

**COMUNI DI ISOLA CAPO RIZZUTO E CUTRO  
PROVINCIA CROTONE**



**PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "FAUCI"**

Elaborato: FA_EL_R02	<b>RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO ELETTRICO</b>
Scala:	
Data: 15/02/2023	

<p>COMMITTENTE: ENERGIA LEVANTE s.r.l. Via Luca Gaurico – Regus Eur - Cap 00143 ROMA P.IVA 10240591007 - REA RM1219825 - <a href="mailto:energialevantesrl@legalmail.it">energialevantesrl@legalmail.it</a> SOCIETA' DEL GRUPPO</p>  <p><b>sse</b> Renewables   For a better world of energy</p> <p><a href="http://www.sserenewables.com">www.sserenewables.com</a> Tel +39 0654832107</p>	<p>PROFESSIONISTA: Ing. Rosario Mattace</p>  
--	--

N°REVISIONE	DATAREVISIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	NOTE
				Ing. Mercurio	

--

## INDICE

1 INTRODUZIONE .....	3
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
3 CALCOLI ELETTRICI .....	5
3.1 TRASFORMATORI .....	5
3.2 GENERATORI ASINCRONI .....	5
3.3 LINEE-CONNESSIONI E LUNGHEZZE .....	5
3.4 CONDIZIONI DI POSA.....	6
3.5 SCELTA DELLE SEZIONI.....	6
3.6 SEZIONI DELLE LINEE.....	6
3.7 VERIFICA A COS $\varphi=0.90$ .....	7
3.8 VERIFICA A COS $\varphi=1$ .....	9
4 VERIFICA CORTO CIRCUITO .....	10

## 1 INTRODUZIONE

Lo scopo della presente relazione è quello di presentare i risultati del calcolo dei flussi di potenza, che rappresentano la base di partenza per il dimensionamento delle linee di media tensione del progetto di un Impianto eolico.

Le linee oggetto di dimensionamento saranno:

- le linee che connettono tra loro i gruppi di produzione alla cabina di parco cosiddetta di "raccolta";
- le linee che collegano la cabina di raccolta alla sottostazione utente.

Nota la produzione **massima** delle diverse macchine è stato possibile verificare, attraverso calcoli in diverse situazioni di carico, le sezioni dei cavi in esame.

Le scelte effettuate sulle sezioni dei cavi sono state verificate nei due assetti di carico che considerano la produzione di tutti gli aerogeneratori a  $\cos\phi=0.90$  (massima erogazione di potenza reattiva induttiva) e  $\cos\phi=1$ .

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- DL n. 37 del 22/01/08 – Regolamento sul riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
- Legge 10/91 per il contenimento dei consumi energetici e relativo regolamento di attuazione DPR 412/93 integrato dal 551/99, dal 192/05 e dal 311/06.
- Norme CEI CT 11 (impianti AT/MT).
- Norme CEI CT 20 (cavi).
- Norme CEI CT 64 (impianti BT).
- Norme CEI CT 81 (sistemi parafulmine).
- Norma 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”, Ed. II 07/2008.
- TERNA: Codice di trasmissione, dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete.
- Guida Tecnica TERNA: Allegato 17 al Codice di Rete – Sistemi di controllo e protezione delle centrali eoliche [Prescrizioni tecniche per la connessione].
- Guida Tecnica TERNA: Requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN.
- Guida Tecnica GRTN: Regole transitorie per l'installazione e l'attivazione delle apparecchiature di misura dell'energia elettrica.
- Guida Tecnica TERNA: Specifica tecnica funzionale e realizzativa delle apparecchiature di misura.
- Guida Tecnica TERNA: Criteri di telecontrollo e di acquisizione dati.
- Allegato A17 Codice di Rete TERNA.

### 3 CALCOLI ELETTRICI

Le componenti dell'impianto sono le seguenti:

- 1)Trasformatori
- 3)Generatori
- 4)Linee

#### 3.1 TRASFORMATORI

NOME	Da Nodo	A nodo	Gruppo	Pn [MVA]	V1n [kV]	V2n [kV]
TR AT-MT	NODO AT	TR_AT150/30	Dyn11	48,9	150	30
TR-F1	F1	TR-F1	Dyn 5	6,2	30	0,69
TR-F2	F2	TR-F2	Dyn 5	6,2	30	0,69
TR-F3	F3	TR-F3	Dyn 5	6,2	30	0,69
TR-F4	F4	TR-F4	Dyn 5	6,2	30	0,69
TR-F5	F5	TR-F5	Dyn 5	6,2	30	0,69
TR-F6	F6	TR-F6	Dyn 5	6,2	30	0,69
TR-F7	F7	TR-F7	Dyn 5	6,2	30	0,69
TR-F8	F8	TR-F8	Dyn 5	6,2	30	0,69

#### 3.2 GENERATORI ASINCRONI

Tutti i generatori asincroni hanno una potenza nominale di 6,2MW con fattore di potenza normalmente impostato su 0,90.

#### 3.3 LINEE-CONNESSIONI E LUNGHEZZE

Le lunghezze delle linee in campo sono state determinate a seguito della definizione della posizione dei singoli gruppi.

Nome	Da Nodo	A nodo	Lunghezza(m)
L SSEU-SE TERNA	CENTRALE TERNA	STAZIONE MT/AT	318
LRACCOLTA-SSEU	STAZIONE ELETTRICA UTENTE	CABINA DI RACCOLTA	19367
<b>SOTTOCAMPO 1</b>			
Nome	Da Nodo	A nodo	Lunghezza (m)
F1-F2	F1	F2	586
F2-F3	F2	F3	942
F3-CABINA DI RACCOLTA	F3	CABINA DI RACCOLTA	4527
<b>SOTTOCAMPO 2</b>			
Nome	Da Nodo	A nodo	Lunghezza (m)
F4-F5	F4	F5	593
F5-F6	F5	F6	660
F6-CABINA DI RACCOLTA	F6	CABINA DI RACCOLTA	2510
<b>SOTTOCAMPO 3</b>			
Nome	Da Nodo	A nodo	Lunghezza (m)
F7-F8	F7	F8	1134

F8-CABINA DI RACCOLTA	F5	F6	161
-----------------------	----	----	-----

### 3.4 CONDIZIONI DI POSA

Nome	Temp. Di posa [°C]	Resistenza termica[K*m/W]	Disposizione	Isolamento	Max Temp. esercizio[°C]
L SSEU-SE TERNA	20	1	unipolari a trifoglio	XLPE	90
LRACCOLTA-SSEU	20	1	unipolari a trifoglio	XLPE	90
S1-S2	20	1	unipolari a trifoglio	XLPE	90
S2-S3	20	1	unipolari a trifoglio	XLPE	90
S3-CABINA DI RACCOLTA	20	1	unipolari a trifoglio	XLPE	90
S4-CABINA DI RACCOLTA	20	1	unipolari a trifoglio	XLPE	90

### 3.5 SCELTA DELLE SEZIONI

La scelta delle sezioni dei vari tratti di linea è stata effettuata nel modo seguente:

- La portata dei cavi, è stata valutata, sulla base delle reali condizioni di posa (si vedano le tabelle al Par. 2.4.2), con determinazione del coefficiente di riduzione della portata nominale a norma CEI 20-21 (IEC 287). In ogni caso, il valore di tale coefficiente è stato assunto cautelativamente pari ad un valore mai superiore a 0,8;
- Da un calcolo di nella condizione di carico massimo, corrispondente ad una produzione di 6.2 MW a  $\cos\phi=0.90$  per ciascun gruppo, si è ricavato il regime delle correnti nei vari tratti;

Si allegano i risultati dei calcoli nella situazione di carico massimo ( $\cos\phi=0.90$ ) e di sola generazione di potenza attiva da parte degli aerogeneratori ( $\cos\phi=1$ ).

### 3.6 SEZIONI DELLE LINEE

Nome	Tipo	S [mm <sup>2</sup> ]	Disposizione	Isolamento	Max Temp. esercizio[°C]	Materiale
L SSEU-SE TERNA	XLPE	1200	unipolari a trifoglio	XLPE	90	Alluminio
LRACCOLTA-SSEU	RHZ1 18/30 kV	630	unipolari a trifoglio	XLPE	90	Alluminio
F1-F2	RHZ1 18/30 kV	150	unipolari a trifoglio	XLPE	90	Alluminio
F2-F3	RHZ1 18/30 kV	400	unipolari a trifoglio	XLPE	90	Alluminio
F3-CABINA DI RACCOLTA	RHZ1 18/30 kV	630	unipolari a trifoglio	XLPE	90	Alluminio
F4-F5	RHZ1 18/30 kV	150	unipolari a trifoglio	XLPE	90	Alluminio
F5-F6	RHZ1 18/30 kV	400	unipolari a trifoglio	XLPE	90	Alluminio
F6-CABINA DI RACCOLTA	RHZ1 18/30 kV	630	unipolari a trifoglio	XLPE	90	Alluminio
F7-F8	RHZ1 18/30 kV	150	unipolari a trifoglio	XLPE	90	Alluminio
F8-CABINA DI RACCOLTA	RHZ1 18/30 kV	400	unipolari a trifoglio	XLPE	90	Alluminio

### 3.7 VERIFICA A COS $\varphi=0.90$

Il calcolo delle perdite di potenza e di tensione lungo i circuiti è stato impostando considerando i valori caratteristici forniti da TRIVENETA CAVI:

#### Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Ø esterno max	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
					in aria		interrato*	
n° x mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 50	8,2	8,0	36,1	1600	174	183	168	177
1 x 70	9,8	8,0	38,2	1795	218	229	207	218
1 x 95	11,45	8,0	39,7	1960	266	280	247	260
1 x 120	12,9	8,0	42,4	2245	309	325	281	296
1 x 150	14,2	8,0	43,7	2405	352	371	318	335
1 x 185	16,0	8,0	45,7	2625	406	427	361	380
1 x 240	18,4	8,0	48,3	2985	483	508	418	440
1 x 300	20,5	8,0	51,8	3345	547	576	472	497
1 x 400	23,6	8,0	55,2	4005	640	674	543	572
1 x 500	26,55	8,0	58,35	4440	740	779	621	654
1 x 630	30,1	8,0	62,8	5135	862	907	706	743

(\*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:  
 - Resistività termica del terreno: 1 K·m/W  
 - Temperatura ambiente 20°C  
 - profondità di posa: 0,8 m

#### Caratteristiche elettriche

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz Ω/km		Reattanza di fase Ω/Km		Capacità a 50Hz µF/km
		a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	
n° x mm <sup>2</sup>	Ω/Km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	µF/km
1 x 50	0,641	0,822	0,822	0,15	0,20	0,15
1 x 70	0,443	0,568	0,568	0,14	0,20	0,16
1 x 95	0,320	0,411	0,411	0,13	0,19	0,18
1 x 120	0,253	0,325	0,325	0,13	0,18	0,19
1 x 150	0,206	0,265	0,265	0,12	0,18	0,20
1 x 185	0,164	0,211	0,211	0,12	0,12	0,22
1 x 240	0,125	0,161	0,161	0,11	0,17	0,24
1 x 300	0,100	0,130	0,129	0,11	0,17	0,27
1 x 400	0,0778	0,102	0,101	0,11	0,16	0,29
1 x 500	0,0605	0,0801	0,0794	0,10	0,16	0,32
1 x 630	0,0469	0,0635	0,0625	0,099	0,16	0,36

Nome	I [A]	Portata [A] ammissibile	Carico [%]	Perdite di potenza [kW]	Perdite di potenza %	Caduta di tensione DV(V)	Caduta di tensione %	L(m)
RACCOLTA-SSEU 3 CAVI	355,38	706(630 mm <sup>2</sup> )	50,33	182,09	1,10	620,47	2,07	19367
F1-F2	132,73	318(150 mm <sup>2</sup> )	41,74	14,17	0,22	26,56	0,09	586
F2-F3	265,46	543(400 mm <sup>2</sup> )	48,88	12,91	0,10	35,05	0,11	942
F3-CABINA DI RACCOLTA	398,20	706(630 mm <sup>2</sup> )	56,40	53,43	0,28	162,51	0,54	4527
F4-F5	132,73	318(150 mm <sup>2</sup> )	41,74	14,34	0,23	26,88	0,08	593
F5-F6	265,46	543(400 mm <sup>2</sup> )	48,88	9,04	0,07	24,55	0,08	660

F6-CABINA DI RACCOLTA	398,20	706(630 mm <sup>2</sup> )	56,40	29,62	0,16	90,10	0,30	2510
F7-F8	132,73	318(150 mm <sup>2</sup> )	41,74	27,43	0,44	51,40	0,17	1134
F8-CABINA DI RACCOLTA	265,46	543(400 mm <sup>2</sup> )	48,88	2,20	0,01	5,99	0,02	161

<b>Perdite di Potenza cavidotto interno al parco[kW]</b>	<b>Cadute di tensione cavidotto interno al parco[V]</b>	<b>Perdite di Potenza cavidotto di collegamento alla SSEU[kW]</b>	<b>Cadute di tensione cavidotto di collegamento alla SSEU [V]</b>
<b>163,20</b>	<b>423,05</b>	<b>546,27</b>	<b>1861,43</b>
<b>Perdite di Potenza cavidotto interno al parco[%]</b>	<b>Cadute di tensione cavidotto interno al parco [%]</b>	<b>Perdite di Potenza cavidotto di collegamento alla SSEU [%]</b>	<b>Cadute di tensione cavidotto di collegamento alla SSEU [%]</b>
<b>1,54%</b>	<b>1,41%</b>	<b>3,34%</b>	<b>6,20%</b>

### 3.8 VERIFICA A COS $\varphi=1$

Il calcolo delle perdite di potenza e di tensione lungo i circuiti è stato impostando considerando i valori caratteristici forniti da TRIVENETA CAVI:

Nome	I [A]	Portata [A] ammissibile	Carico [%]	Perdite di potenza [kW]	Perdite di potenza %	Caduta di tensione DV(V)	Caduta di tensione %	L(m)
RACCOLTA-SSEU 3 CAVI	319,84	706(630 mm <sup>2</sup> )	45,30	147,50	0,88	502,60	1,67	19367
F1-F2	119,46	318(150 mm <sup>2</sup> )	37,56	11,48	0,18	24,94	0,08	586
F2-F3	238,92	543(400 mm <sup>2</sup> )	44,00	10,45	0,08	30,29	0,10	942
F3-CABINA DI RACCOLTA	358,38	706(630 mm <sup>2</sup> )	50,76	43,28	0,23	131,63	0,44	4527
F4-F5	119,46	318(150 mm <sup>2</sup> )	37,56	11,62	0,18	25,24	0,08	593
F5-F6	238,92	543(400 mm <sup>2</sup> )	44,00	7,32	0,059	21,22	0,07	660
F6-CABINA DI RACCOLTA	358,38	706(630 mm <sup>2</sup> )	50,76	24,00	0,13	72,98	0,24	2510
F7-F8	119,46	318(150 mm <sup>2</sup> )	37,56	22,22	0,35	48,27	0,16	1134
F8-CABINA DI RACCOLTA	238,92	543(400 mm <sup>2</sup> )	44,00	1,78	0,014	5,17	0,017	161

Perdite di Potenza cavidotto interno al parco[kW]	Cadute di tensione cavidotto interno al parco[V]	Perdite di Potenza cavidotto di collegamento alla SSEU[kW]	Cadute di tensione cavidotto di collegamento alla SSEU [V]
132,18	359,78	442,48	1507,69
Perdite di Potenza cavidotto interno al parco[%]	Cadute di tensione cavidotto interno al parco [%]	Perdite di Potenza cavidotto di collegamento alla SSEU [%]	Cadute di tensione cavidotto di collegamento alla SSEU [%]
1,25%	1,20%	2,66%	5,02%

#### 4 VERIFICA CORTO CIRCUITO

La sezione del cavo viene scelta in maniera tale che la temperatura raggiunta per effetto della sovracorrente non sia dannosa, come entità e durata, per l'isolamento o per gli altri materiali con cui il conduttore è in contatto o in prossimità. Qualora la sovracorrente sia praticamente costante e il fenomeno termico sia di breve durata (cortocircuito) in modo da potersi considerare di puro accumulo (regime adiabatico), il cavo risulta protetto se è soddisfatta la seguente relazione (integrale di Joule):

$$\int_0^{t_g} i^2 dt \leq K^2 S^2$$

dove

$i$  = valore istantaneo della corrente di cortocircuito

$$\int_0^{t_g} i^2 dt = \text{energia specifica passante nel dispositivo di protezione}$$

$t_g$  = tempo d'interruzione del guasto (tempo d'apertura dei contatti + tempo d'estinzione dell'arco elettrico) = 0,25 s

$S$  = Sezione del cavo

$K^2 S^2$  = energia ammissibile dal cavo (ipotesi di sistema adiabatico)

$K$  è una costante caratteristica del cavo indicata nelle norme (CEI11-17)- $K=92$  nel nostro caso. Nell'ipotesi che il fenomeno abbia una durata superiore ad un decimo di secondo è sufficientemente verificata la seguente relazione:

$$I_{cc}^2 \cdot t_g \leq K^2 S^2$$

$I_{cc}$  = valore efficace della componente simmetrica della corrente di cortocircuito

L'espressione della corrente di cortocircuito rispetto alla quale deve essere eseguita la verifica della sezione del cavo è la seguente:

$$I_{cc} = I_{ccrete} + I_{ccutente}$$

##### **I<sub>ccrete</sub>:**

è il contributo alla corrente di corto circuito dovuto alla rete MT presente a monte del punto di corto circuito; si assume il valore massimo per rete in MT  $I_{ccrete}$ : 12,5kA (valore fornito da Enel distribuzione)

##### **I<sub>ccparco</sub>:**

è il contributo dovuto all'impianto di produzione dell'utente a valle del punto di corto circuito.

Dai dati di targa dell'aerogeneratore:

$I_{cc\text{generatore}}=630\text{A}$

Il parco eolico è composto da otto aerogeneratori:

$I_{cc\text{parco}}=0,630*8=5,04\text{kA}$

La corrente di corto circuito di tutto il sistema è pari a :

**$I_{cc}=12,5+5,04=17,54\text{kA}$**

Noto questo valore si determina la sezione minima del conduttore:

$S_{min}=I_{cc}/K*(0,25)^{0,5}=17,54*0,25^{0,5}/92=95,32\text{mm}^2$

La sezione minima utilizzata pari a  $150\text{mm}^2$  è idonea per garantire l'esito positivo della verifica di corto circuito.