

Oro Rinnovabile S.r.l.

Impianto agrivoltaico denominato "Argenta 1" da 68.309,3 kWp, opere connesse ed infrastrutture indispensabili

Comuni di Argenta e Portomaggiore (FE)

Progetto Definitivo Impianto Agrivoltaico ed Opere Elettriche di Utenza

Allegato C.13 - Relazione di calcolo dimensionamento cavi 36 kV



Professionista incaricato: Ing. Daniele Cavallo – Ordine Ingegneri Prov. Brindisi n.1220

Rev. 0

Settembre 2023



wood.

Indice

1	Introduzione	3
2	Dati di progetto	4
3	Criteri di calcolo	6
3.1	Calcolo della portata	6
3.2	Calcolo delle correnti di corto circuito	6
3.3	Calcolo della caduta di tensione	6
4	Risultati	7

Appendici

Appendice 01 Estratto foglio di calcolo dimensionamento cavi

Questo documento è di proprietà di Oro Rinnovabile S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di Oro Rinnovabile S.r.l.

1 Introduzione

Il presente documento descrive il calcolo preliminare di dimensionamento e la selezione dei cavi a 36 kV dell'impianto agrivoltaico "Argenta 1" e delle opere elettriche di Utenza.

Il calcolo dei campi elettromagnetici si può così suddividere:

1. Linee in cavo interrato a 36 kV (di seguito "Dorsali 36 kV"), per il collegamento dell'impianto fotovoltaico al quadro a 36 kV installato nella Cabina Utente. Trattasi di n. 3 dorsali che raccolgono l'energia proveniente dalle cabine di conversione e la convogliano fino al quadro elettrico ubicato nell'edificio della Cabina elettrica a 36 kV. In particolare, la suddivisione delle cabine di conversione (PS) sulle tre dorsali risulta come segue:
 - a. Dorsale 1: comprende le power stations C01, C02, C03, C04, C05 e C07;
 - b. Dorsale 2: comprende le power stations C06, C08, C10, C12, C14 e C16;
 - c. Dorsale 3: comprende le power stations C09, C11, C13, C15 e C17;

Le Dorsali 1 e 2 fanno capo a due cabine di raccolta (rispettivamente T01 e T02) posizionate all'interno del parco fotovoltaico in posizione baricentrica rispetto alle rispettive power stations, per ottimizzare i percorsi delle dorsali ed agevolare manovre di sezionamento e manutenzione sulle dorsali.

2. N. 2 linee in cavo interrato a 36 kV per il collegamento della Cabina Utente allo stallo arrivo produttore nella sezione a 36 kV della futura Stazione RTN 380/132/36 kV denominata "Portomaggiore". Tali linee sono costituite rispettivamente da una terna A e da una doppia terna (B1 – B2) di cavi interrati a 36 kV.

Il tracciato seguito dalle linee è chiaramente identificabile nelle seguenti tavole:

- Tav. 20a "Planimetria impianto agro-fotovoltaico con identificazione tracciato cavi e tipico posa cavi AC - interni all'impianto";
- Tav.20b "Planimetria impianto agro fotovoltaico con identificazione tracciato cavi e tipico posa cavi AC - esterni all'impianto";
- Tav. 40 "Planimetria Cabina Utente".

2 Dati di progetto

In Tabella 2-1 si riportano i dati di progetto utilizzati per il dimensionamento dei cavi.

Tabella 2-1: Dati di Progetto

Dati di progetto	Valore
Tensione di rete impianto fotovoltaico	36 kV
Materiale conduttore	Alluminio
Profondità di posa	1,2 m
Separazione tra circuiti affiancati	40 cm
Temperatura del terreno	20°C
Resistività del terreno	1,2 K·m/W
Potenza nominale power stations	2,66 – 4,00 – 4,2 – 4,4 MW
Potenza nominale c.a.	65,78 MVA
Caduta di tensione massima ammissibile per tratta	3%

La lunghezza di ogni tratta di collegamento in cavo è stata ricavata dalla planimetria generale di impianto in cui è mostrata la posizione delle cabine di conversione e il relativo percorso cavi.

La lunghezza di cavo risultante è stata quindi aumentata per tenere in considerazione le risalite nei quadri, sfridi, variazione di quota del terreno e piccole deviazioni di percorso. La voce "Lunghezza Cavo" nella tabella seguente riassume le lunghezze risultanti per ciascuna tratta (la sigla CU si riferisce al quadro 36 kV presente nella Cabina Utente).

Tabella 2-2: Calcolo lunghezze cavi per ciascuna tratta

Tratta		Distanza	Lunghezza Cavo
da	a	[m]	[m]
C04	C05	265	303
C05	C07	290	329
C07	T01	4160	4315
C02	C03	120	154
C03	C01	165	200
C01	T01	110	143
T01	CU	7845	8110
C06	T02	490	535
C16	C14	810	335
C14	T02	260	298
T02	C12	335	375
C12	C10	360	401

Tratta		Distanza	Lunghezza Cavo
da	a	[m]	[m]
C10	C08	365	406
C08	CU	10320	10660
C17	C15	385	427
C15	C13	395	437
C13	C11	360	401
C11	C09	355	396
C09	CU	10515	10860
CU	SE RTN	150	185
CU	SE RTN	150	185
CU	SE RTN	150	185

3 Criteri di calcolo

I cavi sono stati dimensionati seguendo le norme specifiche di riferimento. In particolare, la sezione dei cavi è stata scelta considerando i seguenti aspetti:

- Portata nominale
- Massima caduta di tensione ammissibile
- Tenuta al cortocircuito
- Tipologia di posa (trifoglio)
- Condizioni ambientali

3.1 Calcolo della portata

Ai fini del calcolo della portata dei cavi, sono stati considerati i seguenti coefficienti di declassamento, dipendenti dalle condizioni di posa e dalle condizioni ambientali:

- K1 (profondità di posa)
- K2 (temperatura del suolo)
- K3 (resistività termica del terreno)
- K4 (vicinanza di più terne nello scavo)

3.2 Calcolo delle correnti di corto circuito

In termini di correnti di corto circuito la sezione minima del conduttore può essere calcolata tramite la seguente equazione:

$$S_{min} = (I_{CC} \cdot \sqrt{t}) / C$$

dove:

I_{CC} = corrente di corto circuito (A)

C = coefficiente definito dalla Norma CEI 11-17

t = tempo di eliminazione del corto circuito

3.3 Calcolo della caduta di tensione

Sul percorso considerato la caduta di tensione è calcolata secondo la formula:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi) \cdot I \cdot L$$

dove R e X sono rispettivamente resistenza e reattanza al km della linea, L la lunghezza, I la corrente.

4 Risultati

I risultati del calcolo di dimensionamento sono riportati in Tabella 4-1, con evidenziate le sezioni preliminarmente scelte per il progetto (scelte in modo da limitare il numero di sezioni da utilizzare). Per ulteriori dettagli si faccia riferimento al successivo estratto del foglio di calcolo.

Tabella 4-1: Risultati dimensionamento preliminare dei cavi a 36 kV

Tratta		Lunghezza terna	Sezione selezionata	Lunghezza totali cavi	Tipologia di cavo
da	a	[m]	[mm ²]	[m]	
C04	C05	303	120	909	Unipolare
C05	C07	329	120	986	Unipolare
C07	T01	4315	120	12944	Unipolare
C02	C03	154	120	461	Unipolare
C03	C01	200	120	600	Unipolare
C01	T01	143	120	430	Unipolare
T01	CU	8110	400	24331	Unipolare
C06	T02	535	120	1604	Unipolare
C16	C14	335	120	1005	Unipolare
C14	T02	298	120	893	Unipolare
T02	C12	375	120	1125	Unipolare
C12	C10	401	120	1202	Unipolare
C10	C08	406	185	1218	Unipolare
C08	CU	10660	400	31979	Unipolare
C17	C15	427	120	1280	Unipolare
C15	C13	437	120	1311	Unipolare
C13	C11	401	120	1202	Unipolare
C11	C09	396	185	1187	Unipolare
C09	CU	10860	400	32581	Unipolare
CU	SE RTN	185	400	554	Unipolare
CU	SE RTN	185	400	554	Unipolare
CU	SE RTN	185	400	554	Unipolare

Appendice 01

Estratto foglio di calcolo dimensionamento cavi

Dati di progetto

Tensione rete MT impianto solare : 36 kV
 Materiale conduttore cavi : Alluminio
 Tipologia cavo : Shockproof
 Profondità di posa : 1,2 m
 Temperatura del terreno : 20 °C
 Resistività terreno : 1,2 °C.m/W
 Separazione circuiti : 40 cm
 Potenza nominale inverter : Pot 1: 2.66 MVA Pot 2: 4 MVA Pot 3: 4,2 MVA Pot 4: 4,4 MVA
 Fattore di potenza inverter : 1
 ΔV massima ammissibile per tratta : 3 %
 Margine sulla lunghezza complessiva dei cavi : 3 %

Definizione sezione cavi

Dorsale	Da	A	Lunghezza a teorica (m)	Lunghezza effettiva (m)	N° Power Station Connesse	N° terne affiancate	Potenza nominale						I _{tr} (A)	I _{cc} trifase (kA)	Durata cc trifase (s)	S _{min} per portata (mm ²)	S _{min} per ΔV (mm ²)	S _{min} (mm ²)	S (mm ²) selezionata	Margine utilizzo (%)	Composizione cavo	N° punti di giunzione					
							Scelta Pot.1	Scelta Pot.2	Scelta Pot.3	Scelta Pot.4	Scelta Pot.5	Scelta Pot.6															
1	C04	C05	265	303	1	2	2	0	0	0	0	0	0	64,15	69,35	20	0,5	99	35	98,8961	120	27,4	Unipolare	1	±	1	
1	C05	C07	290	329	2	2	2	2	0	0	0	0	0	128,30	138,69	20	0,5	99	35	98,8961	120	54,8	Unipolare	1	±	1	
1	C07	T01	4160	4315	3	2	2	2	2	0	0	0	0	192,45	208,04	20	0,5	95	99	35	98,8961	120	82,2	Unipolare	15	±	17
1	C02	C03	120	154	1	2	0	0	0	0	0	0	0	64,15	61,02	20	0,5	95	99	35	98,8961	120	24,1	Unipolare	0	±	0
1	C03	C01	165	200	2	1	2	3	0	0	0	0	0	131,51	125,10	20	0,5	95	99	35	98,8961	120	49,4	Unipolare	0	±	0
1	C01	T01	110	143	3	2	2	3	1	0	0	0	0	174,37	188,28	20	0,5	95	99	35	98,8961	120	74,4	Unipolare	0	±	0
1	T01	CU	7645	8110	6	3	2	2	2	2	3	1	0	366,62	441,46	20	0,5	400	99	240	400	92,4	Unipolare	29	±	32	
2	C08	T02	490	535	1	2	1	0	0	0	0	0	0	42,66	46,12	20	0,5	99	35	98,8961	120	16,2	Unipolare	1	±	2	
2	C16	C14	810	335	1	1	4	0	0	0	0	0	0	70,57	67,13	20	0,5	99	35	98,8961	120	26,5	Unipolare	1	±	1	
2	C14	T02	260	298	2	2	4	4	0	0	0	0	0	141,13	152,96	20	0,5	95	99	35	98,8961	120	60,3	Unipolare	1	±	1
2	T02	C12	335	375	3	2	1	4	4	0	0	0	0	183,79	198,68	20	0,5	95	99	35	98,8961	120	76,5	Unipolare	1	±	1
2	C12	C10	360	401	4	1	1	4	4	2	0	0	0	247,94	235,86	20	0,5	120	99	35	120	95,2	Unipolare	1	±	1	
2	C10	C08	365	406	5	1	1	4	4	2	2	0	0	312,09	296,89	20	0,5	185	99	35	185	92,8	Unipolare	1	±	1	
2	C08	CU	10320	10660	6	3	1	4	4	4	2	1	0	361,16	434,90	20	0,5	400	99	240	400	91,0	Unipolare	38	±	42	
3	C17	C15	385	427	1	1	4	0	0	0	0	0	0	70,57	67,13	20	0,5	95	99	35	120	26,5	Unipolare	1	±	1	
3	C15	C13	395	437	2	1	4	4	0	0	0	0	0	141,13	134,25	20	0,5	99	35	99	120	53,1	Unipolare	1	±	1	
3	C13	C11	360	401	3	1	4	4	2	0	0	0	0	205,28	195,28	20	0,5	95	99	35	99	77,2	Unipolare	1	±	1	
3	C11	C09	355	396	4	1	4	4	2	2	0	0	0	269,43	256,30	20	0,5	150	99	35	150	80,1	Unipolare	1	±	1	
3	C09	CU	10515	10860	5	3	4	4	2	2	2	0	0	333,58	401,68	20	0,5	300	99	35	300	84,0	Unipolare	39	±	43	
A	CU	SE RTN	150	185	1	3	5	0	0	0	0	0	0	366,62	441,46	20	0,5	400	99	240	400	92,4	Unipolare	0	±	0	
B1	CU	SE RTN	150	185	1	3	6	0	0	0	0	0	0	347,37	418,29	20	0,5	400	99	35	400	87,5	Unipolare	0	±	0	
B2	CU	SE RTN	150	185	1	3	6	0	0	0	0	0	0	347,37	418,29	20	0,5	400	99	35	400	87,5	Unipolare	0	±	0	