

REGIONE SARDEGNA

Province di Oristano (OR) e Nuoro (NU)

COMUNI DI SUNI, SINDIA, SAGAMA E TINNURA



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.
1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	05/11/21	BASSO G.	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	29/10/21	BASSO G.	FURNO C.	NASTASI A.

Committente:

INFRASTRUTTURE S.p.A.



Via Privata Maria Teresa, 8 – 20123 Milano (MI) Tel.: +39 02 3657 0800
P.IVA: 11513930153; web: www.infrastrutture.eu; PEC: infrastrutture@legalmail.it

Società di Progettazione:

Ingegneria & Innovazione



Via Jonica, 16 – Loc. Belvedere – 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409
Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Progetto:		PARCO EOLICO DI "SUNI"				Progettista/Resp. Tecnico: Dott. Ing. Cesare Furno Ordine degli Ingegneri della Provincia di Catania n° 6130 sez. A
Elaborato:		CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI				Progettista elettrico: Dott. Ing. Giuseppe Basso Ordine degli Ingegneri della Provincia di Siracusa n° 1860 sez. A
Scala:	Nome DIS/FILE:	Allegato:	F.to:	Livello:		
NA	C20021S05-PD-RT-09-01	1/1	A4	DEFINITIVO		

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È vietata la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.



INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. SCOPO.....	3
3. SOLUZIONE DI CONNESSIONE ALLA RTN – (CODICE PRATICA: 202001860)	3
4. OPERE ELETTRICHE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN	4
5. SISTEMA DI CAVIDOTTI INTERRATI.....	6
6. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLE CONDIZIONI DI POSA	6
7. SPECIFICHE TECNICHE CAVI IN ALLUMINIO MT - ARG7H1RNR – 18/30 kV – Umax 36 kV.....	8
8. SPECIFICHE TECNICHE CAVI IN ALLUMINIO AT - ARG7H1E7 – 87/150 kV – Umax 170 kV.....	13
9. DETERMINAZIONE DELLA POTENZA/CORRENTE DI CORTOCIRCUITO.....	16
10. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLE SOLLECITAZIONI TERMICHE DI C.TO-C.TO	18
11. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE	19
12. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA DI FUNZIONAMENTO.....	21
13. LINEE MT IN CAVO INTERRATO – ATTRAVERSAMENTI DI CANALI TIPICI	22
14. LINEE MT IN CAVO INTERRATO – DISTANZE DI RISPETTO DA IMPIANTI E OPERE INTERFERENTI TIPICI..	22
15. DIMENSIONAMENTO QUADRI MT	22
16. RETE DI TERRA	23
16.1. Dimensionamento termico del dispersore.....	24
16.1.1. Tensioni di contatto e di passo.....	24
16.2. Rete di terra aerogeneratori	24
16.3. Rete di terra connessione aerogeneratori	25
16.4. Rete di terra cabina di consegna	25

1. Premessa

Su incarico di INFRASTRUTTURE SpA, la società Antex Group Srl ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto eolico nei comuni di Suni, Sindia Sagama e Tinnura, nelle provincie di Oristano e Nuoro.

Il progetto prevede l'installazione di n. 10 nuovi aerogeneratori nei terreni dei comuni di Suni (n°3 aerogeneratori), Sindia (n°5 aerogeneratori), Sagama (n°1 aerogeneratore) e Tinnura (n°1 aerogeneratore), con potenza unitaria di 6 MW, e potenza complessiva di impianto di 60 MW.

Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel comune di Macomer, tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 33 kV.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 33 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 380/150kV della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV "Ittiri - Selargius".

Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria Antex Group Srl.

Antex Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali e gestionali.

Sia Antex che Infrastrutture pongono a fondamento delle attività e delle proprie iniziative, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

Difatti, in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti e fornitori, le Aziende citate posseggono un proprio Sistema di Gestione Integrato Qualità-Sicurezza-Ambiente.

2. SCOPO

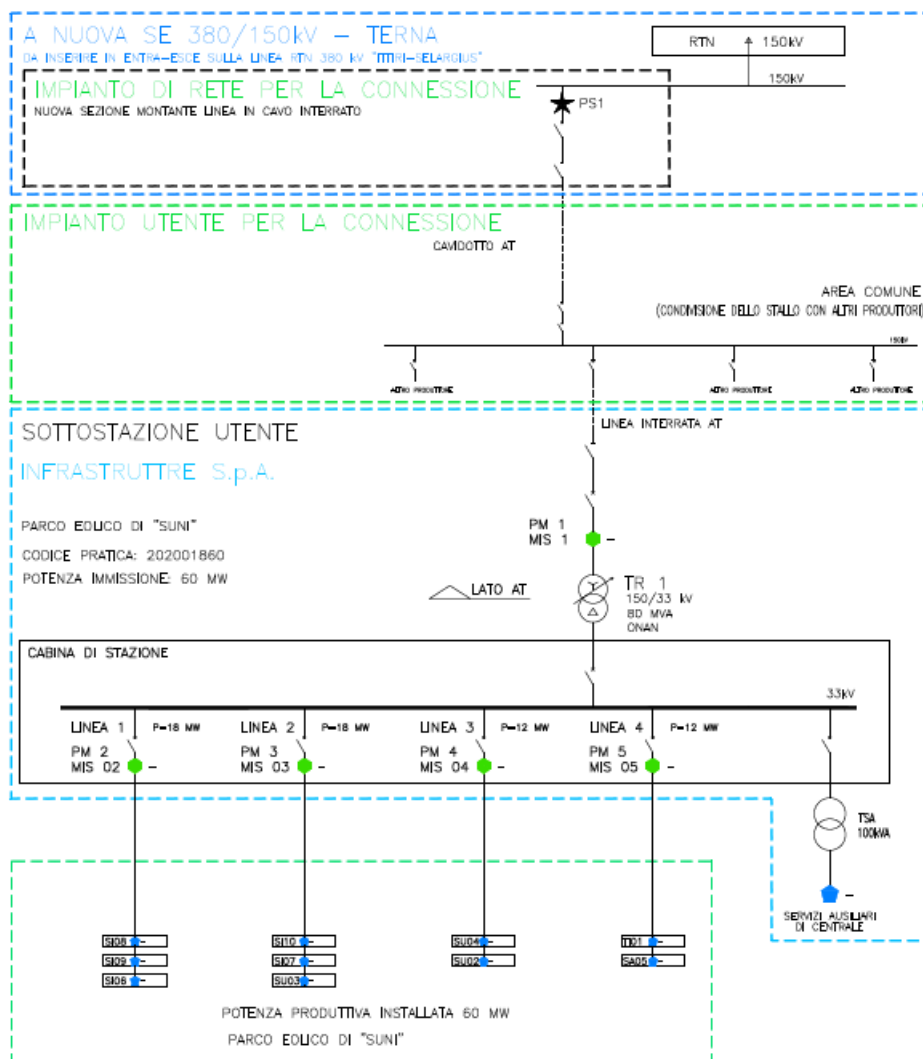
Scopo della presente relazione tecnica è il dimensionamento dei cavi in media ed alta tensione da utilizzare nell'impianto eolico "Sunì" sito nei territori dei Comuni di Suni, Sindia, Sagama e Tinnura nella Provincia di Oristano (OR) e di Nuoro (NU).

3. SOLUZIONE DI CONNESSIONE ALLA RTN – (CODICE PRATICA: 202001860)

La soluzione di connessione alla RTN proposta dal Gestore di Rete Terna S.p.A. e accettata dal proponente dell'impianto Infrastrutture S.p.A. (CODICE PRATICA: 202001860), prevede l'inserimento dell'impianto nella RTN mediante collegamento in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN

380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV "Ittiri-Selargius". Inoltre, al fine di razionalizzare l'utilizzo delle strutture di rete, sarà necessario condividere lo stallo in stazione con altri impianti di produzione. La soluzione di connessione alla RTN è dettagliata nell'Allegato A1 – STMG PER LA CONNESSIONE (CODICE PRATICA: 202001860).

Viene di seguito mostrato lo schema a blocchi per la connessione dell'impianto eolico alla RTN:



La potenza in immissione richiesta per l'impianto in esame è pari a 60,0 MW.

Codice Pratica: 202001860.

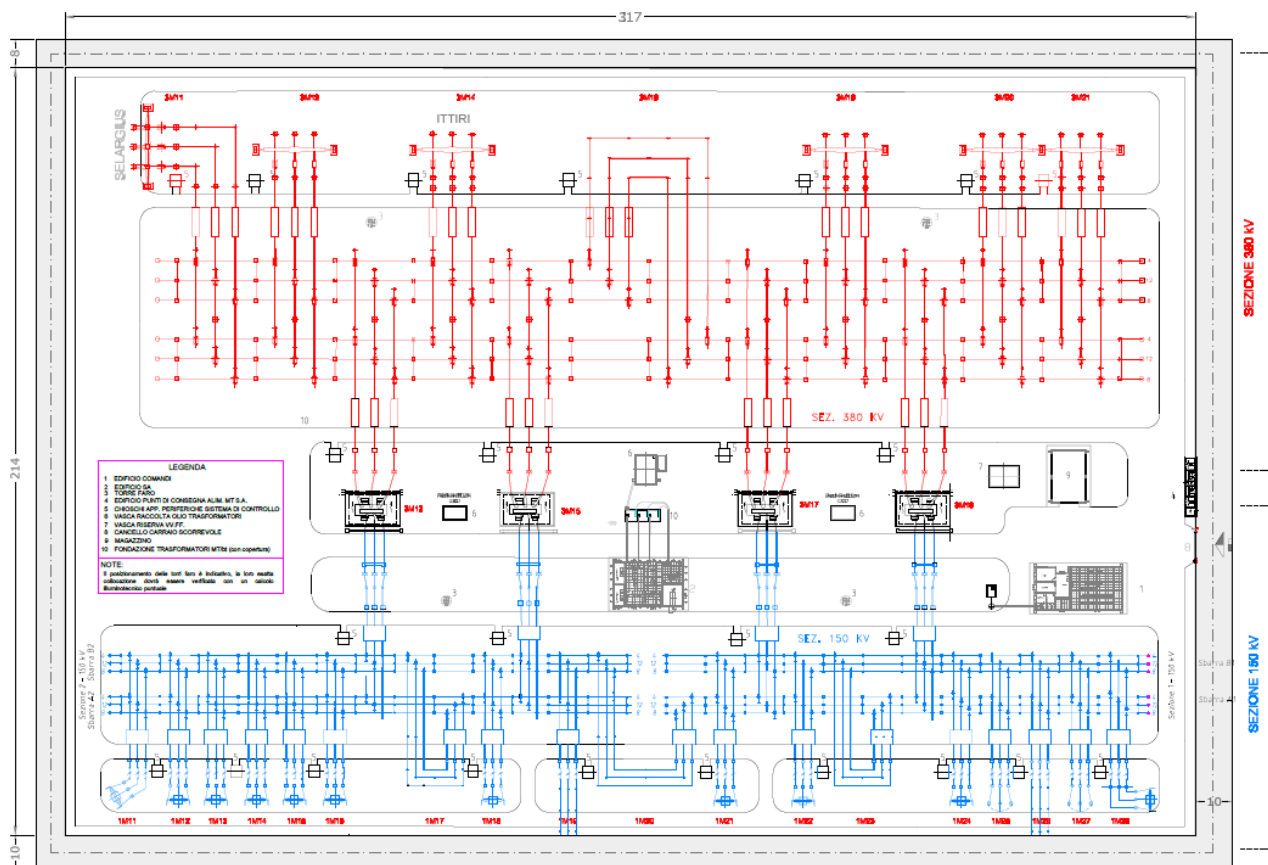
La potenza nominale dell'impianto è pari a 60 MW.

4. OPERE ELETTRICHE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN

Al fine di connettere l'impianto in esame alla RTN occorre realizzare i seguenti impianti:

- Impianto di rete per la connessione alla RTN – Nuova SE 380/150 kV: Nuova Stazione Elettrica di Trasformazione 380/150 kV della RTN (da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV “Ittiri-Selargius”).
- Impianto di rete per la connessione alla RTN – Raccordi aerei entra-esce alla linea RTN 380 kV “Ittiri-Selargius”: Nuovi raccordi aerei a 380 kV al fine di realizzare la connessione in entra-esce alla linea RTN a 380 kV “Ittiri-Selargius”.
- Impianto di rete per la connessione alla RTN – Stallo arrivo linea AT: Realizzazione di stallo AT per arrivo cavidotto interrato a 150 kV da realizzare sulla sezione a 150 kV all’interno della nuova SE di Trasformazione della RTN 380/150 kV.
- Impianto utente per la connessione alla RTN – Raccordo interrato: Realizzazione di un cavidotto interrato a 150 kV tra la nuova SE di Trasformazione 380/150 kV e l’Area Comune (ai produttori).
- Impianto utente per la connessione alla RTN - Area Comune Produttori: Opere di condivisione dello stallo in stazione con altri produttori.
- Impianto utente per la connessione alla RTN: Nuova SSE Utente “Infrastrutture” di trasformazione 33/150 kV e raccordo mediante collegamento in cavidotto interrato AT a semplice terna a 150 kV all’Area Comune Produttori.

Viene di seguito mostrata la planimetria elettromeccanica della Nuova SE RTN 380/150 kV in fase di autorizzazione:



N.B.: Tutti i materiali, le apparecchiature, i manufatti ed i componenti utilizzati per la progettazione, sono indicativi e potranno essere soggetti a variazioni dovute all'evoluzione tecnologica degli stessi ed alle disponibilità di mercato, pur mantenendo le loro caratteristiche funzionali indicate nel progetto.

5. SISTEMA DI CAVIDOTTI INTERRATI

Gli aerogeneratori saranno collegati, a gruppi di due o tre, alla nuova Sottostazione di trasformazione Utente tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 33 kV. Il progetto prevede l'installazione di n.4 cavidotti interrati MT a 33 kV. Le 4 linee verranno collegate alla cabina di stazione ubicata in prossimità della nuova SE di Trasformazione 380/150 kV di Terna.

Quanto detto, viene chiaramente illustrato nel documento: C20021S05-PD-EE-28-01 – "PIANTA CAVIDOTTI: DIVISIONE IN TRATTE".

6. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLE CONDIZIONI DI POSA

La Norma CEI UNEL 35027 - "Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV - Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata", fornisce le portate in corrente dei cavi unificati MT in funzione delle condizioni di posa in terra ed in aria.

Per cavi interrati di queste categorie di tensioni viene fornita la portata in corrente di riferimento I_0 nelle seguenti condizioni:

- T_a temperatura ambiente 20 °C;
- Profondità di posa 0,8 m;
- R_t resistività termica media radiale del terreno 1,5 k*m/W;
- Connessione schermi metallici in cortocircuito e a terra ad entrambe le estremità (solid bonding).

Per condizioni diverse viene fornita poi la seguente formula correttiva:

$$I_z = I_0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4$$

Dove:

- I_z portata in corrente nelle condizioni in esame;
- I_0 portata in corrente nelle condizioni di riferimento;
- K_1 fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C;
- K_2 fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano;
- K_3 fattore di correzione per profondità di interramento diverse da 0,8 m;
- K_4 fattore di correzione per resistività termica del terreno diversa da 1,5 k*m/W.

Le condizioni di posa dei cavi MT impiegati nel progetto in oggetto differiscono dalle condizioni di riferimento poiché:

- La profondità di interramento è pari a 0,8 m: $K_3 = 1,00$

Tab. IV **Fattori di correzione per differenti valori di profondità di posa**

Profondità di posa (m)	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5
Fattore di correzione	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94

- È stato considerato un valore di resistività termica del terreno pari a 1,5 k*m/W: $K_4 = 1,0$

Tab. V **Fattori di correzione per differenti valori di resistività termica del terreno**

Resistività del terreno (K*m/W)	Cavi unipolari				
	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Fattore di correzione	1,08	1,05	1,00	0,90	0,82

- È stato considerato il caso peggiore di raggruppamento dei circuiti presenti nello stesso strato (in questo progetto) 2 circuiti nello stesso strato distanziati tra loro 25 cm: $K_2 = 0,9$

Tab. III **Fattori di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano**

Numero di cavi	DISTANZA FRA I CIRCUITI ^(a) (m)			
	a contatto	0,25	0,5	1
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90

- Resta invariata la temperatura del terreno pari a 20 °C: $K_1 = 1$

Pertanto la formula diventa:

$$I_z = I_0 * 0,9 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = I_0 * 0,90$$

Si riporta di seguito la tabella delle portate in corrente dei cavi scelti alle condizioni di riferimento e alle condizioni operative impiegate nel progetto.

Valori di I_0 alle condizioni di riferimento:

Sezione nominale [mm ²]	Portata [A] (Trifoglio)	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]	Reattanza di fase [Ohm/km]	Impedenza a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]
120	281	0,3250	0,13	0,35
150	318	0,2650	0,12	0,29
185	361	0,2110	0,12	0,24
240	418	0,161	0,11	0,19
300	472	0,13	0,11	0,17
400	543	0,102	0,11	0,15
500	621	0,0801	0,1	0,13
630	706	0,0635	0,099	0,12

Valori di I_z alle condizioni operative, (applicando i coefficienti correttivi):

Sezione nominale [mm ²]	Portata [A] (Trifoglio)	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]	Reattanza di fase [Ohm/km]	Impedenza a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]
120	186,30	0,3250	0,13	0,35
150	222,30	0,2650	0,12	0,29
185	252,90	0,2110	0,12	0,24
240	286,20	0,1610	0,11	0,19
300	324,90	0,1300	0,11	0,17
400	376,20	0,1020	0,11	0,15
500	424,80	0,0801	0,1	0,13
630	488,70	0,0635	0,099	0,12

7. SPECIFICHE TECNICHE CAVI IN ALLUMINIO MT - ARG7H1RNR – 18/30 kV – U_{max} 36 kV

La Norma CEI 20-13 “Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV” definisce le principali regole costruttive per i cavi isolati con gomme di qualità G5 e G7 a base di elastomeri etilenpropilenici e stabilisce le prescrizioni di prova a cui devono rispondere nel collaudo. Il paragrafo 4.1.02 “Portate di corrente” afferma che per le portate in regime permanente si deve fare riferimento alla Norma CEI 20-21 “Calcolo delle portate dei cavi elettrici in regime permanente (fattore di carico 100%)” e alle tabelle CEI-UNEL 35027 (nel nostro caso). La Norma CEI-UNEL 35027 è ricavata dalla serie di Norme CEI 20-21 (recepimento della Norma IEC 60287 - serie) ed incorpora la revisione dei valori delle portate in corrente citate nelle Norme CEI. Poiché la sezione massima dei conduttori citata in questa Norma è di 300 mm² (cavi in Cu e Al), per i valori di portata in corrente in regime permanente di cavi di dimensioni superiori rimanda alle specifiche tecniche rilasciate dai costruttori per i cavi costruiti in conformità alla CEI 20-13.



INFRASTRUTTURE

PARCO EOLICO DI "SUNI"

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI



Ingegneria & Innovazione

05/11/2021

REV: 1

Pag.9

ARG7H1RNR-12/20 kV ÷ 18/30 kV

ARG7H1RNRX-12/20 kV ÷ 18/30 kV

Costruzione, requisiti elettrici,
fisici e meccanici:

CEI 20-13

IEC 60502

EN 60228

Non propagazione della fiamma: EN 60332-1-2

Non propagazione dell'incendio: CEI 20-22 III



*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C20-21-S05

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



ARG7H1RNR / Descrizione

- Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.
- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore interno: estruso
- Isolamento: gomma HEPR, qualità G7 senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guainetta: PVC
- Armatura: due nastri di alluminio, avvolti a coprigiunto
- Guaina: mescola a base di PVC, qualità Rz
- Colore: rosso

ARG7H1RNRX / Descrizione

- Cavi tripolari precordati, isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.
- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore interno: estruso
- Isolamento: gomma HEPR, qualità G7 senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guainetta: PVC
- Armatura: due nastri di alluminio, avvolti a coprigiunto
- Guaina: mescola a base di PVC, qualità Rz
- Colore: rosso

Marcatura

Pb free LA TRIVENETA CAVI ARG7H1RNR [tens. nominale] [form.] [anno] [ordine] [metrica]

Pb free LA TRIVENETA CAVI ARG7H1RNRX [tens. nominale] [form.] [anno] [ordine] [metrica] FASE 1/2/3

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale di esercizio
ARG7H1RNR(X) -12/20 kV: U_o/U 12/20 kV
ARG7H1RNR(X) -18/30 kV: U_o/U 18/30 kV
- Tensione U max:
ARG7H1RNR(X) -12/20 kV: U_m 24 kV
ARG7H1RNR(X) -18/30 kV: U_m 36 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

ARG7H1RNR / Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 14 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 50 N/mm² di sezione del conduttore

ARG7H1RNRX / Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 10 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 50 N/mm² di sezione del rame

Impiego e tipo di posa

Adatto 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 anche non protetta, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

ARG7H1RNR - 18/30 kV
U₀/U: 18/30 kV
U max: 36 kV
Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Ø esterno max	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
					in aria		interato ¹⁾	
n° x mm ²	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 50	8,2	8,0	36,1	1800	174	183	188	177
1 x 70	9,8	8,0	38,2	1705	218	229	207	218
1 x 95	11,45	8,0	39,7	1980	268	280	247	260
1 x 120	12,8	8,0	42,4	2245	309	325	281	296
1 x 150	14,2	8,0	43,7	2405	352	371	318	335
1 x 185	16,0	8,0	45,7	2625	408	427	361	380
1 x 240	18,4	8,0	48,3	2985	483	508	418	440
1 x 300	20,5	8,0	51,8	3345	547	578	472	497
1 x 400	23,8	8,0	55,2	4005	640	674	543	572
1 x 500	28,55	8,0	58,35	4440	740	779	621	654
1 x 630	30,1	8,0	62,8	5135	862	907	706	743

¹⁾ I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:

- Resistività termica del terreno: 1 K-m²/W
- Temperatura ambiente 20°C
- profondità di posa: 0,8 m

Caratteristiche elettriche

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 50°C e 50Hz		Resistenza di fase		Capacità a 50Hz
		a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	
n° x mm ²	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	μF/km
1 x 50	0,641	0,822	0,822	0,15	0,20	0,15
1 x 70	0,443	0,568	0,568	0,14	0,20	0,18
1 x 95	0,320	0,411	0,411	0,13	0,19	0,18
1 x 120	0,253	0,325	0,325	0,13	0,18	0,19
1 x 150	0,208	0,265	0,265	0,12	0,18	0,20
1 x 185	0,164	0,211	0,211	0,12	0,12	0,22
1 x 240	0,125	0,161	0,161	0,11	0,17	0,24
1 x 300	0,100	0,130	0,130	0,11	0,17	0,27
1 x 400	0,0778	0,102	0,101	0,11	0,16	0,29
1 x 500	0,0625	0,0801	0,0794	0,10	0,16	0,32
1 x 630	0,0489	0,0625	0,0625	0,099	0,16	0,36

ARG7H1RNRX - 18/30 kV
Uo/U: 18/30 kV
U max: 36 kV
Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø circoscritto indicativo	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A	
						in aria	interato ^(*)
m ² x mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	A	A
3 x 1 x 50	8,2	8,0	2,1	77,7	4810	174	168
3 x 1 x 70	9,8	8,0	2,2	82,2	5400	218	207
3 x 1 x 95	11,45	8,0	2,2	85,4	5805	268	247
3 x 1 x 120	12,9	8,0	2,3	91,2	6755	309	281
3 x 1 x 150	14,2	8,0	2,4	94,0	7235	362	318
3 x 1 x 185	16,0	8,0	2,4	98,3	7910	406	361
3 x 1 x 240	18,4	8,0	2,5	103,9	8680	483	418

(*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:

- Resistività termica del terreno: 1 K.m/W

- Temperatura ambiente 20°C

- profondità di posa: 0,8 m

Caratteristiche elettriche

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz	Resistenza di fase	Capacità a 50Hz	Corrente tecnica di circuito ^(*)
m ² x mm ²	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	μF/km	IA
3 x 1 x 50	0,641	0,822	0,15	0,15	6,5
3 x 1 x 70	0,443	0,588	0,14	0,16	9,1
3 x 1 x 95	0,320	0,411	0,13	0,18	12,3
3 x 1 x 120	0,253	0,325	0,13	0,19	15,6
3 x 1 x 150	0,206	0,265	0,12	0,22	19,5
3 x 1 x 185	0,164	0,211	0,12	0,22	24,1
3 x 1 x 240	0,125	0,161	0,11	0,24	31,2

(*) Durata del corto circuito 0,5 secondi

8. SPECIFICHE TECNICHE CAVI IN ALLUMINIO AT - ARG7H1E7 – 87/150 kV – U_{max} 170 kV

La scelta del conduttore, ARG7H1E 87/150kV da 1x400mm², è stata effettuata in base a considerazioni sui carichi e sui criteri di esercizio della terna e sugli eventuali ampliamenti di potenza della connessione ed è conforme allo standard internazionale: IEC 60840 "Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV (Um= 36 kV) up to 150 kV (Um = 170 kV) - Test methods and requirements".

Il conduttore è in alluminio a corda rigida rotonda compatta tamponata tra il conduttore e l'isolante e lo schermo metallico sono interposti strati di semiconduttore estruso, con eventuali fasciature semiconduttive.

L'isolante è costituito da gomma sintetica a base di polietilene reticolato (XLPE), ad alto modulo elastico e rispondente alla norma CEI 20-66.

Lo schermo metallico esterno è costituito da fili di rame ricotto non stagnato disposti secondo un'elica unidirezionale con nastro equalizzatore di rame non stagnato; in ogni caso il rapporto tra la lunghezza dei fili rettificati e la corrispondente lunghezza dell'anima deve risultare maggiore di 1,02; è ammessa la presenza di eventuale nastro non igroscopico.

Il rivestimento protettivo esterno è una guaina in polietilene (PE) di colore nero con qualità Ez, rispondente alle norme CEI 20-66.

Cavo XLPE, 150 kV

Cavo in rame 150 kV 400 R (alluminio)

DESCRIZIONE

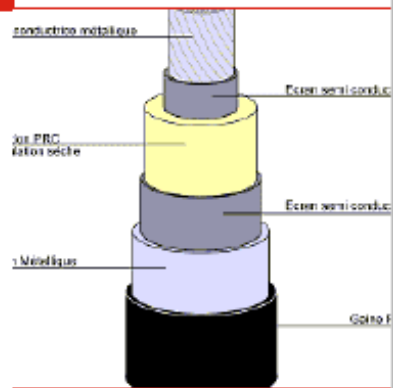
E' dalla fine del 1960 che Nexans sviluppa una vasta gamma di cavi per alta tensione ad isolamento XLPE. I cavi sono composti da un conduttore di alluminio o rame con un sistema di isolamento.

Tutte le linee di estrusione sono equipaggiate con teste multiple che consentono l'applicazione simultanea dell'isolamento e dei due strati semi-conduttivi. Su tutte le linee, la materia prima viene immagazzinata e trasportata in circuiti con alto livello di pulizia e il trattamento viene sempre fatto sotto processo a secco. Dopo la reticolazione, cura particolare viene effettuata nella fase di degassamento. Il cavo viene quindi protetto con uno schermo metallico e con una guaina esterna.

La fabbrica e' equipaggiata per la produzione di grandi metrature di cavo.

Contatto

Vendita cavi AT
Telefono: +39 02 929101
nexans.cavi@nexans.com



STANDARDS

Internazionale IEC 60840



Tensione operativa
150 kV

Tutte le illustrazioni, i disegni, le specifiche, i programmi e particolari di vario genere su pesi, formato e dimensioni contenuti nelle documentazioni tecnica o commerciale di Nexans e' justramente indicativa.
Generato 22/04/20 www.nexans.it Pagina 1 / 2



Cavo XLPE, 150 kV

Cavo in rame 150 kV 400 R (alluminio)

Contatto

Vendita cavi AT
Telefono: +39 02 929101
nexans.cavi@nexans.com

CARATTERISTICHE

Caratteristiche di costruzione	
Materiale del conduttore	Copper
Isolamento	XLPE (chemical)
Tipo di conduttore	Corda rotonda compatta
Guaina metallica	Alluminio temosaldato
Caratteristiche dimensionali	
Diametro del conduttore	23,2 mm
Sezione del conduttore	400 mm ²
Spessore del semi-conduttore interno	1,5 mm
Spessore medio dell'isolante	20,8 mm
Spessore del semi-conduttore esterno	1,3 mm
Spessore guaina metallica, approx	,8 mm
Spessore guaina	3,6 mm
Diametro esterno nom.	82,0 mm
Sezione schermo	180 mm ²
Peso approssimativo	8 kg/km
Caratteristiche elettriche	
Max tensione di funzionamento	170 kV
Messa a terra degli schermi - posa a trifoglio	In presenza di corrente
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa a trifoglio	640 A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa a trifoglio	550 A
Portata di corrente, cavi in aria a 30°C, posa a trifoglio	835 A
Portata di corrente, cavi in aria a 50°C, posa a trifoglio	665 A
Messa a terra degli schermi - posa in piano	assenza di correnti di circolazione
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa in piano	710 A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa in piano	615 A
Portata di corrente, cavi in aria a 30°C, posa in piano	960 A
Portata di corrente, cavi in aria a 50°C, posa in piano	775 A
Massima resistenza el. del cond. a 20°C in c.c.	0,047 Ohm/km
Capacità nominale	0,15 µF / km
Corrente ammissibile di corto circuito	20 kA
Tensione operativa	150 kV

INFORMAZIONI DI VENDITA

Tutti i cavi d'alta tensione sono prodotti sulle basi delle vostre specifiche. Per questo motivo, tutte le informazioni tecniche contenute in questo catalogo sono puramente informative.

Qualora non venissero trovate specifiche atte a soddisfare le proprie esigenze, Nexans è in grado di produrre altre tipologie di cavi su richiesta.

9. DETERMINAZIONE DELLA POTENZA/CORRENTE DI CORTOCIRCUITO

Per calcolare la potenza di cortocircuito in un punto dell'impianto, si può fare l'ipotesi che la resistenza sia trascurabile rispetto alla reattanza, perché solitamente il rapporto reattanza/resistenza di una rete di distribuzione (fino alle sbarre) è superiore a sette. In pratica, l'impedenza si può ritenere coincidente con la reattanza:

$$Z = \sqrt{(R^2 + X^2)} = \sqrt{((X/7)^2 + X^2)} = \sqrt{[(X^2/49) + X^2]} = 1,01 * X \sim X$$

Questo consente, in questa fase preliminare, di calcolare la potenza di cortocircuito di un sistema elettrico costituito da n elementi in serie (generatori, linee, trasformatori) le cui potenza di cortocircuito siano P_1, P_2, \dots, P_n .

La potenza (apparente) di cortocircuito trifase (P_{CC}) vale:

$$P_{CC} = \sqrt{3} * U_n * I_{cc}$$

Dove:

- U_n è la tensione nominale (concatenata);
- I_{cc} è la corrente di cortocircuito trifase.

D'altra parte, nell'ipotesi $X \sim Z$ si ha:

$$I_{cc} = E/X$$

Dove $E = U_n/\sqrt{3}$ è la tensione di fase:

$$I_{cc} = U_n/\sqrt{3} * X$$

Si ottiene dunque:

$$P_{CC} = \sqrt{3} * U_n * U_n/\sqrt{3} * X = U_n^2/X$$

La potenza di cortocircuito di un sistema a tensione U composto da n elementi in serie aventi reattanze X_1, X_2, \dots, X_n è:

$$P_{CC} = U_n^2 / (X_1 + X_2 + \dots + X_n)$$

Poiché, la reattanza X_i del generico elemento del sistema elettrico con potenza di cortocircuito P_i vale:

$$X_i = U_n^2 / P_i$$

Dunque:

$$P_{CC} = U_n^2 / (U_n^2 / P_1 + U_n^2 / P_2 + \dots + U_n^2 / P_n) = 1 / [(1/P_1) + (1/P_2) + \dots + (1/P_n)]$$

Potenza di cortocircuito della rete AT:

La potenza (apparente) di cortocircuito trifase (P_r) della rete AT è la potenza espressa in MVA, che si ottiene dalla corrente di cortocircuito simmetrica trifase (I_{cc}) alla tensione nominale della rete (U_n):

$$P_r = c * \sqrt{3} * U_n * I_{cc}$$

Dove:

- c coefficiente di margine indicato dalla Norma CEI per le reti AT e MT, che tiene conto del possibile aumento della tensione in rete (valore = 1,1).
- $U_n = 150$ kV
- $I_{cc} = 31,5$ kA

Pertanto:

$$P_r = 1,1 * \sqrt{3} * 150 * 31,5 = 9002,34 \text{ MVA}$$

Potenza di cortocircuito di un trasformatore:

La potenza (apparente) di cortocircuito trifase (P_{tr}) di un trasformatore è:

$$P_{tr} = 100 * P/u_{cc}$$

Dove:

- P è la potenza nominale del trasformatore
- u_{cc} è la tensione di cortocircuito percentuale

La potenza di cortocircuito del trasformatore 150/33 kV da 80 MVA con $u_{cc} = 12,5\%$ è pari a:

$$P_{tr/80} = 100 * 80/12,5 = 640 \text{ MVA}$$

La potenza di cortocircuito del trasformatore 33/0,75 kV da 6,35 MVA con $u_{cc} = 8\%$ presente negli aerogeneratori vale:

$$P_{tr/6.35} = 100 * 6,35/8 = 79,375 \text{ MVA}$$

Potenza di cortocircuito di un generatore:

La potenza (apparente) di cortocircuito trifase (P_G) di un generatore è:

$$P_G = 100 * P/X_d''$$

Dove:

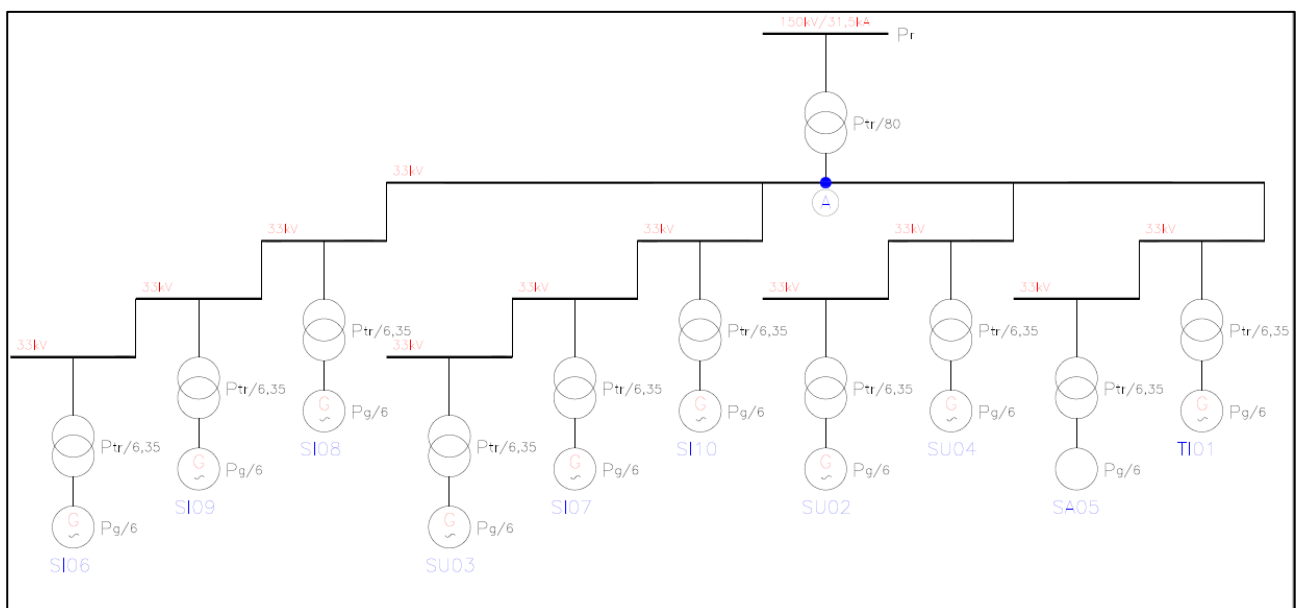
- P è la potenza nominale del generatore, 6 MVA
- X_d'' è la reattanza sub-transitoria diretta, (valore tipico pari 15%)

Quindi:

$$P_G = 100 * 6/15 = 40 \text{ MVA}$$

Potenza di cortocircuito massima alle sbarre 33kV (punto A)

Schematizzando la rete di distribuzione dell'impianto in oggetto come mostrato nella figura seguente:



La potenza di cortocircuito massima alle sbarre 33kV (punto A) è data da:

$$P_{cc/A} = \{1/[(1/P_r)+(1/P_{tr/80})]\} + \{1/[(1/P_{tr/6,35})+(1/P_G)]\} * 10 = \\ = \{1/[(1/9002,34)+(1/640)]\} + \{1/[(1/79,375)+(1/40)]\} * 10 = 863,49 \text{ MVA}$$

La corrente di cortocircuito massima alle sbarre 33kV (punto A) vale:

$$I_{cc/A} = P_{cc/A} / (\sqrt{3} * U_n) = 863,49 / (\sqrt{3} * 33) = 15,11 \text{ kA}$$

Questo è il valore di riferimento per il dimensionamento dei cavi (e delle apparecchiature MT). Si fa presente che valori tipici del potere d'interruzione delle apparecchiature MT sono: 16, 20, 25 kA.

10. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLE SOLLECITAZIONI TERMICHE DI C.TO-C.TO

La Norma CEI 11-17 al paragrafo 2.2.02 definisce le modalità di calcolo per la scelta del conduttore in relazioni a condizioni di sovracorrente. La scelta è fatta in modo tale che la temperatura del 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.

Considerata la sovracorrente 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:

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

Dove:

- S è la sezione del conduttore in mm²;
- I è la corrente di cortocircuito, pari a 15,11 kA (valore precedentemente calcolato);
- t è la durata della corrente di cortocircuito, pari a 0,5 s (coincide con il tempo di eliminazione del guasto stabilito dal progettista)
- K costante termica del cavo scelto, (K = 92).

I valori del coefficiente K sono riportati nella seguente tabella per conduttori di rame e di alluminio in funzione delle temperature iniziali e finali di cortocircuito.

Tab. 2.2.02 Valori del coefficiente K in funzione delle temperature iniziali e finali di cortocircuito per conduttori di rame e di alluminio

	Temperatura iniziale θ_0 (°C)	1	2	3	4	5	6
		Temperatura finale θ_{cc} (°C)					
		140	160	180	200	220	250
Conduttori di rame	130	37	64	81	95	106	120
	120	53	74	89	102	113	126
	110	65	83	97	109	119	132
	100	76	92	105	116	125	138
	90	86	100	112	122	131	143
	85	90	104	115	125	134	146
	80	94	108	119	129	137	149
	75	99	111	122	132	140	151
	70	103	115	125	135	143	154
	65	107	119	129	138	146	157
	60	111	122	132	141	149	160
	50	118	129	139	147	155	165
	40	126	136	145	153	161	170
30	133	143	152	159	166	176	
20	141	150	158	165	172	181	
Conduttori di alluminio	130	24	41	52	61	68	78
	120	34	48	58	66	73	81
	110	42	54	63	70	77	85
	100	49	59	67	75	81	89
	90	55	64	72	79	85	92
	85	58	67	74	81	86	94
	80	61	69	77	83	88	96
	75	64	72	79	85	90	98
	70	66	74	81	87	92	99
	65	69	76	83	89	94	101
	60	72	79	85	91	96	103
	50	77	83	90	95	100	105
	40	81	88	94	99	104	110
30	86	92	98	103	107	114	
20	91	97	102	107	111	117	

Così come indicato nella Norma CEI 11-17, la temperatura iniziale del conduttore si assume uguale a quella massima ammissibile in regime permanente (massima temperatura di servizio) e la temperatura finale di cortocircuito si assume uguale a quella massima di cortocircuito per i diversi isolanti.

Nel nostro caso verranno impiegati cavi in Alluminio ARG7H1RNR – 18/30 kV con isolante in gomma HEPR di qualità G7 aventi massima temperatura di servizio pari a 90 °C e massima temperatura di cortocircuito pari a 250 °C. Pertanto con tali valori di temperatura si ricava il valore della costante termica K che è pari a 92. Risolvendo la relazione precedente per S :

$$S = (I_{cc} * \sqrt{t}) / K = [15,11 * \sqrt{(0,5)}] / 92 = 116,1 \text{ mm}^2$$

La sezione minima scelta è pari a 120 mm².

11. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE

Il fenomeno di abbassamento di tensione tra due punti, uno a monte e l'altro a valle, in una rete elettrica di distribuzione, viene denominato caduta di tensione. In tutti gli impianti elettrici occorre valutare che la differenza tra la tensione del

punto d'origine dell'alimentazione e la tensione all'utilizzatore d'energia sia adeguatamente contenuta, nei limiti normativi e nei limiti di funzionamento delle apparecchiature utilizzatrici.

Un'eccessiva differenza tra i due valori nuoce al funzionamento ed al rendimento degli impianti, inoltre elevate differenze di tensione tra monte e valle è sinonimo di perdite sulla linea elettrica, con conseguente cattivo dimensionamento e non ottimizzazione dell'impianto di trasmissione dell'energia.

La caduta di tensione sarà contenuta mediante un corretto calcolo dimensionale delle linee. Il valore della caduta di tensione può essere determinato mediante la formula:

$$\Delta V = I * L * \sqrt{3} (R * \cos\varphi + X * \sin\varphi)$$

Dove:

- ΔV è la caduta di tensione in V;
- I è la corrente nominale della linea in A;
- R è la resistenza della linea (rif. 90 °C – 50 Hz) in Ω/km ;
- X è la reattanza della linea (rif. 90 °C – 50 Hz) in Ω/km ;
- L è la lunghezza della linea in km.

La caduta di tensione percentuale sarà quindi:

$$\Delta V\% = 100 * \Delta V / V$$

Dove:

- V è la tensione ad inizio linea in V.

La perdita di potenza è calcolata tramite la relazione:

$$P_{\text{loss}} = 3 * R * L * I_n^2$$

La perdita di potenza percentuale è calcolata tramite la relazione:

$$P_{\text{loss}}\% = 100 * P_{\text{loss}} / N_{\text{WTG}} * P_{\text{WTG}}$$

Dove:

- N_{WTG} è il numero di aerogeneratori considerato nella linea
- P_{WTG} è la potenza nominale del singolo aerogeneratore

Si riportano di seguito i dimensionamenti per le quattro linee dell'impianto

Condizioni di esercizio MT	$\cos\varphi=$	0,900	
	$\sin\varphi=$	0,436	
	$V_n=$	33000	[V]
	$P_n=$	6000	[KW]
	$I_n=$	116,64	[A]

Linea MT 1 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)

N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	SI06>>SI09	116,64	903	150	53,1	0,161	9,8	0,000	ST - Trifoglio
2	SI09>>SI08	233,27	2382	240	185,6	0,562	62,6	0,001	ST - Trifoglio
3	SI08>>SSEU	349,91	6109	400	517,4	1,568	228,9	0,001	ST - Trifoglio
TOTALE			9394		756	2,29	301	0,002	

Linea MT 2 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)

N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	SU03>>SI07	116,64	6240	240	243,1	0,737	41,0	0,001	ST - Trifoglio
2	SI07>>SI10	233,27	2251	240	175,4	0,531	59,2	0,000	ST - Trifoglio
3	SI10>>SSEU	349,91	14037	630	853,3	2,586	327,4	0,002	ST - Trifoglio
TOTALE			22528		1272	3,85	428	0,003	

Linea MT 3 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)

N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	SU02>>SU04	116,64	6102	240	237,7	0,720	40,1	0,001	ST - Trifoglio
2	SU04>>SSEU	233,27	22022	500	1029,3	3,119	288,0	0,002	ST - Trifoglio
TOTALE			28124		1267	3,84	328	0,003	

Linea MT 4 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)

N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	SA05>>TI01	116,64	4386	240	170,9	0,518	28,8	0,000	ST - Trifoglio
2	TI01>>SSEU	233,27	27577	630	1117,6	3,387	285,9	0,002	ST - Trifoglio
TOTALE			31963		1288	3,90	315	0,003	

Condizioni di esercizio AT			
	cosφ=	0,900	
	senφ=	0,436	
	Vn=	150.000 [V]	
	Pn=	60.000 [KW]	
	In=	256,60 [A]	

Raccordo AT - SSEU-Area Comune/SE RTN (Impianto Utente)

N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
10	SSEU-Area Comune/SE RTN	256,60	300	400	10,3	0,031	2,8	0,000	ST - Piana
TOTALE			300		10,3	0,031	2,8	0,000	

12. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA DI FUNZIONAMENTO

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si è utilizzata la seguente relazione:

$$T_r = T_a + [(T_c - T_a) * (I_n / (N * I_z))^2]$$

Dove:

- T_r temperatura di regime (o di funzionamento) in °C;
- T_a temperatura ambiente del terreno, 20 °C;
- T_c temperatura massima di esercizio, 90 °C;
- I_n è la corrente nominale di linea in A;
- I_z è la portata nominale di linea (corretta dai coefficienti) in A;
- N è il numero di conduttori per fase (1).

Si riportano di seguito i valori delle temperature di regime per le quattro linee dell'impianto:

Linea MT 1 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)

N° WTG	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mmq]	Tr [°C]	Posa
1	SI06>>SI09	116,6	150	31,6	ST - Trifoglio
2	SI09>>SI08	233,3	240	46,9	ST - Trifoglio
3	SI08>>SSEU	349,9	400	55,9	ST - Trifoglio

Linea MT 2 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)

N° WTG	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mmq]	Tr [°C]	Posa
1	SU03>>SI07	116,6	240	26,7	ST - Trifoglio
2	SI07>>SI10	233,3	240	46,9	ST - Trifoglio
3	SI10>>SSEU	349,9	630	41,2	ST - Trifoglio

Linea MT 3 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)

N° WTG	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mmq]	Tr [°C]	Posa
1	SU02>>SU04	116,6	240	26,7	ST - Trifoglio
2	SU04>>SSEU	233,3	500	32,2	ST - Trifoglio

Linea MT 4 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)

N° WTG	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mmq]	Tr [°C]	Posa
1	SA05>>TI01	116,6	240	26,7	ST - Trifoglio
2	TI01>>SSEU	233,3	630	29,4	ST - Trifoglio

Raccordo AT - SSEU-Area Comune/SE RTN (Impianto Utente)

N° WTG	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mmq]	Tr [°C]	Posa
10	SSEU-Area Comune/SE RTN	256,6	400	34,3	ST - Piana

13. LINEE MT IN CAVO INTERRATO – ATTRAVERSAMENTI DI CANALI TIPICI

Qualora il tracciato delle linee MT dovessero presentare degli attraversamenti di canale, saranno eseguiti con una delle soluzioni tecniche descritte nelle tavole allegate nella documentazione progettuale e conformi a quanto indicato nella Norma CEI 1-17.



14. LINEE MT IN CAVO INTERRATO – DISTANZE DI RISPETTO DA IMPIANTI E OPERE INTERFERENTI TIPICI

Le interferenze che si dovessero presentare lungo il tracciato delle linee MT saranno trattate con una delle soluzioni tecniche descritte nelle tavole allegate nella documentazione progettuale e conformi a quanto indicato nella Norma CEI 1-17.

15. DIMENSIONAMENTO QUADRI MT

Come già calcolato al paragrafo 9, la corrente di cortocircuito massima alle sbarre 33kV vale:

$$I_{cc/A} = P_{cc/A} / (\sqrt{3} * U_n) = 863,49 / (\sqrt{3} * 33) = 15,11 \text{ kA}$$

	<p align="center">PARCO EOLICO DI "SUNI"</p> <p align="center">CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI</p>	 Ingegneria & Innovazione		
		05/11/2021	REV: 1	Pag.23

Questo è il valore di riferimento per il dimensionamento delle apparecchiature MT, (si fa presente che valori tipici del potere d'interruzione delle apparecchiature MT sono: 16, 20, 25 kA).

I quadri MT saranno installati all'interno della cabina di consegna (protezione e sezionamento delle linee provenienti dalla cabina di raccolta, protezione generale della linea di collegamento al trasformatore AT/MT secondo norma CEI 0-16).

Caratteristiche elettriche principali:

- Tensione nominale 36 KV
- Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale
- 50 Hz/1 min valore efficace 50 KV
- Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico
- 1,2 / 50 microsec. valore di picco 170 KV
- Tensione di esercizio 30 KV
- Frequenza nominale 50 Hz
- N° fasi 3
- Corrente nominale sbarre principali 1250A
- Corrente nominale sbarre derivazione 630/1250A
- Corrente nominale ammissibile di breve durata 20 KA
- Corrente nominale di picco 50 KA
- Potere di interruzione degli interruttori alla V nominale 20 KA
- Durata nominale del corto circuito 3 sec

Nuova Cabina di Consegna:

- n. 1 scomparto arrivo trasformatore di potenza MT/AT, con interruttore, TA, TV, relè a microprocessore per le protezioni max. I (50-51-51N-27-59- 59N) e con le misure di A , V , W VAR , cosfi, frequenza;
- n. 4 scomparti di arrivo linea, con interruttore, TA, relè a microprocessore per le protezioni max. I (50-51-67N) e con le misure di A , V , W ,VAR , cosfi, frequenza;
- n. 1 cella TV (eventualmente integrata nella cella arrivo trasformatore).
- n. 1 scomparto arrivo trasformatore ausiliario BT/MT.

16. RETE DI TERRA

Dimensionamento di massima della rete di terra

La rete di terra sarà dimensionata in accordo alla Norma CEI 11-1.

In particolare si procederà:

- al dimensionamento termico del dispersore e dei conduttori di terra in accordo all'Allegato B della Norma CEI 11-1;

- alla definizione delle caratteristiche geometriche del dispersore, in modo da garantire il rispetto delle tensioni di contatto e di passo secondo la curva di sicurezza di cui alla Fig.C-2 della Norma CEI 11-1.

16.1. Dimensionamento termico del dispersore

Il dispersore sarà realizzato con corda nuda in rame, la cui sezione può essere determinata con la seguente formula:

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

Dove:

- A = sezione minima del conduttore di terra, in mm²
- I = corrente del conduttore, in A
- t = durata della corrente di guasto, in s
- K = 226 Amm-2s^{1/2} (rame)
- β = 234,5 °C
- Θ_i = temperatura iniziale in °C
- Θ_f = temperatura finale in °C

16.1.1. Tensioni di contatto e di passo

La definizione della geometria del dispersore al fine di garantire il rispetto dei limiti di tensione di contatto e di passo sarà effettuata in fase di progetto definitivo, quando saranno noti i valori di resistività del terreno, da determinare con apposita campagna di misure;

In via preliminare, sulla base degli standard normalmente adottati e di precedenti esperienze, può essere ipotizzato un dispersore orizzontale a maglia, con lato di maglia di 5 m.

In caso di terreno non omogeneo con strati superiori ad elevata resistività si potrà procedere all'installazione di dispersori verticali (picchetti) di lunghezza sufficiente a penetrare negli strati di terreno a resistività più bassa, in modo da ridurre la resistenza di terra dell'intero dispersore.

In ogni caso, qualora risultasse la presenza di zone periferiche con tensioni di contatto superiori ai limiti, si procederà all'adozione di uno o più dei cosiddetti provvedimenti "M" di cui all'Allegato D della Norma CEI 11-1.

16.2. Rete di terra aerogeneratori

Il trasformatore elevatore di tensione avrà il primario collegato a stella, con il centro stella posto a terra e

collegato con lo stesso impianto di messa a terra della turbina eolica. La connessione alla rete elettrica dovrà quindi essere eseguito in configurazione TN-S.

L'impianto di messa a terra deve essere predisposto in sede di realizzazione delle fondazioni e con collegamento ai ferri d'armatura. Esso sarà costituito da un conduttore di rame nudo da almeno 50 mm² posto orizzontalmente ad un metro di distanza dalla fondazione e ad un metro di profondità, che segue il perimetro della struttura fino a richiudersi su se stesso; esso sarà inoltre integrato con due picchetti di messa a terra in acciaio ramato della lunghezza di 6 m ciascuno e del diametro di almeno 14 mm, piantati verticalmente in posizioni diametralmente opposte rispetto alla torre. Il conduttore circolare viene collegato a due perni di fissaggio alla fondazione, sui lati opposti della torre, ed agli stessi punti si conetterà il quadro di controllo a base torre.

La disposizione dell'impianto di messa a terra ad anello chiuso attorno alla struttura limita la tensione di passo e contatto per le persone eventualmente presenti alla base della torre in caso di fulminazione diretta della struttura stessa ed allo stesso tempo, i picchetti verticali accoppiati al medesimo impianto facilitano l'ottenimento di un basso valore della resistenza complessiva di terra.

16.3. Rete di terra connessione aerogeneratori

All'interno della canalizzazione per la posa dei cavi di media tensione interrata per il collegamento "entra - esci" fra gli aerogeneratori, verrà posato un ulteriore cavo di rame nudo di sezione non inferiore a 95 mmq per la connessione tra le diverse reti di terra degli aerogeneratori.

16.4. Rete di terra cabina di consegna

Per la progettazione dell'impianto di terra si deve fare riferimento ad un insieme di dati che dipendono dalle caratteristiche di alimentazione e di quelle del sito di installazione della cabina. I principali parametri di riferimento di cui si deve disporre sono:

- la corrente massima di guasto a terra (IF);
- il tempo di eliminazione del guasto (tc);
- le tensioni di contatto e di passo tollerabili (UTP, USP);
- la configurazione e le caratteristiche della rete di alimentazione in media tensione;
- il luogo in cui l'impianto di terra deve essere realizzato;
- l'area da proteggere, (forma e caratteristiche del terreno);
- eventuali vincoli in relazione alla messa a terra del neutro in bassa tensione.

Durante la progettazione, al fine di tenere conto di possibili variazioni nel tempo dei citati parametri, è opportuno scegliere gli stessi in relazione alle condizioni più sfavorevoli che si possono verificare.

Il tipo di impianto da realizzare dipende dalle caratteristiche morfologiche del terreno dell'area da proteggere, che possono influenzarne fortemente il valore di resistività (es. presenza di rocce, profondità

del terreno vegetale, ecc.). Poiché la resistività può inoltre variare anche nel tempo, per il progetto è necessario effettuare più rilievi nell'area interessata per stabilire conseguentemente un valore medio di riferimento. Per terreni non omogenei è necessario scegliere un valore di resistività di riferimento prudenziale, leggermente più elevato del valore medio (almeno 1,5 volte).

In base al tipo di cabina da realizzare è possibile individuare il dispersore da utilizzare e la disposizione dei conduttori del dispersore. I dispersori non devono essere facilmente deteriorabili per effetto dell'umidità o per l'azione chimica del terreno, e devono mantenere inalterate nel tempo le caratteristiche elettriche.

Solitamente per le cabine si utilizzano dispersori ad anello che consentono di ottenere con maggiore facilità basse resistenze di terra. L'anello viene realizzato interrando un conduttore nudo (tondino, corda o piattina di acciaio zincato a caldo o di rame o di acciaio ramato) intorno alla fondazione della cabina ad una profondità di almeno 0,5 m. Questo tipo di dispersore può essere integrato con spandenti e picchetti per ridurre, ove necessario, la resistenza di terra. È opportuno che i picchetti siano collocati in pozzetti ispezionabili, con coperchi isolanti per evitare pericolose tensioni di passo.

I conduttori di terra si dipartono dal collettore e vanno a collegare le masse da mettere a terra. Le sezioni dei conduttori di terra non devono essere inferiori a 16 mm² se di rame, 35 mm² se d'alluminio, 50 mm² se d'acciaio. I conduttori di terra devono avere percorsi brevi ed essere posati preferibilmente nudi.

Vanno collegati all'impianto di terra i seguenti elementi metallici:

- ripari di protezione dei circuiti MT;
- la carpenteria metallica degli scomparti MT;
- il cassone del trasformatore MT/BT;
- la carcassa dei TA e TV ed un polo del circuito secondario;
- i telai dei sezionatori di terra;
- le intelaiature di supporto degli isolatori;
- i terminali e le guaine dei cavi MT provenienti dal parco eolico;
- i cavi di rame nudo per la connessione della rete di terra tra gli aerogeneratori;
- i ganci di ancoraggio delle linee aeree MT;
- gli organi di manovra manuale delle apparecchiature;
- i quadri porta sbarre BT e porta interruttori;
- gli interruttori BT;
- la cassa dei condensatori BT.

Si devono collegare all'impianto di terra anche le parti metalliche e le strutture di notevole estensione come porte, finestre, griglie di aerazione, scale, parapetti di protezione, lamiere copri cunicoli.

Il Progettista:

Ing. Giuseppe Basso