzata la seguente formula:

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a$$

dove:

- **T_f**: temperatura di funzionamento;
- **I_n**: corrente nominale di linea A;
- **I_z**: portata nominale del cavo A;
- **N**: numeri di conduttori per fase;
- **T_e**: temperatura di esercizio;
- **T_a**: temperatura ambiente;

Caduta di Tensione:

Per la caduta di tensione è stato stabilito il valore massimo del 4% di caduta di tensione al fine di limitare l'abbassamento delle perdite di producibilità.

2.7 Sezione minima del cavo

Per il dimensionamento al corto circuito, si considera cautelativamente, una corrente di corto circuito di linea pari alla max corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT pari a $I_{cc} = 16 \text{ kA}$; Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera un valore di $t = 0.7 \text{ s}$

$$\text{si ottiene:} \quad S = (16000 \cdot \sqrt{0.7}) / 143 \geq 93 \text{ mm}^2$$

La sezione minima commerciale immediatamente superiore che è possibile scegliere è di **95 mm²**. Questa sezione minima verrà utilizzata anche per collegare i quadri di media con i rispettivi trasformatori, essendo la corrente di corto circuito uguale per tutti i quadri MT.

2.8 Portata del cavo

Per il dimensionamento della portata si considera la corrente di massimo carico nel caso del cavo in oggetto si ha:

$$P_n = 15.681,60 \text{ kW}$$

$$\text{Quindi:} \quad I_n = P_n / (\sqrt{3} \cdot U_n) = 15.681.600 / (\sqrt{3} \cdot 30.000) = \sim 302 \text{ A};$$

Per la corrente in oggetto, e con il limite imposto dalla sezione minima, si ipotizza l'utilizzo di due terne di cavi in parallelo da $(3 \times 1 \times 300) \text{ mm}^2$ e/o equivalente, che nel caso di posa interrata a trifoglio ha una portata di 469A.

Applicando un fattore di riduzione di 0,8 otteniamo

$$I_{zc} = 469 \cdot 0,8 = 375 \text{ A};$$

mentre la I_z dei due cavi in parallelo per fase sarà pari a:

$$I_z = 375 \cdot 2 = 750 \text{ A};$$

$$I_z > I_n \quad (750 \text{ A} > 302) \text{ A};$$

2.9 Temperatura massima di esercizio del cavo

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si utilizzano i seguenti dati del cavo:

$$I_z = 750 \text{ A};$$

$$I_n = 252 \text{ A};$$

N= 2 cavi in parallelo per fase;

$T_e = 105^\circ\text{C}$ (temperatura massima di esercizio per conduttori in gomma G7);



$T_a = 30^\circ\text{C}$ (temperatura per cavi interrati);

$$T_f = [(I_n / (I_z * N))^2 * (T_e - T_a)] + T_a = [(302 / (375 * 2))^2 * (105 - 30)] + 30 = 42,2^\circ\text{C};$$

Il valore calcolato risulta inferiore alla temperatura massima di funzionamento per il cavo in oggetto, pertanto **la verifica termica ha dato esito positivo.**

2.10 Valori della caduta massima di tensione percentuale

L= lunghezza in km = 7,530 (~7.600)

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} * U_n) = 15.681.600 / (\sqrt{3} * 30.000) = \sim 302 \text{ A};$$

I valori di resistenza unitaria e reattanza, per il cavo 1*300 mm², in oggetto sono:

$$R_u = 0,111 \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,111 \Omega/\text{km}$$

Quelli totali di linea, per due cavi per fase in parallelo 1*300mm², sono:

$$R = 0,0555 \Omega/\text{km}$$

$$X = 0,0555 \Omega/\text{km}$$

$$DV = I * L * \sqrt{3} (R * \cos\phi + X * \sin\phi) = 302 * 7,530 * \sqrt{3} (0,0555 * 0,98 + 0,0555 * 0,17) = 253,42$$

$$DV\% = (253,42 / 30.000) * 100 = \sim 0,85 \%$$

Inferiore al valore fissato del 4 %.

Il Tecnico

Ing. Michele Ferrero

