

---

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA  
PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO  
NEL TERRITORIO COMUNALE DI FOGGIA E MANFREDONIA (FG)  
POTENZA NOMINALE 49,6 MW

**PROGETTO DEFINITIVO - SIA**

---

PROGETTAZIONE E SIA

ing. Fabio PACCAPELO

ing. Andrea ANGELINI

ing. Antonella Laura GIORDANO

ing. Francesca SACCAROLA

COLLABORATORI

dr.ssa Anastasia AGNOLI

ing. Giulia MONTRONE

STUDI SPECIALISTICI

IMPIANTI ELETTRICI

ing. Roberto DI MONTE

GEOLOGIA

geol. Matteo DI CARLO

ACUSTICA

ing. Sabrina SCARAMUZZI

NATURA E BIODIVERSITÀ

dr. Luigi Raffaele LUPO

STUDIO PEDO-AGRONOMICO

dr.ssa Lucia PESOLA

ARCHEOLOGIA

dr.ssa archeol. Domenica CARRASSO

INTERVENTI DI COMPENSAZIONE E VALORIZZAZIONE

arch. Gaetano FORNARELLI

arch. Andrea GIUFFRIDA

---

**PD.R. ELABORATI DESCRITTIVI**

**R.10 Relazione specialistica Opere Elettriche**

REV. DATA DESCRIZIONE

REV.	DATA	DESCRIZIONE



## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>DATI PRINCIPALI</b>	<b>3</b>
3.1	DESCRIZIONE SINTETICA DEL SISTEMA ELETTRICO	3
3.2	DATI RELATIVI ALLE CONDIZIONI AMBIENTALI	3
3.3	DATI ELETTRICI GENERALI DEL SISTEMA	3
3.4	DATI CARATTERISTICHE ELETTRICHE DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO	3
<b>4</b>	<b>CABINA DI RACCOLTA MT</b>	<b>4</b>
4.1	DESCRIZIONE	4
4.2	LOCALE MISURE	5
4.3	COLLEGAMENTI AUSILIARI	5
4.4	APPARECCHIATURE A MT	5
4.5	QUADRO GENERALE MT	5
4.6	SERVIZI AUSILIARI ESSENZIALI	5
4.7	RETE DI TERRA	5
4.8	IMPIANTI SPECIALI	5
4.9	PROTEZIONE APPARECCHIATURE	6
<b>5</b>	<b>CALCOLI</b>	<b>7</b>
5.1	MODALITÀ DI CALCOLO	7
5.2	CALCOLO DELLA PORTATA	7
5.3	SCELTA DEL TIPO DI POSA CAVO MT	9
5.4	SCELTA DEL LIVELLO DI TENSIONE E DEL TIPO DI CAVO	9
5.5	RISULTATI	10
5.6	CONDIZIONI OPERATIVE E VINCOLI	11
<b>6</b>	<b>AMPLIAMENTO DELLA STAZIONE ELETTRICA RTN</b>	<b>12</b>
6.1	APPARATI ELETTROMECCANICI	12
6.2	IMPIANTO DI TERRA	13
6.3	SISTEMA ANTINTRUSIONE	13



## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento ha lo scopo di definire la metodologia e i calcoli preliminari degli impianti elettrici relativi alla costruzione del parco eolico di Foggia (FG).

Si dimensioneranno le apparecchiature MT e le sezioni dei cavi MT e i relativi criteri per i sistemi di protezione. In particolare i calcoli per il dimensionamento dei cavi sarà effettuato confrontando le correnti di impiego ricavate da calcoli di load flow con la portata limite del cavo in funzione del suo regime termico di funzionamento e delle sue condizioni di installazione (temperatura ambiente, modalità di posa, loro raggruppamento e resistività termica del terreno ecc.) tale da ottenere perdite inferiori al 2% sulla linea di vettoriamento, margine di sicurezza sulla portata del 20 % ed una caduta di tensione al massimo del 4%.



## 2 NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione sono stati utilizzati i seguenti documenti di riferimento:

- Norme CEI CEI 99-2, 11-17 e 20-21 (equivalenti a IEC 60287);
- Catalogo e documentazione tecnica PRYSMIAN, Nexans cavi ecc.;
- Varia letteratura e documentazione tecnica;
- DPR 547 del 27/04/1955;
- High voltage XLPE Cable systems-technical user Guide Brugg;
- XLPE Cable systems – user’s guide ABB;
- Electrical power system – C.L Wadhawa;
- Impianti di terra – Cataliotti – Campoccia;
- Documentazione Enel: 3.3 esecuzione del giunto di isolamento dei cavi MT in uscita dalle cabine primarie  
– 2.8 componenti per la messa a terra – 1.3 giunti e connettori.



### 3 DATI PRINCIPALI

#### 3.1 DESCRIZIONE SINTETICA DEL SISTEMA ELETTRICO

La costruzione della centrale eolica e delle relative opere connesse interesserà il Comune di Foggia e Manfredonia. La centrale è costituita da 12 aerogeneratori da 4130 kW di potenza nominale, per una potenza complessiva installata di 49,56 MW.

Più in dettaglio, la centrale sarà costituita da:

- N. 12 aerogeneratori da 4130 kW di potenza nominale suddiviso in tre sottocampi;
- cabina elettrica di raccolta a MT
- un elettrodotto di vettoriamento costituito da 3 terne di cavi interrati in media tensione a 36 kV;

I 12 aerogeneratori saranno collegati in "entra-esce" attraverso i quadri MT inseriti a base palo di ciascun generatore, mediante linee in cavo interrato a 36 kV e verranno suddivisi in 3 sottocampi di produzione che raccoglieranno la potenza prodotta e si attesteranno sulle sbarre del quadro MT della cabina di raccolta prevista nei pressi del parco eolico.

Tale soluzione è stata adottata al fine di limitare la potenza sulle linee in arrivo dal campo eolico alla sottostazione e la perdita di produzione di energia nel caso di fuori servizio di un gruppo e per evitare sprechi di materiale.

La suddivisione dei gruppi sarà la seguente:

- Sottocampo 1: FG09-FG08-FG06-FG07-CS - RTN;
- Sottocampo 2: FG04-FG05-MF02-MF01-CS - RTN;
- Sottocampo 3: FG03-FG02-FG01-MF03- CS - RTN

#### 3.2 DATI RELATIVI ALLE CONDIZIONI AMBIENTALI

Altezza sul livello del mare	<1000m
Temperatura ambiente	-5 + 40°C
Temperatura media	25°C
Umidità relativa	90%
Inquinamento	leggero
Tipo di atmosfera	non aggressiva

#### 3.3 DATI ELETTRICI GENERALI DEL SISTEMA

Sistema:	trifase
Frequenza:	50 Hz
Numero di fasi:	3
Tensione nominale	36 kV
Tipo di messa a terra del neutro	isolato

#### 3.4 DATI CARATTERISTICHE ELETTRICHE DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO

Di seguito si riportano i dati caratteristici degli elementi costituenti l'impianto che sono stati utilizzati nei calcoli. In particolare, nelle tabelle seguenti si riportano i dati relativi a:

- rete Terna;



- generatori asincroni (aerogeneratori);
- trasformatori MT/BT;

Rete	
Un [kV]	36

Tabella 1 - dati rete Terna

Generatore asincrono		Trasformatore MT/BT	
Un [kV]	0.69/6	Un1 [kV]	36
Pn [MW]	4,13	Un2 [kV]	0.69
Efficienty	0.98	Sr [MVA]	5 (AF)
Cos fi	0.95	Ukr [%]	6

Tabella 2 – dati generatore asincrono e trasformatore MT/BT

## 4 CABINA DI RACCOLTA MT

### 4.1 DESCRIZIONE

Sarà prevista, nei pressi del parco eolico (di cui si ha meglio evidenza negli elaborati allegati) una cabina di raccolta MT atta a raccogliere l'energia prodotta dai gruppi dell'impianto eolico per vettorarla con tre terne di cavi MT a 36 kV interrati verso la SE RTN.

La Cabina di Raccolta a MT sarà composta da:

- locale MT
- locale BT
- locale gruppo elettrogeno;
- locale per misure
- locale aerogeneratori;

La cabina sarà formata da un unico corpo, suddiviso in modo tale da contenere i quadri MT di raccolta, gli apparati di teleoperazione, le batterie, i quadri B.T. in c.c. e c.a. per l'alimentazione dei servizi ausiliari e i contatori di produzione.

La costruzione potrà essere o di tipo tradizionale con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile oppure di tipo prefabbricato (struttura portante costituita da pilastri prefabbricati in c.a.v., pannelli di tamponamento prefabbricati in c.a., finitura esterna con intonaci al quarzo). La copertura a tetto piano, sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata.

Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato naturale.

Particolare cura sarà osservata ai fini dell'isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla Legge n. 373 del 04/04/1975 e successivi aggiornamenti nonché alla Legge n. 10 del 09/01/1991 e successivi regolamenti di attuazione.



## 4.2 LOCALE MISURE

Una piccola parte del fabbricato con accesso da strada sarà adibito a locale misure. All'interno saranno posizionati i contatori per contabilizzare tutta l'energia prodotta e l'energia consumata dai servizi ausiliari.

## 4.3 COLLEGAMENTI AUSILIARI

Per i collegamenti ausiliari si utilizzeranno cavi multipolari con conduttori in corda flessibile in rame isolato in EPR sotto guaina in PVC, tipo F16OR16 0.6/1 kV, in ottemperanza alle norme CEI 20-22 II, con sezione minima pari a 2,5 mmq. Per il collegamento lato secondario certificato UTF dei trasformatori di corrente la sezione minima dei cavi impiegati dovrà essere almeno pari a 4 mmq.

Tutta la cassetteria dei circuiti di misura dei TA e TV dovrà essere realizzata in cavo schermato per una migliore protezione dalle interferenze elettromagnetiche.

## 4.4 APPARECCHIATURE A MT

La sezione a MT include il montante, in uscita dal quadro elettrico MT sarà composto da scomparti per arrivi linea, per partenza verso vettoriamento verso la RTN, per protezione linea servizi ausiliari, per protezione del TV di sbarra;

## 4.5 QUADRO GENERALE MT

Il quadro generale MT, del tipo a tenuta d'arco interno, è realizzato in lamiera zincata con unità separate protette con interruttori e sezionatori in SF<sub>6</sub>, e sarà composto da:

- N. 1 unità di protezione partenza linea di vettoriamento verso RTN;
- N. 1 unità di alimentazione servizi ausiliari;
- N. 3 unità di arrivo linee MT da impianto eolico con protezione.
- N. 1 unità di prelievo segnali di tensione di sbarra.

## 4.6 SERVIZI AUSILIARI ESSENZIALI

Il sistema di distribuzione sarà così composto:

- Raddrizzatore/Caricabatteria;
- Batteria ermetica di accumulatori al piombo;
- Quadro BT servizi ausiliari.

Il raddrizzatore/caricabatteria svolge la duplice funzione di fornire l'alimentazione stabilizzata alle utenze a 110 V<sub>CC</sub> e contemporaneamente di ricaricare la batteria.

## 4.7 RETE DI TERRA

La rete di terra sarà realizzata mediante anello in corda di rame nuda. L'impianto di terra sarà costituito, conformemente alle prescrizioni della CEI EN 50522 (Classificazione CEI 99-3) ed alle prescrizioni della Guida CEI 11-37, da un anello realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 50 mm<sup>2</sup>, interrato ad una profondità di almeno 0.7 m. Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di sezione pari a 35 mm<sup>2</sup>.

## 4.8 IMPIANTI SPECIALI

La cabina di raccolta MT sarà protetta dall'ingresso di non autorizzati tramite un sistema di antintrusione, conforme alla CEI 79-2, composto da:



- barriere perimetrali sui quattro lati del perimetro del fabbricato
- contatti sulle porte di accesso ai locali, con eccezione del locale misure;
- sirena auto-alimentata antischiuma;
- centrale elettronica di allarme con almeno 4 zone;
- trasponder o chiave elettronica con interfaccia presso il cancello di ingresso;
- compositore GSM;

#### **4.9 PROTEZIONE APPARECCHIATURE**

La protezione di macchina è costituita da due interruttori automatici, uno sul lato MT, l'altro sul lato AT, corredati di relativi sezionatori e sezionatori di terra, lampade di presenza tensione ad accoppiamento capacitivo, scaricatori di sovratensione, trasformatori di misura e di rilevazione guasti. Sarà così realizzata sia la protezione dai corto circuiti e dai sovraccarichi che la protezione differenziale.

Come precedentemente descritto, il quadro MT sarà dotato di interruttori automatici, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura. Gli interruttori MT (con azionamento motorizzato) forniranno tramite relè indiretto la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi, dai guasti a terra.

Le protezioni e le tarature si definiranno in sede di progettazione esecutiva e di regolamento di esercizio.



## 5 CALCOLI

### 5.1 MODALITÀ DI CALCOLO

Partendo dalla modellazione del sistema con i parametri dei generatori, dei trasformatori, si introducono i parametri dei cavi e si risolve il problema del load flow con il metodo di Newton – Raphson utilizzando un software proprietario e si verifica se sono rispettati i vincoli imposti sulla portata, caduta di tensione, perdite di potenze, etc.

Il processo è iterativo, nel senso che se uno dei vincoli non è rispettato si maggiora la sezione dei cavi, e si risolve di nuovo il problema.

Questa operazione sarà ripetuta fino a quando tutti i vincoli saranno rispettati.

Per la scelta delle caratteristiche delle apparecchiature elettriche e per la scelta definitiva dei cavi, si risolve il problema del corto circuito con la norma IEC 60909/2001 equivalente alla norma CEI 11-25, sulla rete precedentemente modellata (con i cavi che rispettano tutti i vincoli imposti).

Risolto il problema del corto circuito, si verifica se tutti i cavi precedentemente scelti, sono in grado di sostenere la corrente presunta di corto circuito per 0,5 secondi. Se si verifica che una data linea non è in grado di sostenere il corto circuito, si maggiora la sezione e si procede di nuovo alla verifica, il tutto fino a quando i risultati sono coerenti.

### 5.2 CALCOLO DELLA PORTATA

Una delle principali caratteristiche funzionali dei cavi interrati è la portata nominale al limite termico  $I_n$ , intesa come la massima intensità di corrente che può circolare in un conduttore, in condizioni di servizio, senza che la temperatura sia superiore a quella massima ammissibile  $\theta_{max}$  dell'isolante. Ovviamente questo valore di temperatura varierà a seconda delle caratteristiche dielettriche dell'isolante impiegato e, di conseguenza, la corrente che può circolare nel conduttore dipende fortemente dal tipo di isolante adoperato che, come precedentemente osservato, è la parte più sensibile alle sollecitazioni elettriche e termiche.

Considerando che il cavo è isolato in XLPE (polietilene reticolato), oppure in E4 o in P1 la temperatura massima ammissibile per l'isolante vale:

$$\theta_{max}=90^{\circ}(\text{caso peggiorativo})$$

Un altro parametro termico da tener presente è la temperatura dell'ambiente di posa del cavo, che varia a seconda delle sue condizioni di posa e, per ciascuna di esse, tiene conto della situazione ambientale più sfavorevole allo smaltimento del calore. In particolare, si è scelto:

$$\theta_{amb}=20^{\circ} \text{ (come previsto dalla CEI 20-21 per l'Italia)}$$

quale temperatura del terreno di posa.

Si definisce salto termico totale  $\Delta\theta_{tot}$  la quantità (funzione della portata  $I_n$ ):

$$\Delta\theta_{tot}=\theta_{max} - \theta_{amb}=f(I)$$

Il salto termico totale è un limite di temperatura che non deve essere superato. Infatti, la trasmissione di elevati valori di energia elettrica comporta notevoli difficoltà legate, oltre che al tipo di isolante e alle dimensioni del cavo, anche al modo in cui il calore viene smaltito all'esterno. Inoltre la vita dell'isolante, intesa come l'intervallo di tempo durante il quale il cavo può esercitare le funzioni per le quali è stato realizzato, cala bruscamente se il salto termico totale viene superato.

Assegnato  $\Delta\theta_{tot}$ , lo scopo del progetto termico è quello di determinare la portata massima ammissibile  $I_n$  del cavo. Per determinare la portata  $I_n$  occorre valutare l'intera potenza che si dissipa all'interno del cavo (ovvero la potenza termica che si genera al suo interno per effetto dei diversi fenomeni di perdita che hanno sede nei vari strati). Nota la potenza termica, sarà possibile valutare i salti di temperatura  $\Delta\theta$  relativi a ogni strato di cui



è composto il cavo. A ciascun elemento del cavo, infatti, compete un diverso salto di temperatura, oltre che una diversa potenza dissipata, e la somma di questi  $\Delta\theta$  non dovrà superare  $\Delta\theta_{tot}$ .

Il progetto termico viene effettuato facendo riferimento alla norma tecnica Norma CEI 20-21, in modo tale da determinare la portata in regime permanente in funzione della temperatura ambiente e modalità di posa. Le elaborazioni di calcolo ed i risultati sono ottenuti, come riportato dalle tabelle sotto riportate, utilizzando la procedura indicata dalla norma:

$$I = [\Delta\theta_{tot} - Wd(0,5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)) / (RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4))]^{1/2}$$

dove:

- $Wd = \omega C U_2 \tan\delta$  (perdite dell'isolante per unità di lunghezza)
- $C = \epsilon / 18 \ln(D_i/d_c)$  (capacità dell'isolante per unità di lunghezza)
- $R = R'(1 + Y_s + Y_p)$  [ $\Omega/m$ ] (resistenza in corrente alternata del conduttore)
- $R' = R_0[1 + \alpha_{20}(\theta - 20)]$  [ $\Omega/m$ ] (resistenza in corrente continua)
- $Y_s$  (fattore dell'effetto pelle)
- $Y_p$  (fattore dell'effetto di prossimità)
- $X_s^2 = 8\pi f 10^{-7} K_p/R'$
- $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$  (fattore di perdita nella guaina e nello schermo ( $\lambda_2 = 0$  cavo non armato))
- $T_1$  (resistenza termica dell'isolante)
- $T_2$  (resistenza termica dell'imbottitura tra isolante e guaina esterna)
- $T_3$  (resistenza termica del rivestimento esterno del cavo)
- $T_4 = 1,5/3,14 \cdot \rho_T \ln(16L_3/De \cdot s^2)$  (resistenza termica tra la superficie del cavo ed il mezzo ambiente per una terna)
- $\rho_T$  (resistività termica del terreno)
- $T_4'$  (resistenza termica tra superficie esterna del cavo ed il mezzo ambiente per due terne affiancate)
- $T_4''$  (resistenza termica tra superficie esterna del cavo ed il mezzo ambiente per tre terne affiancate)

I cavi saranno posati direttamente a contatto con il terreno. La profondità di posa è di 1,2 m e le terne che seguiranno lo stesso tracciato saranno affiancate ad una distanza, rispetto ai cavi più interni, di 0,25 asse-asse. La portata dei cavi affiancati è calcolata tenendo conto anche del riscaldamento causato su di esso dalle correnti che effettivamente percorrono gli altri cavi posti nello stesso scavo. Tale calcolo per i vari casi previsti è fatto applicando il principio dell'immagine termica proposta dalla norma CEI 20-21.

Nelle tabelle sotto riportate sono illustrati i risultati dei calcoli di portata in base al numero di terne affiancate per le taglie di cavi che si utilizzeranno nella realizzazione della rete elettrica (400 mmq, 300 mmq, 185 mmq e 95 mmq).

È importante sottolineare che la portata dei cavi dipende fortemente dalla resistività termica del mezzo che circonda il cavo interrato. Preliminarmente si è utilizzato per il calcolo delle portate di corrente il valore di resistenza termica del terreno di 1 C·m/W.

È importante sottolineare che la resistenza termica dei terreni, lungo il percorso dell'elettrodotta cambia di molto a seconda della tipologia dei terreni che si hanno dalla zona del campo eolico fino ad arrivare alla zona della sottostazione incontrando zone influenzata dalla presenza dei diversi torrenti.



### 5.3 SCELTA DEL TIPO DI POSA CAVO MT

Tutti i cavi saranno interrati ad una profondità non inferiore a 1 metro (1,2 m). I cavi saranno posati su un letto di terreno vegetale oppure di terreno vagliato rinveniente dallo stesso scavo in modo tale da avere una resistenza pari a 1° Cm/W. Verranno posati anche i nastri segnalatori disposti superiormente ai cavi ad almeno 30 cm.

Gli scavi ed i ripristini sulle eventuali carreggiate stradali saranno eseguiti secondo le modalità descritte nelle tavole del progetto esecutivo civile.

Lungo gli elettrodotti saranno posati, oltre ai cavi di energia, quelli in fibra ottica per il controllo degli aerogeneratori della centrale eolica all'interno di un tritubo in PEHD, e una corda di terra in rame nudo, allo scopo di assicurare la continuità elettrica con l'impianto globale ed una efficace dispersione delle correnti di guasto.

Per i cavi, in generale, si definiscono le seguenti modalità di posa:

- L: Cavi direttamente interrati senza protezione meccanica supplementare;
- M: Cavi direttamente interrati con protezione meccanica supplementare (lastra piana M.1 o apposito tegolo M.2);
- N: Cavi in tubo interrato;
- O: Cavi in condotti;
- P: Cavi in cunicolo affiorante;
- Q: Cavo in cunicolo interrato;
- R: Cavo in acqua (posato sul fondo R.1 o interrato sul fondo R.2).

### 5.4 SCELTA DEL LIVELLO DI TENSIONE E DEL TIPO DI CAVO

Ai sensi della norma CEI 11-17 e come riportato nella tabella 4.1.4, in funzione della tensione nominale del sistema pari a 36 kV, si ottiene:

- valore della tensione massima  $U_n=36$  kV;
- categoria A oppure B cui corrisponde una durata massima per ogni singolo caso di funzionamento con fase a terra da 1 fino a 8 ore;
- tensione di isolamento a campo elettrico radiale  $U_0=21$  kV.

Tra i vari cavi con materiale conduttore in alluminio, è possibile utilizzare cavi ARE4H5ER 36 kV che sono normati, per quanto riguarda le prove sui materiali, dalla norma CEI. Tutte le verifiche sono state effettuate considerando i dati elettrici e costruttivi forniti dalla committenza nonché i datasheet Nexans.

Di seguito si riportano le caratteristiche dei vari tipi di cavo.

#### ✓ Cavo tipo ARE4H5ER

Tale cavo presenta le seguenti caratteristiche:

- anima costituita da conduttore a corda rotonda compatta di alluminio, classe 2 secondo IEC60228
- semiconduttore interno in materiale elastomerico estruso
- isolante estruso XLPE
- semiconduttore esterno in materiale elastomerico estruso
- barriera d'acqua longitudinale
- schermo metallico con nastro in alluminio applicato longitudinalmente
- due guaine una in PE e una in PVC estruso - colore rosso per aumentare la resistenza meccanica.



Il cavo ha una temperatura massima di funzionamento in condizioni ordinarie di 90°C, una temperatura massima ammissibile in corto circuito di 250 °C.

Tipo:	ARE4H5ERX
Tensione nominale [kV]:	21/36
Formazione e sezione [mm <sup>2</sup> ]:	3x95
Resistenza a 20 °C [Ω/km]:	0.320
Resistenza a 90 °C [Ω/km]:	0.411
Reattanza [Ω/km]:	0.124
Capacità chilometrica [μF/km]:	0.193

**Tabella 3 – Caratteristiche cavo 3x95**

Tipo:	ARE4H5ER
Tensione nominale [kV]:	21/36
Formazione e sezione [mm <sup>2</sup> ]:	3x185
Resistenza a 20 °C [Ω/km]:	0.164
Resistenza a 90 °C [Ω/km]:	0.211
Reattanza [Ω/km]:	0.110
Capacità chilometrica [μF/km]:	0.258

**Tabella 4 – Caratteristiche cavo 1x185**

Tipo:	ARE4H5ER
Tensione nominale [kV]:	21/36
Formazione e sezione [mm <sup>2</sup> ]:	3X300
Resistenza a 20 °C [Ω/km]:	0.100
Resistenza a 90 °C [Ω/km]:	0.130
Reattanza [Ω/km]:	0.102
Capacità chilometrica [μF/km]:	0.316

**Tabella 5 – Caratteristiche cavo 3x300**

Tipo:	ARE4H5ER
Tensione nominale [kV]:	21/36
Formazione e sezione [mm <sup>2</sup> ]:	3x1x400
Resistenza a 20 °C [Ω/km]:	0.078
Resistenza a 90 °C [Ω/km]:	0.102
Reattanza [Ω/km]:	0.098
Capacità chilometrica [μF/km]:	0.344

**Tabella 6 – Caratteristiche cavo 3x400**

## 5.5 RISULTATI

Nelle tabelle sottostanti si riportano i dati e i risultati dei calcoli effettuati a piena potenza.

	Tratto	Sezione [mmq]	Corrente di impiego da Load Flow [A]	Portata Conduttore (N. 3 Cavi Affiancati) [A]	Margine di sicurezza sul carico [%]	Caduta di tensione sulla linea
Sottocampo 1	FG09-FG08	95	66	155	57	OK
	FG08-FG06	185	133	223	40	OK
	FG07-FG06	95	66	155	57	OK
	FG06-CR	400	265	340	22	OK
	CR - RTN	400	265	340	22	OK



Sottocampo 2	FG04-FG05	95	66	155	57	OK
	FG05-MF02	185	133	223	40	OK
	MF02-MF01	300	199	293	32	OK
	MF01-CR	400	265	340	22	OK
	CR - RTN	400	265	340	22	OK
Sottocampo 3	FG03-FG02	95	66	155	57	OK
	FG02-FG01	185	133	223	40	OK
	FG01-MF03	300	199	293	32	OK
	MF03-CR	400	265	340	22	OK
	CR - RTN	400	265	340	22	OK

**Tabella 7: verifica portata cavidotto di vettoriamento (potenza erogata 100%)**

Dai risultati ottenuti, si può constatare che, in regime di funzionamento ordinario (caso di massima potenza erogata), i vincoli impostati sono verificati su ogni tratto di linea.

## 5.6 CONDIZIONI OPERATIVE E VINCOLI

Per i calcoli elettrici relativi ai cavidotti, si sono considerate le seguenti condizioni:

### di carico:

- potenza max generatore: 4130 kW;
- Tensione nominale elettrodotto: 36 kV

### di posa dei conduttori:

- tipologia di posa: direttamente interrato;
- profondità di posa: 1,00/1,2 m;
- temperatura del terreno: 20°C;
- resistività termica del terreno: 1 K\*m/W;
- distanza di posa: 25 cm;
- numero totale massimo di terne nello stesso scavo: 4 (N. 3 Caricati al 100%).
- Coefficiente di riduzione per N. 3 Terne affiancate: 0,7

Si sono considerati i seguenti vincoli, imposti dal corretto funzionamento degli impianti e dalla scelta della soluzione più economica:

- massima caduta di tensione per collegamento tra due torri  $\Delta V=1\%$ ;
- massima caduta di tensione per collegamento tra ultima torre e stazione  $\Delta V=4\%$ ;
- tempo di intervento protezione  $t=0,5$  s;
- massime perdite ammesse sulle linee: 2%;
- massimo carico previsto per il cavo: 80 %.



## 6 AMPLIAMENTO DELLA STAZIONE ELETTRICA RTN

Come da STMG fornita da Terna con nota del 25/07/2022 prot. P20220064271 e accettata in data 21/11/2022, è previsto che la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale avvenga in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della nuova Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV di Manfredonia in località Macchia Rotonda.

Per consentire la connessione a 36 kV di diverse iniziative di produzione da fonti rinnovabili TERNA ha infatti previsto, all'interno della Soluzione Tecnica Minima Generale associata al preventivo di connessione, l'ampliamento della Stazione Elettrica 380/150 kV di Manfredonia (FG). Tale intervento si configura come opera di rete la cui progettazione è stata affidata ad un capofila unico comune a tutti i produttori che condividono l'opera nell'ambito del tavolo tecnico coordinato e convocato da TERNA. Il progetto definitivo dell'opera sarà pertanto realizzato dalla società Energia Levante in qualità di capofila, approvato da TERNA mediante attestazioni di conformità dell'opera al Codice di Rete e poi condiviso da TERNA con tutti le società che hanno ricevuto preventivi di connessione che prevedono tale opera di rete.

### 6.1 APPARATI ELETTROMECCANICI

Le sezioni a 380 kV e 36 kV, costituenti la nuova stazione elettrica di trasformazione 380/36 kV; saranno del tipo unificato con isolamento in aria e così composte:

- la sezione a 380 kV sarà costituita da:
  - n. 2 passi sbarra per n. 2 stalli linea 380 kV con portali di connessione all'ampliamento della stazione elettrica RTN 380/150 kV di Manfredonia;
  - n. 3 passi sbarra per n. 3 stalli di trasformazione 380/36 kV da 250 MVA;
  - n. 2 passi sbarra per n. 1 parallelo sbarre;
  - n. 2 passi sbarra disponibili per ulteriori opere di ampliamento.
- la sezione a 36 kV sarà costituita da:
  - edificio quadri elettrici 36 kV;
  - edificio per ubicazione bobine di Petersen, TR formatore di neutro e resistenza di neutro;
  - edificio servizi ausiliari;
  - edificio magazzino.

Ciascuno stallo di trasformazione 380/36 kV è composto da:

- n.3 TR 380/36/36 kV con potenza di 250 MVA;
- n.3 scaricatori di sovratensione 380 kV;
- n. 3 trasformatori di corrente 800/5 A/A;
- n. 3 interruttori tripolari 380 kV isolati in SF6;
- n. 3 sezionatori verticali 380 kV.

Il montante parallelo sbarre è composto da:

- n. 6 sezionatori verticali 380 kV;
- n. 3 trasformatori di corrente 1600/5 A/A;
- n. 1 interruttore tripolare 380 kV isolato in SF6.

Gli stalli linea 380 kV sono composti da:

- n. 6 sezionatori verticali 380 kV;
- n. 1 interruttore tripolare 380 kV isolato in SF6.
- n. 3 trasformatori di corrente 1600/5 A/A;



- n. 3 sezionatori unipolari orizzontali di linea 380 kV con lame di messa a terra;
- n. 3 bobine di sbarramento per onde convogliate;
- Portale linea 380 kV e trasformatore di tensione capacitivo 380.000/1,73/100/1,73 V/V.

L'ampliamento della esistente SE 380/150 kV di Manfredonia, consiste nel prolungamento delle barre a 380 kV per la realizzazione di n. 2 passi sbarra per n.2 stalli linea 380 kV con portali di connessione alla nuova stazione elettrica 380/36 kV in oggetto. Ciascuno stallo linea sarà formato da:

- n. 6 sezionatori verticali 380 kV;
- n. 1 interruttore tripolare 380 kV isolato in SF6.
- n. 3 trasformatori di corrente 1600/5 A/A;
- n. 3 sezionatori unipolari orizzontali di linea 380 kV con lame di messa a terra;
- n. 3 bobine di sbarramento per onde convogliate;
- Portale linea 380 kV e trasformatore di tensione capacitivo 380.000/1,73/100/1,73 V/V.

## 6.2 IMPIANTO DI TERRA

La rete di terra della nuova stazione elettrica e dell'ampliamento sarà formato da un sistema di dispersione delle correnti di guasto realizzato secondo i criteri di unificazione per le stazioni a 380 kV e 36 kV.

Da un dimensionamento preliminare la maglia di terra sarà in grado di disperdere una corrente di guasto di 35kA e 50 kA per 0,5 sec. Il dispersore sarà costituito da una maglia in corda di rame da 120 mm<sup>2</sup> interrata ad una profondità di circa 0,7 m, formata da maglie regolari di lato adeguato. Il lato della maglia sarà scelto in modo da limitare le tensioni di passo e di contatto a valori non pericolosi.

Tutte le apparecchiature saranno collegate al dispersore mediante due o quattro corde di rame con sezione di 125 mm<sup>2</sup>. Al fine di contenere i gradienti in prossimità dei bordi dell'impianto di terra, le maglie periferiche presenteranno dimensioni opportunamente ridotte e bordi arrotondati.

L'armatura delle fondazioni in cemento, come pure gli elementi strutturali metallici saranno collegati alla maglia di terra della stazione elettrica. L'impianto sarà inoltre costruito in accordo alle raccomandazioni nelle Norme CEI 99-2 e CEI 99-3.

## 6.3 SISTEMA ANTINTRUSIONE

L'estensione dell'impianto antintrusione all'area interessata dall'intervento consiste nella predisposizione di un cavidotto da realizzare alla base della recinzione (lato interno) costituito da due tubi in PVC DN 100 e da pozzetti prefabbricati in cls 50X50 cm con chiusino in ghisa, posti ad una distanza compresa tra i 50/60 metri (max). A fianco di ogni pozzetto, (lato stazione rispetto al cavidotto) saranno realizzate delle fondazioni per il montaggio del palo in vetroresina dedicato al montaggio delle telecamere. Devono essere previste inoltre delle fondazioni per gli armadi di controllo, (circa una ogni 6/8 telecamere).

