

INDICE

A. GENERALITÀ.....	3
A.1 DATI PROPONENTE.....	3
A.2 SCOPO DEL DOCUMENTO.....	3
B. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN CORRENTE CONTINUA DI STRINGA E DI COLLEGAMENTO TRA STRINGHE E INVERTER;	4
B.1 GENERALITÀ.....	4
B.2 MODULI FOTOVOLTAICI E DEFINIZIONE STRINGHE,.....	5
B.3 CAVI SOLARI PREVISTI.....	9
B.3.1 Dimensionamento cavi solari.....	12
B.3.1.1 Dimensionamento cavi solari.....	13
C. DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE INTERRATE IN CAVO BT – 800 V TRA GLI INVERTER DI CAMPO E LE CABINE DI TRASFORMAZIONE ELEVATRICI DI CAMPO	15
C.1.1 Calcolo della portata di corrente reale	18
C.1.1.1 Dimensionamento cavi e verifiche cadute di tensione.....	25
D. DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE INTERRATE IN CAVO MT 30 KV TRA LE CABINE ELEVATRICI E LA CABINA DI RACCOLTA.....	28
D.1.1.1 Dimensionamento cavi e verifiche cadute di tensione.....	31

A. Generalità

A.1 Dati Proponente

La società proponente l'investimento, e titolare delle procedure amministrative propedeutiche all'ottenimento dell'Autorizzazione Unica, ex art.12 del D.Lgs. n.387 del 29/12/2003, è denominata **Eco Sicily 8 S.r.l.**, con sede in Milano (MI), Via Alessandro Manzoni n.30, Cod. Fisc., Part. IVA e iscritta al numero 11118350963 del Registro delle Imprese di Milano Monza Brianza Lodi, rappresentata dal dott. Joav Shapira in qualità di legale rappresentante.

A.2 Scopo del documento.

Qui di seguito si riportano i calcoli elettrici e il dimensionamento delle componenti principali costituenti il parco fotovoltaico che sorgerà nel territorio del comune di Carlentini (SR) in località c/da Casazza.

Brevemente si accenna all'architettura di sistema che prevede la suddivisione del campo fotovoltaico in 4 distinti sottocampi, di potenza installata differente, i quali convogliano l'energia prodotta nella cabina di raccolta di riferimento al sottocampo.

Qui di seguito si provvederà alla verifica e al dimensionamento delle seguenti componenti :

1. Stringhe;
2. Cavi in BT di collegamento Stringhe – Inverter;
3. Cavi in BT di collegamento Inverter – Quadri di parallelo;
4. Cavi in BT di collegamento Quadri di parallelo – Cabina di campo con elevazione alla potenza di 36 kV;
5. Cavi in AT – 36kV di collegamento Cabina di campo – Cabina di raccolta

B. Dimensionamento dei cavi in corrente continua di stringa e di collegamento tra stringhe e inverter;

B.1 Generalità.

Questa parte attiene al dimensionamento dei cavi in corrente continua, di collegamento tra i moduli fotovoltaici per la formazione delle stringhe, e tra quest'ultime e gli inverter di campo di pertinenza. Le condizioni ambientali particolarmente gravose, tipiche dei luoghi di installazione di impianti fotovoltaici (elevate temperature, precipitazioni atmosferiche, radiazioni ultraviolette, azioni di roditori o di animali in genere, ecc) impongono particolari criteri per la scelta e per la posa dei cavi al fine di poterne garantire le prestazioni richieste per un periodo di almeno 25 anni.

La tensione nominale dei cavi deve essere compatibile con il sistema elettrico ed è espressa dall'insieme di due valori di tensione, U_0/U , ove U_0 è la tensione verso terra ed U la tensione tra le polarità positiva e negativa.

Prima dei calcoli necessari è opportuno richiamare alcune caratteristiche dei moduli, delle stringhe e degli inverter ipotizzati.

B.2 Moduli fotovoltaici e definizione stringhe,

I moduli fotovoltaici previsti sono del tipo in silicio mono-cristallino, modello Deep Blue 4.0 di produzione JA SOLAR, aventi le seguenti caratteristiche:

JA SOLAR

DEEP BLUE 4.0 *Pro*

Version No.: Global-EN-20230519A

630W **LB**
Series



-  Higher power generation better LCOE
-  n-type with very Lower LID
-  Better Temperature Coefficient
-  Better low irradiance response
-  12-year product warranty
-  30-year linear power output warranty

**n-type Bifacial Double Glass
High Efficiency Mono Module
JAM72D42 LB**

605-630

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941: 2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing

Numero moduli :	24
Potenza stringa :	15.120,00 Wp
V _{MP} :	1.053,60 V
I _{mp} :	14,35 A
I _{SC} :	15,08 A
I _b - Corrente max di cc	18,85 A
V _{OC} :	1.253,76 V
V _{OC(-10)} :	1.367,85 V
V _{MPP(-10)} :	1.149,48 V
V _{MPP(70)} :	930,33 V

Assumeremo come tensione di confronto il valore pari a $1,2 \times V_{OC(-10)}$: **1641,42 V**

Verifica cavi di stringa

Dati cavi utilizzati

S =	4 mmq
V _{MAX} =	1800 V
I _{MAX} =	55 A

Condizioni di verifica

V_{MAX} > 1.20 x V_{OC(-10)} --> *Condizione verificata*

I_{MAX} > I_b - Corrente max di cc --> *Condizione verificata*

Portata cavi

$$I_z = k_1 \cdot I_0 = 31,9 \text{ A}$$

dove

k ₁	0,58	coefficiente riduttivo per T = 70 °C
I ₀	55 A	Portata teorica del cavo

$I_z > I_b$
Condizione verificata

Verifica caduta di tensione

$$\Delta V = k \cdot I_b \cdot L \cdot R$$

dove

B.3 Cavi solari previsti

Le stringhe saranno realizzate mediante il collegamento in serie di 24 moduli; il cavo previsto sarà del tipo H1Z2Z2 – K, con le seguenti caratteristiche :



Bassa tensione - Energia e cablaggio

HalogenFree

NPE SUN H1Z2Z2-K cavo per impianti fotovoltaici

Costruzione, requisiti elettrici, fisici e meccanici: EN 50618

Non propagazione della fiamma: EN 60332-1-2

Gas corrosivi o alogenidrici: EN 50525-1

Densità dei fumi: EN 61034-2

Resistenza raggi UV: EN 50289-4-17 (A)

Resistenza ozono: EN 50396

Resistenza alla sollecitazione termica: EN 60216-1

EN 60216-2

Direttiva Bassa Tensione: 2014/35/UE

Direttiva RoHS: 2011/65/UE

REAZIONE AL FUOCO

CONFORME CPR REGOLAMENTO 305/2011/UE	
Norma:	EN 50575:2014+A1:2016
Classe:	E _{ca}
Classificazione:	EN 13501-6
Propagazione della fiamma:	EN 60332-1-2
Organismo Notificato:	0051 - IMQ
CE	2020



www.latrienetacavi.com



revisione n° 004 data 28/09/22

Descrizione

- Conduttore: rame stagnato, formazione flessibile, classe 5
- Isolamento: compound reticolato (LS0H)
- Guaina: compound reticolato (LS0H)
- Colore: nero, rosso

LS0H = Low Smoke Zero Halogen

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale U_0/U : 1000/1000 V c.a.
1500/1500 V c.c.
- Tensione massima U_m (anche verso terra): 1800 V c.c.
- Temperatura massima di esercizio sul conduttore: 90°C
- Temperatura massima sul conduttore alla temperatura ambiente max di 90°C: 120°C (max 20.000 ore)
- Temperatura minima di esercizio: -40°C
(in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C per un periodo di 5 sec.

Marcatura

[Ditta] NPE SUN H1Z2Z2-K [formazione] mm2 IEMMEQU ◀HAR▶ [anno] (CE logo) [ordine] [metrica]
[Ditta] NPE SUN H1Z2Z2-K [formazione] mm2 [anno] (CE logo) [ordine] [metrica]

Caratteristiche particolari

Funzionamento per almeno 25 anni in normali condizioni d'uso. Funzionamento a lungo termine (Indice di temperatura TI): 120°C riferito a 20.000 ore (EN 60216-1)

Condizioni di posa

- Temperatura minima di installazione: -25°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 4 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 50 N/mm² di sezione del rame

Impiego e tipo di posa

Usò previsto in installazioni fotovoltaici secondo la HD 60364-7-712.

Sono progettati per uso permanente all'esterno o all'interno, per installazioni libere mobili, libere a sospensione e fisse. Installazione anche in condotti e su canaline, all'interno o sotto intonaco oltre che nelle apparecchiature. Adatto per l'applicazione su apparecchiature con isolamento di protezione (classe di protezione II).

NPE SUN H1Z2Z2-K

Formazione	Ø indicativo conduttore	Ø esterno max	Resistenza elettrica max a 20°C	Peso indicativo cavo	Portata di corrente a temperatura ambiente 60°C e temperatura del conduttore 120°C		
					1 cavo in aria libera	1 cavo su una superficie	2 cavi in contatto su una superficie
n° x mm ²	mm	mm	Ω/km	kg/km	A	A	A
1 x 1,5	1,5	5,4	13,7	32	30	29	24
1 x 2,5	1,9	5,9	8,21	43	41	39	33
1 x 4	2,4	6,6	5,09	60	55	52	44
1 x 6	3,0	7,4	3,39	82	70	67	57
1 x 10	3,9	8,8	1,95	125	98	93	79
1 x 16	5,0	10,1	1,24	185	132	125	107
1 x 25	6,1	12,5	0,795	280	176	167	142
1 x 35	7,3	14,0	0,565	370	218	207	176
1 x 50	8,7	16,3	0,393	520	276	262	221
1 x 70	10,5	18,7	0,277	715	347	330	278
1 x 95	11,9	20,8	0,210	925	416	395	333
1 x 120	13,8	22,8	0,164	1165	488	464	390
1 x 150	15,3	25,5	0,132	1480	566	538	453
1 x 185	16,9	28,5	0,108	1825	644	612	515
1 x 240	19,4	32,1	0,0817	2345	775	736	620

Coefficienti di correzione per temperature ambiente diverse da 60°C	
Temperatura ambiente (°C)	Coefficiente di correzione
Fino a 60	1,0
70	0,92
80	0,84
90	0,75

Per installazioni a gruppi i coefficienti di correzione della portata sono riportati nel documento HD 60364-5-52:2011, Tabella B.52.17

I cavi di stringa saranno posati in una idonea canalina in PVC, corredata di coperchio, posata sulla struttura del tracker. La sezione prevista $S=4$ mmq è compatibile con i connettori a corredo dei moduli.

La linea di collegamento tra ciascuna stringa ed il corrispondente inverter sarà realizzato sempre con cavo solare H1Z2Z2 – K, ma di sezione $S = 10$ mmq per l'ottimizzazione della caduta di tensione e delle perdite.

Tali cavi saranno posati entro tubazioni in PVC interrata con interposizione di pozzetti di derivazione e/o transito.

Più avanti è descritto il dimensionamento elettrico, con verifica, delle linee in cavo costituenti la stringa e delle linee di collegamento con l'inverter.

Le stringhe saranno composte da N° 24 moduli, e le stesse saranno congruenti con i tracker, l'accoppiamento stringhe tracker prevederà:

- per tracker da 72 moduli si avranno 3 stringhe;
- per tracker da 48 moduli si avranno 2 stringhe;
- per tracker da 24 moduli si avranno 1 stringhe;

B.3.1 Dimensionamento cavi solari.

Ai fini di un corretto dimensionamento, sono importanti le condizioni ambientali, tra le più importanti, si menzionano:

- **Presenza di acqua**

I cavi possono venire a contatto con l'acqua per cui se non di tipo adatto, possono deteriorarsi; se posati in tubazioni la condensa che si genera può rovinare i cavi, per cui è buona norma installativa, dopo il collaudo finale e la messa in esercizio, sigillare le estremità.

- **Basse temperature**

Temperature troppo basse comportano un forte indurimento dell'isolante che corre il rischio di fessurazioni; in genere si scelgono cavi che possono funzionare anche - 30 °C

- **Alte temperature**

In corrispondenza dei pannelli, in certe stagioni si possono raggiungere temperature molto elevate, fino a 80 – 90 °C, per cui i cavi devono essere in grado di mantenere e sopportare tali valori senza che le proprie caratteristiche ne risultino compromesse.

- **Elementi corrosivi ed inquinanti**

I cavi con guaina risultano più resistenti.

- **Radiazioni solari**

Le radiazioni solari, specie quelle che ricadono nello spettro dell' ultravioletto, possono comportare deterioramenti con conseguenti perdite delle prestazioni.

B.3.1.1 Dimensionamento cavi solari.

La connessione fra i moduli di una stringa è solitamente effettuata tramite i cavi di cui sono corredati i moduli stessi; con i moduli previsti la sezione di tali cavi è $S=4 \text{ mm}^2$.

Questi cavi sono quelli che formano la stringa, assumendo cautelativamente una tensione di riferimento pari a $1,2 U_{oc}$ (*in ossequio alla norma IEC-TS-62257-7-1*) ove U_{oc} è la tensione a vuoto della stringa nelle condizioni di prova standard.

Qui di seguito si riporta il dimensionamento dei cavi secondo la CEI 64 - 8 :

Dimensionamento linea stringhe

Numero moduli :	24
Potenza stringa :	15.120,00 Wp
V_{MP} :	1.053,60 V
I_{mp} :	14,35 A
I_{SC} :	15,08 A
I_b - Corrente max di cc	18,85 A
V_{OC} :	1.253,76 V
$V_{OC(-10)}$:	1.367,85 V
$V_{MPP(-10)}$:	1.149,48 V
$V_{MPP(70)}$:	930,33 V

Assumeremo come tensione di confronto il valore pari a $1,2 \times V_{OC(-10)} = \mathbf{1641,42 \text{ V}}$

Verifica cavi di stringa
Dati cavi utilizzati

$S =$	10 mm ²
$V_{ESERCIZIO} =$	1800 V
$I_{MAX} =$	98 A

Condizioni di verifica

$V_{ESERC} > 1.20 \times V_{OC(-10)} \rightarrow$	Condizione verificata
$I_{MAX} > I_b$ - Corrente max di cc \rightarrow	Condizione verificata

Portata cavi

$$I_z = k_1 \cdot k_2 \cdot I_0 = 36,95 \text{ A}$$

dove

k_1	0,58	coefficiente riduttivo per $T = 70 \text{ }^\circ\text{C}$
k_2	0,65	coefficiente riduttivo per la presenza di 5 cavi

I_0 98 A *Portata teorica del cavo (1 x 10 mmq)*

$$I_z > I_b$$

Condizione verificata

C. Dimensionamento delle linee interrate in cavo BT – 800 v tra gli inverter di campo e le cabine di trasformazione elevatrici di campo

Si procederà al dimensionamento delle linee in cavo, interrate, ad un livello di tensione di 800 V, deputate al collegamento puntuale degli inverter di campo con i quadri di bassa tensione di “parallelo inverter” delle cabine di trasformazione elevatrici di campo a seconda della zona considerata.

Le cabine di trasformazione elevatrici di campo sono, in totale, N°4, ciascuna per sottocampo.

Qui di seguito si riportano le caratteristiche tecniche degli inverter utilizzati :

SUN2000-330KTL-H1
Smart String Inverter



Max. Efficiency
≥99.0%



Smart Self Clean Fan



Smart DC Connector
Temperature Detect



Smart String Level
Disconnection



28 High Accuracy String
Current Detect



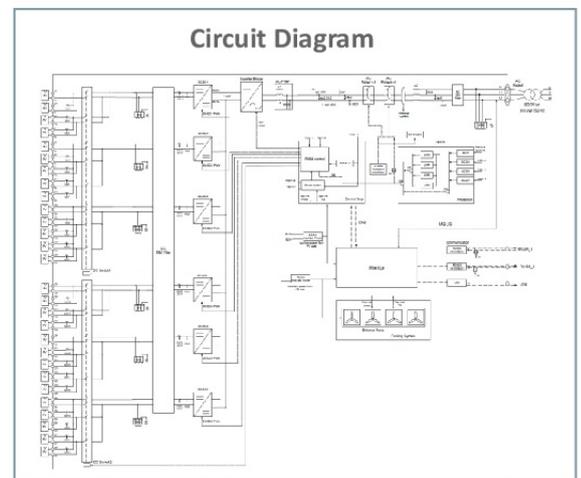
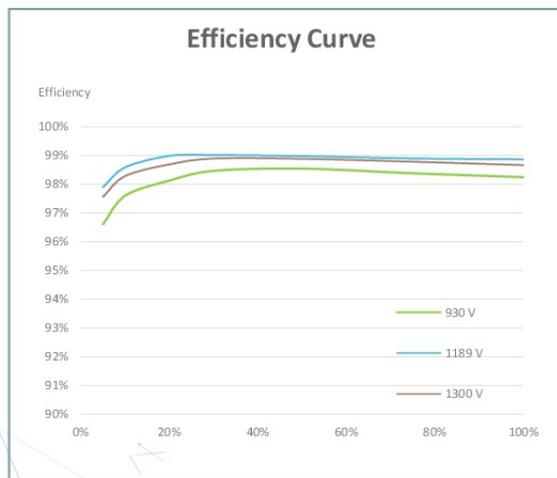
Support IV diagnosis



IP 66 protection



Surge Arresters for
DC & AC



SUN2000-330KTL-H1

Technical Specifications

Efficiency	
Max. Efficiency	≥99.0%
European Efficiency	≥98.8%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPP Trackers	6
Max. Current per MPPT	65 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	115 A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5/4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	300,000 W
Max. AC Apparent Power	330,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	330,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	216.6 A
Max. Output Current	238.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Total Harmonic Distortion	< 1%
Protection	
Smart String-Level Disconnect(SSLD)	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
AC Grounding Fault Protection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,048 x 732 x 395 mm
Weight (with mounting plate)	≤112 kg
Operating Temperature Range	-30 °C ~ 60 °C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP 66
Topology	Transformerless

C.1.1 Calcolo della portata di corrente reale .

Il calcolo della portata reale I_z di corrente è stata effettuata in ossequio alle raccomandazioni della norma **CEI 64 – 8** “*Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua*”.

La portata reale I_z di un cavo, in una determinata condizione di installazione, si ricava con la relazione: $I_z = k_t \cdot I_0$

dove :

I_0 = portata teorica dei cavi

K_t = coefficiente di correzione totale

Le portate di corrente si riferiscono a cavi funzionanti in sistemi trifasi equilibrati con frequenza di 50 Hz.

Le portate di corrente teoriche I_0 indicate nella Norma sono state calcolate considerando un funzionamento in regime permanente con un fattore di carico del 100%, la Norma indica che se per alcune condizioni di funzionamento il carico risulta essere variabile o intermittente, le portate di corrente possono essere più elevate.

Si è considerato, come più avanti descritto, un incremento del 10%.

Si assumono le seguenti condizioni di posa, poste a base delle verifiche successive :

- Cavi entro tubazioni interrate
- Lo spazio tra il cavo e la superficie interna della tubazione, si considera libero.
- In ossequio alla norma CEI 64-8 la condizione di posa prevista è codificata con la tipologia cavi unipolari in tubazione interrata.

Le tubazioni previste sono in polipropilene, flessibili, corrugate, confezionamento in rotoli, corredate di manicotto terminale di giunzione.

Saranno conformi alla norma CEI – EN – 50086 – 2 – 4 (CEI 23 – 463) diametro esterno $De = 160$ mm, resistenza allo sfilacciamento 40 J, e conforme alla tabella di unificazione ENEL M5.1.

È previsto l'utilizzo dei seguenti cavi :



Bassa tensione - Energia, segnalamento e comando

TRISECUR®
HalogenFree

FG16M16-0,6/1 kV FG160M16-0,6/1 kV

Costruzione, requisiti elettrici fisici
e meccanici:

CEI 20-13
CEI 20-38 p.q.a.
CEI UNEL 35324 (energia)
CEI UNEL 35328 (comando)

Direttiva Bassa Tensione: 2014/35/UE

Direttiva RoHS: 2011/65/UE

REAZIONE AL FUOCO



CONFORME CPR
REGOLAMENTO 305/2011/UE

Norma:	EN 50575:2014+A1:2016
Classe:	C _{ca} -s1b, d1, a1
Classificazione: (CEI UNEL 35016)	EN 13501-6
Emissione di calore e fumi durante lo sviluppo della fiamma	EN 50399
Propagazione della fiamma verticale:	EN 60332-1-2
Gas corrosivi e alogenidrici:	EN 60754-2
Densità dei fumi (trasmissione):	EN 61034-2
Organismo Notificato:	0051 - IMQ
CE	2017



Descrizione

- Conduttore: rame rosso, formazione flessibile, classe 5
- Isolamento: gomma, qualità G16
- Riempiativo: termoplastico LS0H, penetrante tra le anime (opzionale)
- Guaina: termoplastica LS0H, qualità M16
- Colore: verde o grigio

LS0H = Low Smoke Zero Halogen

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale U_o/U: 600/1000 V c.a.
1500 V c.c.
- Tensione massima U_m: 1200 V c.a.
1800 V c.c. anche verso terra
- Tensione di prova industriale: 4000 V
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C
(in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

Caratteristiche particolari

Buona resistenza agli oli, ai grassi industriali ed agli idrocarburi. Buon comportamento alle basse temperature.

Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 4 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 50 N/mm² di sezione del rame

Colori delle anime

UNIPOLARE	●	
BIPOLARE	● ●	
TRIPOLARE	● ● ● oppure ● ● ●	
QUADRIPOLORE	● ● ● ● oppure ● ● ● ●	
PENTAPOLARE	● ● ● ● ● oppure ● ● ● ● ●	

Le anime nei cavi multipli per segnalamento e comando sono nere numerate con o senza conduttore G/V.

Marcatura

[Ditta] FG16(O)M16 0,6/1 kV [form.] Cca-s1b,d1,a1 IEMMEQU EFP [anno] [ordine] [metrica]

[Ditta] FG16(O)M16 0,6/1 kV [form.] Cca-s1b,d1,a1 [anno] [ordine] [metrica]

Impiego e tipo di posa
Riferimento Guida CEI 20-67:

Il cavo è adatto per l'alimentazione di energia nei luoghi con pericolo d'incendio e con elevata presenza di persone come scuole, uffici, cinema, teatri, mostre, biblioteche, ospedali, musei, alberghi. Per posa fissa all'interno e all'esterno, anche in ambienti bagnati (AD7); per posa interrata diretta e indiretta. Per all'installazione all'aria aperta, su murature e strutture metalliche, su passerelle, tubazioni, canalette e sistemi simili. Adatto per installazioni a fascio in ambienti a maggior rischio in caso d'incendio.

Riferimento Regolamento Prodotti da Costruzione 305/2011 EU e Norma EN 50575:

Date le proprietà di limitare lo sviluppo del fuoco e fumi nocivi, il cavo è adatto per l'alimentazione di energia elettrica nelle costruzioni ed altre opere di ingegneria civile.

Unipolari

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø esterno max	Resistenza elettrica max a 20°C	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A					
							in aria a 30°C		interrato a 20°C		tubo interrato a 20°C	
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	Ω/km	kg/km			K = 1	K = 1,5	K = 1	K = 1,5
1 x 10	4,0	0,7	1,4	10,9	1,91	175	80	66	73	68	64	59
1 x 16	5,0	0,7	1,4	11,4	1,21	245	107	88	96	89	83	77
1 x 25	6,2	0,9	1,4	13,2	0,780	340	141	117	124	115	108	100
1 x 35	7,4	0,9	1,4	14,6	0,554	440	176	144	150	139	131	121
1 x 50	8,9	1,0	1,4	16,4	0,386	590	216	175	186	173	162	150
1 x 70	10,5	1,1	1,4	18,3	0,272	795	279	222	229	212	199	184
1 x 95	12,2	1,1	1,5	20,4	0,206	995	342	269	270	250	234	217
1 x 120	13,8	1,2	1,5	22,4	0,161	1340	400	312	312	289	271	251
1 x 150	15,4	1,4	1,6	24,8	0,129	1635	464	355	356	330	310	287
1 x 185	16,9	1,6	1,6	27,0	0,106	1955	533	417	401	371	343	323
1 x 240	19,5	1,7	1,7	30,2	0,0801	2495	634	490	471	436	409	379
1 x 300	21,6	1,8	1,8	33,0	0,0641	3040	736	-	533	493	463	429
1 x 400 (*)	25,1	2,0	1,9	-	0,0486	4010	868	-	621	575	540	500
1 x 500 (*)	28,5	2,2	2,1	-	0,0384	4960	998	-	705	650	540	565
1 x 630 (*)	32,8	2,4	2,3	-	0,0287	6645	1151	-	785	741	683	645

(*) = Questa formazione non rientra nelle tabelle CEI UNEL
 N.B. I valori di portata di corrente sono riferiti a:
 - n°3 conduttori attivi
 - profondità di posa 0,8 m per i cavi interrati

N.B. K=1: resistività termica del terreno 1,0 K·m/W
 K=1,5: resistività termica del terreno 1,5 K·m/W

Bipolari

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø esterno max	Resistenza elettrica max a 20°C	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A					
							in aria a 30°C		interrato a 20°C		tubo interrato a 20°C	
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	Ω/km	kg/km			K = 1	K = 1,5	K = 1	K = 1,5
2 x 1,5	1,5	0,7	1,8	12,0	13,3	140	26	22	28	26	25	23
2 x 2,5	2,0	0,7	1,8	13,0	7,98	175	36	30	37	35	32	30
2 x 4	2,5	0,7	1,8	14,2	4,95	220	49	40	48	45	41	39
2 x 6	3,0	0,7	1,8	15,4	3,30	280	63	51	60	56	52	49
2 x 10	4,0	0,7	1,8	17,3	1,91	390	86	69	80	76	70	66
2 x 16	5,0	0,7	1,8	19,4	1,21	610	115	91	105	99	91	86
2 x 25	6,2	0,9	1,8	23,0	0,780	880	149	119	135	128	118	111
2 x 35	8,9	1,0	1,8	27,7	0,554	1180	185	140	166	156	144	136
2 x 50	10,5	1,1	1,8	29,3	0,386	1590	225	175	205	193	178	168
2 x 70	12,2	1,1	1,8	33,1	0,272	2140	289	221	252	238	219	207

N.B. I valori di portata di corrente sono riferiti a:
 - n°2 conduttori attivi
 - profondità di posa 0,8 m per i cavi interrati

N.B. K=1: resistività termica del terreno 1,0 K·m/W
 K=1,5: resistività termica del terreno 1,5 K·m/W

Tripolari

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø esterno max	Resistenza elettrica max a 20°C	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A					
							in aria a 30°C	in tubo in aria a 30°C	interrato a 20°C		tubo interrato a 20°C	
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	Ω/km	kg/km			K = 1	K = 1,5	K = 1	K = 1,5
3 x 1,5	1,5	0,7	1,8	12,5	13,3	160	23	19,5	23	22	20	19
3 x 2,5	2,0	0,7	1,8	13,6	7,98	200	32	26	30	29	27	25
3 x 4	2,5	0,7	1,8	14,9	4,95	260	42	35	39	37	34	32
3 x 6	3,0	0,7	1,8	16,2	3,30	330	54	44	50	47	43	41
3 x 10	4,0	0,7	1,8	18,2	1,91	480	75	60	67	63	58	55
3 x 16	5,0	0,7	1,8	20,6	1,21	745	100	80	88	83	76	72
3 x 25	6,2	0,9	1,8	24,5	0,780	1080	127	105	113	107	99	93
3 x 35	7,4	0,9	1,8	27,3	0,554	1465	158	128	139	131	121	114
3 x 50	8,9	1,0	1,8	31,2	0,386	1990	192	154	172	162	149	141
3 x 70	10,5	1,1	1,9	35,6	0,272	2720	246	194	212	200	184	174
3 x 95	12,2	1,1	2,0	40,0	0,206	3430	298	233	251	237	218	206
3 x 120	13,8	1,2	2,1	44,4	0,161	4360	346	268	290	274	252	238
3 x 150	15,4	1,4	2,3	49,5	0,129	5420	399	300	332	313	288	272
3 x 185	16,9	1,6	2,4	55,2	0,106	6570	456	340	373	352	324	306
3 x 240	19,5	1,7	2,6	61,9	0,0801	8495	538	398	439	414	382	360

N.B. I valori di portata di corrente sono riferiti a:
 - n°3 conduttori attivi
 - profondità di posa 0,8 m per i cavi interrati

N.B. K=1: resistività termica del terreno 1,0 K·m/W
 K=1,5: resistività termica del terreno 1,5 K·m/W

Quadripolari

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø esterno max	Resistenza elettrica max a 20°C	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A					
							in aria a 30°C		interrato a 20°C		tubo interrato a 20°C	
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	Ω/km	kg/km			K = 1	K = 1,5	K = 1	K = 1,5
4 x 1,5	1,5	0,7	1,8	13,4	13,3	185	23	19,5	23	22	20	19
4 x 2,5	2,0	0,7	1,8	14,6	7,98	240	32	26	30	29	27	25
4 x 4	2,5	0,7	1,8	16,0	4,95	280	42	35	39	37	34	32
4 x 6	3,0	0,7	1,8	17,5	3,30	405	54	44	50	47	43	41
4 x 10	4,0	0,7	1,8	19,8	1,91	600	75	60	67	63	58	55
4 x 16	5,0	0,7	1,8	22,4	1,21	910	100	80	88	83	76	72
4 x 25	6,2	0,9	1,8	26,8	0,780	1300	127	105	113	107	99	93
4 x 35 (*)	7,4	0,9	1,8	-	0,554	1875	158	128	139	131	121	114
4 x 50 (*)	8,9	1,0	1,8	-	0,386	2590	192	154	172	162	149	141
4 x 70 (*)	10,5	1,1	2,0	-	0,272	3685	246	194	212	200	184	174
4 x 95 (*)	12,2	1,1	2,1	-	0,206	4485	298	233	251	237	218	206
3x35+25	7,4/6,2	0,9/0,9	1,8	29,2	0,554/0,780	1730	158	128	139	131	121	114
3x50+25	8,9/6,2	1,0/0,9	1,8	32,4	0,386/0,780	2230	192	154	172	162	149	141
3x70+35	10,5/7,4	1,1/0,9	1,9	37,0	0,272/0,554	3045	246	194	212	200	184	174
3x95+50	12,2/8,9	1,1/1,0	2,1	42,0	0,206/0,386	3930	298	233	251	237	218	206
3x120+70	13,8/10,5	1,2/1,1	2,2	46,9	0,161/0,272	5060	346	268	290	274	252	238
3x150+95	15,4/12,2	1,4/1,1	2,4	52,5	0,129/0,206	6320	399	300	332	313	288	272
3x185+95	16,9/12,2	1,6/1,1	2,5	57,3	0,106/0,206	7430	456	340	373	352	324	306
3x240+150	19,5/15,4	1,7/1,4	2,7	65,5	0,0801/0,129	9950	538	398	439	414	382	360

(*) = Questa formazione non rientra nelle tabelle CEI UNEL
 N.B. I valori di portata di corrente sono riferiti a:
 - n°3 conduttori attivi
 - profondità di posa 0,8 m per i cavi interrati

N.B. K=1: resistività termica del terreno 1,0 K-m/W
 K=1,5: resistività termica del terreno 1,5 K-m/W

Pentapolari

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø esterno max	Resistenza elettrica max a 20°C	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A					
							in aria a 30°C		interrato a 20°C		tubo interrato a 20°C	
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	Ω/km	kg/km			K = 1	K = 1,5	K = 1	K = 1,5
5G1,5	1,5	0,7	1,8	14,4	13,3	225	23	19,5	23	22	20	19
5G2,5	2,0	0,7	1,8	15,6	7,98	290	32	26	30	29	27	25
5G4	2,5	0,7	1,8	17,3	4,95	385	42	35	39	37	34	32
5G6	3,0	0,7	1,8	18,9	3,30	500	54	44	50	47	43	41
5G10	4,0	0,7	1,8	21,5	1,91	750	75	60	67	63	58	55
5G16	5,0	0,7	1,8	24,4	1,21	1100	100	80	88	83	76	72
5G25	6,2	0,9	1,8	29,3	0,780	1630	127	105	113	107	99	93
5G35	7,4	0,9	1,8	32,8	0,554	2205	158	128	139	131	121	114
5G50	8,9	1,0	2,0	38,2	0,386	3055	192	154	172	162	149	141
5G70 *	10,5	1,1	2,1	-	0,272	4215	246	194	212	200	184	174
5G95 *	12,2	1,1	2,3	-	0,206	5375	298	233	251	237	218	206
5G120 *	13,8	1,2	2,4	-	0,161	6800	346	268	290	274	252	238
5G150 *	15,4	1,4	2,6	-	0,129	8400	399	300	332	313	288	272

(*) = Questa formazione non rientra nelle tabelle CEI UNEL
 N.B. I valori di portata di corrente sono riferiti a:
 - n°3 conduttori attivi
 - profondità di posa 0,8 m per i cavi interrati

N.B. K=1: resistività termica del terreno 1,0 K·m/W
 K=1,5: resistività termica del terreno 1,5 K·m/W

Multipli / segnalamento e comando

Formazione (*)	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø esterno max	Resistenza elettrica max a 20°C	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
							in aria a 30°C		interrato a 20°C	
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	Ω/km	kg/km			K = 1	K = 1,5
5G1,5	1,5	0,7	1,8	14,4	13,3	230	16	14	26	23
7G1,5	1,5	0,7	1,8	15,4	13,3	275	13	11,5	18,5	16
10G1,5	1,5	0,7	1,8	18,7	13,4	365	13	11,5	18,5	16
12G1,5	1,5	0,7	1,8	19,3	13,4	410	11	9,5	14,5	12,5
16G1,5	1,5	0,7	1,8	21,1	13,4	510	11	9,5	14,5	12,5
19G1,5	1,5	0,7	1,8	22,1	13,4	580	9	8	13	11,5
24G1,5	1,5	0,7	1,8	25,4	13,5	700	9	8	13	11,5
7G2,5	2,0	0,7	1,8	16,8	7,98	310	17,5	15,5	24	21
10G2,5	2,0	0,7	1,8	20,6	8,06	395	17,5	15,5	24	21
12G2,5	2,0	0,7	1,8	21,3	8,06	445	13,5	12	20	17,5
16G2,5	2,0	0,7	1,8	23,3	8,06	545	13,5	12	20	17,5
19G2,5	2,0	0,7	1,8	24,5	8,06	615	12	10,5	16	14
24G2,5	2,0	0,7	1,8	28,3	8,10	750	12	10,5	16	14
7G4 (**)	2,5	0,7	1,8	20,0	0,554	520	27	23	30	28

(**) = Questa formazione non rientra nelle tabelle CEI UNEL

(*) Disponibile anche senza conduttore giallo/verde
 N.B. I valori di portata di corrente sono riferiti a:
 - tutti i conduttori attivi (eccetto il conduttore giallo/verde)
 - profondità di posa 0,8 m per i cavi interrati

N.B. K=1: resistività termica del terreno 1,0 K·m/W
 K=1,5: resistività termica del terreno 1,5 K·m/W

C.1.1.1 Dimensionamento cavi e verifiche cadute di tensione.

Verifica caduta di tensione

$$\Delta V = k \cdot I_b \cdot L \cdot R$$

dove

k	2	per corrente continua
$I_b = 1.25 \times I_{sc}$	18,85 A	corrente di impiego
L	200 m	Lunghezza linea
R	1,95 ohm/kM	resistenza elettrica

$$\Delta V = 14,70 \text{ V}$$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V_N} = 0,98\%$$

Definizione correnti di impiego Inverter - Cabina di raccolta generale

Massima corrente in uscita 238,2 A

$$I_z = k_t \cdot I_0 =$$

$$k_t = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$$

Con

k ₁	1,00
k ₂	0,60
k ₃	1,00
k ₄	1,00

Campo 1

S = 3x	185 mmq
I ₀ =	417 A
I _z =	250,2 A

Poiché **I_z > I_{max}** la verifica è soddisfatta

Calcolo cadute di tensione

$$\Delta V = k \cdot I_b \cdot L \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

dove :

k	1,73	per sistemi trifase
I _b	135,00 A	valore massimo di Intensità di corrente per cavo
L	0,25 Km	lunghezza massima conduttore
R	0,106 ohm/Km	resistenza della linea alla temperatura massima di servizio
X	0,08 ohm/Km	reattanza di fase della linea
cos φ	0,95	fattore di potenza
sin φ	0,30	

$$\Delta V = 7,25 \text{ V}$$

$$V = 800,00 \text{ V} \quad (\text{Tensione di trasferimento})$$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V_N} = 0,91\% \quad (\text{Caduta di tensione})$$

Trasformatore cabina di campo :

P =	3150 kV	Potenza nominale
V ₁ =	30 kV	Tensione primaria
V ₂ =	800 kV	Tensione secondaria
V _{cc} =	6%	Tensione di corto circuito
I ₂ =	1138 A	Corrente nominale secondaria

$$I_{cc} = \frac{I_2 \times 100}{V_{cc}} = 18,97 \text{ kA}$$

Per la verifica delle sezioni delle linee in cavo di collegamento tra gli inverter e le cabine di campo, ci si è posti nella condizione peggiore, cioè di corto circuito che si verifica all'inizio della linea , dove, la corrente di corto circuito presunta è di 18,97 kA.

$$\text{Condizione da soddisfare :} \quad I^2 \cdot t \leq k^2 \cdot S^2$$

dove :

I	18,97 kA	corrente presunta di corto circuito
t	50 msec	tempo di interruzione della corrente di corto circuito; si considera

un ritardo intenzionale di intervento della funzione di protezione ANSI 50

k 143 *Costante dipendente dalla natura dell'isolante*
S 185 mmq *Sezione linea considerata*

$$I^2 \cdot t = 17986722$$

$$k^2 \cdot S^2 = 699867025$$

La verifica è soddisfatta

D. Dimensionamento delle linee interrate in cavo AT 36 kV tra le cabine elevatrici e la cabina di raccolta.

Si procederà al dimensionamento delle linee in cavo, interrate, ad un livello di tensione di 30 kV, deputate al collegamento puntuale dei quadri di media tensione delle cabine di trasformazione elevatrici di campo con i corrispondenti quadri di media tensione di “raccolta” della cabina generale.

Le cabine di trasformazione elevatrici di campo sono, in totale, N°4, .

I cavi prescelti in fase di progettazione sono appresso riportati :



RG16H1R12 26/45kV.
(ALTA TENSIONE)CPR Eca

Cavi per collegamenti tra cabine di trasformazione e le grandi utenze
Cables for connections between substations and large users



Model Product: 7R0 - 20200415

Norme di riferimento

CEI 20-16 PQA IEC 60840 PQA IEC 60502pqa, CEI 20-13pqa, HD 620pqa
EN 50575:2014 + EN 50575/A1:2016 (IEC 60332-1-2)

Standards



Conduttore rigido di rame rosso ricotto. Classe 2.
Semiconduttore interno elastomerico estruso
Isolamento in HEPR di qualità G16
Semiconduttore esterno elastomerico estruso pelabile a freddo
Schermo costituito a fili di rame rosso
Guaina in mescola termoplastica tipo R12 per cavi MT

Rigid class 2 red copper conductor.
Inner semi-conducting layer
Elastomeric mixture insulation (G16 quality).
Cold-peelable extruded elastomeric external semiconductor
Red copper wire shield.
Sheath of PVC R12 type. For MT

<i>Tensione nominale U0</i>	26 kV	<i>Nominal voltage U0</i>
<i>Tensione nominale U</i>	45 kV	<i>Nominal voltage U</i>
<i>Tensione massima Um</i>	52 kV	<i>Maximum voltage Um</i>
<i>Temperatura massima di esercizio</i>	+105°C	<i>Maximum operating temperature</i>
<i>Temperatura massima di corto circuito</i>	+300°C	<i>Maximum short circuit temperature</i>
<i>Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)</i>	-15°C	<i>Min. operating temperature (without mechanical shocks)</i>
<i>Temperatura minima di installazione e maneggio</i>	0°C	<i>Minimum installation and use temperature</i>

Condizioni di impiego piu comuni

Adatti per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale. Ammessa la posa interrata in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17

Condizioni di posa

Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm):
12 D
Sforzo massimo di tiro:
60 N/mm²

Imballo

Bobina con metrature da definire in fase di ordine.

Colori anime

Unipolare: rosa

Colori guaina

Rosso

Common features

Suitable for the transport of energy between the substations and large users. For free-hanging, tube or channel. Laying underground in accordance with Art. 4.3.11 of IEC 11-17

Employment

Minimum bending radius per D cable diameter (in mm):
12 D
Maximum pulling stress:
60 N/mm²

Packing

Drums to agree.

Core colours

Single core: pink

Sheath colour

Red



RG16H1R12 26/45kV.
(ALTA TENSIONE)CPR Eca



Model Product: 7R0 - 20200415

ALTA TENSIONE RG16H1R12 Uo/U : 26/45 kV - U max : 52 kV (EX GRADO 67)

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro indicativo isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo del cavo	Raggio minimo curvatura
Conductor Number	Nominal Section	Approx conductor diameter	Approx insulation diameter	Approx external production diameter	Approx cable weight	Minimum radius bending
(N°)	(mmq)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
Unipolare / Single core						
1x	50	8.1	30.2	40.0	1800	480
1x	70	9.9	33.3	43.0	1990	550
1x	95	11.5	34.9	44.0	2300	580
1x	120	12.9	36.5	45.6	2630	585
1x	150	14.2	36.85	46.0	2790	590
1x	185	15.9	38.85	47.0	3200	610
1x	240	18.3	40.95	49.5	3820	650
1x	300	20.7	43.4	53.0	4640	690
1x	400	23.5	46.2	56.0	5430	730
1x	500	26.5	49.3	59.0	6600	770
1x	630	31.2	53.3	64.0	8200	850

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 105°C e 50 Hz		Reattanza di fase		Portata di corrente					
			A trifoglio		In piano		In aria a trifoglio		Interrato a trifoglio		Interrato in piano	
			Apparent resistance at 105°C and 50 Hz		Phase Reactance		Current carrying capacities					
Formation	Electric resistance at 20°C	Capacities 50 Hz	Trefoil formation	Flat	Trefoil formation	Flat	Trefoil formation in air	Flat in air	Trefoil formation in ground	Flat in ground		
(N°xmmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(A)	(A)	(A)	(A)		
Unipolare / Single core												
1x50	0.387	0.15	0.494	0.494	0.15	0.20	225	250	205	212		
1x70	0.268	0.15	0.342	0.342	0.15	0.21	280	315	255	260		
1x95	0.193	0.16	0.246	0.246	0.14	0.20	340	380	300	310		
1x120	0.153	0.18	0.196	0.196	0.14	0.20	395	440	355	365		
1x150	0.124	0.20	0.159	0.158	0.13	0.19	445	495	385	395		
1x185	0.0991	0.21	0.128	0.127	0.13	0.19	510	570	440	450		
1x240	0.0754	0.23	0.0985	0.0972	0.12	0.18	600	665	510	520		
1x300	0.0601	0.26	0.0797	0.0779	0.12	0.18	695	760	570	580		
1x400	0.0470	0.28	0.0638	0.0616	0.11	0.17	800	875	650	655		
1x500	0.0366	0.31	0.0517	0.0489	0.11	0.17	930	1010	735	740		
1x630	0.0283	0.34	0.0425	0.0389	0.10	0.16	1070	1180	835	845		

D.1.1.1 Dimensionamento cavi e verifiche cadute di tensione.

Il calcolo della portata reale I_z di corrente è stata effettuata in ossequio alle raccomandazioni della norma CEI – UNEL 35027 “Cavi di energia per tensioni nominali u da 1 kv a 30 kv – portate di corrente in regime permanente -posa in aria ed interrata”.

Definizione correnti di impiego Inverter - Cabina di raccolta generale

$$I_z = k_t \cdot I_0 =$$

$$k = k_{tt} \cdot k_p \cdot k_r =$$

Con 0,93

k_{tt}	1,00
k_p	0,99
k_r	0,94

Cabina di campo	Sezione (mmq)	I_0 (A)	k	Magg. per carico intermittente (%)	Portata reale $I_z = I_0 \cdot (1 + 0,15) \cdot k$ (A)	Corr. Impiego I_b (A)	$I_z > I_b$
1	50	175	0,931	15%	187,28	61,00	OK
2	50	175	0,931	15%	187,28	61,00	OK
3	50	175	0,931	15%	187,28	61,00	OK
4	50	175	0,931	15%	187,28	61,00	OK

Massima corrente di impiego lato 36 kV :

$$I_b = 61,00 \text{ A}$$

Calcolo cadute di tensione

$$\Delta V = k \cdot I_b \cdot L \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

dove :

k	1,73		per sistemi trifase
I_b	61,00	A	valore massimo di Intensità di corrente per cavo
L	variabile	km	lunghezza massima conduttore
R	variabile	ohm/km	resistenza della linea alla temperatura massima di servizio
X	variabile	ohm/km	reattanza di fase della linea

RS06REL0002A0 - Relazione calcoli elettrici cavi BT e MT
Rev.00
Del 21.10.2023
 $\cos \phi$ 0,95 *fattore di potenza*
 $\sin \phi$ 0,30

 $V_N =$ 36,00 kV *(Tensione di trasferimento)*
 $\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V_N} =$
(Caduta di tensione)
Linee di collegamento in alluminio AT - 36 kV

Cabine di campo - Cabine di raccolta

Cabina di campo	Lunghezza (km)	Formazione sezione (mmq)	Tipo	R (ohm/km)	X (ohm/km)	ΔV (V)	$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V_N}$
1	0,427	3 x 1 x 50	RG16H1R12 26/45 kV	0,387	0,20	19,27	0,05%
2	0,162	3 x 1 x 50	RG16H1R12 26/45 kV	0,387	0,20	7,31	0,02%
3	0,429	3 x 1 x 50	RG16H1R12 26/45 kV	0,387	0,20	19,36	0,05%
4	0,070	3 x 1 x 50	RG16H1R12 26/45 kV	0,387	0,20	3,16	0,01%