

REGIONE LAZIO
PROVINCIA DI VITERBO
COMUNE DI TESSENNANO - COMUNE DI ARLENA DI CASTRO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO NEI
COMUNI DI ARLENA DI CASTRO E TESSENNANO**

Denominazione impianto:

EOLICO ARLENA

Committente:



Wind Energy 1 s.r.l.
Via della Stazione, 36
01033 - Civita Castellana (VT)

WIND ENERGY 1 S.r.l.
Via della Stazione, 36
01033 Civita Castellana (VT)
P.iva e C.F.: 02376810566



Progettazione:



Progettazione impianti
progettazione e sviluppo
energie da fonti rinnovabili

P.I. Lamberto Chiodi
P.I. Danilo Rocco
Dott. Geol. Emma Bernardini
Dott. Agr. Alberto Cardarelli
Dott. Ing. Enzo Alessandrini
Dott. Ing. Nicola Rea
Restituzione Grafica AnnaLisa Chiodi



Documento:

TAV. R13

CALCOLI PRELIMINARI IMPIANTI



Revisione:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	APPROVATO
00	29/06/2021	Prima emissione		

Sommario

Modello di calcolo	2
Linee elettriche interrate 30 kV	2
Referimenti	2
Valori nominali da datasheet	2
Calcolo linea MT feeder n.1	4
Derating Calculation	4
Cable Sizing.....	4
Volt Drop Calculations	4
Calcolo linea MT feeder n.2.....	5
Derating Calculation.....	5
Cable Sizing.....	6
Volt Drop Calculations	6
Calcolo linea MT feeder n.3.....	7
Derating Calculation.....	7
Cable Sizing.....	7
Volt Drop Calculations	7
Calcolo linea MT feeder n.4.....	8
Derating Calculation.....	8
Cable Sizing.....	8
Volt Drop Calculations	9
Calcolo linea MT quadro generale MT stazione di elevazione 30/150 kVA	10
Caratteristiche tecniche	10
Derating.....	11
Cable Sizing.....	11
Volt Drop Calculations	11
Fault Current Verification	11
Conclusioni.....	12
CALCOLO DELLA RETE DI ALTA TNSIONE.....	12
Sezione tipica d posa	13

Modello di calcolo

Linee elettriche interrate 30 kV

La rete di media tensione a 30 kV sarà composta da n.4 circuiti primari con posa direttamente interrata come mostrato nelle tavole di progetto. La linea realizzerà la configurazione entra esci tra i vari aerogeneratori con un numero massimo di n.4 generatori in cascata.

In ogni caso, al fine di mantenere la caduta di tensione entro il limite massimo del 2,5% della tensione nominale dal punto più remoto del circuito fino alla stazione di elevazione, si utilizzeranno linee costituite da n.1 conduttore per ciascuna fase con sezione pari a 300 mm² fino ad un massimo di due aerogeneratori in cascata, quindi per un massimo di potenza trasmessa pari a 12 MW. Si utilizzeranno invece n.2 conduttori in parallelo per fase con sezione pari a 300 m² per la trasmissione della potenza generata dalle successive pale eoliche che vengono collegate allo stesso feeder, quindi per potenze pari a 18 e 24 MW.

Le linee verranno collegate ai singoli quadri MT che equipaggiano ciascun aerogeneratore. Tali quadri, come descritto nel datasheet delle torri eoliche, sono infatti dotati al loro interno di teste di media con sezione massima ammissibile pari appunto a 300 m² per un massimo di n.2 teste per fase.

Referimenti

Prysmian – XLPE, Medium Voltage Electric Cable 6.6 kV – 33 kV

Prysmian – Cables facts and figures

Valori nominali da datasheet

Sono di seguito riportati i valori caratteristici validi per cavi Prysmian a titolo di esempio.

ARE4H5EX COMPACT

Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV
Triplex 12/20 kV and 18/30 kV

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5EX

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio p=1°C m/W	posa interrata a trifoglio p=2°C m/W
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation	underground installation trefoil p=1°C m/W	underground installation trefoil p=2°C m/W
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm ²)	(A)	(A)	(A)

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	1730	550
70	9,7	20,8	29	1940	570
95	11,4	22,1	30	2230	590
120	12,9	23,2	32	2510	630
150	14,0	24,3	33	2800	660
185	15,8	26,1	35	3260	700
240	18,2	28,5	37	3930	740
300	20,8	31,7	42	4730	820

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

50	186	175	134
70	230	214	164
95	280	256	197
120	323	291	223
150	365	325	250
185	421	368	283
240	500	427	328
300	578	483	371

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	2480	680
70	9,7	25,6	34	2600	680
95	11,4	26,5	35	2860	700
120	12,9	27,4	36	3120	720
150	14,0	28,1	37	3390	740
185	15,8	29,5	38	3790	760
240	18,2	31,5	42	4440	820
300	20,8	34,7	45	5240	890

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

50	190	175	134
70	235	213	164
95	285	255	196
120	328	291	223
150	370	324	249
185	425	368	283
240	503	426	327
300	581	480	369

Resistenza apparente del conduttore (rame rosso) (alluminio) a 50 Hz e a 90 °C
Apparent resistance of red conductor (bare copper) (aluminium) at 50 Hz and at 90 °C

sezione nominale	CAVI UNIPOLARI conduttore in rame - alluminio								CAVI UNIPOLARI conduttore in rame - alluminio tutte le tensioni		CAVI TRIPOLARI conduttore in rame - alluminio tutte le tensioni	
	SINGLE CORE CABLES copper-aluminium conductor								SINGLE CORE CABLES copper-aluminium conductor any rated voltage		THREE CORE CABLES copper-aluminium conductor any rated voltage	
	1,8/3 kV - 3,6/6 kV (Ω/km)		6/10 kV - 8,7/15 kV (Ω/km)		12/20 kV - 18/30 kV (Ω/km)		26/45 kV (Ω/km)		(Ω/km)		(Ω/km)	
(mm ²)	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
10	2,330	3,9100	2,3300	3,9100	-	-	-	-	2,330	3,9100	2,3300	3,9100
16	1,470	2,4700	1,4700	2,4700	-	-	-	-	1,470	2,4700	1,4700	2,4700
25	0,929	1,5600	0,9290	1,5600	0,9290	1,5600	-	-	0,929	1,5600	0,9270	1,5600
35	0,670	1,1200	0,6710	1,1300	0,6710	1,1300	-	-	0,670	1,1300	0,6690	1,1200
50	0,495	0,8320	0,4950	0,8320	0,4950	0,8320	-	-	0,495	0,8320	0,4940	0,8320
70	0,347	0,5830	0,3440	0,5800	0,3440	0,5800	0,3440	0,5800	0,344	0,5800	0,3430	0,5760
95	0,248	0,4160	0,2480	0,4160	0,2480	0,4160	0,2480	0,4160	0,248	0,4160	0,2470	0,4150
120	0,198	0,3330	0,1980	0,3330	0,1980	0,3330	0,1980	0,3330	0,198	0,3330	0,1960	0,3290
150	0,161	0,2700	0,1610	0,2700	0,1610	0,2700	0,1610	0,2700	0,161	0,2700	0,1600	0,2690
185	0,130	0,2180	0,1300	0,2180	0,1300	0,2180	0,1300	0,2180	0,130	0,2180	0,1290	0,2170
240	0,0984	0,1650	0,0983	0,1650	0,0982	0,1650	0,0981	0,1650	0,100	0,1680	0,1000	0,1680
300	0,0789	0,1320	0,0788	0,1320	0,0787	0,1320	0,0786	0,1320	0,081	0,1360	0,0800	0,1340
400	0,0625	0,1050	0,0624	0,1050	0,0623	0,1050	0,0622	0,1050	0,065	0,1090	0,0650	0,1090
500	0,0496	0,0833	0,0494	0,0830	0,0493	0,0828	0,0491	0,0825	0,053	0,0890	0,0536	0,0900
630	0,0396	0,0665	0,0394	0,0662	0,0393	0,0662	0,0391	0,0657	0,044	0,0739	-	-

Calcolo linea MT feeder n.1

Il calcolo si riferisce alla linea primaria MT esercita alla tensione di 30 kV di collegamento:

Aerogeneratore n. 14 (entra esci 1 - 12 - 13 - 14) con step up

Derating Calculation

Nel caso del feeder n.1 la condizione di posa è la stessa e rimane costante per tutto il percorso fino alla step up, quindi come base di calcolo verranno considerati i seguenti "K":

$$K1 = 0,93$$

$$K2 = 0,97$$

$$K3 = 0,88$$

$$k4 = 1$$

$$K_{tot} = K1 * K2 * K3 * K4$$

The calculated derating factor is:

$$Df = 0.79$$

Cable Sizing

Description	Value
Nominal Power	24 MVA
Nominal current - In	514 A
Voltage	30 kV
Total current after derating - Iz	758 A
Current after derating (0,79)	379 A
300 mm ² Cable - Amps per cable	480 A
300 mm ² Cable - Number of cables	2

Volt Drop Calculations

Description	Value
Cable length AC1 AC12	2550 m
Potenza	6 MW
Formazione	3(1X300 mm ²)

Volt drop (%)	0,25 %
---------------	--------

Description	Value
Cable length AC12 AC13	4100 m
Potenza	12 MW
Formazione	3(1X300 mm ²)
Volt drop (%)	0,8 %

Description	Value
Cable length AC13 AC14	990 m
Potenza	18 MW
Formazione	2(3(1X300 mm ²))
Volt drop (%)	0,1 %

Description	Value
Cable length AC14 STEP UP	5130 m
Potenza	24 MW
Formazione	2(3(1X300 mm ²))
Volt drop (%)	1 %

Volt drop (%) complessivo = 2,15 %

Calcolo linea MT feeder n.2

Il calcolo si riferisce alla linea primaria MT esercita alla tensione di 30 kV di collegamento:

Aerogeneratore n.10 (entra esci 6 - 7 - 10) con step up

Derating Calculation

La condizione di maggior interesse è quella relativa all'ingresso della linea in stazione, cioè alla condizione di interferenza con le altre linee primarie. Si ritiene tale condizione come la peggiore in termini di derating, quindi come base di calcolo verranno considerati i seguenti "K":

$$K1 = 0,93$$

$$K2 = 0,97$$

$$K3 = 0,88$$

$$k4 = 0,73$$

$$K_{tot} = K1 * K2 * K3 * K4$$

The calculated derating factor is:

$$Df = 0.58$$

Cable Sizing

Description	Value
Nominal Power	18 MVA
Nominal current - In	385
Voltage	30 kV
Total current after derating - Iz	556 A
Current after derating (0,58)	278 A
300 mm ² Cable - Amps per cable	480
300 mm ² Cable - Number of cables	2

Volt Drop Calculations

Description	Value
Cable length AC6 AC7	2810 m
Potenza	6 MW
Formazione	3(1X300 mm ²)
Volt drop (%)	0,3 %

Description	Value
Cable length AC7 AC10	2480 m
Potenza	12 MW
Formazione	3(1X300 mm ²)
Volt drop (%)	0,5 %

Description	Value
Cable length AC10 STEP UP	5250 m
Potenza	18 MW
Formazione	2(3(1X300 mm ²))
Volt drop (%)	0,8 %

Volt drop (%) complessivo = 1,6 %

Calcolo linea MT feeder n.3

Il calcolo si riferisce alla linea primaria MT esercita alla tensione di 30 kV di collegamento:

Aerogeneratore n.4 (entra esci 2 - 3 - 4) con step up

Derating Calculation

La condizione di maggior interesse è quella relativa all'ingresso della linea in stazione, cioè alla condizione di interferenza con tutte le altre linee primarie. Si ritiene tale condizione come la peggiore in termini di derating, quindi come base di calcolo verranno considerati i seguenti "K":

$$K1 = 0,93$$

$$K2 = 0,97$$

$$K3 = 0,88$$

$$k4 = 0,73$$

$$K_{tot} = K1 * K2 * K3 * K4$$

The calculated derating factor is:

$$Df = 0.58$$

Cable Sizing

Description	Value
Nominal Power	18 MVA
Nominal current - In	385
Voltage	30 kV
Total current after derating - Iz	556 A
Current after derating (0,58)	278 A
300 mm ² Cable - Amps per cable	480
300 mm ² Cable - Number of cables	2

Volt Drop Calculations

Description	Value
Cable length AC3 AC2	720 m
Potenza	6 MW
Formazione	3(1X300 mm ²)
Volt drop (%)	0,1 %

Description	Value
Cable length AC2 AC4	3150 m
Potenza	12 MW
Formazione	3(1X300 mm ²)
Volt drop (%)	0,6 %

Description	Value
Cable length AC4 STEP UP	7950 m
Potenza	18 MW
Formazione	2(3(1X300 mm ²))
Volt drop (%)	1,2 %

Volt drop (%) complessivo = 1,9 %

Calcolo linea MT feeder n.4

Il calcolo si riferisce alla linea primaria MT esercita alla tensione di 30 kV di collegamento:

Aerogeneratore n.11 (entra esci 5 - 8 - 9 - 11) con step up

Derating Calculation

La condizione di maggior interesse è quella relativa all'ingresso della linea in stazione, cioè alla condizione di interferenza con tutte le altre linee primarie. Si ritiene tale condizione come la peggiore in termini di derating, quindi come base di calcolo verranno considerati i seguenti "K":

$$K1 = 0,93$$

$$K2 = 0,97$$

$$K3 = 0,88$$

$$k4 = 0,73$$

$$K_{tot} = K1 * K2 * K3 * K4$$

The calculated derating factor is:

$$Df = 0.58$$

Cable Sizing

Description	Value
Nominal Power	24 MVA
Nominal current - In	514

Voltage	30 kV
Total current after derating - I _Z	556 A
Current after derating (0,58)	278 A
300 mm ² Cable - Amps per cable	480
300 mm ² Cable - Number of cables	2

Volt Drop Calculations

Description	Value
Cable length AC5 AC8	660 m
Potenza	6 MW
Formazione	3(1X300 mm ²)
Volt drop (%)	0,1 %

Description	Value
Cable length AC12 AC13	3620 m
Potenza	12 MW
Formazione	3(1X300 mm ²)
Volt drop (%)	0,7 %

Description	Value
Cable length AC13 AC14	2870 m
Potenza	18 MW
Formazione	2(3(1X300 mm ²))
Volt drop (%)	0,5 %

Description	Value
Cable length AC14 STEP UP	3130 m
Potenza	24 MW
Formazione	2(3(1X300 mm ²))
Volt drop (%)	0,6 %

Volt drop (%) complessivo = 1,9 %

Calcolo linea MT quadro generale MT stazione di elevazione 30/150 kVA

Caratteristiche tecniche

Description	Value
Type of cable	XLPE
Number of cores	Single & steel wired armoured
Copper Cable Size	630 mm ²
Cable installation	PVC sleeves in cables trench
Bending radius	17 x D

Energia - Applicazioni terrestri e/o eoliche
Power - Ground and/or wind farm applications

RG7H1R EPRO-SETTE™

Unipolare da 1,8/3 kV a 26/45 kV / Single core from 1,8/3 kV to 26/45 kV

Unipolare - conduttore di rame / Single core - copper conductor - RG7H1R

sezione nominale	diametro indicativo conduttore	spessore isolante	diametro esterno massimo	peso indicativo del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	posa in aria in piano	posa in aria a trifoglio	posa interrata in piano a trifoglio p=1 °C m/W	posa interrata in piano a trifoglio p=2 °C m/W
conductor cross-section	approximate conductor diameter	insulation thickness	maximum outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation flat	open air installation trefoil	underground installation flat p=1 °C m/W	underground installation trefoil p=2 °C m/W
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm ²)	(A)	(A)	(A)	(A)

Dati costruttivi / Construction charact. - 8,7/15 kV

16	4,8	4,5	23,4	610	300
25	6,0	4,5	24,7	730	320
35	7,0	4,5	25,6	840	330
50	8,2	4,5	26,9	990	350
70	9,9	4,5	28,7	1230	370
95	11,6	4,5	30,3	1510	390
120	13,1	4,5	32,6	1800	420
150	14,4	4,5	33,9	2080	440
185	16,1	4,5	35,7	2460	470
240	18,5	4,5	38,1	3020	500
300	21,1	4,5	40,8	3660	530
400	23,9	4,5	43,6	4510	570
500	27,1	4,5	47,2	5600	620
630	30,7	4,5	52,1	7090	690

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 8,7/15 kV

16	135	120	123	117	97	91
25	177	156	158	151	124	117
35	215	188	190	180	148	139
50	258	225	224	213	174	163
70	323	281	276	262	212	199
95	393	344	330	313	252	238
120	454	398	375	357	286	270
150	515	450	419	398	318	300
185	590	518	475	452	359	340
240	700	613	550	525	413	392
300	800	704	620	590	464	441
400	920	816	700	670	520	500
500	1060	944	785	760	585	565
630	1210	1087	870	850	645	630

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

35	7,0	5,5	27,7	940	360
50	8,2	5,5	29,0	1080	380
70	9,9	5,5	31,0	1330	400
95	11,6	5,5	33,1	1640	430
120	13,1	5,5	34,6	1920	450
150	14,4	5,5	36,0	2200	470
185	16,1	5,5	37,8	2580	490
240	18,5	5,5	40,2	3160	530
300	21,1	5,5	42,9	3800	560
400	23,9	5,5	45,7	4660	600
500	27,1	5,5	49,7	5810	660
630	30,7	5,5	54,2	7260	720

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

35	213	190	189	182	146	141
50	255	228	224	216	172	166
70	320	284	274	265	209	202
95	390	346	328	316	249	241
120	450	399	373	360	282	273
150	510	451	416	402	313	304
185	585	520	471	456	354	344
240	690	614	544	528	407	397
300	790	705	611	595	456	446
400	910	816	688	673	512	503
500	1050	944	776	761	575	568
630	1190	1087	873	856	645	637

Derating

Il calcolo del derating prevede il contributo dei n.4 coefficienti per un totale di:

$$Df=0.63$$

Cable Sizing

Description	Value
Transformer size	90 MVA
Voltage	30 kV
Current on MV side	1930 A
Current after derating	2998 A
630 mm ² Cable - Amps per cable	749
630 mm ² Cable - Number of cables	4

Volt Drop Calculations

Description	Value
Cable resistance	0.079 Ω /km
Current per cable	684 A
Cable length	50 m
Volt drop	4.68 V
Volt drop (%)	0.01 %
Volt drop acceptable	Yes

Fault Current Verification

Description	Value
Short circuit current	10 kA
Cable cross section	630 mm ²
K factor	143 A/mm ²
Tripping time	1 s
Short circuit current that cable can withstand	90 kA
The cable will withstand the short circuit current	Yes

Conclusioni

Questo documento contiene i calcoli per il cavo MT tra il quadro generale interno alla stazione di elevazione e il trasformatore elevatore. I calcoli sono stati eseguiti su un cavo in rame da 630 mm².

Il cavo è stato declassato utilizzando i valori consigliati dal produttore del cavo, ottenendo un fattore di declassamento di 0,63. Questo fattore di declassamento potrebbe cambiare se possono essere garantite diverse condizioni specifiche del sito.

Dopo il declassamento, i calcoli mostrano che sono necessari 4 cavi in rame (630 mm²) per fase. Si noti che la cella cavi del quadro MT deve essere dimensionata per ospitare cavi in rame unipolari 4 x 630 mm².

CALCOLO DELLA RETE DI ALTA TNSIONE

L'elettrodotto a 150 kV sarà realizzato con una terna di cavi unipolari realizzati con conduttore in alluminio, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene.

Di seguito si riporta a titolo illustrativo la tipologia di cavo che verrà utilizzato:

Di seguito si riportano le caratteristiche elettriche principali della linea AT oltre alle modalità di posa:

Tensione nominale	150 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Potenza impegnata	84 MVA
Tipologia	ARE4H1H5E
Sezione	630 mm ²
Frequenza	50 Hz
Isolamento ad impulso	650 kVc
Portata nominale del cavo	600 A
Potenza nom. Trifase	155 MVA
Corrente di corto circuito trifase	20 kA

Corrente di cortocircuito a terra 20 kA
 Durata del corto circuito 0,5s
 Stato del neutro a terra
 Tipo di terminazioni TPE/EVG
 Sistema di collegamento a terra delle guaine metalliche Tipo Cross Bonding

Sezione tipica d'posa

