

Comune di Carbonia-Iglesias

Provincia di Sud Sardegna

Descrizione:

PROGETTO DEFINITIVO

Oggetto:

REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DI POTENZA DC 6.342.30 kWp E
POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 4.900 kW (AC)

Elaborato:

RELAZIONE CALCOLO LINEE ELETTRICHE E CAMPI
ELETTROMAGNETICI

Disegnato:

M.I.

Controllato:

D.C.

Rilasciato:

D.T.

tel: 045 8088911

fax: 045 581254

e-mail: info@mannienergy.it

Tavola:

Scala:

varie @A1

Codice:

REL_09

Data:

06-2021

Nome file:

Percorso file:

Rev:

Data:

Descrizione:

00

06-2021

Emissione per approvazione

01

02

.....

.....

Commessa:

4961_Carbonia

Progettazione:

Committente:

Indirizzo cantiere:

Loc. Acquas Derettas
Carbonia-Iglesias (SU)

Il Progettista:



MANNI ENERGY
ENERGY SOLUTIONS

CONTENUTI

1. CAPITOLO 1 : PREMESSE E FINALITA' DELL'ELABORATO
2. CAPITOLO 2: NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO
3. CAPITOLO 3: CRITERI PER IL DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE DC
4. CAPITOLO 4: CRITERI PER IL DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE AC
 - 4.1 CRITERI PER LINEE AC/BT
 - 4.2 CRITERI PER LINEE AC/MT
5. CAPITOLO 5: ANALISI CAMPI ELETTROMAGNETICI
 - 5.1 RICHIAMI NORMATIVI
 - 5.2 PRINCIPI DI CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO
 - 5.3 PRINCIPI DI CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO
 - 5.4 LINEE IN CAVO BT INTERRATO
 - 5.5 CABINA DI CAMPO E DI TRASFORMAZIONE MT/BT E CABINA DI CONSEGNA
 - 5.6 CONCLUSIONI

CAPITOLO 1 : PREMESSE E FINALITA' DELL'OPERA.

La presente relazione descrive le principali metodologie di calcolo delle linee elettriche, i relativi riferimenti normativi ed i principali aspetti impiantistici per l'installazione e messa in esercizio delle linee di trasmissione di potenza, in riferimento all'impinto Fotovoltaico denominato CARBONIA connesso alla R.T.N. finalizzato alla produzione di energia elettrica.

L'impianto è progettato per funzionare in parallelo alla rete di distribuzione elettrica, cedendo totalmente alla rete l'energia prodotta.

L'impianto in genere e tutte le apparecchiature utilizzate sono conformi alle prescrizioni degli enti di riferimento (E-Distribuzione, TERNA, UTF, ecc...) competenti per territorio ed ai quali ci si rivolge direttamente per assumere tutti i dati tecnici necessari per la corretta conduzione dei lavori.

Di seguito i principali parametri che identificano le potenze in gioco:

- Potenza STC di generazione (Moduli FTV): 6.342,3 kWp
- Potenza AC convertitori (inverter): 4.950 kW
- Potenza Nominale ai fini della Connessione: 4.900 kW
- Potenza Immissione in rete (art. 1.1,dd del TICA): 4.900 kW
- Potenza Impianto ai fini autorizzativi (Delib.G.R. n. 11/75 del 24.03.2021 "Direttive regionali in materia di VIA e di provvedimento unico regionale in materia ambientale (PAUR)"): 6.342,3 kWp

E-distribuzione S.p.A. (ex ENEL Distribuzione S.p.A.), Divisione Infrastrutture e Area Nord Ovest Zona: Sardegna Sud, ha previsto il collegamento in media tensione dell'impianto attraverso STMG codice rintracciabilità 235009779. La linea MT verrà interrata, in uscita dalla cabina di Consegna DG2092, posta sullo stesso terreno su cui sorge l'impianto fotovoltaico, verrà posata sulle strade interessate sopra mensionate e nel caso di attraversamenti/interferenze verrà utilizzato lo scavo a cielo aperto.

MANNI ENERGY S.p.A.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morlense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T +39 0775 2081

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

REA VR 381546

P.IVA / C.F. 03979550237

Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienergy.it | info@mannienergy.it

L'impianto fotovoltaico è costituito da N° 11.745 moduli fotovoltaici in silicio policristallino 72 celle da 540W/cad. disposti su N° 435 supporti dedicati orientabili (tracker monoassiali).

Si tratta di strutture innovative caratterizzate da un inseguitore monoassiale che orienta i moduli in funzione della posizione del sole, garantendo così un aumento della producibilità di oltre il 30%.

I moduli fotovoltaici verranno interconnessi fra di loro formando stringhe composte da 27 moduli in serie; per l'intero progetto verranno impiegati in totale n°22 inverter per una potenza totale AC in uscita di 4950 kW ac. Tali inverter, tipo SUNGROW SG250 HX o Similari, sono caratterizzati da una tensione nominale lato AC di 800V e tensione massima assoluta DC di 1500V) per il parallelo fra le stringhe, la conversione DC/AC.

Quali manufatti tecnologici a servizio dell'impianto fotovoltaico verranno impiegate strutture prefabbricate in conglomerato di cemento armato vibrato, ognuna composta da due elementi strutturali principali denominati vasca di fondazione e struttura in elevazione. In particolare, verranno impiegate:

- N°1 Cabina di Consegna DG2092 ed. 3 (Dimensioni: 6,81m (L) x 2,55m (H esclusa vasca) x 2,55 (P)
- N°4 Cabine di Campo Tipo P67 MT-TR (Dimensioni: 6,81m (L) x 2,55m (H esclusa vasca) x 2,55 (P)
- N°1 Cabina Utente Tipo P33 (Dimensioni: 3,33m (L) x 2,55m (H esclusa vasca) x 2,50 (P)

CAPITOLO 2: NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

- CEI 82-25: guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione.
- CEI 82-25; V2: guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione.
- CEI EN 60904-1(CEI 82-1): dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente.
- CEI EN 60904-2 (CEI 82-2): dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento.
- CEI EN 60904-3 (CEI 82-3): dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.
- CEI EN 61215 (CEI 82-8): moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
- CEI EN 61646 (82-12): moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo.

MANNI ENERGY S.r.l.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morlense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T +39 0775 2081

REA VR 381546
P.IVA / C.F. 03979550237
Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

- CEI EN 61724 (CEI 82-15): rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati.
- CEI EN 61730-1 (CEI 82-27): qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1: Prescrizioni per la costruzione.
- CEI EN 61730-2 (CEI 82-28): qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2: Prescrizioni per le prove.
- CEI EN 62108 (82-30): moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo.
- CEI EN 62093 (CEI 82-24): componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali.
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici.
- CEI EN 50521 (CEI 82-31): connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove.
- CEI EN 50524 (CEI 82-34): fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici.
- CEI EN 50530 (CEI 82-35): rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.
- EN 62446 (CEI 82-38): grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection.
- CEI 20-91: cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- UNI 10349: riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.
- UNI/TR 11328-1: "Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Parte 1: Valutazione dell'energia raggiante ricevuta".
- CEI 0-2: guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.
- 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.
- CEI 0-21: regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-20: impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
- CEI EN 50438 (CT 311-1): prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione.
- CEI 64-8: impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri

MANNI ENERGY S.r.l.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morlense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T +39 0775 2081

REA VR 381546
P.IVA / C.F. 03979550237
Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

BT).

- CEI EN 60445 (CEI 16-2): principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico.
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): gradi di protezione degli involucri (codice IP).
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni.
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso $I_n = 16$ A per fase).
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2).
- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3).
- CEI EN 50470-1 (CEI 13-52): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparato di misura (indici di classe A, B e C).
- CEI EN 50470-3 (CEI 13-54): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C).
- CEI EN 62305 (CEI 81-10): protezione contro i fulmini.
- CEI 81-3: valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato.
- CEI 20-19: cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- CEI 20-20: cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- CEI 13-4: sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica.
- CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008: requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.
- CEI 99-4: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/Utente finale
- CEI EN 61936-1: Classificazione CEI: 99-2, Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni
- CEI EN 50522: Classificazione CEI:99-3, Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI EN 62271-1: Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione, Parte 1: Prescrizioni comuni
- CEI EN 62271-200: Apparecchiature prefabbricate con involucro metallico per tensioni da 1 kV a 52 kV
- CEI EN 62271-202: Sottostazioni prefabbricate ad alta tensione/bassa tensione
- CEI EN 50532: Assieme compatto di apparecchiature per stazioni di distribuzione
- CEI 11 – 17 e variante V1: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linea in cavo;
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c.;
- Guida CEI 11 - 37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a

MANNI ENERGY S.p.A.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Moriense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T. +39 0775 2081

REA VR 381546

P.IVA / C.F. 03979550237

Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

tensione maggiore di 1 kV.

- CEI 64-12, Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- CEI EN 50272-2: Prescrizioni di sicurezza per batterie di accumulatori e loro installazioni, Parte 2: Batterie stazionarie
- DK 5600 ed.IV -Marzo 2004: Criteri di allacciamento di clienti alla rete MT della distribuzione
- Norma CEI 20-11 "Caratteristiche tecniche e requisiti di prova delle mescole per isolanti e guaine per energia"
- Norma CEI 20-13 "Cavi isolanti con gomma EPR con grado di isolamento superiore a 3 (per sistemi elettrici con tensione nominale da 1 a 30kV)"
- Norma CEI 20-14 "Cavi isolanti con polivinilcloruro di qualità R2 con grado di isolamento superiore a 3 (per sistemi elettrici con tensione nominale da 1 a 30kV)"
- Norma CEI 20-21 "Calcolo delle portate dei cavi elettrici"
- Norma CEI 20-22 "Prova dei cavi non propaganti l'incendio"
- Norma CEI 20-27 "Sistema di designazione dei cavi di energia e per segnalamento"
- Norma CEI 20-29 "Conduttori per cavi isolati"
- Norma CEI 20-36 "Prove di resistenza al fuoco dei cavi elettrici"
- Norma CEI 20-37 "Prove sui gas emessi durante la combustione di cavi elettrici"
- Norma CEI 20-38 "Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi dei gas tossici e corrosivi"
- Norma CEI 20-40 "Guida per l'uso di cavi a bassa tensione"
- Tabella CEI UNEL 00722 "Colori distintivi delle anime dei cavi isolati"
- Tabella CEI UNEL 35011 "Cavi per energia e segnalamento"
- Norma CEI 20-45 "Cavi resistenti al fuoco"
- Norma CEI 7-1 "Corde di rame"
- Norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua"
- Norma CEI 11-1 "Impianti elettrici con tensione superiore ad 1kV in corrente alternata"
- Norma CEI 11-17 "Norme per gli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo"
- D.M. del 29 maggio 2008
- Norma CEI 106-11 (Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (art.6))
- D.P.C.M. del 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".
- Legge n.36 del 22 febbraio 2001

MANNI ENERGY S.p.A.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morelense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T. +39 0775 2081

REA VR 381546
P.IVA / C.F. 03979550237
Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

- Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988 n.449

CAPITOLO 3: CRITERI PER IL DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE DC

Ci si riferisce in questa sezione all'insieme delle linee elettriche in Corrente Continua (DC) che compongono le diverse stringhe facenti capo ad ogni inverter. Di seguito vengono descritte le caratteristiche generali dei cavi elettrici che si prevedono nel citato tratto "TRACKER – INVERTER" ; tali cavi sono stati scelti partendo da alcune considerazioni progettuali preliminari:

Caratteristiche Moduli Fotovoltaici:

- Potenza Nominale Moduli Fotovoltaici: 540W
- Tensione V_{mpp} : 41,65 V
- V_{oc} : 49,5 V
- Corrente I_{mpp} : 12,97 A
- I_{sc} : 13,85 A
- Efficienza Modulo : 21.1%

Parametri Configurazione:

- N° moduli per stringa: 27
- Potenza DC singola stringa: 14,58 kW

Nelle condizioni di normale funzionamento ogni modulo eroga una corrente prossima a quella di corto circuito, pertanto la corrente d'impiego per il circuito di stringa è assunta pari a:

$$I_b = 1.25 \cdot I_{sc}$$

dove I_{sc} è la corrente di corto circuito in condizioni di prova standard e la maggiorazione del 25% tiene conto di valori di irraggiamento superiori a 1 kW/m^2 .

La portata I_o dei cavi è indicata dai costruttori usualmente a 30°C in aria libera. Per tener conto delle condizioni di posa e di temperatura, la portata I_o deve essere ridotta di un coefficiente (ove non indicato dal costruttore) pari a:

$$K_1 = 0.58 \cdot 0.9 = 0.52 \text{ per i cavi solari}$$

Il fattore 0.58 tiene conto della posa sul retro dei moduli dove la temperatura ambiente raggiunge i 70°C , mentre il fattore 0.9 della posa in tubo o canale dei cavi solari. Dunque la portata reale del cavo nelle condizioni di posa peggiori (es. in tubo ed in fascio) è $I_z = I_o \cdot K_1$. E' necessario verificare dunque che $I_z > 1.25 \cdot I_{sc}$

MANNI ENERGY S.r.l.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morelense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T +39 0775 2081

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

REA VR 381546

P.IVA / C.F. 03979550237

Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

Negli impianti fotovoltaici la caduta di tensione ammessa è del 1-2% (anziché dell'usuale 3-4% degli impianti utilizzatori) al fine di limitare il più possibile la perdita di energia prodotta per effetto Joule sui cavi. Sul lato c.c. la caduta di tensione sui cavi è puramente resistiva ed in percentuale corrisponde alla

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} = \frac{\Delta U \cdot I_n}{U_n \cdot I_n} = \frac{\Delta P}{P_n} = \Delta P\%$$

perdita di potenza:

Tenendo conto della lunghezza media di ogni singola stringa, mediamente < di 50m, la scelta è ricaduta sul cavo solare H1Z1Z1-K da 6mmq, di cui di seguito si riportano le principali caratteristiche prestazionali:

Formation	Ø approx. conducteur	Épaisseur moyenne isolant	Épaisseur moyenne gaine	Ø. approx. production	Poids approx. câble	Résistance électrique max à 20°C	Intensité admissible à l'air libre Portata di corrente in aria libera	
Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo produzione	Peso indicativo cavo	Resistenza elettrica max a 20°C	Câble seul Singolo cavo 60°C	2 câbles adjacents 2 cavi adiacenti 60°C
n° x mm²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/ km	A	A
1 x 1,5	1,5	0,7	0,8	4,7	34	13,7	30	24
1 x 2,5	2,1	0,7	0,8	5,2	47	8,21	40	33
1 x 4	2,5	0,7	0,8	5,8	58	5,09	55	44
1 x 6	3,0	0,7	0,8	6,5	80	3,39	70	70
1 x 10	4,0	0,7	0,8	7,9	127	1,95	95	95
1 x 16	5,0	0,7	0,9	8,8	180	1,24	130	107
1 x 25	6,2	0,9	1,0	10,6	270	0,795	180	142
1 x 35	7,6	0,9	1,1	12,0	360	0,565	220	176
1 x 50	8,9	1,0	1,2	14,1	515	0,393	280	221
1 x 70	10,5	1,1	1,2	15,9	720	0,277	350	278
1 x 95	12,5	1,1	1,3	17,7	915	0,210	410	333
1 x 120	13,7	1,2	1,3	19,8	1160	0,164	480	390
1 x 150	16,1	1,4	1,4	21,7	1460	0,132	566	453
1 x 185	17,7	1,6	1,6	24,1	1780	0,108	644	515
1 x 240	19,9	1,7	1,7	26,7	2310	0,082	775	620

CAPITOLO 4: CRITERI PER IL DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE AC

4.1 CRITERI PER LINEE AC/BT

Ci si riferisce in questa sezione alle linee elettriche interrate in corrente alternata (AC) di tipo trifase che collegano l'uscita di ogni singolo inverter al relativo quadro BT di parallelo inverter presente all'interno della Cabina di Campo Skid Station 1300. Di seguito vengono descritte le caratteristiche generali dei cavi

elettrici che si prevedono nel citato tratto "INVERTER – CABINA DI CAMPO" ; tali cavi sono stati scelti partendo da alcune considerazioni progettuali preliminari:

- RATED POWER AT RATED VAC : 175 KW
- MAX. TEMPERATURE AT RATED POWER: 50°C
- RATED VOLTAGE: 800VAC
- MAXIMUM CURRENT: 134 A
- TIPO DI POSA: INTERRATO IN TUBO A PROFONDITA' >1m

La verifica viene effettuata nel tratto di campo più sfavorevole, ovvero in un tratto interrato di lunghezza presumibilmente pari a 200m circa. Tenendo conto della corrente nominale in uscita secondo la relazione:

$$I_b = \frac{K_u P 1000}{\sqrt{3} V \cos \phi}$$

Per ogni tratto è inoltre necessario andare a determinare la Massima Caduta di Tensione Ammissibile % , impostando la relazione:

$$\Delta V = 2 I_b l (R \cos \phi + X \sin \phi) \text{ per i circuiti monofasi e}$$
$$\Delta V = 1,73 I_b l (R \cos \phi + X \sin \phi) \text{ per i circuiti trifase + neutro}$$

dove:

- DV è la caduta di tensione in Volt proiettata sul vettore di fase;
- I_b è la corrente d'impiego in Ampere della linea;
- ϕ è l'angolo di sfasamento tra la corrente I_b e la tensione di fase;
- R è la resistenza al metro in Ω/m ;
- X è la reattanza al metro in Ω/m ;
- l è la lunghezza della condotta in km

Imponendo $K_u=1$, $\cos \phi=0.9$, DV % max = 3,5 % Si ottengono ad esempio i seguenti valori:

- I_b nominale: 140.3 A > di I_{max} Inverter
- I_z : 162 A (ponderata con le condizioni di posa) > I_b nominale
- Tensione al carico: 783,2 Vac
- DV% = 2,1 %

MANNI ENERGY S.r.l.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morlense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T +39 0775 2081

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

REA VR 381546

P.IVA / C.F. 03979550237

Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

La scelta ricade pertanto nel cavo tipo – ARG16R16 0,6/1 KV , con sezioni variabili da 120 mmq a 240 mmq:

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo produzione	Peso indicativo cavo	Resistenza elettrica max a 20°C	Portata di corrente Current rating			
Formation	Approx. conductor Ø	Average insulation thickness	Average sheath thickness	Approx. production Ø	Approx. cable weight	Max. electrical resistance at 20°C	In aria libera Free in air 30°C	In tubo in aria In pipe in air 30°C	Interrato Underground 20°C	In tubo interrato Underground in pipe 20°C
n° x mm²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/ km	A	A	A	A
1 x 16	4,9	0,7	1,4	9,1	109	1,91	70	64	98	75
1 x 25	6,1	0,9	1,4	10,7	151	1,20	102	88	119	95
1 x 35	7,1	0,9	1,4	11,7	185	0,868	136	110	141	115
1 x 50	8,2	1,0	1,4	13,0	230	0,641	164	131	167	134
1 x 70	9,9	1,1	1,4	14,9	315	0,443	218	175	204	173
1 x 95	11,4	1,1	1,5	16,6	405	0,320	261	209	245	196
1 x 120	13,1	1,2	1,5	18,5	510	0,253	310	250	277	238
1 x 150	14,4	1,4	1,6	20,4	620	0,206	350	280	313	250
1 x 185	16,2	1,6	1,6	22,6	750	0,164	415	334	350	300
1 x 240	18,4	1,7	1,7	25,2	955	0,125	490	392	413	331
1 x 300	20,7	1,8	1,8	27,9	1150	0,100	567	-	454	400
1 x 400	23,6	2,0	1,9	31,4	1520	0,0778	665	-	512	450
1 x 500	26,5	2,2	2,0	34,9	1850	0,0605	765	-	578	505
1 x 630	30,2	2,4	2,2	39,8	2415	0,0469	880	-	646	580

N.B. Il coefficiente di resistività termica del terreno preso a riferimento per il calcolo della portata dei cavi interrati è di 1° C.m/W, profondità di posa 0,8 m.
Calcolo della portata di corrente eseguito considerando quattro cavi a contatto con temperatura dei conduttori di 90°C.

N.B. The thermal resistivity coefficient used as a reference for the calculation of the underground cables current rating is 1° C.m/W, 0,8 m installation depth.
Calculation of current rating performed considering four cables in contact with conductor temperature of 90°C.

Per le linee di alimentazione dei Motori degli inseguitori vengono utilizzati cavi tipo FG16(O)R16 – 7G1,5

Sia per le linee DC è prevista la posa interrata delle stesse, all'interno di monotubi corrugati. I monotubi corrugati in PVC sono utilizzati per la protezione dei cavi posti in trincea. I tubi corrugati di differenti diametri, con struttura a coestrusione con parete interna liscia, sono realizzati in riferimento alla Norma EN 50086 2-4 per estrusione con idoneo materiale plastico.

La struttura coestrusa è realizzata da un tubo esterno corrugato ed una guaina interna liscia, priva di irregolarità quali buchi e grumi non fusi. È ammessa una ondulazione il cui diametro massimo sia compreso entro il 3% del diametro nominale esterno del tubo. All'interno dei tubi viene posizionato un cordino tira sonda per facilitare l'inserimento di una fune tiracavo. Per l'installazione è previsto un apposito giunto. I tubi vengono realizzati in polietilene alta densità (HDPE) sia per la struttura esterna che interna, di colore blu RAL 5002. I materiali devono essere di composizione tale da soddisfare i requisiti di resistenza alle radiazioni U.V. I materiali plastici componenti devono essere riciclabili e non

MANNI ENERGY S.p.A.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morlense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T. +39 0775 2081

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

REA VR 381546
P.IVA / C.F. 03979550237
Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

devono contenere altri materiali pericolosi ai sensi dell'allegato H del D. Legislativo 22/97 e successive modifiche. Per i cavi AC in BT è prevista la posa direttamente interrata, senza l'ausilio di tubazioni corrugate.

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			
n° x mm²	mm	mm	mm	mm	Ω/km	kg/km	in aria a 30°C	in tubo in aria a 30°C	interrato a 20°C	
									K = 1	K = 1,5
7G1,5	1,5	0,7	1,8	15,4	13,3	260	13	11,5	18,5	16
10G1,5	1,5	0,7	1,8	18,7	13,4	340	13	11,5	18,5	16
12G1,5	1,5	0,7	1,8	19,3	13,4	380	11	9,5	14,5	12,5
16G1,5	1,5	0,7	1,8	21,1	13,4	480	11	9,5	14,5	12,5
19G1,5	1,5	0,7	1,8	22,1	13,4	535	9	8	13	11,5
24G1,5	1,5	0,7	1,8	25,4	13,5	640	9	8	13	11,5
7G2,5	2,0	0,7	1,8	16,8	7,98	381	17,5	15,5	24	21
10G2,5	2,0	0,7	1,8	20,6	8,06	462	17,5	15,5	24	21
12G2,5	2,0	0,7	1,8	21,3	8,06	530	13,5	12	20	17,5
16G2,5	2,0	0,7	1,8	23,3	8,06	670	13,5	12	20	17,5
19G2,5	2,0	0,7	1,8	24,5	8,06	755	12	10,5	16	14
24G2,5	2,0	0,7	1,8	28,3	8,10	915	12	10,5	16	14

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

4.2 CRITERI PER LINEE AC/MT

La scelta è fatta in modo che la temperatura raggiunta dal conduttore 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), la sezione del conduttore può determinarsi mediante la seguente relazione:

$$K^2 S^2 > (I^2 t)$$

dove: S sezione del conduttore, in mm² corrente di
 / cortocircuito, in A
 t durata della corrente di cortocircuito, in s

Come detto, la formula sopra indicata suppone che il riscaldamento dei conduttori, durante il passaggio della corrente di cortocircuito, sia adiabatico. La formula è meglio rappresentata nel modo seguente:

MANNI ENERGY S.p.A.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

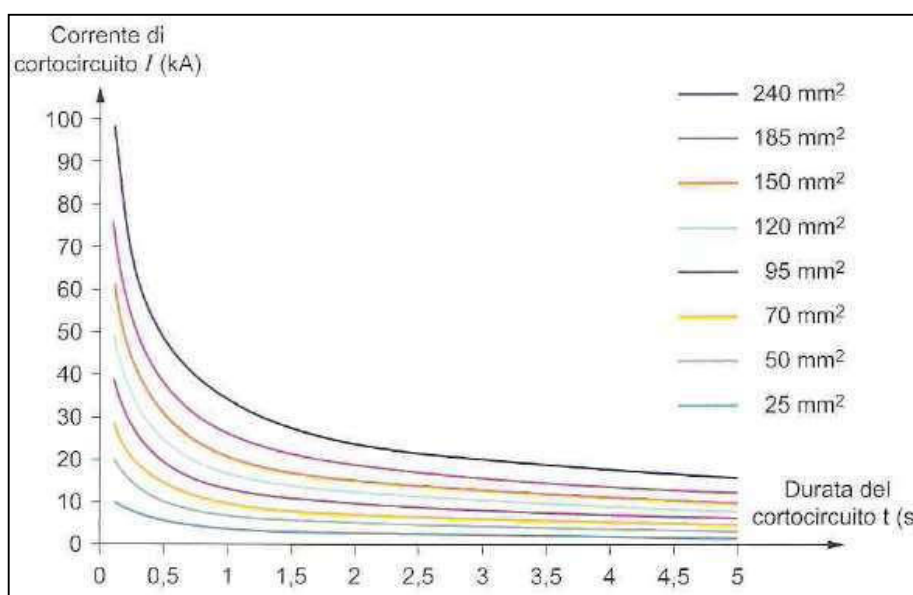
Sede Operativa: Strada Provinciale Morelense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T. +39 0775 2081

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

REA VR 381546
 P.IVA / C.F. 03979550237
 Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.
www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

$$(I^2 t) \leq K^2 S^2$$

Dove $(I^2 t)$ è l'integrale di Joule per la durata del cortocircuito (in $A^2 s$), dove "A" è uguale alla corrente e "s" è il tempo. Per i cortocircuiti di durata superiore ad alcuni periodi, il valore di $(I^2 t)$ si può ottenere assumendo per "I" il valore efficace in ampere della corrente di cortocircuito e per "t" la durata, in secondi, del cortocircuito stesso; per durate brevi ($< 0,1 s$), quando l'asimmetria della corrente di cortocircuito è rilevante e per i dispositivi di protezione limitatori dell'energia passante, il valore $(I^2 t)$ lasciato passare deve essere indicato dal costruttore del dispositivo di protezione.



Correnti di corto circuito massime ammissibili in relazione al tipo di conduttore

La formula deve essere verificata per un cortocircuito che si produca in un punto qualsiasi della conduttura protetta. I valori della costante "K" sono stati determinati sulla base dei valori delle temperature massime ammesse durante il servizio ordinario e durante il cortocircuito per l'isolamento dei cavi.

In line generale $K = 143$ per conduttore in rame e temperatura di c.c. $250^\circ C = 152$ per conduttore in rame e temperatura di c.c. $300^\circ C = 100$ in caso di giunzioni con saldatura dolce = 92 per conduttore in alluminio e temperatura di c.c. $250^\circ C$

Concludendo, Il cavo deve avere una portata I_z , uguale o superiore alla corrente di impiego I_b del circuito ($I_z \geq I_b$).

MANNI ENERGY S.r.l.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Moriense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T +39 0775 2081

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

REA VR 381546

P.IVA / C.F. 03979550237

Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

Il cavo deve inoltre resistere alle sollecitazioni termiche della corrente di cortocircuito, non deve cioè superare la massima temperatura ammissibile per l'isolante in condizioni di cortocircuito.

Per le linee MT è previsto l'impiego di cavi RG7H1M1.

RG7H1M1 - 12/20 kV

U₀/U: 12/20 kV

U max: 24 kV

Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Ø indicativo isolante	Ø indicativo esterno	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
					in aria		interrato*	
n° x mm ²	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 35	7,0	17,0	23,7	815	213	245	197	205
1 x 50	8,1	17,9	24,0	940	252	294	232	242
1 x 70	9,7	19,3	25,6	1160	316	368	286	298
1 x 95	11,4	21,0	27,3	1430	386	448	341	356
1 x 120	12,9	22,6	29,1	1715	448	519	390	405
1 x 150	14,4	24,0	30,4	2010	504	587	432	454
1 x 185	16,1	25,7	32,3	2400	580	673	494	513
1 x 240	18,2	27,8	34,6	2985	689	798	572	594
1 x 300	21,0	30,6	37,5	3660	788	912	643	670
1 x 400	23,2	32,8	40,3	4585	914	1049	730	756

(*) 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

MANNI ENERGY S.p.A.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morlense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T. +39 0775 2081

REA VR 381546
P.IVA / C.F. 03979550237
Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

CAPITOLO 5: ANALISI CAMPI ELETTROMAGNETICI

5.1 RICHIAMI NORMATIVI

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare:

– All'art.3 comma 1: nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il **limite di esposizione di 100 μ T** per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

– All'art.3 comma 2: a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il **valore di attenzione di 10 μ T**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

– Art.4 comma 1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato **l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Lo stesso DPCM, all'art 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità (**B=3 μ T**) di cui all'art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo

per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale *fascia di rispetto* lo spazio circostante l'elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5kV/m) che è sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

L'esposizione umana ai campi elettromagnetici è una problematica relativamente recente che assume notevole interesse con l'introduzione massiccia dei sistemi di telecomunicazione e dei sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. In realtà anche in assenza di tali sistemi siamo costantemente immersi nei campi elettromagnetici per tutti quei fenomeni naturali riconducibili alla natura elettromagnetica, primo su tutti l'irraggiamento solare.

Per quanto concerne i fenomeni elettrici si fa riferimento al campo elettrico, il quale può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica.

Per i fenomeni di natura magnetica si fa riferimento ad una caratterizzazione dell'esposizione ai campi magnetici, non in termini del vettore campo magnetico, ma in termini di induzione magnetica, che tiene conto dell'interazione con ambiente ed i mezzi materiali in cui il campo si propaga.

In generale gli elettrodotti dedicati alla trasmissione e distribuzione di energia elettrica sono percorsi da correnti elettriche di intensità diversa, ma tutte alla frequenza di 50Hz, e quindi tutti i fenomeni elettromagnetici che li vedono come sorgenti possono essere studiati correttamente con il modello per campi quasi statici. Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz, costituiscono una sorgente di campi elettromagnetici nell'intervallo 30-300 Hz.

Per le linee elettriche aeree, l'intensità maggiore del campo elettrico si misura generalmente al centro della campata, ossia nel punto in cui i cavi si trovano alla minore distanza dal suolo. L'andamento e il

MANNI ENERGY S.p.A.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morelense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T +39 0775 2081

REA VR 381546
P.IVA / C.F. 03979550237
Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

valore massimo delle intensità dei campi dipenderà anche dalla disposizione e dalle distanze tra i conduttori della linea.

Nelle soluzioni interrato, il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. La riduzione così operata del campo elettrico consente agli individui di avvicinarsi maggiormente ai conduttori stessi, i quali, come già detto, sono di solito interrati a pochi metri di profondità. In linea generale, per le linee elettriche di MT a 50 Hz, i campi elettrici misurati attraverso prove sperimentali sono risultati praticamente nulli, per l'effetto schermante delle guaine metalliche e del terreno sovrastante i cavi interrati.

5.2 PRINCIPI DI CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO

Per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. Ovvero per ogni conduttore reale attivo andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

Dove:

λ = densità lineare di carica sul conduttore

ϵ_0 = permittività del vuoto

d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo

\vec{u}_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori cilindrici, rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e dette (xi, yi) le coordinate del conduttore i-esimo, le componenti x e y totali del campo

MANNI ENERGY S.p.A.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morelense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T. +39 0775 2081

REA VR 381546
P.IVA / C.F. 03979550237
Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

elettrico prodotto nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere

esprese attraverso le seguenti relazioni:

$$E_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[\frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$
$$E_y = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[\frac{y - y_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{y + y_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$

5.3 PRINCIPI DI CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO

L'algoritmo di calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge di Biot-Savart che consente di calcolare in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica B prodotta da un conduttore rettilineo per corso da una corrente I attraverso la:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d} \vec{u}_I \times \vec{u}_r$$

Dove:

- *d* è la distanza tra il conduttore e il punto di calcolo;
- *i* versori u_i e u_r indicano, rispettivamente, il versore della corrente e della relativa normale;
- *x* indica il prodotto vettoriale;

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e come precedenza dette (xi, yi) le coordinate del conduttore i-esimo, le componenti x e y totali dell'induzione magnetica generata nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere esprese attraverso le seguenti relazioni:

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

Ai fini della valutazione dell'esposizione umana ai campi magnetici il parametro da considerare è il valore efficace del campo, che può essere calcolato come la radice quadrata della somma dei quadrati dei valori efficaci delle componenti:

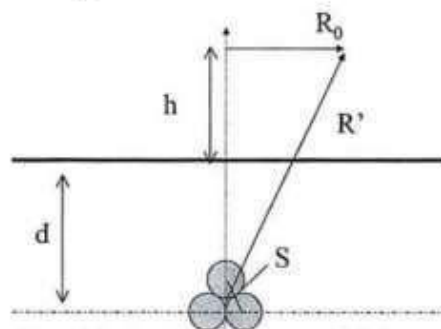
$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2}$$

5.4 LINEE IN CAVO BT INTERRATO

Possiamo considerare le terne trifase formate da cavi unipolari disposti a trifoglio, sistemate in apposito tubo sotterraneo o direttamente interrate.

I cavi BT interrati hanno conduttore in alluminio di sezione variabile da 120 a 240 mm² ; essi sono posati nel terreno ad una profondità minima di 1 m ed idealmente disposti a trifoglio. Per il calcolo della fascia di rispetto di questi cavi, viene utilizzata la relazione approssimata della Norma CEI 106-11:

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \text{ [}\mu\text{T]} \quad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \text{ [m]}$$



MANNI ENERGY S.p.A.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morlense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T. +39 0775 2081

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

REA VR 381546

P.IVA / C.F. 03979550237

Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannenergy.it | info@mannenergy.it

In questo caso, la formula semplificata per il calcolo diretto della distanza R_0 dall'asse della linea al livello del suolo ($h=0$) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore di 3 μT è la seguente:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [m]$$

Nelle condizioni di carico massimo, i cavi utilizzati con sezione maggiore, ovvero da 240 mm^2 hanno portata al limite termico quando interrati pari a circa 330 A. Essi hanno diametro nominale, e quindi distanza tra i conduttori, di circa 18 mm. La distanza R' dal centro del fascio oltre la quale l'induzione magnetica risultante si porta sotto il livello limite di 3 μT è pari a:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I}$$

Da cui si ricava un valore di circa 0,7m.

Risulta evidente che la fascia di rispetto che si ottiene pari a circa 70 cm, è inferiore alla profondità di posa del cavo che è pari ad almeno 1 m, pertanto già al livello del terreno risulta rispettato il valore di attenzione pari a 3 μT .

Infatti, la CEI 106-11 riporta, al paragrafo 7.1.1, la seguente dicitura: *“Le linee in cavo sotterraneo sia di media che di bassa tensione sono posate ad una profondità di circa 80 cm per cui già a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a 3 μT . Ciò significa che per questa tipologia di impianti non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque”.*

5.5 CABINA DI CAMPO E DI TRASFORMAZIONE MT/BT E CABINA DI CONSEGNA

Nel caso di cabine elettriche di trasformazione secondaria, ai sensi del paragrafo 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina (intesa in questa sezione come cabina di Campo di conversione e trasformazione), va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (paragrafo 5.2.1) applicando la seguente relazione:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

Nel caso dell'Impianto "CARBONIA" all'interno delle cabine di trasformazione e conversione è presente un quadro BT di parallelo inverter a cui convogliano le diverse linee radiali provenienti dai convertitori DC/AC del campo. Non avendo un'unica terna di cavi unipolari che convogliano tale energia, ipotizziamo in via cautelativa che le sbarre siano poste a 12,5 cm. La corrente di impiego totale, vale circa 1000 A, per cui: $Dpa = 4,35m$

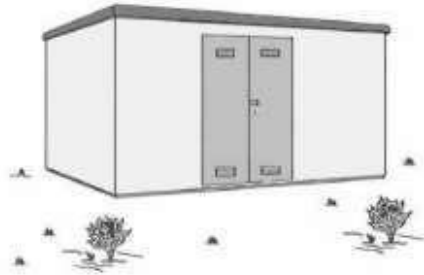
A titolo di esempio, il valore viene riportato nel documento di ENEL "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche", per le cabine equipaggiate con trasformatore da 630 kVA viene indicata una distanza di

$$Dpa = 0.40942 * 0,027^{0.5241} * \sqrt{909} = 1,85m$$

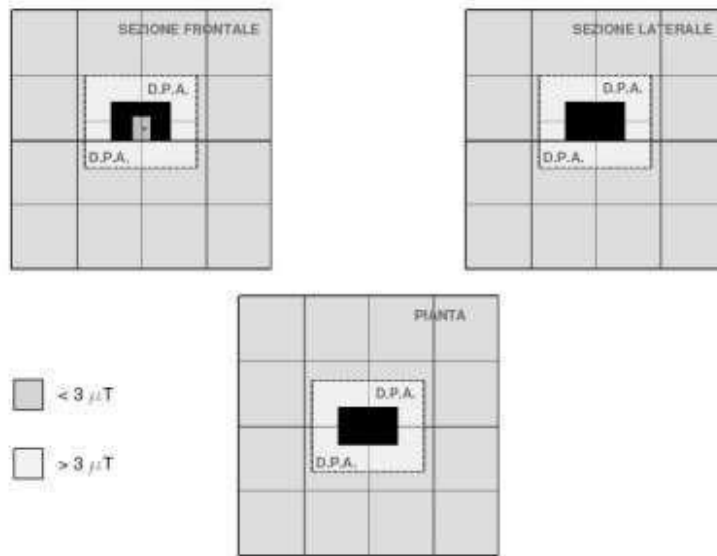
2 m da filo parete esterna, come da estratto dello stesso documento. Infatti, se $x=0.027m$ e $I=909 A$

In base al decreto del 29.05.2008, l'ampiezza della fascia di rispetto per la cabina di trasformazione "microbox" equipaggiata con un trasformatore da 630 kVA è pari quindi a 2 m dalle pareti delle cabine in questione. Nel caso in cui fosse installato un trasformatore avente potenza inferiore, ovviamente il valore indicato è estremamente cautelativo.

**B10 – CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO –
TENSIONE 15 KV O 20 KV**



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



5.6 CONCLUSIONI

- La DPA per i cavi di Bassa tensione, utilizzati per i cavidotti interrati, aventi sezione variabile da 120 mmq a 240 mmq , è circa 0.7 m . Le linee in cavo sotterraneo sono posate ad una profondità
> 1m, per cui già a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a 3 μT . Ciò significa che per questa tipologia di impianti non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque;
- Per la DPA dei cavi di Media Tensione interrati, nei tratti Cabina di Campo-Cabina di Consegna Distributore, vale quanto riportato nella CEI 106-11, al paragrafo 7.1.1: *“Le linee in cavo*

MANNI ENERGY S.r.l.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morelense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T +39 0775 2081

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

REA VR 381546
P.IVA / C.F. 03979550237
Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.
www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

sotterraneo sia di media che di bassa tensione sono posate ad una profondità di circa 80 cm per cui già a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a $3 \mu T$. Ciò significa che per questa tipologia di impianti non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque". Pertanto, che i campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti a media tensione interrati sono inferiori ai limiti fissati dalle leggi vigenti già a livello del terreno.

- La DPA relativa alle Cabina di trasformazione e conversione di Campo è pari a 4,35 m dalle pareti esterne della stessa ed è stata ampiamente rispettata, come dimostrano gli elaborati di progetto.

Risulta inoltre che:

- Tutti i cavi MT sono schermati, quindi il campo elettrico esterno allo schermo è nullo;
- Per la cabina MT/BT, ai fini del calcolo della fascia di rispetto, si sono omesse verifiche del campo elettrico in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul Limite di esposizione nonché valore di attenzione pari a 5 kV/m) che è sempre inferiore a sempre quella fornita dal calcolo dell' induzione magnetica;
- Per la linea in bassa tensione interrata costituente l'impianto di proprietà del produttore, si sono omesse verifiche del campo elettrico in quanto le linee sono esercite in BASSA TENSIONE e perché, comunque, nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul Limite di esposizione nonché valore di attenzione pari a 5 kV/m) che è sempre inferiore a sempre quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

Poiché all'interno delle fasce di rispetto sopra definite non esistono recettori sensibili, cioè luoghi nei quali è prevista la presenza di persone al di sopra delle 4 ore, si può concludere che non sussistono pericoli per la salute umana.

In base alle considerazioni dei paragrafi precedenti, le opere elettriche di progetto, grazie anche alle soluzioni costruttive scelte ed alla scelta di ubicazione delle stesse, rispetteranno i limiti posti dalla L. 36/2001 e dal DPCM 8 luglio 2003.

MANNI ENERGY S.p.A.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morlense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T +39 0775 2081

REA VR 381546
P.IVA / C.F. 03979550237
Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

SCHEDE TECNICHE CAVI IMPIEGATI

MANNI ENERGY S.r.l.

Sede Legale e Operativa: Via Augusto Righi, 7 | 37135 Verona | ITALY | T. +39 045 8088911 | F. +39 045 581254

Sede Operativa: Strada Provinciale Morelense, Z.I. | 03010 Patrica (FR) Italy | T +39 0775 2081

Direzione e coordinamento: MANNI GROUP S.p.A | P.IVA e C.F. 02960130231

REA VR 381546

P.IVA / C.F. 03979550237

Cap. Soc. € 3.000.000,00 i.v.

www.mannienenergy.it | info@mannienenergy.it

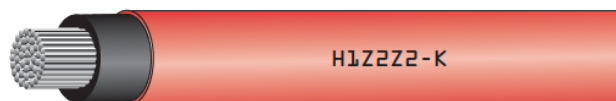
CPR (UE) n°305/11
Dca - s1, d2, a1

Règlement Produits de Construction/Regolamento Prodotti da Costruzione
Classe conforme aux normes EN 50575:2014 + A1:2016 et EN 13501-6:2014
Classe conforme norme EN 50575:2014 + A1:2016 e EN 13501-6:2014

DoP n° 1081/19

EN 50618
CEI EN 60332-1-2
CEI EN 50525
CEI EN 50289-4-17 A
CEI EN 50396
2014/35/UE
2011/65/CE
CA01.00546

Construction et caractéristiques/Costruzione e requisiti
Propagation de la flamme/Propagazione fiamma
Émission de gaz/Emissione gas
Résistance aux rayons UV/Resistenza raggi UV
Résistance ozone/Resistenza ozono
Directive Basse Tension/Direttiva Bassa Tensione
Directive RoHS/Direttiva RoHS
Licence IMQ/Certificato IMQ



DESCRIPTION

Câble unipolaire souple étamé utilisé dans les connexions d'installations photovoltaïques. Isolation et gaine en mélange élastomère sans halogènes et non propagateur de la flamme.

Conducteur

Corde souple de cuivre étamé, classe 5

Isolation

Mélange LSOH de caoutchouc spécial réticulé de qualité conforme à la norme EN 50618
LSOH = Low Smoke Zero Halogen

Gaine extérieure

Mélange LSOH de caoutchouc spécial réticulé de qualité conforme à la norme EN 50618

Coloris des conducteurs

Noir

Coloris de la gaine

Bleu, rouge, noir

Inkjet marking

BALDASSARI CAVI IEMMEQU <HAR> H1Z2Z2-K 1/1 kV
(section) (année) (m) (traçabilité)

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Tension maximale Uo/U: 1800 V c.c. - 1200 V c.a.

Température maximale de service: 90°C

Température minimale de service: -40°C

Température minimale de pose: -40°C

Température maximale de court-circuit: 250°C

Effort maximum de traction: 15 N/mm²

Rayon minimum de courbure: 4 fois le diamètre extérieur maximum

Conditions d'utilisation

Câbles utilisés pour les connexions d'installations photovoltaïques. Indiqués pour les installations en pose fixe à l'extérieur ou à l'intérieur, sous conduits apparents, encastré ou dans des systèmes fermés similaires. Indiqués pour la pose directement enterrée ou sous conduit enterré et pour utilisation dans des installations de classe II.

DESCRIZIONE

Cavo unipolare flessibile stagnato per collegamenti di impianti fotovoltaici. Isolamento e guaina realizzati con mescola elastomérica senza alogeni non propagante la fiamma.

Conduttore

Corda flessibile di rame stagnato, classe 5

Isolante

Mescola LSOH di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50618
LSOH = Low Smoke Zero Halogen

Guaina esterna

Mescola LSOH di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50618

Colore anime

Nero

Colore guaina

Blu, rosso, nero

Marcatura a inchiostro

BALDASSARI CAVI IEMMEQU <HAR> H1Z2Z2-K 1/1 kV
(sez) (anno) (m) (tracciabilità)

CARATTERISTICHE TECNICHE

Tensione massima: 1800 V c.c. - 1200 V c.a.

Temperatura massima di esercizio: 90°C

Temperatura minima di esercizio: -40°C

Temperatura minima di posa: -40°C

Temperatura massima di corto circuito: 250°C

Sforzo massimo di trazione: 15 N/mm²

Raggio minimo di curvatura: 4 volte il diametro esterno massimo

Condizioni di impiego

Per l'interconnessione di elementi di impianti fotovoltaici. Adatti per l'installazione fissa all'esterno e all'interno, entro tubazioni in vista o incassate o in sistemi chiusi similari. Adatti per la posa direttamente interrata o entro tubo interrato e per essere utilizzati con apparecchiature di classe II.



Formation	Ø approx. conducteur	Épaisseur moyenne isolant	Épaisseur moyenne gaine	Ø approx. production	Poids approx. câble	Résistance électrique max à 20°C	Intensité admissible à l'air libre Portata di corrente in aria libera	
Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo produzione	Peso indicativo cavo	Resistenza elettrica max a 20°C	Câble seul Singolo cavo 60°C	2 câbles adjacents 2 cavi adiacenti 60°C
n° x mm²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	A	A
1 x 1,5	1,5	0,7	0,8	4,7	34	13,7	30	24
1 x 2,5	2,1	0,7	0,8	5,2	47	8,21	40	33
1 x 4	2,5	0,7	0,8	5,8	58	5,09	55	44
1 x 6	3,0	0,7	0,8	6,5	80	3,39	70	70
1 x 10	4,0	0,7	0,8	7,9	127	1,95	95	95
1 x 16	5,0	0,7	0,9	8,8	180	1,24	130	107
1 x 25	6,2	0,9	1,0	10,6	270	0,795	180	142
1 x 35	7,6	0,9	1,1	12,0	360	0,565	220	176
1 x 50	8,9	1,0	1,2	14,1	515	0,393	280	221
1 x 70	10,5	1,1	1,2	15,9	720	0,277	350	278
1 x 95	12,5	1,1	1,3	17,7	915	0,210	410	333
1 x 120	13,7	1,2	1,3	19,8	1160	0,164	480	390
1 x 150	16,1	1,4	1,4	21,7	1460	0,132	566	453
1 x 185	17,7	1,6	1,6	24,1	1780	0,108	644	515
1 x 240	19,9	1,7	1,7	26,7	2310	0,082	775	620



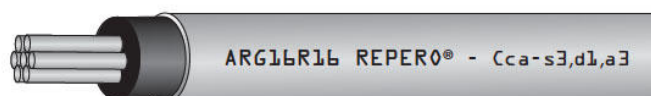
CPR (UE) n°305/11
Cca - s3, d1, a3

Regolamento Prodotti da Costruzione/Construction Products Regulation
Classe conforme norme EN 50575:2014 + A1:2016 e EN 13501-6:2014
Class according to standards EN 50575:2014 + A1:2016 and EN 13501-6:2014

DoP n°1043/17

CEI 20-13
CEI EN 60332-1-2
2014/35/UE
2011/65/CE

Costruzione e requisiti/Construction and specifications
Propagazione fiamma/Flame propagation
Direttiva Bassa Tensione/Low Voltage Directive
Direttiva RoHS/RoHS Directive



DESCRIZIONE

Cavo unipolare per energia con conduttore in alluminio, isolato in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina di PVC, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondente al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR).

Conduttore

Corda di alluminio rigida, classe 2

Isolante

Mescola di gomma etilpropilenica ad alto modulo di qualità G16

Guaina esterna

Mescola di PVC di qualità R16

Colore anime

Normativa HD 308

Colore guaina

Grigio

Marcatura a inchiostro

BALDASSARI CAVI REPERO® ARG16R16 0,6/1 kV (sez)
Cca-s3,d1,a3 IEMMEQU EFP (anno) (m) (tracciabilità)

CARATTERISTICHE TECNICHE

Tensione nominale U_0/U : 0,6/1 kV

Temperatura massima di esercizio: 90°C

Temperatura minima di esercizio: -15°C
(in assenza di sollecitazioni meccaniche)

Temperatura minima di posa: 0°C

Temperatura massima di corto circuito:
250°C fino alla sezione 240 mm², oltre 220°C

Sforzo massimo di trazione: 50 N/mm²

Raggio minimo di curvatura: 6 volte il diametro esterno massimo

Condizioni di impiego

Per trasporto energia nell'edilizia industriale e/o residenziale.
Adatto per impiego all'interno in locali anche bagnati o all'esterno; posa fissa su murature e strutture metalliche.
Ammissa anche la posa interrata.

DESCRIPTION

Single-core power cable with aluminum conductor, HEPR insulated (G16 quality), PVC sheathed, with special fire reaction characteristics according to Construction Products Regulation (CPR).

Conductor

Aluminium stranded wire, class 2

Insulation

Rubber HEPR compound G16 quality

Outer sheath

PVC compound, R16 quality

Cores colour

HD 308 Standard

Sheath colour

Grey

Inkjet marking

BALDASSARI CAVI REPERO® ARG16R16 0,6/1 kV (section)
Cca-s3,d1,a3 IEMMEQU EFP (year) (m) (traceability)

TECHNICAL CHARACTERISTICS

Nominal voltage U_0/U : 0,6/1 kV

Maximum operating temperature: 90°C

Minimum operating temperature: -15°C
(without mechanical stress)

Minimum installation temperature: 0°C

Maximum short circuit temperature:
250°C up to 240 mm² section, over 220°C

Maximum tensile stress: 50 N/mm²

Minimum bending radius: 6 x maximum external diameter

Use and installation

Power cable for industrial and/or residential uses.
Suitable to be used indoor and outdoor, even in wet environments; it can be fixed on walls and/or metal structures.
Suitable also for laying underground.



Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo produzione	Peso indicativo cavo	Resistenza elettrica max a 20°C	Portata di corrente Current rating			
Formation	Approx. conductor Ø	Average insulation thickness	Average sheath thickness	Approx. production Ø	Approx. cable weight	Max. electrical resistance at 20°C	In aria libera Free in air 30°C	In tubo in aria In pipe in air 30°C	Interrato Underground 20°C	In tubo interrato Underground in pipe 20°C
n° x mm²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	A	A	A	A
1 x 16	4,9	0,7	1,4	9,1	109	1,91	70	64	98	75
1 x 25	6,1	0,9	1,4	10,7	151	1,20	102	88	119	95
1 x 35	7,1	0,9	1,4	11,7	185	0,868	136	110	141	115
1 x 50	8,2	1,0	1,4	13,0	230	0,641	164	131	167	134
1 x 70	9,9	1,1	1,4	14,9	315	0,443	218	175	204	173
1 x 95	11,4	1,1	1,5	16,6	405	0,320	261	209	245	196
1 x 120	13,1	1,2	1,5	18,5	510	0,253	310	250	277	238
1 x 150	14,4	1,4	1,6	20,4	620	0,206	350	280	313	250
1 x 185	16,2	1,6	1,6	22,6	750	0,164	415	334	350	300
1 x 240	18,4	1,7	1,7	25,2	955	0,125	490	392	413	331
1 x 300	20,7	1,8	1,8	27,9	1150	0,100	567	-	454	400
1 x 400	23,6	2,0	1,9	31,4	1520	0,0778	665	-	512	450
1 x 500	26,5	2,2	2,0	34,9	1850	0,0605	765	-	578	505
1 x 630	30,2	2,4	2,2	39,8	2415	0,0469	880	-	646	580

N.B. Il coefficiente di resistività termica del terreno preso a riferimento per il calcolo della portata dei cavi interrati è di 1° C.m/W, profondità di posa 0,8 m.
Calcolo della portata di corrente eseguito considerando quattro cavi a contatto con temperatura dei conduttori di 90°C.

N.B. The thermal resistivity coefficient used as a reference for the calculation of the underground cables current rating is 1° C.m/W, 0,8 m installation depth.
Calculation of current rating performed considering four cables in contact with conductor temperature of 90°C.



FG16R16-0,6/1 kV FG16OR16-0,6/1 kV

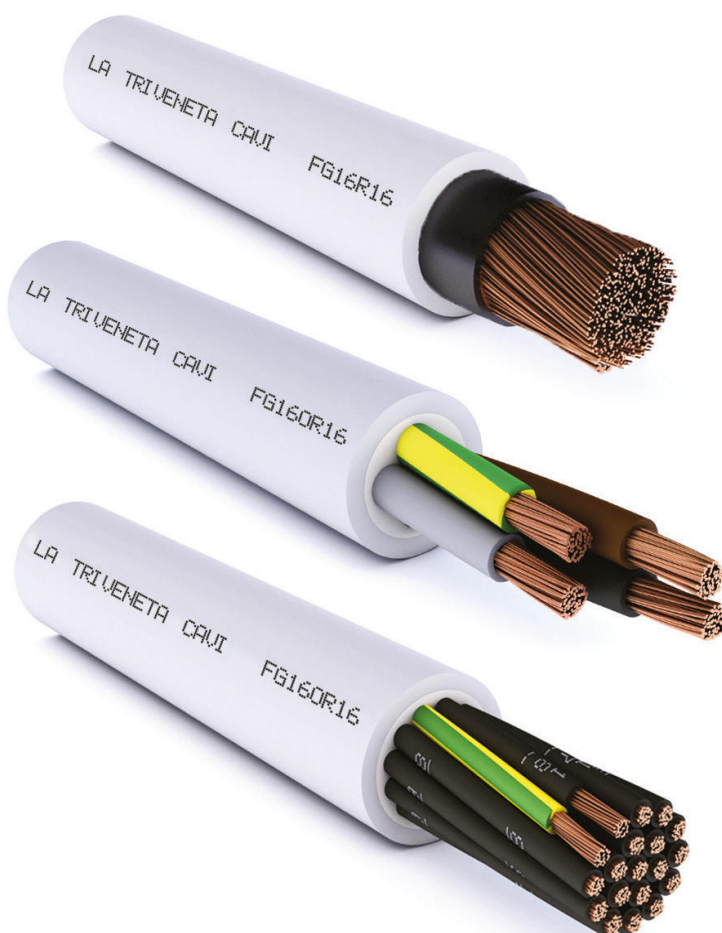
Costruzione, requisiti elettrici, fisici e meccanici:	CEI 20-13
	IEC 60502-1
	CEI UNEL 35318 (energia)
	CEI UNEL 35322 (comando)
Direttiva Bassa Tensione:	2014/35/UE
Direttiva RoHS:	2011/65/UE

REAZIONE AL FUOCO



CONFORME CPR
REGOLAMENTO 305/2011/UE

Norma:	EN 50575:2014+A1:2016
Classe:	C _{ca} -s3, d1, a3
Classificazione: (CEI UNEL 35016)	EN 13501-6
Emissione di calore e fumi e sviluppo della fiamma	EN 50399
Non propagazione della fiamma:	EN 60332-1-2
Organismo Notificato:	0051 - IMQ
CE	2017



Descrizione

- Conduttore: rame rosso, formazione flessibile, classe 5
- Isolamento: gomma, qualità G16
- Riempitivo: termoplastico, penetrante tra le anime (solo nei cavi multipolari)
- Guaina: PVC, qualità R16
- Colore: grigio

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale U_0/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 e ai grassi industriali. Buon comportamento alle basse temperature. Resistente ai raggi UV.

Colori delle anime

UNIPOLARE	●
BIPOLARE	● ●
TRIPOLARE	● ● ● oppure ● ● ●
QUADRIPOLOARE	● ● ● ● 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)R16 0,6/1 kV [form.] Cca-s3,d1,a3 IEMMEQU EFP [anno] [ordine] [metrica]
[Ditta] FG16(O)R16 0,6/1 kV [form.] Cca-s3,d1,a3 [anno] [ordine] [metrica]

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

Impiego e tipo di posa

Riferimento Guida CEI 20-67 per quanto applicabile:

Il cavo è adatto per l'alimentazione di energia nell'industria, nei cantieri, nell'edilizia residenziale. Per posa fissa all'interno e all'esterno, anche in ambienti bagnati; 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 l'emissione di calore, 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					
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	Ω/km	kg/km	in aria a 30°C	in tubo in aria a 30°C	interrato a 20°C		tubo interrato a 20°C	
									K = 1	K = 1,5	K = 1	K = 1,5
1 x 1,5	1,5	0,7	1,4	8,2	13,3	55	24	20	26	24	23	21
1 x 2,5	2,0	0,7	1,4	8,7	7,98	69	33	28	34	31	29	27
1 x 4	2,5	0,7	1,4	9,3	4,95	84	45	37	43	40	38	35
1 x 6	3,0	0,7	1,4	9,9	3,30	115	58	48	55	51	48	44
1 x 10	4,0	0,7	1,4	10,9	1,91	155	80	66	73	68	64	59
1 x 16	5,0	0,7	1,4	11,4	1,21	225	107	88	96	89	83	77
1 x 25	6,2	0,9	1,4	13,2	0,780	320	141	117	124	115	108	100
1 x 35	7,4	0,9	1,4	14,6	0,554	420	176	144	150	139	131	121
1 x 50	8,9	1,0	1,4	16,4	0,386	585	216	175	186	173	162	150
1 x 70	10,5	1,1	1,4	18,3	0,272	790	279	222	229	212	199	184
1 x 95	12,2	1,1	1,5	20,4	0,206	990	342	269	270	250	234	217
1 x 120	13,8	1,2	1,5	22,4	0,161	1020	400	312	312	289	271	251
1 x 150	15,4	1,4	1,6	24,8	0,129	1550	464	355	356	330	310	287
1 x 185	16,9	1,6	1,6	27,2	0,106	1870	533	417	401	371	349	323
1 x 240	19,5	1,7	1,7	30,4	0,0801	2400	634	490	471	436	409	379
1 x 300	23,0	1,8	1,8	33,0	0,0641	2955	736	-	533	493	463	429
1 x 400	26,5	2,0	1,9	37,7	0,0486	3835	868	-	621	575	540	500
1 x 500 (*)	28,5	2,2	2,1	45,0	0,0384	4785	998	-	689	650	599	565
1 x 630 (*)	32,8	2,4	2,3	51,1	0,0287	6465	1151	-	785	741	683	645

(*) = Questa formazione non rientra nella 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					
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	Ω/km	kg/km	in aria a 30°C	in tubo in aria a 30°C	interrato a 20°C		tubo interrato a 20°C	
									K = 1	K = 1,5	K = 1	K = 1,5
2 x 1,5	1,5	0,7	1,8	12,0	13,3	130	26	22	28	26	25	23
2 x 2,5	2,0	0,7	1,8	13,0	7,98	165	36	30	37	35	32	30
2 x 4	2,5	0,7	1,8	14,2	4,95	210	49	40	48	45	41	39
2 x 6	3,0	0,7	1,8	15,4	3,30	270	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	520	115	91	105	99	91	86
2 x 25	6,2	0,9	1,8	23,0	0,780	765	149	119	135	128	118	111
2 x 35	7,4	0,9	1,8	25,7	0,554	1020	185	140	166	156	144	136
2 x 50	8,9	1,0	1,8	29,3	0,386	1400	225	175	205	193	178	168
2 x 70	10,5	1,1	1,8	33,1	0,272	2130	289	221	252	238	219	207
2 x 120	13,8	1,2	1,8	41,5	0,161	3420	410	305	346	327	301	284

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					
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	Ω/km	kg/km	in aria a 30°C	in tubo in aria a 30°C	interrato a 20°C		tubo interrato a 20°C	
									K = 1	K = 1,5	K = 1	K = 1,5
3 x 1,5	1,5	0,7	1,8	12,5	13,3	150	23	19,5	23	22	20	19
3 x 2,5	2,0	0,7	1,8	13,6	7,98	190	32	26	30	29	27	25
3 x 4	2,5	0,7	1,8	14,9	4,95	250	42	35	39	37	34	32
3 x 6	3,0	0,7	1,8	16,2	3,30	320	54	44	50	47	43	41
3 x 10	4,0	0,7	1,8	18,2	1,91	470	75	60	67	63	58	55
3 x 16	5,0	0,7	1,8	20,6	1,21	640	100	80	88	83	76	72
3 x 25	6,2	0,9	1,8	24,5	0,780	960	127	105	113	107	99	93
3 x 35	7,4	0,9	1,8	27,3	0,554	1290	158	128	139	131	121	114
3 x 50	8,9	1,0	1,8	31,2	0,386	1785	192	154	172	162	149	141
3 x 70	10,5	1,1	1,9	35,6	0,272	2700	246	194	212	200	184	174
3 x 95	12,2	1,1	2,0	40,0	0,206	3410	298	233	251	237	218	206
3 x 120	13,8	1,2	2,1	44,4	0,161	4340	346	268	290	274	252	238
3 x 150	15,4	1,4	2,3	49,5	0,129	5404	399	300	332	313	288	272
3 x 185	16,9	1,6	2,4	55,2	0,106	6550	456	340	373	352	324	306
3 x 240	19,5	1,7	2,6	61,9	0,0801	8475	538	398	439	414	382	360
3 x 300	23,0	1,8	2,8	68,0	0,0641	10440	621	455	-	-	-	-

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					
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	Ω/km	kg/km	in aria a 30°C	in tubo in aria a 30°C	interrato a 20°C		tubo interrato a 20°C	
									K = 1	K = 1,5	K = 1	K = 1,5
4 x 1,5	1,5	0,7	1,8	13,4	13,3	170	23	19,5	23	22	20	19
4 x 2,5	2,0	0,7	1,8	14,6	7,98	220	32	26	30	29	27	25
4 x 4	2,5	0,7	1,8	16,0	4,95	295	42	35	39	37	34	32
4 x 6	3,0	0,7	1,8	17,5	3,30	385	54	44	50	47	43	41
4 x 10	4,0	0,7	1,8	19,8	1,91	575	75	60	67	63	58	55
4 x 16	5,0	0,7	1,8	22,4	1,21	795	100	80	88	83	76	72
4 x 25	6,2	0,9	1,8	26,8	0,780	1205	127	105	113	107	99	93
4 x 35 (*)	7,4	0,9	1,8	30,5	0,554	1750	158	128	139	131	121	114
4 x 50 (*)	8,9	1,0	1,8	34,1	0,386	2530	192	154	172	162	149	141
4 x 70 (*)	10,5	1,1	1,8	36,6	0,272	3600	246	194	212	200	184	174
4 x 95 (*)	12,2	1,1	2,1	41,5	0,206	4380	298	233	251	237	218	206
4 x 120 (*)	13,8	1,2	2,2	45,8	0,161	5585	346	268	290	274	252	238
4 x 150 (*)	15,4	1,4	2,4	52,1	0,129	6920	399	300	332	313	288	272
4 x 185 (*)	16,9	1,6	2,5	61,1	0,106	8364	456	340	373	352	324	306
4 x 240 (*)	19,5	1,7	2,7	68,8	0,0801	10830	538	398	439	414	382	360
3x35+25	7,4/6,2	0,9/0,9	1,8	29,2	0,554/0,780	1535	158	128	139	131	121	114
3x50+25	8,9/6,2	1,0/0,9	1,8	32,4	0,386/0,780	2020	192	154	172	162	149	141
3x70+35	10,5/7,4	1,1/0,9	1,8	37,0	0,272/0,554	3030	246	194	212	200	184	174
3x95+50	12,2/8,9	1,1/1,0	2,1	42,0	0,206/0,386	3915	298	233	251	237	218	206
3x120+70	13,8/10,5	1,2/1,1	2,2	46,9	0,161/0,272	5040	346	268	290	274	252	238
3x150+95	15,4/12,2	1,4/1,1	2,4	52,5	0,129/0,206	6300	399	300	332	313	288	272
3x185+95	16,9/12,2	1,6/1,1	2,5	57,3	0,106/0,206	8325	456	340	373	352	324	306
3x240+150	19,5/15,4	1,7/1,4	2,7	65,5	0,0801/0,129	9930	538	398	439	414	382	360

(*) = Questa formazione non rientra nella 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					
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	Ω/km	kg/km	in aria a 30°C	in tubo in aria a 30°C	interrato a 20°C		tubo interrato a 20°C	
									K = 1	K = 1,5	K = 1	K = 1,5
5G1,5	1,5	0,7	1,8	14,4	13,3	195	23	19,5	23	22	20	19
5G2,5	2,0	0,7	1,8	15,6	7,98	260	32	26	30	29	27	25
5G4	2,5	0,7	1,8	17,3	4,95	345	42	35	39	37	34	32
5G6	3,0	0,7	1,8	18,9	3,30	455	54	44	50	47	43	41
5G10	4,0	0,7	1,8	21,5	1,91	680	75	60	67	63	58	55
5G16	5,0	0,7	1,8	24,4	1,21	970	100	80	88	86	76	72
5G25	6,2	0,9	1,8	29,3	0,780	1470	127	105	113	107	99	93
5G35	7,4	0,9	1,8	32,8	0,554	1990	158	128	139	131	121	114
5G50	8,9	1,0	2,0	38,2	0,386	3030	192	154	172	162	149	141

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				
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	Ω/km	kg/km	in aria a 30°C	in tubo in aria a 30°C	interrato a 20°C		
									K = 1	K = 1,5	
7G1,5	1,5	0,7	1,8	15,4	13,3	260	13	11,5	18,5	16	
10G1,5	1,5	0,7	1,8	18,7	13,4	340	13	11,5	18,5	16	
12G1,5	1,5	0,7	1,8	19,3	13,4	380	11	9,5	14,5	12,5	
16G1,5	1,5	0,7	1,8	21,1	13,4	480	11	9,5	14,5	12,5	
19G1,5	1,5	0,7	1,8	22,1	13,4	535	9	8	13	11,5	
24G1,5	1,5	0,7	1,8	25,4	13,5	640	9	8	13	11,5	
7G2,5	2,0	0,7	1,8	16,8	7,98	381	17,5	15,5	24	21	
10G2,5	2,0	0,7	1,8	20,6	8,06	462	17,5	15,5	24	21	
12G2,5	2,0	0,7	1,8	21,3	8,06	530	13,5	12	20	17,5	
16G2,5	2,0	0,7	1,8	23,3	8,06	670	13,5	12	20	17,5	
19G2,5	2,0	0,7	1,8	24,5	8,06	755	12	10,5	16	14	
24G2,5	2,0	0,7	1,8	28,3	8,10	915	12	10,5	16	14	

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

SLIMPOWER HT 105

RG7H1M1-12/20 kV

RG7H1M1-18/30 kV

Costruzione, requisiti elettrici fisici e meccanici:	IEC 60502 (p.q.a.)
	CEI 20-13 (p.q.a.)
	HD 620

Non propagazione dell'incendio:	EN 60332-3-24
	(CEI 20-22 III)

Gas corrosivi o alogenidrici:	EN 50267-2-1
-------------------------------	--------------

Densità dei fumi (trasmissione):	EN 61034-2
----------------------------------	------------

Resistenza agli idrocarburi:	CEI 20-34/0-1
------------------------------	---------------

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:	2479 - L.S. FIRE TESTING INSTITUTE
CE	2017



Descrizione

- Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, a spessore ridotto, con temperatura massima di esercizio di 105°C.
Un'elevata temperatura di esercizio ne consente l'impiego con un sovraccarico del 10% circa in esercizio continuo e/o maggiori margini in situazioni critiche rispetto ai cavi tradizionali.
- Conduttore: rame rosso, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore: estruso
- Isolamento (spessore ridotto): gomma, qualità G7 senza piombo (HD 620 DHI 2)
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso, con nastro di rame in controspirale
- Guaina: termoplastica LS0H, qualità M1
- Colore: rosso

LS0H = Low Smoke Zero Halogen

N.B. Il cavo può essere fornito nella versione tripolare riunito ad elica visibile. In tal caso la sigla di designazione diventa RG7H1M1X seguita dalla tensione nominale di esercizio.

Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 12 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm² di sezione del rame

Marcatura

Pb free CEI 20-22 III CAT. C [Ditta] RG7H1M1 SLIMPOWER HT105 12/20 kV Eca [form.] [anno] [ordine] [metrica]
Pb free CEI 20-22 III CAT. C [Ditta] RG7H1M1 SLIMPOWER HT105 18/30 kV Eca [form.] [anno] [ordine] [metrica]

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale di esercizio
RG7H1M1-12/20 kV: U_o/U 12/20 kV
RG7H1M1-18/30 kV: U_o/U 18/30 kV
- Tensione massima di esercizio
RG7H1M1-12/20 kV: U_m 24 kV
RG7H1M1-18/30 kV: U_m 36 kV
- Temperatura massima di esercizio: 105°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C
(in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 300°C

Impiego e tipo di posa

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze; particolarmente indicati nei luoghi con pericolo d'incendio, nei locali dove si concentrano apparecchiature, quadri e strumentazioni dove è fondamentale la loro salvaguardia. 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.

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

Il cavo è adatto per l'alimentazione di energia elettrica nelle costruzioni ed altre opere di ingegneria civile.

RG7H1M1 - 12/20 kV

U_o/U: 12/20 kV

U max: 24 kV

Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Ø indicativo isolante	Ø indicativo esterno	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
					in aria		interrato*	
n° x mm ²	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 35	7,0	17,0	23,7	815	213	245	197	205
1 x 50	8,1	17,9	24,0	940	252	294	232	242
1 x 70	9,7	19,3	25,6	1160	316	368	286	298
1 x 95	11,4	21,0	27,3	1430	386	448	341	356
1 x 120	12,9	22,6	29,1	1715	448	519	390	405
1 x 150	14,4	24,0	30,4	2010	504	587	432	454
1 x 185	16,1	25,7	32,3	2400	580	673	494	513
1 x 240	18,2	27,8	34,6	2985	689	798	572	594
1 x 300	21,0	30,6	37,5	3660	788	912	643	670
1 x 400	23,2	32,8	40,3	4585	914	1049	730	756

(*) 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 105°C e 50Hz Ω/km		Reattanza di fase Ω/Km		Capacità a 50Hz
n° x mm ²	Ω/Km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	μF/km
1 x 35	0,524	0,669	0,669	0,13	0,19	0,20
1 x 50	0,387	0,517	0,517	0,13	0,18	0,22
1 x 70	0,268	0,358	0,358	0,12	0,18	0,25
1 x 95	0,193	0,258	0,258	0,11	0,17	0,29
1 x 120	0,153	0,205	0,205	0,11	0,17	0,31
1 x 150	0,124	0,166	0,166	0,11	0,16	0,34
1 x 185	0,0991	0,134	0,134	0,10	0,16	0,37
1 x 240	0,0754	0,102	0,102	0,10	0,16	0,41
1 x 300	0,0601	0,083	0,082	0,095	0,15	0,46
1 x 400	0,0470	0,066	0,065	0,093	0,15	0,49

RG7H1M1 - 18/30 kV

U_o/U: 18/30 kV

U max: 36 kV

Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Ø indicativo isolante	Ø indicativo esterno	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
					in aria		interrato*	
n° x mm ²	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 50	8,1	25,0	31,7	1320	256	290	231	240
1 x 70	9,7	25,0	32,0	1505	319	360	284	294
1 x 95	11,4	26,0	33,1	1760	389	441	339	351
1 x 120	12,9	27,0	34,1	2010	449	507	387	400
1 x 150	14,4	28,2	35,4	2320	506	576	432	448
1 x 185	16,1	29,3	36,5	2665	582	661	489	507
1 x 240	18,2	31,0	38,6	3260	689	775	567	583
1 x 300	21,0	34,4	41,5	3945	790	884	640	654
1 x 400	23,2	37,0	44,3	4885	913	1020	725	740
1 x 500	26,4	40,6	48,1	6050	1056	1174	820	835
1 x 630	30,4	40,0	48,8	7110	1219	1379	927	940

(*) 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 105°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 ²	Ω/Km					
1 x 50	0,387	0,516	0,516	0,14	0,20	0,15
1 x 70	0,268	0,358	0,358	0,13	0,19	0,17
1 x 95	0,193	0,258	0,258	0,12	0,18	0,19
1 x 120	0,153	0,205	0,205	0,12	0,18	0,22
1 x 150	0,124	0,166	0,166	0,11	0,17	0,24
1 x 185	0,0991	0,133	0,133	0,11	0,17	0,27
1 x 240	0,0754	0,102	0,102	0,10	0,16	0,30
1 x 300	0,0601	0,082	0,082	0,10	0,16	0,34
1 x 400	0,0470	0,065	0,065	0,099	0,16	0,38
1 x 500	0,0366	0,053	0,052	0,095	0,15	0,42
1 x 630	0,0283	0,043	0,041	0,093	0,15	0,47