

N. ELABORATO	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
21_30_PV_9PE_RMC_AU_C1RE_12_00	GENNAIO 2022	RELAZIONE CALCOLI ELETTRICI CAVIDOTTI AT	Ing. Massimiliano Pacifico	Arch. Paola Pastore	Ing. Martina Romeo

OGGETTO:

Progetto dell'impianto agro-fotovoltaico denominato "Impianto Agro-Fotovoltaico Giumenta" della potenza di 116.027,10 kWp da realizzare nel comune di Ramacca (CT)

COMMITTENTE:



9PIU' ENERGIA s.r.l.
Via Aldo Moro, 28
25043 Breno (BS)

TITOLO:

RS06REL0018A0
C1. PIANO TECNICO DELLE OPERE- IMPIANTO DI UTENZA PER LA CONNESSIONE
Relazione calcoli elettrici cavidotti AT


direttore tecnico
Ing. MARTINA ROMEO
Sede Legale: Via camazza, 81
95030 Tremestieri Etneo (CT)
cell. 340.0844798
erreduengineering@gmail.com
P.IVA: 05760710870



NOME FILE
21_30_PV_9PE_RMC_AU_C1RE_12_00

SOSTITUISCE:

SOSTITUITO DA:

CARTA:
A4

SCALA:
/

ELAB.
RE.12

INDICE

1	PREMESSA	2
2	NORME E STANDARD.....	3
3	DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI UTENZA.....	5
4	CAVIDOTTI AT	6
5	DIMENSIONAMENTO LINEA AT	7
6	CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI	9
6.1	PARAMETRI TERMICI	10
6.2	SEGNALAZIONE DELLA PRESENZA DI CAVI.....	11
6.3	PROVA DI ISOLAMENTO	11

Progetto dell'impianto agri-fotovoltaico denominato "Impianto Agri-Fotovoltaico Giumenta" della potenza complessiva di 116.027,10 kWp da realizzare nel Comune di Ramacca (CT).

1 PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto il dimensionamento dell'elettrodotto interrato AT utilizzato per la connessione dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica denominato "Impianto Agri-Fotovoltaico Giumenta", da realizzarsi nelle aree di pertinenza del Comune di Ramacca (CT).

Il nuovo impianto di produzione di energia elettrica sarà composto da n. 184.170 moduli fotovoltaici della potenza di 630 Wp, raggiungendo una potenza complessiva di 116,0271 MWp (95 MWac). Il generatore fotovoltaico sarà connesso alla stazione di utenza 150/20 kV in progetto, ubicata in area pianeggiante individuata in planimetria catastale nel foglio n. 82 particella 52 del Comune di Ramacca (CT).

In riferimento alla soluzione di connessione, l'impianto di utenza sarà collegato in antenna alla sezione a 150 kV della futura Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di Ramacca (CT). Il collegamento della cabina primaria allo stallo produttore della SE RTN sarà realizzato mediante un cavidotto AT 150 kV, le cui caratteristiche sono riportate nei paragrafi successivi della presente relazione.

2



2 NORME E STANDARD

Principali riferimenti normativi assunti nella progettazione:

- D. Lgs. n. 387 del 29 dicembre 2003 in attuazione della Direttiva 2001/77/CE sulla promozione delle fonti rinnovabili;
- Legge 3 agosto 2007, n. 123 "Misure in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro e delega al Governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia", ad eccezione degli articoli 2, 3, 5, 6 e 7, abrogati dal D. Lgs. n. 81/2008;
- D. Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008 (S. O. n. 108 alla G. U. n. 101 del 30 aprile 2008): Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007 n. 123 in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro;
- D. P. R. 19 marzo 1956 n. 302, "Norme di prevenzione degli infortuni sul lavoro integrative di quelle generali emanate con il D.P.R. del 27 aprile 1955 n. 547";
- D. P. R. n. 380 del 6 giugno 2001 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia) e D. L.vo n. 301 del 27 dicembre 2002 (Modifiche ed integrazioni al D.P.R. n. 380 del 6 giugno 2001).
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare del 29 maggio 2008 (approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti),
- D. Lgs. 528/1999, concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei e mobili.

3

Le Norme del CEI e della IEC assunte nella progettazione sono le seguenti:

- CEI 0-16 "Regole tecniche di connessione (RTC) per utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica";
- CEI 64-8 (IEC 60364), (Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata ed a 1500 V in corrente continua) nei seguenti fascicoli:
 - CEI 64-8/1, fascicolo 8608: oggetto, scopo e principi fondamentali;
 - CEI 64-8/2, fascicolo 8609: definizioni;
 - CEI 64-8/3, fascicolo 8610: caratteristiche generali;
 - CEI 64-8/4, fascicolo 8611: prescrizioni per la sicurezza;
 - CEI 64-8/5, fascicolo 8612: scelta ed installazione dei componenti elettrici;
 - CEI 64-8/6, fascicolo 8613: verifiche;
 - CEI 64-8/7, fascicolo 8614: ambienti ed applicazioni particolari.
- CEI 11-37 (Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV), edizione seconda del luglio 2003, fascicolo n. 6957.
- IEC 61936 - Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.

Progetto dell'impianto agri-fotovoltaico denominato "Impianto Agri-Fotovoltaico Giumenta" della potenza complessiva di 116.027,10 kWp da realizzare nel Comune di Ramacca (CT).

- CEI 11-17, fascicolo 558 (Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - linee in cavo).
- CEI 11-18, fascicolo 604 (Dimensionamento degli impianti in relazione alle tensioni);
- CEI 20-22, fascicolo 1025 (prova dei cavi non propaganti l'incendio);
- CEI 20-35, fascicolo 688 (Parte I: prova di non propagazione della fiamma sul singolo cavo verticale);
- CEI 20-36, fascicolo 689 (prova di resistenza al fuoco dei cavi elettrici);
- CEI 20-37, fascicolo 739 (prove sui gas emessi durante la combustione);
- CEI 23-8, fascicolo 335 (tubi protettivi rigidi in polivinilcloruro e accessori);
- CEI 23-14, fascicolo 297 (tubi flessibili in PVC e loro accessori);
- CEI 23-18, fascicolo 532 (interruttori differenziali per usi domestici e similari);
- CEI 23-25, fascicolo 1176 (tubi per le installazioni elettriche - Parte I: Prescrizioni generali);
- CEI 23-28, fascicolo 1177 (tubi per le installazioni elettriche - Parte II: norme particolari per tubi);
- EN ISO/IEC 17025 sugli organismi di accreditamento dei laboratori di certificazione;
- CEI 11-27, terza edizione del febbraio 2005, fascicolo n. 7522: Lavori su impianti elettrici;
- CEI 11-48 (CEI EN 50110-1), seconda edizione, fascicolo n. 7523 del febbraio 2002: Esercizio degli impianti elettrici;
- CEI 11-49 (CEI EN 50110-2), fascicolo n. 4806 del 1998: Esercizio degli impianti elettrici (allegati nazionali);

Dovranno essere rispettate le norme e tabelle UN. EL., le norme e tabelle UNI, l'elenco aggiornato dei materiali e degli apparecchi ammessi al marchio IMQ, le pubblicazioni IEC, i documenti di armonizzazione (HD) e le norme (EN) europee CENELEC, le pubblicazioni CEI - CECC.

Progetto dell'impianto agri-fotovoltaico denominato "Impianto Agri-Fotovoltaico Giumenta" della potenza complessiva di 116.027,10 kWp da realizzare nel Comune di Ramacca (CT).

3 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI UTENZA

La sottostazione AT/MT di nuova realizzazione avrà una potenza nominale installata di 100 MVA e sarà collocata nell'area corrispondente alla particella 156 foglio 130 del Comune di Ramacca (CT).

L'impianto fotovoltaico, attraverso la rete elettrica a 20 kV, sarà connesso alla stazione di utenza per la trasformazione del livello di tensione da 20 kV a 150 kV. L'energia prodotta viene trasportata fino al punto di consegna della rete di trasmissione nazionale mediante una linea in cavo interrato a 150 kV che si attesterà allo stallo produttore della sezione a 150 kV della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) RTN 380/150 kV di Ramacca (CT).

5

Le opere di connessione comprendono i seguenti impianti:

- n.1 stallo di trasformazione 150/20 kV per la connessione dell'impianto fotovoltaico in progetto di proprietà 9Più Energia s.r.l., codice pratica 202000335;
- cavidotto 150 kV con lunghezza di circa 5,61 km che realizza il collegamento della stazione di utenza allo stallo produttore RTN.

La sezione in alta tensione della stazione elettrica di elevazione si compone dei seguenti apparati:

- n. 1 trasformatore 150/20 kV;
- n. 3 trasformatori di corrente (fiscale e protezione);
- n. 1 interruttore automatico tripolare, isolato in SF6 con comando unipolare;
- n. 3 trasformatori di tensione (fatturazione e protezione);
- n. 1 sezionatore di isolamento rotativo tripolare;
- n. 6 scaricatori di sovratensione.

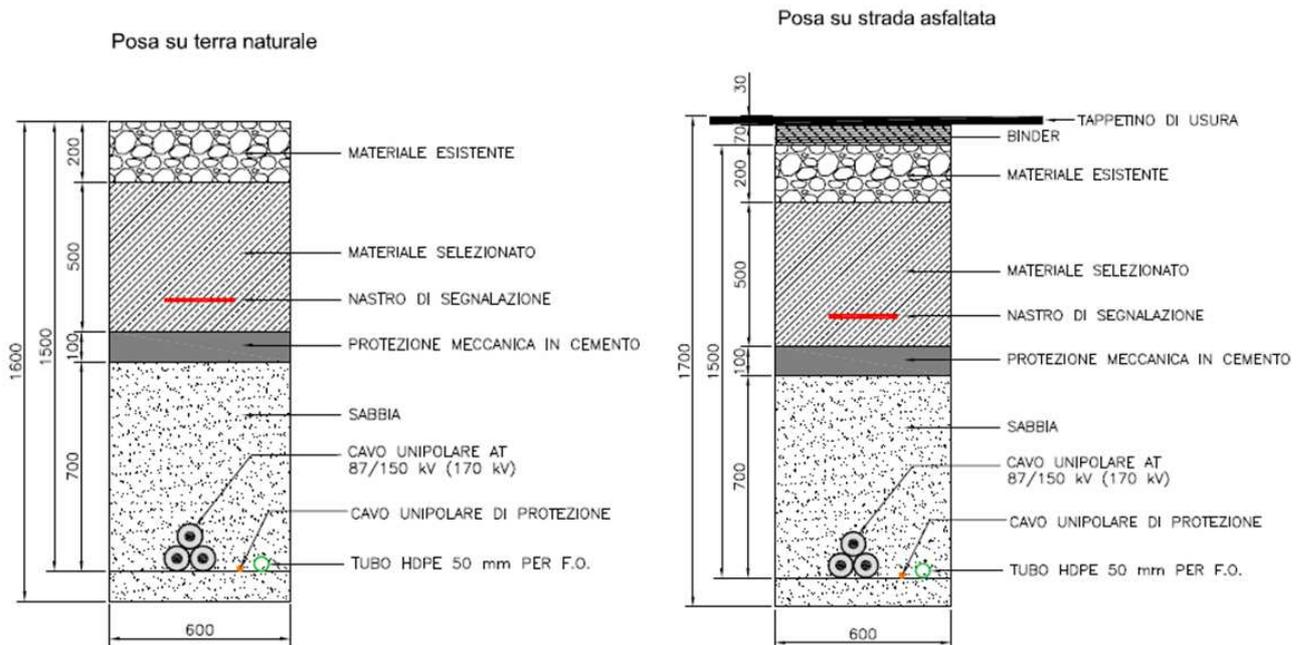


4 CAVIDOTTI AT

La connessione della stazione di utenza AT/MT allo stallo produttore della SE RTN sarà realizzato mediante un cavidotto in alta tensione a 150 kV. Gli elettrodotti interrati saranno composti da una terna di cavi disposti a trifoglio della sezione di 630 mm², il conduttore sarà a corda rotonda compatta di alluminio, isolamento in XLPE, adatto ad una temperatura di esercizio massima continuativa del conduttore pari a 90 °C, schermo a fili di rame con sovrapposizione di una guaina in alluminio saldato e guaina esterna in PE grafitato, con livello di isolamento verso terra e tra le fasi pari a $U_0/U = 87/150$ kV. Lo schermo metallico è dimensionato per sopportare la corrente di cortocircuito per la durata specificata. Il rivestimento esterno del cavo ha la funzione di proteggere la guaina metallica dalla corrosione. Lo strato di grafite è necessario per effettuare le prove elettriche dopo la posa, in accordo a quanto previsto dalla norma IEC 62067.

I cavi saranno posati in trincea con disposizione a trifoglio su di un letto di sabbia dello spessore di 10 cm circa, il piano di posa avrà una profondità di 1,5 m. I cavi saranno ricoperti sempre con sabbia per uno strato di 70 cm, sopra il quale sarà posata una lastra in cemento armato avente funzione di protezione meccanica dei cavi. Alla profondità di circa 50 cm sarà posato un nastro in PVC di colore rosso con funzione di segnalazione, riportante la scritta "ELETTRDOTTO A.T. 150.000 V". All'interno della trincea è prevista l'installazione di n°1 tubo PEHD Ø 50 mm per l'eventuale posa di cavo di comunicazione a fibra ottica, oltre a un cavo unipolare in rame con guaina in PVC a protezione del cavo AT.

Figura 1 | Tipici di posa cavo AT



5 DIMENSIONAMENTO LINEA AT

La sezione dei cavi è stata verificata in riferimento alla caduta di tensione e alla corrente di normale utilizzo. Il dimensionamento delle condutture elettriche deve essere tale da mantenere, in condizioni normali di esercizio, la caduta di tensione entro i limiti ammessi e definiti.

La caduta di tensione sulla linea è calcolata con la seguente formula:

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

nella quale:

- L = lunghezza della linea espressa in km
- I = corrente di impiego espressa in A
- R = resistenza (a 90°) della linea in Ω/km
- X = reattanza della linea in Ω/km
- $\cos \varphi$ = fattore di potenza (nei calcoli si considera $\cos \varphi = 0,9$)
- K = 1,732 per linee trifasi.

In percentuale si ha:

$$\Delta V\% = (\Delta V/V_n) \times 100$$

dove:

- V = caduta di tensione;
- V_n = tensione nominale della linea.

Relativamente alla caduta di tensione è buona prassi limitarne la perdita a valori prossimi al 4%. Una eccessiva caduta di tensione determina elevate perdite di energia attraverso i cavi pregiudicando l'efficienza dell'impianto eolico.

Se un cavo di determinata sezione, calcolata secondo i criteri di dimensionamento espressi, soddisfa le verifiche, si ritiene idoneo all'impiego nelle condizioni di posa specificate.

Si riportano di seguito i risultati del dimensionamento dei conduttori AT in riferimento alla sezione e portata in corrente per la posa interrata.

I coefficienti di calcolo per la portata dei cavi (profondità di posa, condizioni termiche, ecc.) sono stati assunti secondo le seguenti ipotesi:

- C_i : resistività termica del terreno pari a $1,5^\circ\text{K m/W}$
- C_a : temperatura terreno pari a 25°C ;

Progetto dell'impianto agri-fotovoltaico denominato "Impianto Agri-Fotovoltaico Giumenta" della potenza complessiva di 116.027,10 kWp da realizzare nel Comune di Ramacca (CT).

- Cd: coefficiente relativo alla profondità di posa (1,5 m);
- Cg: coefficiente relativo alla distanza tra i conduttori (a contatto).

La scelta della sezione è stata effettuata considerando che il cavo deve avere una portata I_z uguale o superiore alla corrente di impiego I_b del circuito.

Tabella 1 | Dimensionamento linea AT

8

TRATTO		LUNGH. (m)	FORMAZ.	TIPO	I _n (A)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	I _b (A)	C _a	C _d	C _g	C _i	I _z (A)	ΔV (V)	ΔV (%)
DA	A														
SSE 150/20 kV 9Più Energia s.r.l.	SE RTN 380/150 kV	5610	3x1x630	Al	643	0,062	0,132	407	0,96	0,97	1,00	0,84	503	447,43	0,30



6 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI

Le caratteristiche principali del sistema elettrico in alta tensione sono:

- sistema elettrico 3 fasi – c.a.
- frequenza 50 Hz
- Tensione nominale 150 kV
- tensione massima 170 kV

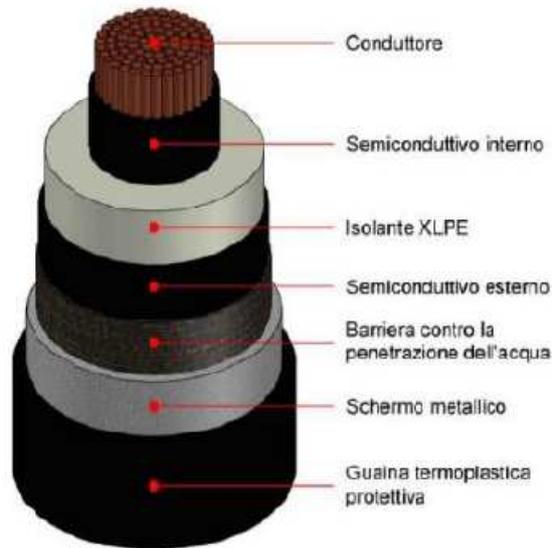
Tensione di isolamento del cavo: dalla tab. 4.1.6 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema, la tensione di isolamento è: $U_0 = 87 \text{ kV}$.

Temperature massime di esercizio e di cortocircuito: dalla tab. 4.2.2.a della norma CEI 11-17 per cavi con isolamento estruso in polietilene reticolato la massima temperatura di esercizio è di 90°C mentre quella di cortocircuito è di 250°C .

Caratteristiche funzionali e costruttive: i cavi in progetto, con isolamento in XLPE e conduttore in alluminio, sono formati secondo il seguente schema costruttivo:

- Conduttore a corda rigida rotonda, compatta e tamponata di alluminio;
- Schermo semiconduttore;
- Isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato estruso insieme ai due strati semiconduttivi;
- Schermo semiconduttore;
- Dispositivo di tamponamento longitudinale dell'acqua;
- Schermo metallico, in piombo o alluminio, o a fili di rame ricotto o a fili di alluminio non stagnati opportunamente tamponati, o in una loro combinazione, e deve contribuire ad assicurare la protezione meccanica del cavo, assicurare la tenuta ermetica radiale, consentire il passaggio delle correnti corto circuito;
- Rivestimento protettivo esterno costituito da una guaina di PE nera e grafitata.

Figura 2 | Schema costruttivo cavo AT



6.1 PARAMETRI TERMICI

Durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, la loro temperatura per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono essere piegati o raddrizzati non deve essere inferiore a quanto specificato dal produttore del cavo.

Per la sezione dei conduttori previsti in progetto, il valore della corrente di cortocircuito deriva dal calcolo dell'integrale di Joule, che permette di ottenere l'energia specifica ammessa dal cavo tramite la seguente formula:

$$I_{cc}^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

da cui si ottiene:

$$I_{cc} = (K \cdot S) / \sqrt{t}$$

dove:

- I_{cc} corrente di corto circuito (A);
- S sezione del conduttore (mm^2);
- t durata del corto circuito (tempo di intervento delle protezioni);

Progetto dell'impianto agri-fotovoltaico denominato "Impianto Agri-Fotovoltaico Giumenta" della potenza complessiva di 116.027,10 kWp da realizzare nel Comune di Ramacca (CT).

K coefficiente che dipende dalle caratteristiche del materiale conduttore e dalla differenza di temperatura all'inizio e alla fine del corto circuito. Con temperatura del conduttore di 90°C e 250°C rispettivamente all'inizio e alla fine del cortocircuito, inoltre per i conduttori di alluminio risulta $K=92$.

Per la sezione in oggetto, il valore della corrente di cortocircuito risulta essere la seguente:

Tabella 2| Corrente di cortocircuito linea AT

SEZIONE [mm ²]	COEFFICIENTE ALLUMINIO	TEMPO MAX DI INTERVENTO DELLE PROTEZIONI [s]	I _{cc} [kA]
630	92	0,5	82

6.2 SEGNALAZIONE DELLA PRESENZA DI CAVI

Al fine di evitare danneggiamenti nel caso di scavo da parte di terzi, lungo il percorso dei cavi dovrà essere posato sotto la pavimentazione un nastro di segnalazione in polietilene.

Nell'attraversamento di aree private fino all'imbocco delle strade pubbliche dovrà essere segnalata la presenza dell'elettrodotto interrato posizionando l'opportuna segnaletica.

6.3 PROVA DI ISOLAMENTO

In seguito alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento dei cavi AT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le CEI 11-17 (paragrafo 8.4).

La prova di tensione potrà essere eseguita alla frequenza di rete applicando la tensione di esercizio trifase del sistema per la durata di 24 ore, oppure alla frequenza variabile compresa tra 20 Hz e 300 Hz applicando la tensione di 150 kV tra il conduttore e lo schermo metallico per la durata di 1 ora.

I rivestimenti protettivi saranno sottoposti alla prova di tensione in corrente continua, il valore di tensione applicata e la durata della prova devono essere conformi alle prescrizioni dell'art. 6 della Norma IEC 60229.