



REGIONE BASILICATA



PROVINCIA DI MATERA



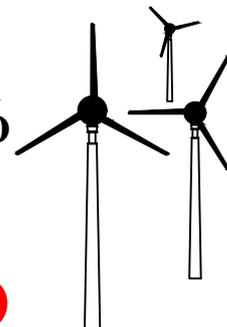
COMUNE DI SALANDRA



COMUNE DI FERRANDINA

# PROGETTO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, DELLE OPERE E DELLE INFRASTRUTTURE CONNESSE, DENOMINATO "TORRICELLI"

## DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI SALANDRA (MT) E FERRANDINA (MT), DI POTENZA PARI A 31 MW ACCOPPIATO AD UN SISTEMA DI ACCUMULO PARI A 8 MW



# PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE:



EDPR BASILICATA S.R.L.

SVILUPPO:



enerplus s.r.l.  
Via Orefici, 18  
85055 Picerno (PZ)

tel. 0971 991428  
enerplus@tiscali.it  
P.lva 01679060762

PROGETTISTI:



**PD**  
PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO:

RELAZIONE TECNICA OPERE DI CONNESSIONE

Tavola:

SAL-PDEF-REL-013

Filename:

Data 1° emissione:	Redatto:	Verificato:	Approvato:	Scala:	Protocollo
n° revisione					
1					
2					
3					
4					

---

## Sommario

1 Premessa	
2.1 Sistema a 150 kV	3
2.2 Caratteristiche apparati	4
2.3 Interruttori Automatici	5
2.4 Sezionatori rotativi orizzontali	6
2.5 Trasformatori di corrente TA	7
2.6 Trasformatori di tensione capacitivi TVC	8
2.7 Trasformatori di tensione induttivi TVI	9
2.8 Scaricatori di sovratensione	10
2.9 Trasformatore di potenza	11
3.1 Sezione 30 kV	12
3.2 Tensioni di esercizio (distanze minime)	13
3.3 Carpenterie metalliche	13
3.4 Struttura metallica per apparecchiature a 150 kV	13
3.5 Strutture metalliche a 30 kV	14
3.6 Sbarre	14
3.7 Sbarra da 30 kV	14
3.8 Celle a media tensione (30 kV)	16
3.9 Tipo di celle	16
4 Caratteristiche dell'apparecchiatura	16
5 Reattanza di messa a terra	18
5.1 Caratteristiche	18
5.2 Servizi ausiliari	19
5.3 Servizi ausiliari in c.a.	20
5.4 Servizi ausiliari in c.c.	20
6 Misura energia	21
6.1 Misure di energia (fatturazione)	21
6.2 Ulteriori apparati di misura	21
6.3 Telecontrollo e telecomunicazioni	22
7. OPERE CIVILI	22
7.1 Piattaforma	22
7.2 Fondazioni	22
7.3 Basamento e deposito di olio del trasformatore MT/AT	22

---

## A.10 RELAZIONE TECNICA OPERE DI CONNESSIONE RTN

---

7.4 Drenaggio di acqua pluviale.....	22
7.5 Canalizzazioni elettriche.....	22
7.6 Accesso e viali interni.....	23
7.7 Recinzione .....	23
7.8 Edificio di Controllo SET .....	23
7.9 Messa a terra .....	23
8 Carichi elettrici .....	25
8.1 Massima corrente di impiego.....	25
8.2 Correnti nominali lato 150 e 30 kV.....	26
9. STALLO DI CONSEGNA TERNA (IR - IMPIANTO DI RETE).....	26
10. CAVIDOTTO A 150 kV.....	27

## **1. PREMESSA**

---

Oggetto del presente documento è la descrizione delle opere di connessione alla RTN dell'impianto eolico con annesso impianto di storage da realizzarsi nelle aree di pertinenza dei Comuni di Salandra (MT), Ferrandina (MT) e Garaguso (MT). Società proponente del presente progetto è EDPR Basilicata s.r.l. con sede in Via Roberto Lepetit n.8/10 - Milano (MI).

La Stazione Elettrica di Trasformazione (SET) 150/30 kV è già esistente già di proprietà della società proponente, connessa allo stallo di assegnazione del proponente stesso, sulla quale è collegato già un parco eolico di potenza pari a 20MW. Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo parco eolico di potenza pari a 31MW con annesso sistema di storage avente potenza pari a 8MW e capacità 32MWh, i quali saranno connessi alla RTN per mezzo della SET esistente.

Pertanto è stato previsto un adeguamento della SET esistente che riguarda:

- Installazione nuovo TRASFORMATORE di potenza AT/MT Pot. 60/65MW
- Installazione nuove celle di arrivo linee a 30kV (parco eolico e storage)
- Installazione nuove celle di misura (parco eolico e storage)
- Installazione nuovi contabilizzatori dell'energia prodotta e prelevata (parco eolico e storage)
- Adeguamento dei TA e TV del contabilizzatore esistente in AT

Il progetto denominato "Parco eolico Torricelli" è costituito da n.5 turbine, ciascuna dei quali di potenza pari a 6,2 MW per una potenza complessiva di 31MW, integrato ad un sistema di accumulo (Storage – BEES) di potenza pari a 8MW e capacità pari a 32MWh

Gli aerogeneratori sono raggruppati in diversi sottocampi al fine di poter ridurre al minimo le perdite dovute al trasporto dell'energia.

La connessione alla Rete di Trasmissione nazionale sarà realizzata in corrispondenza della Stazione Elettrica 380/150 kV denominata "Garaguso" di proprietà di Terna spa, dove è già connesso un parco eolico di proprietà dello stesso proponente.

### **2.1 Sistema a 150 kV**

Il sistema AT a 150 kV è costituito dalle seguenti apparecchiature isolate in aria:

#### STALLO TRASFORMATORE

- N° 1 trasformatore 30/150 kV di potenza 60/65 MVA (ONAN/ONAF) con variatore di rapporto sotto carico, TRAF0;
- N° 3 scaricatori di sovratensione, SC;

- 
- N° 3 trasformatori di tensione induttivi (fatturazione), TVI;
  - N° 3 trasformatori di corrente (protezione e fatturazione), TA;
  - N° 1 interruttore automatico, isolato in SF<sub>6</sub> con comando tripolare, INT;
  - N° 3 trasformatori di tensione capacitivi (protezione), TVC;
  - N° 1 sezionatore di isolamento rotativo (tripolare), SEZ.
  -

### **2.2 Caratteristiche apparati**

Come dati di progetto si adottano i seguenti valori:

- Tensione nominale: .....	150 kV
- Tensione massima: .....	170 kV
- Livello di isolamento:	
- Tensione a frequenza industriale (1 minuto 50 Hz) (valore efficace)	315 kV
- Tensione a impulso atmosferico (onda 1,2 / 50 μs) (cresta)	750 kV
- Corrente nominale montante di linea .....	800 A
- Corrente nominale montante trasformatore:.....	270 A
- Massima corrente di cortocircuito .....	31,5 kA
- Tempo di estinzione dei guasti:.....	0,5 s
- Altezza dell'installazione .....	<1000 m

La norma CEI 99-2 definisce le distanze minime che bisogna rispettare dai punti in tensione. Si adotteranno distanze sempre superiori a quelle specificate nella suddetta norma, in particolare:

- Distanza fase-terra:                   3,3 m
- Distanza fase-fase:                   2,2 m
- Distanza fase-suolo:                 4,5 m

La corrente massima di esercizio in AT è di 110 A, corrispondente al regime di piena potenza del PE, inferiore alle correnti nominali degli apparati e dei conduttori utilizzati.

La corrente di cortocircuito che l'impianto (apparati e cavi) può sopportare per 0,5 s è di 31,5 kA. Tale valore di corrente è notevolmente superiore alla reale corrente di cortocircuito al punto di connessione del parco sulla linea a 150 kV.

**2.3 Interruttori Automatici**

GRANDEZZE NOMINALI		
Tipologia	Tipo 1	Tipo 2
Salinità di tenuta a 98 kV (Kg/m <sup>3</sup> ) valori minimi consigliati	da 14 a 56 (*)	
Poli (n°)	3	
Tensione massima (kV)	170	
Corrente nominale (A)	2000	1250
Frequenza nominale (Hz)	50	
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico verso massa (kV)	750	
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale verso massa (kV)	325	
Corrente nominale di corto circuito (kA)	40-31.5	31.5
Potere di stabilimento nominale in corto circuito (kA)	100-80	80
Durata nominale di corto circuito (s)	1	
Sequenza nominale di operazioni	O-0,3"-CO-1'-CO	
Potere di interruzione nominale in discordanza di fase (kA)	8	5
Potere di interruzione nominale su linee a vuoto (A)	63	
Potere di interruzione nominale su cavi a vuoto (A)	160	
Potere di interruzione nominale su batteria di condensatori (A)	600	
Potere di interruzione nominale di correnti magnetizzanti (A)	15	
Durata massima di interruzione (ms)	60	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms)	80	
Durata massima di chiusura (ms)	150	
Massima non contemporaneità tra i poli in chiusura (ms)	5,0	
Massima non contemporaneità tra i poli in apertura (ms)	3,3	

(\*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati.

**2.4 Sezionatori rotativi orizzontali**

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
<b>Corrente nominale di breve durata:</b>	
- valore efficace (kA)	40-31.5
- valore di cresta (kA)	100-80
<b>Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)</b>	1
<b>Tensione di prova ad impulso atmosferico:</b>	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
<b>Tensione di prova a frequenza di esercizio:</b>	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale longitudinale (N)	800
- orizzontale trasversale (N)	250
- verticale (N)	1000
<b>Tempo di apertura/chiusura (s)</b>	≤15
<b>Prescrizioni aggiuntive per il sezionatore di terra</b>	
- Classe di appartenenza	A o B, secondo CEI EN 61129
- Tensioni e correnti induttive nominali elettromagnetiche ed elettrostatiche (kV, A)	Secondo classe A o B, Tab.1 CEI EN 61129

**2.5 Trasformatori di corrente TA**

GRANDEZZE NOMINALI		
Tensione massima	(kV)	170
Frequenza	(Hz)	50
Rapporto di trasformazione(**)	(A/A)	400/5 800/5 1600/5
Numero di nuclei(**)	(n°)	3
Corrente massima permanente	(p.u.)	1,2
Corrente termica di corto circuito	(kA)	31,5-40
Impedenza secondaria II e III nucleo a 75°C	(Ω)	≤0,4
Reattanza secondaria alla frequenza industriale	(Ω)	Trascurabile
<b>Prestazioni(**) e classi di precisione:</b>		
- I nucleo	(VA)	30/0,2 50/0,5
- II e III nucleo	(VA)	30/5P30
Fattore sicurezza nucleo misure		≤10
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto	(kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	(kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV	(kg/m <sup>3</sup> )	da 14 a 56(*)
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti</b>		
Secondo la Tab.8, Classe II della Norma CEI EN 60044-1.		

(\*) Valori superiori potranno essere adottati

(\*\*) I valori relativi ai rapporti di trasformazione, alle prestazioni e al numero di nuclei devono intendersi come raccomandati. Altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

**2.6 Trasformatori di tensione capacitivi TVC**

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	170
Rapporto di trasformazione	$\frac{150.000/\sqrt{3}}{100/\sqrt{3}}$
Frequenza nominale (Hz)	50
Capacità nominale (pF)	4000
Prestazioni nominali (VA/classe)	40/0,2-75/0,5-100/3P(**)
Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s	1,5
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto (kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico (kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m <sup>3</sup> )	Da 14 a 56(*)
Scarti della capacità equivalente serie in AF dal valore nominale a frequenza di rete	-20% ÷ 50%
Resistenza equivalente in AF ( $\Omega$ )	$\leq 40$
Capacità e conduttanza parassite del terminale di bassa tensione a frequenza compresa tra 40 e 500 kHz, compresa l'unità elettromagnetica di misura:	
- C <sub>pa</sub> (pF)	$\leq (300+0,05 C_n)$
- G <sub>pa</sub> ( $\mu$ S)	$\leq 50$
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale, applicato a 600 mm sopra la flangia B (N)	2000
- verticale, applicato sopra alla flangia B (N)	5000

(\*) Valori superiori potranno essere adottati

(\*\*) I valori relativi alle prestazioni e al numero di nuclei devo intendersi come raccomandati. Altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

**2.7 Trasformatori di tensione induttivi TVI**

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	170
Tensione nominale primaria (V)	150.000/ $\sqrt{3}$
Tensione nominale secondaria (V)	100/ $\sqrt{3}$
Frequenza nominale (Hz)	50
Prestazione nominale (VA)(**)	50
Classe di precisione	0,2-0,5-3P
Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s	1,5
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto (kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico (kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m <sup>3</sup> )	Da 14 a 56(*)
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale (N)	Tab. 9 Norma CEI EN 60044- 2
- verticale (N)	

(\*) Valori superiori potranno essere adottati

(\*\*) I valori relativi alle prestazioni e al numero di nuclei devo intendersi come raccomandati. Altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

**2.8 Scaricatori di sovratensione**

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione di servizio continuo (kV)	108
Frequenza (Hz)	50
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m <sup>3</sup> )	Da 14 a 56(*)
Massima tensione temporanea per 1s (kV)	158
Tensione residua con impulsi atmosferici di corrente (alla corrente nominale 8/20 μs) (kV)	396
Tensione residua con impulsi di corrente a fronte ripido (10 kA - fronte 1 μs) (kV)	455
Tensione residua con impulsi di corrente di manovra (500 A, 30/60 μs) (kV)	318
Corrente nominale di scarica (kA)	10
Valore di cresta degli impulsi di forte corrente (kA)	100
Classe relativa alla prova di tenuta ad impulsi di lunga durata	3
Valore efficace della corrente elevata per la prova del dispositivo di sicurezza contro le esplosioni (kA)	40

(\*) Valori superiori potranno essere adottati

---

**2.9 Trasformatore di potenza**

Per la trasformazione 30/150 kV si prevede la sostituzione del trasformatore esistente con un trasformatore di potenza trifase, isolato in olio, installato all'aperto.

1. Caratteristiche costruttive

• Tipo di servizio .....	continuo
• Raffreddamento.....	ONAN/ONAF
• Potenza nominale .....	60/65 MVA
• Tensioni a vuoto	
Primario        150± 10x1,2%	
Secondario .....	30 kV
• Frequenza .....	50 Hz
• Connessione.....	Stella/triangolo
• Gruppo di connessione .....	YNd11
• Tensione di cortocircuito .....	12%

2. Isolamento

• Tensione a impulso atmosferico (1,2/50µs):	
Primario .....	650 kV
Neutro del primario.....	250 kV
Secondario.....	170 kV
• Tensione a frequenza industriale:	
Primario .....	275 kV
Neutro del primario.....	95 kV
Secondario.....	70 kV

### 3.1 Sezione 30 kV

Il sistema è costituito da elementi necessari a connettere la rete di media tensione del PE ai secondari dei trasformatori di potenza e ad alimentare i Servizi Ausiliari (ss.aa).

#### Esterno Edificio tecnico:

- Tre scaricatori di sovratensione,
- Tre sezionatori unipolari destinati ad isolare la reattanza di messa a terra,
- Una reattanza di messa a terra del secondario del trasformatore di potenza

#### Interno Edificio tecnico:

- N°1 cella con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione del trasformatore,
- N°2 celle con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione della rete a 30 kV del Parco Eolico,
- N°1 cella misure,
- N°1 celle con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione del trasformatore dei servizi ausiliari.

#### Storage,

- N°1 cella misure,
- N°1 celle con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione del trasformatore dei servizi ausiliari.

All'interno dell'edificio tecnico saranno installati inoltre gli apparati di misura, comando, controllo e protezione necessari per la corretta funzionalità dell'impianto.

Come dati di progetto si adottano i seguenti valori:

– Tensione nominale:.....	30 kV
– Tensione massima:.....	36 kV
– Livello di isolamento	
-Tensione a impulso atmosferico .....	170 kV
-Tensione a frequenza industriale .....	70 kV
– Corrente nominale di cortocircuito <sup>1</sup> : .....	31,5 kA

**3.2 Tensioni di esercizio (distanze minime)**

	CEI 99-2	Fissata in questo progetto
Distanza minima fase-terra in aria	0,32 m	0,5 m
Distanza minima fase-fase in aria	0,32 m	0,5 m
Altitudine minima fase-suolo	3,2 m	3,6 m

Verifica distanze minime ( $V_n = 30 \text{ kV}$ ,  $V_{1,2/50 \mu s} = 170 \text{ kV}$ )

Nel sistema a 30 kV all'interno della sottostazione si utilizzano cavi isolati e segregati in apposite celle prefabbricate, collaudate e certificate dal Costruttore secondo procedure a norma di legge per il livello di isolamento indicato.

**3.3 Carpenterie metalliche**

Tutti gli apparati dell'impianto elettrico esterno saranno installati su idonei supporti metallici. L'altezza dei supporti sarà superiore a 2,25 m per evitare di posizionare barriere di protezione da elementi in tensione. La base della struttura dei supporti sarà realizzata in acciaio ed in grado di sopportare gli sforzi nelle condizioni peggiori. Le fondazioni necessarie per l'ancoraggio delle strutture sono dimensionate per assicurare la stabilità ed evitare ribaltamenti.

La struttura metallica necessaria a supportare gli apparati consta di:

**3.4 Struttura metallica per apparecchiature a 150 kV**

- Sei supporti per trasformatori di tensione,
- Un supporto per sezionatore di consegna,
- Tre supporti per trasformatori di corrente
- Tre supporti per interruttori
- Tre supporti per scaricatori di sovratensione

Le strutture potranno sopportare il tiro totale previsto dei conduttori.

---

### **3.5 Strutture metalliche a 30 kV**

Per ogni trasformatore di potenza:

- Un supporto per il lato sbarra esterna 30 kV in uscita del trasformatore
- Un supporto per l'altro lato della sbarra esterna 30 kV, scaricatori, reattanza di messa a terra ed il suo sezionatore di isolamento.

### **3.6 Sbarre**

Le sbarre (di due tipi: sbarre principali e interconnessioni tra gli apparati) saranno scelte in modo tale da sopportare gli sforzi elettrodinamici e termici delle correnti di cortocircuito previste, senza la produzione di deformazioni permanenti.

### **3.7 Sbarra da 30 kV**

#### Sbarre esterne

Comprende dai morsetti dell'avvolgimento secondario del trasformatore di potenza, alla connessione con i cavi isolati che vanno alla cella a 30 kV; la sbarra sarà costituita da:

- Materiale: Tubo di rame 80/70 mm.
- Sezione equivalente del conduttore: 1180 mm<sup>2</sup>
- Portata nominale conduttore: 2095 A

#### Isolatore supporto sbarre

La sbarra da 30 kV da esterno è sostenuta da isolatori di appoggio con le seguenti caratteristiche:

- Tensione massima..... 36 kV
- Tensione a impulso atmosferico ..... 170 kV
- Tensione a frequenza industriale (sotto la pioggia)..... 70 kV
- Linea di fuga ..... 850 mm
- Carica di rottura a flessione ..... 4000 N
- Carica di rottura a torsione ..... 1200 Nm

#### Sezionatore

Si installerà un sezionatore per la connessione / disconnessione della reattanza di messa a terra, con le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale.....36 kV

## A.10 RELAZIONE TECNICA OPERE DI CONNESSIONE RTN

---

–	Tensione a impulso atmosferico:	
-	A terra ed interpolare (cresta).....	170 kV
-	Sulla distanza di sezionamento (cresta) .....	195 kV
-	Tensione a frequenza industriale:	
-	A terra ed interpolare (cresta).....	70 kV
-	Sulla distanza di sezionamento (cresta) .....	80 kV
-	Corrente massima .....	400 A
-	Corrente massima di breve durata (1s) (cresta).....	16 kA

Il sezionatore è formato da tre sezionatori unipolari e sarà del tipo a due colonne per fase, con apertura verticale e azionamento manuale, senza lama di messa a terra.

### Scaricatori di sovratensione

-	Tensione di servizio continuo $U_c$ (fase-terra).....	30 kV
-	Tensione massima transitoria (1 s) $U_r$ (fase-terra).....	37,5 kV
-	Tensione massima residua (10 kA, 8/20 $\mu$ s) .....	92,1 kV
-	Corrente nominale di scarica.....	10 kA

Gli scaricatori di sovratensione saranno ad ossido di zinco con isolamento polimerico.

Si installeranno un totale di tre scaricatori di sovratensione a 30 kV per trasformatori. L'insieme degli scaricatori di sovratensione sarà montato sul supporto della reattanza di messa a terra e sarà equipaggiato con un unico contatore di scarica.

### Conduttori interconnessione sbarre esterne – sbarre interne

La connessione tra la sbarra esterna e la cella a 30 kV del trasformatore di potenza, si effettua attraverso:

- Materiale: due terne di cavi di rame
- Tipo di cavo: ARP1H5E (o equivalente)
- Sezione equivalente del singolo conduttore: 630 mm<sup>2</sup>
- Corrente nominale: 2064 A.

### Sbarre interne

Nella sbarra interna delle celle la distanza tra le fasi è di 14,5 cm (sbarre isolate) e permette un passaggio di corrente di 2.000 A.

---

### **3.8 Celle a media tensione (30 kV)**

Da punto di vista della struttura, queste celle saranno del tipo incapsulato metallico, isolamento in SF<sub>6</sub>, per installazione all'interno.

Le celle da installare sono le seguenti:

- N° 2 celle di linea;
- N° 2 cella TSA (con interruttore automatico);
- N° 2 cella misure;

### **3.9 Tipo di celle**

Le caratteristiche strutturali di ogni cella sono analoghe, variando unicamente la apparecchiatura installata, compatibilmente alle necessità relative ad ogni servizio.

Le apparecchiature con le quali sarà dotata ogni tipo di cella è la seguente:

#### Celle dei trasformatori

- Sbarra da 2000 A
- Derivazione a 2000 A
- 1 sezionatore tripolare
- 1 interruttore automatico
- 3 trasformatori di corrente
- 3 trasformatori di tensione

#### Cella di linea

- Sbarra da 2000 A
- Derivazione a 1250 A
- 1 sezionatore tripolare
- 1 interruttore automatico
- 3 trasformatori di corrente
- 3 trasformatori di tensione

Oltre alle apparecchiature menzionate, si dispone di 3 trasformatori di tensione nelle sbarre per poter realizzare misure di tensione e potenza.

## **4 Caratteristiche dell'apparecchiatura**

Le caratteristiche elettriche dell'apparecchiatura descritta per ciascuna cella sono le seguenti:

### **4.1 Interruttori**

- Tensione massima..... 36 kV

## A.10 RELAZIONE TECNICA OPERE DI CONNESSIONE RTN

---

– Tensione a impulso atmosferico .....	170 kV
– Tensione a frequenza industriale .....	70 kV
– Intensità massime:	
- Cella del trasformatore .....	2.000 A
- Celle di linea .....	1.250 A
– Intensità di cortocircuito:	
- Cella del trasformatore .....	31,5 kA
- Celle di linea .....	31,5 kA
– Isolamento .....	in SF6

### 4.2 Trasformatori di corrente

– Tensione massima.....	36 kV
– Rapporti di trasformazione:	
- Cella del trasformatore .....	1600 / 5-5-5 A
- Celle di linea (linee C1, C2) .....	500 / 5-5 A
– Potenza e classi di precisione:	
- Cella del trasformatore:	
Primo nucleo (misura) .....	15 VA; 0,5
Secondo nucleo (protezioni) .....	5 VA; 5P20
Terzo nucleo (protezioni) .....	15VA; 5P20
- Celle di linea:	
Primo nucleo (misura) .....	15 VA; 0,5
Secondo nucleo (protezioni) .....	5 VA; 5P20

### 4.3 Trasformatori di tensione delle sbarre

– Tensione massima.....	36 kV
– Rapporto di trasformazione.....	$30.000:\sqrt{3}/100:\sqrt{3}/100:3$ V
– Potenza e classe di precisione:	
Primo nucleo (misura) .....	100 VA; 0,5

---

---

Secondo nucleo (protezioni) ..... 50 VA; 3P

#### 4.4 Sezionatori tripolari

I sezionatori delle celle saranno tripolari con tre posizioni (sbarre, disinserito, messa a terra) con azionamento manuale per manovre improvvise e blocco meccanico e elettrico con l'interruttore.

- Tensione massima..... 36 kV
- Tensione a impulso atmosferico (1.2/50µs) ..... 170 kV
- Tensione a frequenza industriale ..... 70 kV
- Corrente massima:
- Cella del trasformatore..... 2000 A
- Cella di linea 1250 A
- Corrente di cortocircuito..... 31,5 kA
- Isolamento ..... in SF6

#### 5 Reattanza di messa a terra

I collegamenti a triangolo del lato 30 kV del trasformatore di potenza e del lato 30 kV dei trasformatori dei singoli aerogeneratori bloccano la componente omopolare della corrente di guasto a terra con conseguente difficoltà da parte delle protezioni MT nel rilevare i guasti a terra.

Per superare tale difficoltà si installa una reattanza di messa a terra avente un collegamento a "zig-zag" sul lato 30 kV. Essa permette di avere neutro artificiale attraverso il quale la componente omopolare della corrente di guasto monofase a terra nella rete MT può scorrere facilitando l'individuazione dei guasti stessi da parte delle protezioni MT.

L'impedenza omopolare offerta alle correnti di guasto a terra ha per componenti la resistenza ohmica degli avvolgimenti e la reattanza di dispersione degli avvolgimenti della reattanza.

La reattanza viene dimensionata in modo da ottenere:

$$I_{\text{guasto monofase}} = 3 \cdot I_0 < 500 \text{ A}$$

#### 5.1 Caratteristiche

## A.10 RELAZIONE TECNICA OPERE DI CONNESSIONE RTN

Si installerà una reattanza trifase di messa a terra, insieme al trasformatore di potenza in olio a 30/150 kV, le cui caratteristiche principali sono:

– Tensione nominale.....	30 kV
– Frequenza .....	50 Hz
– Gruppo di connessione .....	Zig-Zag
– Corrente di guasto a terra per il neutro.....	500 A
– Durata del guasto a terra per il neutro .....	30 s
– Isolante di parti attive.....	olio minerale
– Refrigerazione.....	ONAN
– Tensione a impulso atmosferico (1,2/50µs) .....	170 kV
– Sovratensione indotta a 150 Hz e 40 s.....	60 kV
– Resistenza del Neutro .....	7,25 Ω
– Reattanza del Neutro.....	103,6 Ω
– Impedenza omopolare (*) .....	103,9 Ω

In ogni fase e sul neutro si disporrà un trasformatore di corrente per protezione di tipo Bushing aventi le seguenti caratteristiche:

– Sulla fase

3 T.A. tipo BR, rapporto 300/5 A, 15 VA, 5P20

– Sul neutro

1 T.A. tipo BR, rapporto 300/5 A, 15 VA, 5P20

Le protezioni della reattanza saranno termometro e relè Buchholtz con comando di allarme.

### **5.2 Servizi ausiliari**

I servizi ausiliari (ss.aa.) della sottostazione sono costituiti da due sistemi di tensione (c.a. e c.c.) necessari per il funzionamento della sottostazione. Si installeranno sistemi di alimentazione in corrente alternata e in corrente continua per alimentare i distinti componenti di controllo, protezione e misura.

I servizi di corrente alternata e continua saranno alloggiati in diversi armadi destinati a realizzare le rispettive distribuzioni.

### **5.3 Servizi ausiliari in c.a.**

#### *Trasformatori di servizi ausiliari*

Per disporre di questi servizi è prevista l'installazione di un trasformatore esterno da 100 kVA.

Le caratteristiche sono le seguenti:

- Trifase isolato in olio
- Potenza nominale ..... 100 kVA
- Tensioni primaria .....  $30 \pm 2,5 \pm 5 + 7,5\%$  kV
- Tensione secondaria (trifase) ..... 0,420 kV
- Connessioni ..... Zig-zag / Stella
- Gruppo di connessione ..... ZNyn11

#### *Gruppo elettrogeno*

La sottostazione è dotata di un gruppo elettrogeno fisso che è disponibile come riserva in caso di guasto del trasformatore di servizi ausiliari o fuori servizio del trasformatore 30/150 kV per manutenzione o guasto.

### **5.4 Servizi ausiliari in c.c.**

L'alimentazione dei servizi in corrente continua è assicurata da un idoneo sistema raddrizzatore/batterie a 125 Vcc. Le caratteristiche di raddrizzatore e batterie sono:

Raddrizzatore:

- Ingresso (c.a.): 3 x 400 / 230 Vca
- Uscita (c.c.): 125 V<sub>cc</sub> +10%, -15%
- Corrente nominale: 40 A

Batteria:

- Capacità: 120 Ah
- Autonomia minima (guasto c.a.): 8 h

Le apparecchiature alimentate alla tensione di 110 V<sub>cc</sub> funzioneranno ininterrottamente. Il processo di carica delle batterie sarà gestito automaticamente, senza la necessità di alcun tipo di vigilanza o controllo, quindi più sicuro per il mantenimento di un servizio permanente.

Le apparecchiature saranno idonee a funzionare con temperature interne all'edificio comprese tra 10°C e 40°C.

In condizioni di normale funzionamento (corrente alternata presente), il raddrizzatore fornirà sia la corrente di funzionamento degli ausiliari in corrente continua, sia la corrente di mantenimento o di carica necessaria per la batteria.

---

In assenza di corrente alternata di alimentazione, la batteria deve essere in grado di alimentare i circuiti ausiliari in corrente continua per il tempo prefissato.

## 6 Misura energia

### 6.1 Misure di energia (fatturazione)

L'energia esportata e importata del parco si misurerà nel punto di connessione con la rete del Gestore.

La misura sarà effettuata tramite i tre trasformatori di tensione induttivi dedicati e i tre trasformatori di corrente (dai secondari di classe di precisione 0,2).

#### Caratteristiche degli apparati di misura:

- Trasformatori di tensione: 150:  $\sqrt{3}$ /0,100:  $\sqrt{3}$  50 VA cl 0,2
- Trasformatori di corrente:  
600/5-5-5-5 A  
30VA cl 0,2s (sul secondario di fatturazione)
- Contatore-registratore elettronico:

Tipo: contatore bidirezionale,

Precisione di misura: Energia attiva (classe 0.2) / Energia reattiva (classe 0.5)

Entrate: 3 x 100:  $\sqrt{3}$  V e 3 x 5 A

N° Registri: 6 (Attiva +, Attiva -, Reattiva Induttiva +, Reattiva Induttiva -, Reattiva Capacitiva +, Reattiva Capacitiva -)

Comunicazioni: via modem GSM, incorporato nel contatore-registratore.

### 6.2 Ulteriori apparati di misura

Si disporrà delle seguenti misure nelle UCP.

#### Montanti 150 kV:

Tensione (V), Corrente (A), Potenza attiva (W), Potenza reattiva (VAr), Frequenza (Hz), Fattore di potenza (cos  $\varphi$ )

#### Celle 30 kV

Tensione (V), Corrente (A), Potenza attiva (W), Potenza reattiva (VAr), Frequenza (Hz), Fattore di potenza (cos  $\varphi$ )

### **6.3 Telecontrollo e telecomunicazioni**

La UCS sarà connessa via porta di comunicazione RS232 con il computer situato nella sala di controllo. Le informazioni della UCS, unitamente a quelle provenienti dagli aerogeneratori e dalle torri meteorologiche, saranno elaborate con un programma informatico al fine di permettere il controllo in remoto del parco e della sottostazione.

## **7. OPERE CIVILI**

Le opere civili per la costruzione della ST sono di seguito descritte.

### **7.1 Piattaforma**

I lavori riguarderanno l'intera area della sottostazione e consisteranno nell'eliminazione del mantello vegetale, scavo, riempimento e compattamento fino ad arrivare alla quota di appianamento prevista.

### **7.2 Fondazioni**

Si realizzeranno le fondazioni necessarie alla stabilità delle apparecchiature esterne a 150 kV e 30 kV.

### **7.3 Basamento e deposito di olio del trasformatore MT/AT**

Per l'installazione dei trasformatori di potenza si costruirà un idoneo basamento, formato da fondazioni di appoggio, una vasca intorno alle fondazioni per la raccolta di olio che, durante un'eventuale fuoriuscita, raccoglierà l'olio isolandolo. Detta vasca dovrà essere impermeabile all'olio ed all'acqua, così come prescritto dalla CEI 99-2.

### **7.4 Drenaggio di acqua pluviale**

Il drenaggio di acqua pluviale sarà realizzato tramite una rete di raccolta formata da tubature drenanti che canalizzeranno l'acqua attraverso un collettore verso l'esterno, orientandosi verso le cunette vicine alla sottostazione.

### **7.5 Canalizzazioni elettriche**

Si costruiranno le canalizzazioni elettriche necessarie alla posa dei cavi di potenza e controllo. Queste canalizzazioni saranno formate da solchi, archetti o tubi, per i quali passeranno i cavi di controllo necessari al corretto controllo e funzionamento dei distinti elementi dell'impianto.

### **7.6 Accesso e viali interni**

E' stato progettato l'accesso alla SET da una strada che passa vicino alla stessa. Si costruiranno i viali interni (4 m di larghezza) necessari a permettere l'accesso dei mezzi di trasporto e manutenzione richiesti per il montaggio e la manutenzione degli apparati della sottostazione.

### **7.7 Recinzione**

La recinzione dell'area della SET sarà realizzata da un cordolo di fondazione in calcestruzzo armato gettato in opera sul quale verranno inseriti dei pilastri prefabbricati in calcestruzzo armato, così come descritto nell'elaborato grafico di dettaglio allegato alla presente relazione tecnica. La recinzione sarà alta 2,3 m dal suolo, rispettando il regolamento che ne stabilisce un'altezza minima di 2 m (CEI 99-2).

L'accesso alla SET sarà costituito da un cancello metallico scorrevole della larghezza di 7 metri.

### **7.8 Edificio di Controllo SET**

L'edificio di controllo SET sarà composto dai seguenti vani:

- Locale celle MT,
- Locale BT e trafo MT/BT,
- Locale Gruppo Elettrogeno,
- Locale comando e controllo,
- Locale servizi igienici,
- Magazzino.

### **7.9 Messa a terra**

#### Descrizione

La sottostazione sarà dotata di una rete di dispersione interrata a 0,7 m di profondità.

#### Messa a terra di Servizio

Si conetteranno direttamente a terra i seguenti elementi, che si considerano messa a terra di servizio:

- I neutri dei trasformatori di potenza e misura
- Le prese di terra dei sezionatori di messa a terra
- Le prese di terra degli scaricatori di sovratensione
- I cavi di terra delle linee aeree che entrano nella sottostazione.

---

Messa a terra di protezione

Tutti gli elementi metallici dell'impianto saranno connessi alla rete di terra, rispettando le prescrizioni nella CEI 99-2.

Si conetteranno a terra (protezione delle persone contro contatto indiretto) tutte le parti metalliche normalmente non sottoposte a tensione, ma che possano esserlo in conseguenza di avaria, incidenti, sovratensione o tensione indotta. Per questo motivo si conetteranno alla rete di terra:

- le carcasse di trasformatori, motori e altre macchine,
- le carpenterie degli armadi metallici (controllo e celle MT),
- gli schermi metallici dei cavi MT,
- le tubature ed i conduttori metallici.

Nell'edificio non si metteranno a terra:

- Le porte metalliche esterne dell'edificio
- Le sbarre anti-intrusione delle finestre
- Le griglie esterne di ventilazione.

I cavi di messa a terra si fisseranno alla struttura e carcasse delle attrezzature con viti e graffe speciali di lega di rame. Si utilizzeranno saldature alluminotermiche Cadweld ad alto potere di fusione per l'unione sotterranea, per resistere alla corrosione galvanica.

Ipotesi di progetto

Secondo i calcoli, si considerano i seguenti dati di partenza:

Corrente di cortocircuito monofase .....	31,5 kA
Tempo durata del guasto .....	0,5 s
Resistenza del terreno (ipotesi).....	150 $\Omega$ m
Resistenza manto superficiale (10 cm di ghiaia, de $\varnothing$ 2-4 cm) .....	3000 $\Omega$ m

La rete di terra sar  formata da una maglia di circa 4 m x 4 m, e si realizzer  con un conduttore a corda di rame nuda di sezione 95 mm<sup>2</sup>. Per il collegamento degli apparati alla rete di terra si utilizzer  corda di rame nuda di sezione 125 mm<sup>2</sup>.

---

La rete di terra della sottostazione sarà connessa alla rete di terra del parco eolico, in modo da ridurre il valore totale della resistenza di terra e agevolare il drenaggio della corrente di guasto. Conformemente alla CEI 99-2, la terra della SET sarà a sua volta collegata alla rete di terra della cabina di consegna.

## 8 Carichi elettrici

### 8.1 Massima corrente di impiego

La massime correnti di impiego su ciascuna sezione dell'impianto si calcolano per mezzo della seguente formula:

$$I_{IMP}(A) = \frac{S_N(MW)}{\sqrt{3}xU_N(kV)} \times 1000$$

Essendo  $S_N$  la potenza nominale del circuito e  $U_N$  la corrispondente tensione nominale. Assumendo come ipotesi di calcolo le tensioni e potenze di ciascuna sezione dell'impianto, si ottengono le correnti di impiego riassunte nella seguente tabella:

Sezione	Tensione (kV)	Potenza (MW)	Corrente (A)
Circuito WTG. SET	30	31,0	597
Trasformatore lato MT (WTG + STORAGE)	30	39,0	751

**8.2 Correnti nominali lato 150 e 30 kV**

Le correnti nominali degli apparati dovranno essere superiori alle massime correnti di impiego sopra definite.

Sugli stalli AT del trasformatore e sullo stallo di consegna gli apparati avranno le seguenti correnti nominali:

Apparato	Corrente Nom. (A)
Sezionatore	2000
Trasformatore di corrente	1600
Interruttore	2500
Trasformatore di Potenza	1000/1300 (ONAN/ONAF)

Sui circuiti e sui lati a 30 kV degli apparati le correnti nominali degli apparati sono riassunti nella seguente tabella:

Apparecchiatura	Corrente Nom. (A)
Trasformatore MT/AT di potenza	1000/1300 (ONAN/ONAF)
TA cella trasformatore	2000
Interruttore cella trasformatore	2500
Sezionatore cella trasformatore	2000
Barre celle	2000
Sezionatore cella linee	1250
Interruttore cella Linee	2500
Trasformatori corrente cella linee	800

**9. STALLO DI CONSEGNA TERNA (IR - IMPIANTO DI RETE)**

Lo stallo di consegna TERNA sarà ubicato nella Stazione Elettrica di TERNA sarà costituito da:

- N° 3 scaricatori di sovratensione
- N° 3 terminali cavo AT
- N° 3 trasformatori di tensione
- N° 1 sezionatore di isolamento rotativo (tripolare)
- N° 3 trasformatori di corrente
- N° 1 interruttore automatico, isolato in SF<sub>6</sub> con comando tripolare
- N° 2 sezionatori a pantografo (tripolare)

La corrente nominale dello stallo sarà pari a 1250 A.

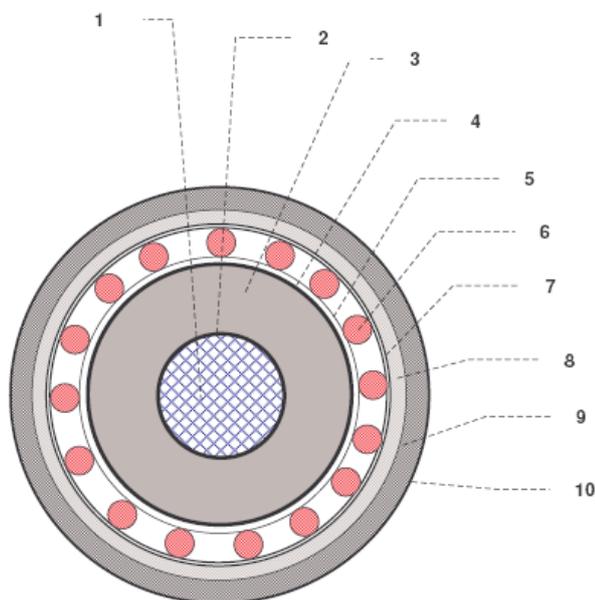
Tutte le opere, se non diversamente specificato, dovranno essere realizzate in osservanza delle Norme CEI, IEC, CENELEC, ISO, UNI in vigore.

### 10. CAVIDOTTO A 150 kV

Per collegare la stazione di trasformazione all'impianto di rete per la connessione (stallo TERNA) verrà realizzato un breve tratto di linea interrata a 150 kV della lunghezza di 20 m.

Verrà utilizzata una terna di cavi unipolari di tipo estruso per la posa diretta nel terreno, secondo quanto descritto negli elaborati grafici allegati.

**CAVO AT XLPE**  
**ARE4H1H5E - 87/150 kV 1x1600**  
 non in scala



- 1 CONDUTTORE: corda rigida rotonda, compatta e tamponata di **alluminio**. Sez. **1.600 mm<sup>2</sup>**
- 2 SEMICONDOTTORE ESTRUSO
- 3 ISOLANTE ESTRUSO DI **XLPE**
- 4 SEMICONDOTTORE ESTRUSO
- 5 NASTRO WATER BLOCKING SEMICONDOTTORE
- 6 SCHERMO A **FILI DI RAME** ricotto non stagnato (Sez. **70 mm<sup>2</sup>**)
- 7 NASTRO WATER BLOCKING SEMICONDOTTORE
- 8 **NASTRO DI ALLUMINIO**
- 9 **GUAINA ESTERNA DI PE**
- 10 STRATO CONDUTTIVO: strato semiconduttivo estruso

Progettisti