



**REGIONE BASILICATA**

AUTORIZZAZIONE UNICA AI SENSI DEL d.lgs. 29/12/2003 N. 387 RELATIVA ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 60 MW COSTITUITO DA 10 AEROGENERATORI DI POTENZA PARI A 6 MW CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO DENOMINATO "GENZANO WIND" UBICATO NEL COMUNE DI GENZANO DI LUCANIA.

ELABORATO: Disciplinare elettrico

COMMITTENTE: SCS 06 srl - Via GEN ANTONELLI 3 - MONOPOLI

PROGETTAZIONE



PROGETTAZIONE



PROGETTAZIONE



#### REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
01					

## Sommario

OPERE ELETTRICHE .....	3
Linee interrate 30 kV .....	3
Caratteristiche dei cavi .....	4
Profondità di posa e disposizione dei cavi .....	4
Rete di terra.....	5
Cadute di tensione e perdite di potenza .....	5
Stazione di trasformazione 30/150 kV (SET) e Stazione di condivisione (SC) .....	5
Sistema a 150 kV .....	6
Caratteristiche apparati.....	6
Interruttori Automatici.....	7
Sezionatori rotativi orizzontali .....	8
Trasformatori di corrente TA.....	8
Trasformatori di tensione capacitivi TVC .....	9
Trasformatori di tensione induttivi TVI.....	9
Scaricatori di sovratensione .....	10
Trasformatore di potenza .....	10
Sezione 30 kV .....	11
Tensioni di esercizio (distanze minime).....	12
CEI 99-2.....	12
Fissata in questo progetto.....	12
Distanza minima fase – terra in aria .....	12
Distanza minima fase – fase in aria .....	12
Altitudine minima fase – suolo.....	12
Carpenterie metalliche .....	12

Struttura metallica per apparecchiature a 150 kV .....	12
Strutture metalliche a 30 kV .....	13
Sbarre.....	13
Sbarra da 30 kV .....	13
Celle a media tensione (30 kV) .....	15
Tipo di celle .....	15
Caratteristiche dell'apparecchiatura.....	16
Trasformatori di corrente .....	16
Trasformatori di tensione delle sbarre .....	17
Sezionatori tripolari.....	17
Reattanza di messa a terra .....	17
Caratteristiche.....	18
Servizi ausiliari.....	18
Misura energia .....	20
Misure di energia (fatturazione) .....	20
Ulteriori apparati di misura.....	21
Telecontrollo e telecomunicazioni .....	21
Messa a terra.....	21

## OPERE ELETTRICHE

Gli impianti elettrici sono costituiti da:

Parco Eolico: costituito da n°10 aerogeneratori che convertono l'energia cinetica del vento in energia elettrica per mezzo di un generatore elettrico.

- N. 10 Turbine eoliche da 6 MW, per la produzione dell'energia elettrica comprensive di trasformatore MT/BT per l'elevazione a 30 kV della tensione in uscita dal generatore eolico e celle MT per il sezionamento dell'energia da convogliare verso il punto di interfaccia con la rete;
- Sistemi ausiliari di centrale
- Un trasformatore elevatore 0,690/30 kV porta la tensione al valore di trasmissione interno dell'impianto;
- L'impianto sarà suddiviso in 4 cluster che convergeranno in un punto comune che ospiterà la trasformazione dell'energia in alta tensione per l'erogazione in rete.

Tale impianto sarà comunque gestito in modo da:

- impedire che il valore di potenza immesso in rete superi il valore richiesto sopra indicato;
  - permettere che il sistema di accumulo elettrochimico venga caricato dalla rete pubblica.
  - La potenza in immissione prevista è dato dal contributo della potenza prodotta dal parco eolico, raggiungendo il valore di 60 MW (ac).
1. Le linee interrate in MT a 30 kV: convogliano la produzione elettrica degli aerogeneratori alla Stazione di Trasformazione 30/150 KV;
  2. La stazione di trasformazione 30/150 kV (SET): trasforma l'energia al livello di tensione della rete AT. In questa stazione vengono posizionati gli apparati di protezione e misura dell'energia prodotta;
  3. Lo stallo TERNA a 150 kV (IR - impianto di rete per la connessione): è il nuovo stallo di consegna a 150 kV che verrà realizzato sulla sezione a 150 kV della nuova stazione 150 kV;
  4. n° 1 collegamento in cavo a 150 kV: breve tratto di cavo interrato a 150 kV necessario per il collegamento in antenna della SC al IR.

### Linee interrate 30 kV

La rete di media tensione a 30 kV sarà composta da n° 4 circuiti con posa completamente interrata. Il tracciato planimetrico della rete è mostrato nelle tavole allegate nelle quali vengono anche riportati lo schema unifilare,

## Caratteristiche dei cavi

La rete a 30 kV sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo ARP1H5E (o equivalente) con conduttore in alluminio. Le caratteristiche elettriche di portata e resistenza dei cavi in alluminio sono riportate nella seguente tabella (portata valutata per posa interrata a 1,2 m di profondità, temperatura del terreno di 20° C e resistività termica del terreno di 1,5 K m /W):

<b>Sezione [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Portata [A]</b>	<b>Resistenza [Ohm/km]</b>
150	328	0,262
240	433	0,161
400	563	0,102
630	735	0,061

**caratteristiche elettriche cavo MT**

## Profondità di posa e disposizione dei cavi

I cavi verranno posati con una protezione meccanica (lastra o tegolo) ed un nastro segnalatore. Su terreni pubblici e su strade pubbliche la profondità di posa dovrà essere comunque non inferiore a 1,2 m previa autorizzazione della Provincia. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligatoria che per 1 o 2 terne avrà una larghezza di 60 cm mentre dove sarà necessario posare 3 terne dovrà essere di 90 cm di larghezza. Ciò detto, mantenendo valide le ipotesi di temperatura e resistività del terreno, i valori di portata indicati nel precedente paragrafo vanno moltiplicati a dei coefficienti di correzione che tengono conto di:

- profondità di posa di progetto
- raggruppamento dei cavi

Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi. Per i condotti e i cunicoli, essendo manufatti edili resistenti non è richiesta una profondità minima di posa né una protezione meccanica supplementare. Lo stesso dicasi per i tubi 450 o 750, mentre i tubi 250 devono essere posati almeno a 0,6 m con una protezione meccanica.

In questi casi si applicheranno i seguenti coefficienti:

- lunghezza  $\leq$  15m: nessun coefficiente riduttivo,
- lunghezza  $\geq$  15 m: 0,8 m.

Si installerà una terna per tubo che dovrà avere un diametro doppio di quello apparente della terna di cavi.

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

## Rete di terra

La rete di terra sarà costituita dai seguenti elementi:

- anello posato attorno a ciascun aerogeneratore (raggio  $R=15$  m),
- la corda di collegamento tra ciascun anello e la stazione elettrica (posata nella stessa trincea dei cavi di potenza),
- maglia di terra della stazione di trasformazione,
- maglia di terra della stazione di connessione alla rete AT.

La rete sarà formata da un conduttore nudo in rame da  $50 \text{ mm}^2$  e si assumerà un valore di resistività  $\rho$  del terreno pari a  $150 \Omega\text{m}$ .

## Cadute di tensione e perdite di potenza

Le ipotesi di progetto portano come caduta di tensione massima ammissibile il 10% della tensione nominale mentre le perdite di potenza devono essere inferiori al 4%.

Sulla base dei calcoli svolti e di seguito riportati, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- Cadute di tensione massima nel circuito 1: 4,19 %
- Perdite totali rete MT: 1,43 % (643 kW)

## Stazione di trasformazione 30/150 kV (SET) e Stazione di condivisione (SC)

La SET è necessaria ad immettere l'energia prodotta dagli aerogeneratori nella rete a 150 kV alla stazione elettrica RTN 380/150 kV TERNA. La SET è costituita da una sezione a 150 kV e una sezione a 30 kV avente n°4 montanti di collegamento ai generatori.

La connessione del parco eolico alla stazione TERNA dovrà avvenire in condivisione con altri operatori per mezzo di una Stazione di Condivisione che ne raccolga le produzioni e le convogli sull'unico stallo assegnato da TERNA.

La Stazione di Condivisione sarà invece costituita da un sistema di sbarre sul quale afferiranno i diversi impianti di produzione per mezzo di un sezionatore e da uno stallo di consegna costituito da:

- N° 3 trasformatori di tensione capacitivi TVC (protezione)
- N° 3 trasformatori di corrente (protezione e fatturazione)
- N° 1 interruttore automatico, isolato in SF6 con comando tripolare
- N° 1 sezionatore di isolamento rotativo (tripolare)
- N° 3 scaricatori di sovratensione
- N° 3 terminali cavo AT

La Stazione di Condivisione sarà connessa alla rete RTN di TERNA in antenna su uno stallo consegna a 150

kV (Impianto di Rete) della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) TERNA 380/150 kV denominata “Genzano Wind” per mezzo di un collegamento in cavo a 150 kV della lunghezza circa 300 m.

## Sistema a 150 kV

Il sistema AT a 150 kV è costituito da n°1 stallo trasformatore che sarà composto dalle seguenti apparecchiature isolate in aria:

- N° 3 trasformatori di tensione capacitivi TVC (protezione)
- N° 1 sezionatore di isolamento rotativo (tripolare)
- N° 1 interruttore automatico, isolato in SF6 con comando tripolare
- N° 3 trasformatori di tensione induttivi TVI (fatturazione)
- N° 3 trasformatori di corrente (protezione e fatturazione)
- N° 3 scaricatori di sovratensione.
- N° 1 trasformatore 30/150 kV di potenza 70/80 MVA (ONAN/ONAF) con variatore di rapporto sotto carico.

## 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)<sup>1</sup>:.....750 kV
- Corrente nominale montante di linea:.....800 A
- Corrente nominale montante trasformatore:.....254 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

---

<sup>1</sup> La corrente massima di esercizio in AT è di 173 A, corrispondente al regime di piena potenza del PE, inferiore alle correnti nominali degli apparati e dei conduttori utilizzati

- Distanza fase-suolo: 4,5 m

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.

### 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.

## Sezionatori rotativi orizzontali

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	40-31,5
- valore di cresta (kA)	100-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	800
- orizzontale trasversale (N)	250
- verticale (N)	1000
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤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

## 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.

## Trasformatori di tensione capacitivi TVC

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	170
Rapporto di trasformazione	$\frac{150.000}{\sqrt{3}}$ $\frac{100}{\sqrt{3}}$
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 (Ω)	≤ 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>221</sub> (pF)	≤(300+0,05 C <sub>n</sub> )
- G <sub>221</sub> (μS)	≤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.

## 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.

## 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

## Trasformatore di potenza

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

### 1. Caratteristiche costruttive

- Tipo di servizio continuo
- Raffreddamento ONAN/ONAF
- Potenza nominale 70/80 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

### Sezione 30 kV

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

- 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
- N°1 cella con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione del trasformatore,
- N°3 celle con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione della rete a 30 kV del Parco Eolico.
- 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 del trasformatore <sup>2</sup> | 867 A   |
| • Corrente nominale di cortocircuito <sup>3</sup>  | 31,5 kA |

---

<sup>2</sup> Corrispondente all'elemento con minor corrente nominale

- Tempo di estinzione del guasto 0,5 s

### Tensioni di esercizio (distanze minime)

	<b>CEI 99-2</b>	<b>Fissata in questo progetto</b>
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	0,32 m	3,6 m

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.

### 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.

### 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.

---

<sup>3</sup> Corrispondente al potere di interruzione degli interruttori installati nella cella a 30 kV.

## 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.

## 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.

## 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
- 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.

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

Da punto di vista della struttura, queste celle saranno del tipo incapsulato metallico, isolamento in SF6, per installazione all'interno.

Le celle da installare sono le seguenti:

- N°1 celle del trasformatore di potenza (con interruttore automatico)
- N°3 celle di linea + SS.AA.(con interruttore automatico).

## **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.

## Caratteristiche dell'apparecchiatura

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

### Interruttori

- |                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| - Tensione massima                 | 36 kV  |
| - Tensione a impulso atmosferico   | 170 kV |
| - Tensione a frequenza industriale | 70 kV  |

### Intensità massime

- |                           |         |
|---------------------------|---------|
| - Cella del trasformatore | 2.000 A |
| - Cella di linea          | 1.250 A |

### Intensità di cortocircuito

- |                           |         |
|---------------------------|---------|
| - Cella del trasformatore | 31,5 kA |
| - Cella di linea          | 31,5 kA |
| - Isolamento              | in SF6  |

## Trasformatori di corrente

Tensione massima ..... 36 kV

Rapporti di trasformazione:

- |                                 |                |
|---------------------------------|----------------|
| ○ Cella del trasformatore       | 1600 / 5-5-5 A |
| ○ Cella 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 |            |
| ○ Cella di linea:                       |            |
| ● Primo nucleo (misura)                 | 15 VA; 0,5 |
| ● Secondo nucleo (protezioni)           | 5 VA; 5P20 |

## Trasformatori di tensione delle sbarre

Tensione massima ..... 36 kV

Rapporto di trasformazione.....30.000:  $\sqrt{3}/100$ :  $\sqrt{3}/100$ : 3V

Potenza e classe di precisione:

- Primo nucleo (misura..... 100 VA; 0,5
- Secondo nucleo (protezioni).....50 VA; 3P

## 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 (1.2/50 $\mu$ s) ..... 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

## 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:

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

## Caratteristiche

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.

## 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.

#### *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 .....  $\pm 2,5 \pm 5 \pm 7,5\%$  kV
- Tensione secondaria (trifase)..... ,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.

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

L'alimentazione dei servizi in corrente continua é 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.

## Misura energia

### 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:

1. Trasformatori di tensione:  $150: \sqrt{3}/0,100: \sqrt{3} 50 \text{ VA cl } 0,2$
2. Trasformatori di corrente:  
 $200/5-5-5-5 \text{ A}$   
 $30\text{VA cl } 0,2\text{s (sul secondario di fatturazione)}$
3. Contatore-registratore elettronico:

Tipo: contatore bidirezionale,

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

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

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

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

### 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 ( $\cos \varphi$ )

### 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.

### 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 alluminio termiche 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).....	3000 $\Omega$ m

La rete di terra sarà formata da una maglia di circa 4 m x 4 m, e si realizzerà 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 utilizzerà 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.

Il tecnico