



REGIONE BASILICATA  
PROVINCIA DI MATERA  
COMUNE DI IRSINA



PROGETTO DI UN IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRIVOLTAICO PIANO DEL CARRO" DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI IRSINA (MT) NELLA CONTRADA DI "PIANO DEL CARRO" E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI OPPIDO LUCANO (PZ) CON POTENZA PARI A 19.712,16 kWp (18.200,00 kW IN IMMISSIONE) INTEGRATO CON TECNOLOGIA STORAGE.

PROGETTO DEFINITIVO

DIMENSIONAMENTO DEI CAVI MT E CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE



livello prog.	GOAL	tipo doc.	N° elaborato	N° foglio	NOME FILE	DATA	SCALA
PD					IRS_A1. A11.1	04.08.2021	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO



PROPONENTE:

IOTA PEGASO S.R.L.  
Via Mercato 3, 20121 Milano (MI)  
CF:11467120967

ENTE:

PROGETTAZIONE:

HORIZONFIRM

Ing. D. Siracusa  
Ing. A. Costantino  
Ing. C. Chiaruzzi  
Arch. A. Calandrino  
Arch. M. Gullo  
Arch. S. Martorana  
Arch. F. G. Mazzola  
Arch. P. Provenzano  
Ing. G. Buffa  
Ing. G. Schillaci  
Arch. Y. Kokalah  
Arch. G. Vella



IL PROGETTISTA

# **Dimensionamento dei cavi MT e calcolo delle cadute di tensione**

## Sommario

<b>Premessa .....</b>	<b>3</b>
<b>Dimensionamento dei cavi .....</b>	<b>4</b>
<b>Linee D'Impianto.....</b>	<b>5</b>
<b>Linea MT n° 1 .....</b>	<b>5</b>
<b>Linea MT n° 2 .....</b>	<b>6</b>
<b>Linea MT n° 3 .....</b>	<b>7</b>
<b>Dorsale MT .....</b>	<b>8</b>
<b>Calcolo delle cadute di tensione.....</b>	<b>9</b>
<b>Linee MT interne al campo: .....</b>	<b>10</b>
<b>Linea MT n° 1 .....</b>	<b>10</b>
<b>Linea MT n° 2 .....</b>	<b>10</b>
<b>Linea MT n° 3 .....</b>	<b>10</b>
<b>Dorsali di collegamento tra la cabina di raccolta e la Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT.....</b>	<b>11</b>

## **Premessa**

La presente relazione tecnica è parte integrante del progetto definitivo del Parco Fotovoltaico che la Società Iota Pegaso S.r.l. intende realizzare nel territorio comunale di Irsina (MT) in località “Piano del Carro”, ed ha per oggetto il dimensionamento e il calcolo delle cadute di tensione che si verificheranno, durante l’esercizio, negli elettrodotti di media tensione in cavo interrato che fanno parte delle Opere Elettriche di Utenza necessarie per la connessione dell’impianto alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale RTN.

In particolare, il calcolo è stato effettuato con riferimento ai seguenti componenti di impianto:

- elettrodotti a struttura radiale, interni al campo fotovoltaico, che partendo dalle cabine di raccolta alimentano le cabine di trasformazione MT/BT;
- elettrodotti di collegamento tra la Cabina di raccolta e il quadro elettrico generale di media tensione installato all’interno del locale MT della Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT.

## Dimensionamento dei cavi

Il dimensionamento dei cavi, è stato condotto applicando il criterio termico, in base al quale il cavo deve avere una sezione tale per cui la sua portata ( $I_z$ ), nelle condizioni di posa previste dal progetto, sia almeno uguale alla corrente di impegno del circuito ( $I_B$ ).

La portata di un cavo, come è noto, dipende dai parametri che influiscono sul bilancio termico a regime e dunque dalla potenza termica sviluppata (sezione e resistività del conduttore), dalla potenza termica ceduta all'ambiente circostante (condizioni di posa) e dal tipo di isolante.

In fase di progettazione definitiva, sono state ipotizzate le seguenti condizioni di posa:

- Profondità di posa pari a 1,2 m;
- Resistività termica del terreno pari a 1 °K m/W;
- Temperatura di posa pari a 20°C;
- Numero di circuiti presenti all'interno della stessa trincea di scavo pari a 3, dato che in parte, la trincea di scavo verrà condivisa (per maggiori dettagli si rimanda alle tavole di progetto allegate);

In questa fase della progettazione, si è scelto di utilizzare cavi tripolari ad elica visibile del tipo ARE4H5EX 18/30kV e di posarli direttamente nel terreno, senza la necessità di protezioni meccaniche supplementari.

Definita la tipologia di cavo e le condizioni di posa, ai fini del corretto dimensionamento dei circuiti, è stata applicata la seguente relazione:

$$I_B \leq I_z = I_{zo} K_1 K_2 K_3 K_4 \quad (1)$$

dove:

- $I_B$  è la corrente di impiego del circuito;
- $I_z$  è la portata del cavo nelle condizioni di posa previste dal progetto;
- $I_{zo}$  è la portata del cavo in condizioni di posa standard, desumibile dalle schede tecniche fornite dai costruttori;
- $K_1$  è il fattore di correzione della portata per profondità di posa diversa da 1,2m;
- $K_2$  è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui la temperatura di posa è diversa da 20°C;
- $K_3$  è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui la resistività termica del terreno sia diversa da 1 °K m/W;

- $K_4$  è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui all'interno della stessa trincea di scavo sono presenti più circuiti elettricamente indipendenti.

Il calcolo della corrente di impiego  $I_B$  di ciascuna linea, è stato condotto considerando prudenzialmente la condizione di esercizio più gravosa, che prevede la contemporanea erogazione della potenza apparente nominale DEI TRASFORMATORI interconnessi (tenendo però in considerazione che l'impianto fotovoltaico e la parte storage dell'impianto saranno gestiti secondo delle logiche ad interblocco per cui non immetteranno MAI energia in rete contemporaneamente), mentre i valori dei coefficienti correttivi della portata sono stati ricavati dalla Norma CEI-UNEL 35026.

I risultati ottenuti vengono di seguito riportati.

## **Linee D'Impianto**

Di seguito l'analisi dettagliata delle linee MT che sviluppano nell'impianto, per maggiori dettagli circa la suddivisione fisica ed elettrica dell'impianto si rimanda alle Tavole di elaborato Grafiche ed allo schema elettrico unifilare.

### **Linea MT n° 1**

Come facilmente riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, la linea MT n° 1 in uscita dalla cabina di raccolta, alimenta in entra-esce le cabine di Trasformazione 1 e 2.

Tenendo conto delle condizioni di posa previste dal progetto, e considerando che la linea condividerà parte della trincea di scavo (fattore correttivo  $K_4 = 0,85$ , distanziati 25cm), la prima sezione commerciale che consente di soddisfare la (1) è quella di seguito riportata:

$$S = 3 \times 1 \times 150 \text{ mm}^2;$$

$$I_{zo} = 312 \text{ A};$$

$$I_z = 265 \text{ A};$$

$$r = 0,206 \text{ } \Omega/\text{km};$$

$$x = 0,124 \text{ } \Omega/\text{km}.$$

La sezione scelta, è stata verificata anche dal punto di vista della sollecitazione termica in occasione di guasto, attraverso l'applicazione della relazione di seguito riportata:

$$S \geq (I \sqrt{t}) / K$$

dove:

- S è la sezione del cavo scelto;
- I è la corrente di cortocircuito trifase, assunta prudenzialmente pari a 12,5 kA;
- K è un coefficiente che dipende dal tipo di conduttore (rame o alluminio);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione, prudenzialmente assunto pari a 1 sec;

ottenendo esisto positivo.

## **Linea MT n° 2**

Come facilmente riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, la linea MT n° 2 in uscita dalla cabina di raccolta, alimenta in entra-esci le cabine di Trasformazione 2 e 3.

Tenendo conto delle condizioni di posa previste dal progetto, e considerando che la linea condividerà parte della trincea di scavo (fattore correttivo  $K_4 = 0,85$ , distanziati 25cm), la prima sezione commerciale che consente di soddisfare la (1) è quella di seguito riportata:

$$S = 3 \times 1 \times 150 \text{ mm}^2;$$

$$I_{zo} = 312 \text{ A};$$

$$I_z = 265 \text{ A};$$

$$r = 0,206 \text{ } \Omega/\text{km};$$

$$x = 0,124 \text{ } \Omega/\text{km}.$$

La sezione scelta, è stata verificata anche dal punto di vista della sollecitazione termica in occasione di guasto, attraverso l'applicazione della relazione di seguito riportata:

$$S \geq (I \sqrt{t}) / K$$

dove:

- S è la sezione del cavo scelto;
- I è la corrente di cortocircuito trifase, assunta prudenzialmente pari a 12,5 kA;
- K è un coefficiente che dipende dal tipo di conduttore (rame o alluminio);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione, prudenzialmente assunto pari a 1 sec;

ottenendo esisto positivo.

### Linea MT n° 3

Come facilmente riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, la linea MT n° 3 in uscita dalla cabina di raccolta, alimenta in entra-esce le Energy Station.

Tenendo conto delle condizioni di posa previste dal progetto, e considerando che la linea condividerà parte della trincea di scavo (fattore correttivo  $K_4 = 0,85$ , distanziati 25cm), la prima sezione commerciale che consente di soddisfare la (1) è quella di seguito riportata:

$$S = 2 \times (3 \times 1 \times 150) \text{ mm}^2;$$

$$I_{zo} = 624 \text{ A};$$

$$I_z = 530 \text{ A};$$

$$r = 0,206 \text{ } \Omega/\text{km};$$

$$x = 0,124 \text{ } \Omega/\text{km}.$$

La sezione scelta, è stata verificata anche dal punto di vista della sollecitazione termica in occasione di guasto, attraverso l'applicazione della relazione di seguito riportata:

$$S \geq (I \sqrt{t}) / K$$

dove:

- S è la sezione del cavo scelto;
- I è la corrente di cortocircuito trifase, assunta prudenzialmente pari a 12,5 kA;
- K è un coefficiente che dipende dal tipo di conduttore (rame o alluminio);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione, prudenzialmente assunto pari a 1 sec;

ottenendo esisto positivo.

## Dorsale MT

La dorsale di media tensione, consente di collegare la cabina di raccolta dell'impianto con lo scomparto arrivo linea del quadro elettrico di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT. Essa è stata dimensionata in funzione della potenza massima da trasmettere, assunta pari alla potenza nominale del campo fotovoltaico sotteso alla cabina di raccolta Utente.

Ipotizzando le stesse condizioni di posa previste per le linee MT interne al campo, la prima sezione commerciale che consente di soddisfare la (1) è quella di seguito riportata:

$$S = 3 \times 1 \times 400 \text{ mm}^2;$$

$$I_{zo} = 530 \text{ A};$$

$$I_z = 451 \text{ A};$$

$$r = 0,101 \text{ } \Omega/\text{km};$$

$$x = 0,106 \text{ } \Omega/\text{km}.$$

La sezione scelta, è stata verificata anche dal punto di vista della sollecitazione termica in occasione di guasto, attraverso l'applicazione della relazione di seguito riportata:

$$S \geq (I \sqrt{t}) / K$$

dove:

- S è la sezione del cavo scelto;
- I è la corrente di cortocircuito trifase, assunta prudenzialmente pari a 16 kA;
- K è un coefficiente che dipende dal tipo di conduttore (rame o alluminio);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione, prudenzialmente assunto pari a 2 sec;

ottenendo esisto positivo.

## Calcolo delle cadute di tensione

Le sezioni scelte, oltre che dal punto di vista della sollecitazione termica prodotta in occasione di guasto, sono state verificate in termini di massima caduta di tensione.

In generale, in media tensione, la caduta di tensione non costituisce un problema, salvo casi particolari, perché le portate, e dunque le cadute di tensione in valore assoluto, sono simili a quelle in bassa tensione, mentre si riduce la caduta di tensione percentuale. Ciò nonostante, l'analisi è stata condotta ugualmente, al fine di dimostrare quanto affermato.

Per una linea elettrica trifase con un solo punto di alimentazione e carico di estremità, l'espressione che consente di valutare la caduta di tensione industriale è quella di seguito riportata:

$$\Delta V = \sqrt{3} (r L I \cos\varphi + x L I \sin\varphi) \quad (2)$$

dove:

- $\Delta V$  è la caduta di tensione in valore assoluto [V];
- $r$  è la resistenza elettrica del cavo [ $\Omega/\text{km}$ ];
- $x$  è la reattanza del cavo [ $\Omega/\text{km}$ ];
- $L$  è la lunghezza della linea [km];
- $I$  è il valore efficace della corrente di linea [A];
- $\cos\varphi$  è il fattore di potenza.

Particolarizzando la (2) per il caso in esame e tenendo conto delle ipotesi progettuali adottate, sono state calcolate le cadute di tensione nelle diverse linee MT, ottenendo i risultati seguenti.

## **Linee MT interne al campo:**

### **Linea MT n° 1**

Come facilmente riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, la linea MT n° 1 in uscita dalla cabina di raccolta, alimenta in entra-esce le cabine di Trasformazione 1 e 2.

**Nel caso specifico il calcolo della Caduta di Tensione ha restituito un valore dello 0,1%**

### **Linea MT n° 2**

Come facilmente riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, la linea MT n° 2 in uscita dalla cabina di raccolta, alimenta in entra-esce le cabine di Trasformazione 2 e 3.

**Nel caso specifico il calcolo della Caduta di Tensione ha restituito un valore dello 0,12%**

### **Linea MT n° 3**

Come facilmente riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, la linea MT n° 3 in uscita dalla cabina di raccolta, alimenta in entra-esce le Energy Station.

**Nel caso specifico il calcolo della Caduta di Tensione ha restituito un valore dello 0,15%**

## Dorsali di collegamento tra la cabina di raccolta e la Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT

Nel calcolo di verifica, secondo il metodo della massima caduta di tensione, i valori usati sono:

- **potenza nominale del campo fotovoltaico** sotteso alla cabina di raccolta, nel caso specifico si è fatto riferimento alla condizione di carico più gravosa, la quale prevede la contemporanea erogazione della potenza apparente nominale da parte dei Trasformatori (nel caso specifico quelli del campo fotovoltaico). Per cui è stato possibile calcolare:

$$I_B = \frac{\sum_{i=1} Ani}{\sqrt{3} \times Vn}$$

dove:

- $I_B$  è la corrente di impiego da assumere come riferimento ai fini del dimensionamento della linea;
- $A_{ni}$  è la potenza apparente dei Trasformatori i-esima, in kVA;
- $Vn$  è la tensione nominale della linea, in kV.

Sostituendo i valori si ottiene:

$$I_B = \frac{(20000) \times 10^3}{\sqrt{3} \times 30 \times 10^3} = 385 \text{ A}$$

- lunghezza della dorsale di collegamento:

Nel caso specifico della dorsale MT  $L = 6,7 \text{ Km}$

Visto quanto detto in precedenza e nella parte introduttiva di questo capitolo circa il *Calcolo delle cadute di tensione*, applicando la (2), **il calcolo della Caduta di Tensione ha restituito un valore del 2%.**