

COMUNE di FOGGIA

**Progetto definitivo  
per la realizzazione  
di un Parco Eolico  
progetto " Stella "**

COMMITTENTE

DESE S.r.l.

PROGETTO  
DEFINITIVO

COMUNE: FOGGIA LOCALITA': "Stella - Vulgano"

*Calcoli preliminari*

ELABORATO

CP

Scala:

- -

Data:

27-02-2024

Rev:

00

Codifica:

DL/FG/PTO/EL\_CP

Progettazione:



Via Mario Forcella, 14 - 71121 FOGGIA

Tecnico incaricato:



Ing. Marcello Salvatori

## INDICE

MATERIALI E DIMENSIONAMENTO CAVI.....	2
Ipotesi fatte per il dimensionamento dei cavi .....	2
Dimensionamento cavi .....	3
Risultati di calcolo .....	5
Tabella delle sezioni .....	6

# MATERIALI E DIMENSIONAMENTO CAVI

## Ipotesi fatte per il dimensionamento dei cavi

La scelta del cavo più opportuno per una determinata installazione elettrica è un'operazione importante, determinante ai fini della sicurezza e funzionalità dell'installazione stessa, tanto che esistono numerose disposizioni normative al riguardo (norme CEI e CEI-UNEL).

Il dimensionamento delle condutture elettriche consiste, dunque, nella determinazione delle caratteristiche fisiche (sezione dei conduttori, tipo di cavo, modalità di posa ecc.) in funzione dei dati di ingresso e nel rispetto di determinati vincoli progettuali che andranno poi verificati a calcolo concluso.

I fattori più importanti da tenere presenti sono:

- tensione nominale del sistema;
- sezione dei conduttori;
- luogo in cui deve avvenire l'installazione;
- modalità di posa del cavo.

Nel caso in esame di linee di nuova installazione in cavo interrato il calcolo si è articolato nelle seguenti, principali, fasi:

- ✓ scelta del tipo di cavo e delle sue tensioni di isolamento in funzione della tensione nominale del sistema e delle modalità di posa;
- ✓ determinazione della sezione teorica dei conduttori e scelta della sezione commerciale;
- ✓ verifica della portata del cavo scelto in relazione alla corrente d'impiego del circuito.

Si deve, infatti, verificare, in base alle condizioni di posa adottate, che la corrente d'impiego deve essere inferiore della portata effettiva del cavo.

La tensione nominale, che nel caso in esame è di 30kV, determina la scelta opportuna delle tensioni di isolamento  $U_0/U$ .

La scelta della sezione dei conduttori discende dal calcolo elettrico della linea e dall'esistenza di eventuali *sezioni minime* previste dalla normativa in relazione delle condizioni d'installazione.

Inoltre è da tener presente che la scelta della sezione non è solo funzione della corrente da trasmettere, ma anche delle perdite di potenza ammissibili. L'obiettivo è quello di contenere i valori delle perdite di potenza entro determinati limiti essendo questi sinonimi di perdite in linea e quindi di cattiva ottimizzazione dell'impianto di trasmissione dell'energia elettrica.

Dunque alla base del dimensionamento dei cavidotti figura il calcolo della portata effettiva  $I_z$  dei cavi, definita come la massima intensità di corrente che può circolare in ogni conduttore, in determinate condizioni di posa, senza che la temperatura superi quella massima ammissibile dall'isolante.

E' da tener presente che sul valore della portata influiscono diversi fattori:

- sezione del conduttore: al suo aumentare la portata aumenta, anche se in misura meno che proporzionale; di conseguenza la densità di corrente diminuisce con la sezione;
- tipo di isolante: influisce sul valore della temperatura di servizio, aumentando la quale diventa maggiore la portata in quanto è possibile aumentare la potenza persa per effetto Joule;
- temperatura ambiente: al suo aumentare la portata diminuisce in quanto si riduce il salto termico sfruttabile, cioè la differenza fra la temperatura di servizio e quella ambiente;
- resistività termica del mezzo: la portata diminuisce al suo aumentare, dato che diventa più difficoltoso lo smaltimento del calore prodotto dal cavo;
- resistività elettrica del conduttore: una maggiore resistività corrisponde a una minore portata in quanto tende a far aumentare la quantità di calore prodotto;
- numero di conduttori del cavo o di cavi raggruppati: all'aumentare del numero dei conduttori facenti parte dello stesso cavo o del numero di cavi posti vicini tra loro occorre diminuire la portata, per tener conto dell'effetto di prossimità, dovuto al fatto che ogni conduttore o cavi si scaldano sia per effetto della propria corrente sia per il calore ricevuto dai conduttori o dai cavi vicini;
- profondità di posa: per i cavi interrati l'aumento della profondità di posa fa diminuire la portata in quanto rende più difficoltoso lo smaltimento del calore.

A proposito di quanto esposto, si è effettuato il dimensionamento considerando:

- la resistenza termica del terreno pari a  $1 \text{ }^\circ\text{C m/W}$  e la temperatura del terreno pari a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  (CEI 20/21 A.3);
- fattore di correzione della portata di un cavo dovuto alla temperatura diversa da quella ambientale di  $20^\circ\text{C}$  ( $K_1$ );
- fattore di correzione dovuto al tipo di posa e alla presenza di altri cavi installati sullo stesso piano ( $K_2$ );
- fattore di correzione ( $K_3$ ) di valore unitario avendo effettuato i calcoli assumendo la resistenza termica del terreno pari a  $1 \text{ }^\circ\text{C m/W}$ ;
- fattore di correzione ( $K_4$ ) pari a 0,94 per la posa del cavidotto ad una profondità pari a 1,5m.

## Dimensionamento cavi

Per il dimensionamento delle sezioni dei cavi da utilizzare è stato verificato, dunque, come prima cosa il limite termico.

A tal proposito, dicesi tratto, la parte di cavo che collega un aerogeneratore all'altro o l'ultimo aerogeneratore alla cabina di smistamento.

Considerando che gli aerogeneratori sono collegati fra di loro in entra-esce, è stata calcolata per ogni singolo tratto la corrente d'impiego  $I_b$  che, successivamente, è stata poi confrontata con la portata effettiva del cavo  $I_z$  (tenendo conto delle opportune considerazioni menzionate precedentemente).

Il calcolo della corrente d'impiego è data dalla seguente relazione:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

ove:

- $P$  è la potenza nominale del numero di aerogeneratori che il tratto sopporta;
- $V$  la tensione nominale di linea pari a 30 kV;
- $\cos \varphi$  il fattore di potenza pari a 0,9.

Tale valore di corrente deve essere inferiore alla portata effettiva del cavo utilizzato, come evidenziato dalle seguenti formule:

$$I_b \leq I_z \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$$

$$I_b \leq I_z'$$

Scelta l'opportuna sezione del cavo, si passa alla valutazione delle perdite di potenza per ogni singolo tratto costituente il cavidotto.

In base alla sezione di cavo prescelta si considera il valore di resistenza per unità di lunghezza  $R$  del conduttore a 90 °C espressa in  $\Omega/\text{Km}$  ai fini del calcolo delle perdite. Noto, infatti, il valore della resistenza elettrica dell'intera lunghezza di cavo, ottenuto moltiplicando il valore unitario della resistenza per l'intera lunghezza del tratto di cavo da utilizzare, si possono calcolare le perdite di potenza  $\Delta P_t$  e le perdite di potenza percentuali  $\Delta P_t\%$  per singolo tratto con le seguenti relazioni:

$$\Delta P_t = 3 \cdot R \cdot I_b^2$$

$$\Delta P_t\% = \frac{\Delta P_t}{P} \cdot 100$$

ove  $P$  è la potenza sopportata dal singolo tratto.

Dicesi "ramo" o "linea" l'intero gruppo di aerogeneratori che afferisce alla cabina di smistamento, nonché la linea che diparte dalla cabina di smistamento prevista alla Sottostazione 30/150kV. In questo caso si calcolano le perdite di potenza per ramo dalla somma delle singole potenze perse per ogni tratto e le perdite di potenza per ramo percentuali, rapportando le perdite di potenza per ramo alla totale potenza che il ramo sopporta.

$$\Delta P_r = \sum_1^n P_{t1} + P_{t2} + \dots + P_{tn}$$

$$\Delta P_r\% = \frac{\Delta P_r}{P} \cdot 100$$

ove  $P$  in questo caso è la totale potenza che il ramo sopporta.

Nel tratto di collegamento dalla cabina di smistamento alla Stazione TERNA il tratto coincide con il ramo. Sapere quali sono le perdite di potenza in ogni tratto e ramo ci permette di valutare le perdite totali di tutto l'impianto che dovranno contenersi il più possibile. Infatti, facendo la somma delle singole perdite ottenute per ogni ramo, e rapportandolo alla potenza totale dell'impianto (31,5MW), otteniamo le perdite totali che si hanno in tutto l'impianto:

$$\Delta P_{TOT} = \sum_1^N P_{r1} + P_{r2} + \dots + P_{rN}$$

$$\Delta P_{TOT} \% = \frac{\Delta P_{TOT}}{P_{TOT}} \cdot 100$$

## Risultati di calcolo

In base ai calcoli effettuati, abbiamo raggruppato, come si evince dallo schema unifilare gli aerogeneratori nel seguente modo:

- gli aerogeneratori DL07-DL02-DL01 (tramite la linea 1) vanno nella cabina di smistamento CS;
- gli aerogeneratori DL03-DL05 (tramite la linea 2) vanno nella cabina di smistamento CS;
- gli aerogeneratori DL06-DL04 (tramite la linea 3) vanno nella cabina di smistamento CS;
- dalla cabina di smistamento CS partono tre terne di cavi di cui n. 2 terne tripolari di sezione 300 mm<sup>2</sup> (linea 5 e 6 che vettorieranno l'energia prodotta rispettivamente dagli aerogeneratori DL03-DL05 e dagli aerogeneratori DL06-DL04 fino alla Stazione TERNA) e n. 1 terna di cavi unipolari di sezione 400 mm<sup>2</sup> (linea 4 che vettorierà l'energia prodotta dagli aerogeneratori DL07-DL02-DL01 fino alla Stazione TERNA).

La cabina di smistamento assolve alla funzione di nodo di energia, raccogliendo di fatto l'energia prodotta dai vari aerogeneratori per poi convogliarla alla Stazione elettrica TERNA alla sezione a 36kV. All'interno della cabina di smistamento verrà installato un contatore UTF che misurerà l'energia elettrica prodotta in sito dagli aerogeneratori.

Dalla tabella dell' Allegato C si possono evincere, alla piena potenza nominale (100%), le sezioni di cavo suggerite relativamente ai vari tratti e rami di collegamento degli aerogeneratori alla Rete Elettrica Nazionale.

Inoltre sarà possibile risalire alle perdite di potenza e le perdite di potenza percentuali per ogni tratto e per ogni ramo.

In base allo stesso criterio, sono state valutate le correnti d'impiego dei cavi, le perdite dei tratti e dell'intero parco anche per condizioni di funzionamento del parco all'80%-60%-40%-20% rispetto a quella nominale al fine di valutare il funzionamento dell'intero parco per più step di potenza e quindi a varie velocità del vento.

Al diminuire della potenza, le correnti d'impiego nei conduttori diminuiscono e quindi, anche le perdite di potenza e le cadute di tensione nei vari tratti, nei rami e quindi nell'intero parco.

Tutti i cavi sono stati dimensionati valutando la piena potenza nominale di ciascun aerogeneratore (carico=100%), anche se accade solo raramente che l'aerogeneratore funzioni a potenza nominale. Tale criterio è stato adottato come motivo precauzionale; infatti in caso si dovesse verificare tale situazione, non si avranno problemi di sovraccarico sui conduttori che comporterebbero quindi una diminuzione della vita utile del cavo.

## **Tabella delle sezioni**

Di seguito sono riportate le sezioni adottate che fanno riferimento alle tavole di "inquadramento del cavidotto su CTR e su mappa catastale con sezioni di scavo" e alla tavola "Sezioni di scavo"

<b>Sezione</b>	<b>Tipo di terreno</b>	<b>Cavi utilizzati</b>
A - A	Agricolo	3x95mm <sup>2</sup>
B - B	Agricolo	3x95mm <sup>2</sup> , 3x240mm <sup>2</sup>
C - C	Agricolo	3x240mm <sup>2</sup>
D - D	Agricolo	3x240mm <sup>2</sup> +3x400mm <sup>2</sup>
E - E	Agricolo	3x400mm <sup>2</sup>
F - F	Agricolo	3x95mm <sup>2</sup> + 3x400mm <sup>2</sup>
G - G	Agricolo	3x95mm <sup>2</sup> + 3x240mm <sup>2</sup> + 3x400mm <sup>2</sup>
H - H	Agricolo	3x240mm <sup>2</sup> + 3x240mm <sup>2</sup> + 3x400mm <sup>2</sup>
I - I	Agricolo	3x300mm <sup>2</sup> + 3x300mm <sup>2</sup> + 3x400mm <sup>2</sup>

**Foggia, 27/02/2024**

**IL TECNICO**  
**Ing. Marcello Salvatori**

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

## ARE4H5EX COMPACT

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



Norma di riferimento  
HD 620/IEC 60502-2

Descrizione del cavo

**Anima**

Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio

**Semiconduttivo interno**

Miscela estrusa

**Isolante**

Miscela di polietilene reticolato (qualità DIX 8)

**Semiconduttivo esterno**

Miscela estrusa

**Rivestimento protettivo**

Nastro semiconduttore igroespandente

**Schermatura**

Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale (R<sub>max</sub> 3Ω/Km)

**Guaina**

Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)

**Marcatura**

PRYSMIAN (\*\*\*) ARE4H5EX <ensione> <sezione>  
<fase 1/2/3> <anno>

(\*\*) sigla sito produttivo

Marcatura in rilievo ogni metro  
Marcatura metrica ad inchiodro

**Applicazioni**

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante, per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

**Accessori idonei**

**Terminali**

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132), FMCTS-630/C (pag. 136)

**Giunti**

ECOSPEED™ (pag. 140)

**Standard**

HD 620/IEC 60502-2

**Cable design**

**Core**

Compact stranded aluminium conductor

**Inner semi-conducting layer**

Extruded compound

**Insulation**

Cross-linked polyethylene compound (type DIX 8)

**Outer semi-conducting layer**

Extruded compound

**Protective layer**

Semiconductive watertight tape

**Screen**

Aluminium tape longitudinally applied (R<sub>max</sub> 3Ω/Km)

**Sheath**

Polyethylene: red colour (DMP 2 type)

**Marking**

PRYSMIAN (\*\*\*) ARE4H5EX <rated voltage> <cross-section>  
<phase 1/2/3> <year>

(\*\*\*) production site label

Embossed marking each meter  
Ink-jet meter marking

**Applications**

According to the HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

**Suitable accessories**

**Terminations**

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132), FMCTS-630/C (pag. 136)

**Joints**

ECOSPEED™ (pag. 140)

## 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
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

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	open air installation	underground installation trefoil p=1°C m/W	underground installation trefoil p=2°C m/W
(mm <sup>2</sup> )	(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

### Cavi isolati in materiale elastomero / Cables insulated with elastomer compounds

#### Resistenza / Resistance - Conduttori in alluminio / Aluminum conductors

sezione nominale	conduttore rigido di alluminio	
conductor cross-section	rigid bare aluminum conductor	
mm <sup>2</sup>	c.c. / DC a 20°C (ohm/km)	a.c. / AC a 90°C (ohm/km)



16	1,91	2,45	2,45
25	1,20	1,54	1,54
35	0,868	1,11	1,11
50	0,641	0,822	0,822
70	0,443	0,568	0,568
95	0,320	0,410	0,411
120	0,253	0,324	0,325
150	0,206	0,264	0,265
185	0,164	0,210	0,212
240	0,125	0,160	0,162
300	0,100	0,128	0,130
400	0,0778	0,0997	0,103
500	0,0605	0,0776	0,0812
630	0,0469	0,0601	0,0648

Reattanza a 50 Hz / Reactance at 50 Hz  
 Conduttori in alluminio / Aluminum conductors

sezione nominale	conduttore rigido di alluminio
conductor cross section	rigid bare aluminum conductor
mm <sup>2</sup>	single core (ohm/km)
16	0,099
25	0,099
35	0,092
50	0,089
70	0,086
95	0,084
120	0,082
150	0,083
185	0,081
240	0,080
300	0,079
400	0,078
500	0,077
630	0,076

## ARE4H5E COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV  
Single core 12/20 kV and 18/30 kV



Norma di riferimento  
HD 620/IEC 60502-2

### Descrizione del cavo

#### Anima

Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio

#### Semiconduttivo interno

Mescola estrusa

#### Isolante

Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8)

#### Semiconduttivo esterno

Mescola estrusa

#### Rivestimento protettivo

Nastro semiconduttore igroespandente

#### Schermatura

Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale  
( $R_{max} 3\Omega/Km$ )

#### Guaina

Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)

#### Marcatura

PRYSMIAN (\*\*) ARE4H5E <tensione>  
<sezione> <anno>

(\*\*) sigla sito produttivo

Marcatura in rilievo ogni metro

Marcatura metrica ad inchiostro

### Applicazioni

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

### Accessori idonei

#### Terminali

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTs-400 (pag. 132), FMCTXs-630/C (pag. 136)

#### Giunti

ECOSPEED™ (pag. 140)

### Standard

HD 620/IEC 60502-2

### Cable design

#### Core

Compact stranded aluminium conductor

Inner semi-conducting layer

Extruded compound

#### Insulation

Cross-linked polyethylene compound (type DIX 8)

Outer semi-conducting layer

Extruded compound

#### Protective layer

Semiconductive watertight tape

#### Screen

Aluminium tape longitudinally applied  
( $R_{max} 3\Omega/Km$ )

#### Sheath

Polyethylene: red colour (DMP 2 type)

#### Marking

PRYSMIAN (\*\*) ARE4H5E <rated voltage>  
<cross-section> <year>

(\*\*) production site label

Embossed marking each meter

Ink-jet meter marking

### Applications

According to the HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

### Suitable accessories

#### Terminations

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTs-400 (pag. 132), FMCTXs-630/C (pag. 136)

#### Joints

ECOSPEED™ (pag. 140)

## ARE4H5E COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV  
Single core 12/20 kV and 18/30 kV

### Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
50	8,2	19,9	28	580	370
70	9,7	20,8	29	650	380
95	11,4	22,1	30	740	400
120	12,9	23,2	32	840	420
150	14,0	24,3	33	930	440
185	15,8	26,1	35	1090	470

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	open air installation	underground installation trefoil p=1 °C m/W	underground installation trefoil p=2 °C m/W
(mm <sup>2</sup> )	(A)	(A)	(A)
50	186	175	134
70	230	214	164
95	280	256	197
120	323	291	223
150	365	325	250
185	421	368	283

### Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	580	370
70	9,7	20,8	29	650	380
95	11,4	22,1	30	740	400
120	12,9	23,2	32	840	420
150	14,0	24,3	33	930	440
185	15,8	26,1	35	1090	470

### 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	18,2	28,5	37	1310	490
300	20,8	31,7	42	1560	550
400	23,8	34,9	45	1930	610
500	26,7	37,8	48	2320	650
630	30,5	42,4	53	2880	700

240	500	427	328
300	578	483	371
400	676	551	423
500	787	627	482
630	916	712	547

#### Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	830	450
70	9,7	25,6	34	870	450
95	11,4	26,5	35	950	470
120	12,9	27,4	36	1040	470
150	14,0	28,1	37	1130	490
185	15,8	29,5	38	1260	510
240	18,2	31,5	41	1480	550
300	20,8	34,7	44	1740	590
400	23,8	37,9	48	2130	650
500	26,7	41,0	51	2550	690
630	30,5	45,6	56	3130	760

#### 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
400	680	549	422
500	789	624	479
630	918	709	545

## Cavi isolati in materiale elastomero / Cables insulated with elastomer compounds

### Resistenza / Resistance - Conduttori in alluminio / Aluminum conductors

sezione nominale		conduttore rigido di alluminio		
conductor cross-section		rigid bare aluminum conductor		
mm <sup>2</sup>	c.c. / DC a 20°C (ohm/km)	c.c. / DC a 90°C (ohm/km)	a.c. / AC a 90°C (ohm/km)	
16	1,91	2,45	2,45	
25	1,20	1,54	1,54	
35	0,868	1,11	1,11	
50	0,641	0,822	0,822	
70	0,443	0,568	0,568	
95	0,320	0,410	0,411	
120	0,253	0,324	0,325	
150	0,206	0,264	0,265	
185	0,164	0,210	0,212	
240	0,125	0,160	0,162	
300	0,100	0,128	0,130	
400	0,0778	0,0997	0,103	
500	0,0605	0,0776	0,0812	
630	0,0469	0,0601	0,0648	

### Reattanza a 50 Hz / Reactance at 50 Hz

#### Conduttori in alluminio / Aluminum conductors

sezione nominale		conduttore rigido di alluminio	
conductor cross-section		rigid bare aluminum conductor	
mm <sup>2</sup>	single core (ohm/km)		
16	0,099		
25	0,099		
35	0,092		
50	0,089		
70	0,086		
95	0,084		
120	0,082		
150	0,083		
185	0,081		
240	0,080		
300	0,079		
400	0,078		
500	0,077		
630	0,076		

Verifica termica e delle perdite di potenza dei cavi ARE4H5EX E ARE4H5E 18/30 kV IEC 502  
Carico 100%

"Allegato C"

Linea (o ramo)	Tratto di cavo	Lunghezza tratto di cavo  [m]	Potenza nominale  P [MW]	Tensione nominale  V [kV]	cosφ	Corrente d'impiego  I <sub>b</sub> [A]	Sezione di cavo adottata  S [mm <sup>2</sup> ]	Portata di corrente Terreno a 20°C Rt=1m°C/W AL [A]	k1  [temperatura]	k2  [tipo di posa]	K3  [resistività]  1 °C m/W	K4  f. Correzione prof. P	Portata di corrente finale  Iz' [A]	Resistenza massima in CA del conduttore a 90 °C  AI [Ω/Km]	Resistenza massima in CA del conduttore a 90 °C per tratto di cavo  AI [Ω]	Potenza persa per tratto  ΔP <sub>t</sub> [kW]	Potenza percentuale persa per tratto  ΔP <sub>t</sub> %	Potenza persa per ramo  ΔP <sub>r</sub> [kW]	Potenza percentuale persa per ramo  ΔP <sub>r</sub> %
Linea 1	DL07 - DL02	1100	4,5	30	0,9	96,23	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,45	12,56	0,28	142,53	1,06
	DL02 - DL01	2500	9	30	0,9	192,45	3x(1X240)	426	0,93	0,84	1,00	0,94	281,54	0,162	0,41	45,00	0,50		
	DL01 - CS	3300	13,5	30	0,9	288,68	3x(1X400)	549	0,93	0,74	1,00	0,94	319,64	0,103	0,34	84,98	0,63		
Linea 2	DL03 - DL05	1700	4,5	30	0,9	96,23	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,70	19,41	0,43	29,31	0,33
	DL05 - CS	550	9	30	0,9	192,45	3x(1X240)	426	0,93	0,74	1,00	0,94	248,02	0,162	0,09	9,90	0,11		
Linea 3	DL06 - DL04	850	4,5	30	0,9	96,23	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,35	9,70	0,22	39,40	0,44
	DL04 - CS	1650	9	30	0,9	192,45	3x(1X240)	426	0,93	0,74	1,00	0,94	248,02	0,162	0,27	29,70	0,33		
Linea 4	CS - SSE	3500	13,5	30	0,9	288,68	3x(1X400)	549	0,93	0,74	1,00	0,94	319,64	0,103	0,36	90,13	0,67	90,13	0,67
Linea 5	CS - SSE	3500	9	30	0,9	192,45	3x(1X300)	480	0,93	0,74	1,00	0,94	279,46	0,130	0,46	50,56	0,56	50,56	0,56
Linea 6	CS - SSE	3500	9	30	0,9	192,45	3x(1X300)	480	0,93	0,74	1,00	0,94	279,46	0,130	0,46	50,56	0,56	50,56	0,56

Potenza totale persa dell'impianto	Potenza percentuale persa in tutto l'impianto
402,48	3,610

Verifica termica e delle perdite di potenza dei cavi ARE4H5EX E ARE4H5E 18/30 kV IEC 502  
Carico 80%

"Allegato D"

Linea (o ramo)	Tratto di cavo	Lunghezza tratto di cavo [m]	Potenza nominale P [MW]	Tensione nominale V [kV]	cosφ	Corrente d'impiego I <sub>b</sub> [A]	Sezione di cavo adottata S [mm <sup>2</sup> ]	Portata di corrente Terreno a 20°C Rt=1m°C/W AL [A]	k1 [temperatura]	k2 [tipo di posa]	K3 [resistività] 1 °C m/W	K4 f. Correzione prof. P	Portata di corrente finale Iz' [A]	Resistenza massima in CA del conduttore a 90 °C AI [Ω/Km]	Resistenza massima in CA del conduttore a 90 °C per tratto di cavo AI [Ω]	Potenza persa per tratto ΔP <sub>t</sub> [kW]	Potenza percentuale persa per tratto ΔP <sub>t</sub> %	Potenza persa per ramo ΔP <sub>r</sub> [kW]	Potenza percentuale persa per ramo ΔP <sub>r</sub> %
Linea 1	DL07 - DL02	1100	3,6	30	0,9	76,98	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,45	8,04	0,22	91,22	0,84
	DL02 - DL01	2500	7,2	30	0,9	153,96	3x(1X240)	426	0,93	0,84	1,00	0,94	281,54	0,162	0,41	28,80	0,40		
	DL01 - CS	3300	10,8	30	0,9	230,94	3x(1X400)	549	0,93	0,74	1,00	0,94	319,64	0,103	0,34	54,38	0,50		
Linea 2	DL03 - DL05	1700	3,6	30	0,9	76,98	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,70	12,42	0,35	18,76	0,26
	DL05 - CS	550	7,2	30	0,9	153,96	3x(1X240)	426	0,93	0,74	1,00	0,94	248,02	0,162	0,09	6,34	0,09		
Linea 3	DL06 - DL04	850	3,6	30	0,9	76,98	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,35	6,21	0,17	25,22	0,35
	DL04 - CS	1650	7,2	30	0,9	153,96	3x(1X240)	426	0,93	0,74	1,00	0,94	248,02	0,162	0,27	19,01	0,26		
Linea 4	CS - SSE	3500	10,8	30	0,9	230,94	3x(1X400)	549	0,93	0,74	1,00	0,94	319,64	0,103	0,36	57,68	0,53	57,68	0,53
Linea 5	CS - SSE	3500	7,2	30	0,9	153,96	3x(1X300)	480	0,93	0,74	1,00	0,94	279,46	0,130	0,46	32,36	0,45	32,36	0,45
Linea 6	CS - SSE	3500	7,2	30	0,9	153,96	3x(1X300)	480	0,93	0,74	1,00	0,94	279,46	0,130	0,46	32,36	0,45	32,36	0,45

Potenza totale persa dell'impianto	Potenza percentuale persa in tutto l'impianto
257,59	2,888

Verifica termica e delle perdite di potenza dei cavi ARE4H5EX E ARE4H5E 18/30 kV IEC 502  
Carico 60%

"Allegato E"

Linea (o ramo)	Tratto di cavo	Lunghezza tratto di cavo	Potenza nominale	Tensione nominale	cosφ	Corrente d'impiego	Sezione di cavo adottata	Portata di corrente Terreno a 20°C Rt=1m°C/W AL	k1 [temperatura]	k2 [tipo di posa]	K3 [resistività] 1 °C m/W	K4 f. Correzione prof. P	Portata di corrente finale	Resistenza massima in CA del conduttore a 90 °C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90 °C per tratto di cavo	Potenza persa per tratto	Potenza percentuale persa per tratto	Potenza persa per ramo	Potenza percentuale persa per ramo
		[m]	P [MW]	V [kV]		I <sub>b</sub> [A]	S [mm <sup>2</sup> ]	[A]					I <sub>z'</sub> [A]	AI [Ω/Km]	AI [Ω]	ΔP <sub>t</sub> [kW]	ΔP <sub>t</sub> %	ΔP <sub>r</sub> [kW]	ΔP <sub>r</sub> %
Linea 1	DL07 - DL02	1100	2,7	30	0,9	57,74	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,45	4,52	0,17	51,31	0,63
	DL02 - DL01	2500	5,4	30	0,9	115,47	3x(1X240)	426	0,93	0,84	1,00	0,94	281,54	0,162	0,41	16,20	0,30		
	DL01 - CS	3300	8,1	30	0,9	173,21	3x(1X400)	549	0,93	0,74	1,00	0,94	319,64	0,103	0,34	30,59	0,38		
Linea 2	DL03 - DL05	1700	2,7	30	0,9	57,74	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,70	6,99	0,26	10,55	0,20
	DL05 - CS	550	5,4	30	0,9	115,47	3x(1X240)	426	0,93	0,74	1,00	0,94	248,02	0,162	0,09	3,56	0,07		
Linea 3	DL06 - DL04	850	2,7	30	0,9	57,74	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,35	3,49	0,13	14,19	0,26
	DL04 - CS	1650	5,4	30	0,9	115,47	3x(1X240)	426	0,93	0,74	1,00	0,94	248,02	0,162	0,27	10,69	0,20		
Linea 4	CS - SSE	3500	8,1	30	0,9	173,21	3x(1X400)	549	0,93	0,74	1,00	0,94	319,64	0,103	0,36	32,45	0,40	32,45	0,40
Linea 5	CS - SSE	3500	5,4	30	0,9	115,47	3x(1X300)	480	0,93	0,74	1,00	0,94	279,46	0,130	0,46	18,20	0,34	18,20	0,34
Linea 6	CS - SSE	3500	5,4	30	0,9	115,47	3x(1X300)	480	0,93	0,74	1,00	0,94	279,46	0,130	0,46	18,20	0,34	18,20	0,34

Potenza totale persa dell'impianto	Potenza percentuale persa in tutto l'impianto
144,89	2,166

Verifica termica e delle perdite di potenza dei cavi ARE4H5EX E ARE4H5E 18/30 kV IEC 502  
Carico 40%

"Allegato F"

Linea (o ramo)	Tratto di cavo	Lunghezza tratto di cavo	Potenza nominale	Tensione nominale	cosφ	Corrente d'impiego	Sezione di cavo adottata	Portata di corrente Terreno a 20°C Rt=1m°C/W AL	k1 [temperatura]	k2 [tipo di posa]	K3 [resistività] 1 °C m/W	K4 f. Correzione prof. P	Portata di corrente finale	Resistenza massima in CA del conduttore a 90 °C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90 °C per tratto di cavo	Potenza persa per tratto	Potenza percentuale persa per tratto	Potenza persa per ramo	Potenza percentuale persa per ramo
		[m]	P [MW]	V [kV]		I <sub>b</sub> [A]	S [mm <sup>2</sup> ]	[A]					I <sub>z'</sub> [A]	AI [Ω/Km]	AI [Ω]	ΔP <sub>t</sub> [kW]	ΔP <sub>t</sub> %	ΔP <sub>r</sub> [kW]	ΔP <sub>r</sub> %
Linea 1	DL07 - DL02	1100	1,8	30	0,9	38,49	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,45	2,01	0,11	22,81	0,42
	DL02 - DL01	2500	3,6	30	0,9	76,98	3x(1X240)	426	0,93	0,84	1,00	0,94	281,54	0,162	0,41	7,20	0,20		
	DL01 - CS	3300	5,4	30	0,9	115,47	3x(1X400)	549	0,93	0,74	1,00	0,94	319,64	0,103	0,34	13,60	0,25		
Linea 2	DL03 - DL05	1700	1,8	30	0,9	38,49	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,70	3,11	0,17	4,69	0,13
	DL05 - CS	550	3,6	30	0,9	76,98	3x(1X240)	426	0,93	0,74	1,00	0,94	248,02	0,162	0,09	1,58	0,04		
Linea 3	DL06 - DL04	850	1,8	30	0,9	38,49	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,35	1,55	0,09	6,30	0,18
	DL04 - CS	1650	3,6	30	0,9	76,98	3x(1X240)	426	0,93	0,74	1,00	0,94	248,02	0,162	0,27	4,75	0,13		
Linea 4	CS - SSE	3500	5,4	30	0,9	115,47	3x(1X400)	549	0,93	0,74	1,00	0,94	319,64	0,103	0,36	14,42	0,27	14,42	0,27
Linea 5	CS - SSE	3500	3,6	30	0,9	76,98	3x(1X300)	480	0,93	0,74	1,00	0,94	279,46	0,130	0,46	8,09	0,22	8,09	0,22
Linea 6	CS - SSE	3500	3,6	30	0,9	76,98	3x(1X300)	480	0,93	0,74	1,00	0,94	279,46	0,130	0,46	8,09	0,22	8,09	0,22

Potenza totale persa dell'impianto	Potenza percentuale persa in tutto l'impianto
64,40	1,444

Verifica termica e delle perdite di potenza dei cavi ARE4H5EX E ARE4H5E 18/30 kV IEC 502  
Carico 20%

"Allegato G"

Linea (o ramo)	Tratto di cavo	Lunghezza tratto di cavo [m]	Potenza nominale P [MW]	Tensione nominale V [kV]	cosφ	Corrente d'impiego I <sub>b</sub> [A]	Sezione di cavo adottata S [mm <sup>2</sup> ]	Portata di corrente Terreno a 20°C Rt=1m°C/W AL [A]	k1 [temperatura]	k2 [tipo di posa]	K3 [resistività] 1 °C m/W	K4 f. Correzione prof. P	Portata di corrente finale Iz' [A]	Resistenza massima in CA del conduttore a 90 °C AI [Ω/Km]	Resistenza massima in CA del conduttore a 90 °C per tratto di cavo AI [Ω]	Potenza persa per tratto ΔP <sub>t</sub> [kW]	Potenza percentuale persa per tratto ΔP <sub>t</sub> %	Potenza persa per ramo ΔP <sub>r</sub> [kW]	Potenza percentuale persa per ramo ΔP <sub>r</sub> %
Linea 1	DL07 - DL02	1100	0,9	30	0,9	19,25	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,45	0,50	0,06	5,70	0,21
	DL02 - DL01	2500	1,8	30	0,9	38,49	3x(1X240)	426	0,93	0,84	1,00	0,94	281,54	0,162	0,41	1,80	0,10		
	DL01 - CS	3300	2,7	30	0,9	57,74	3x(1X400)	549	0,93	0,74	1,00	0,94	319,64	0,103	0,34	3,40	0,13		
Linea 2	DL03 - DL05	1700	0,9	30	0,9	19,25	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,70	0,78	0,09	1,17	0,07
	DL05 - CS	550	1,8	30	0,9	38,49	3x(1X240)	426	0,93	0,74	1,00	0,94	248,02	0,162	0,09	0,40	0,02		
Linea 3	DL06 - DL04	850	0,9	30	0,9	19,25	3x(1X95)	255	0,93	0,84	1,00	0,94	168,53	0,411	0,35	0,39	0,04	1,58	0,09
	DL04 - CS	1650	1,8	30	0,9	38,49	3x(1X240)	426	0,93	0,74	1,00	0,94	248,02	0,162	0,27	1,19	0,07		
Linea 4	CS - SSE	3500	2,7	30	0,9	57,74	3x(1X400)	549	0,93	0,74	1,00	0,94	319,64	0,103	0,36	3,61	0,13	3,61	0,13
Linea 5	CS - SSE	3500	1,8	30	0,9	38,49	3x(1X300)	480	0,93	0,74	1,00	0,94	279,46	0,130	0,46	2,02	0,11	2,02	0,11
Linea 6	CS - SSE	3500	1,8	30	0,9	38,49	3x(1X300)	480	0,93	0,74	1,00	0,94	279,46	0,130	0,46	2,02	0,11	2,02	0,11

Potenza totale persa dell'impianto	Potenza percentuale persa in tutto l'impianto
16,10	0,722