



Progetto per la realizzazione
impianto per la produzione di
energia elettrica da fonte eolica,
ai sensi del Dlgs n. 387 del 2003,
composto da n° 7 aerogeneratori,
per una potenza di 39,2 MW, sito
nel comune di Castelpagano (BN)



REGIONE
CAMPANIA



COMUNE
DI
CASTELPAGANO



COMUNE
DI
CIRCELLO



COMUNE DI
COLLE
SANNITA



COMUNE
DI
MORCONE

PROPONENTE

**Cogein
energy**

Cogein Energy S.r.l.
Via Diocleziano, 107 – 80125 Napoli
Tel. 081.19566613 – Fax. 081.7618640
www.newgreen.it
compinvestimenti@libero.it
cogeinenergy@pec.it

ELABORATO

ELAB.22

Relazione tecnica
sistemi elettrici

SCALA _: _

REVISIONE 0

DATA 04/2021

PROGETTAZIONE

Ing. Lorenzo Nasta



COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.2 di 38

1. Premessa

La presente relazione descrive la progettazione dell'impianto eolico proposto dalla COGEIN ENERGY S.r.l., ubicato nel comune di Castelpagano (BN), composto da n. 7 aerogeneratori da 5,6 MW per una potenza complessiva pari a 39,2 MW.

L'impianto nel suo sviluppo, interessa il territorio dei Comuni di Castelpagano, Circello, Colle Sannita e Morcone, più precisamente gli aerogeneratori saranno realizzati nel Comune di Castelpagano e la stazione produttore 150/30 kV sarà realizzata nel Comune di Morcone, mentre una parte del cavidotto MT dell'impianto di rete produttore attraverserà il Comune di Circello e Colle Sannita.

La nuova infrastruttura in Media ed Alta Tensione si rende necessaria, per collegare il Parco Eolico di Castelpagano alla Rete Elettrica Nazionale di Terna.

La società, ha ottenuto la soluzione tecnica minima generale elaborata da TERNA, identificato attraverso codice di pratica TERNA: 202001301.

La soluzione tecnica minima generale, prevede che la centrale eolica venga collegata in antenna a 150 kV sulla Stazione Elettrica di smistamento Terna a 150 kV di Morcone previo:

- ampliamento della Stazione Elettrica di smistamento Pontelandolfo mediante la realizzazione di una nuova sezione 380 kV;
- riclassamento a 380 kV dell'elettrodotto 150 kV "Pontelandolfo – Benevento 3", da attestare alla nuova sezione 380 kV suddetta;
- rimozione delle limitazioni sull'elettrodotto RTN a 150 kV "Campobasso – Cercemaggiore - Castelpagano", previsto dal Piano di Sviluppo Terna.

Il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento della centrale eolica sulla Stazione Elettrica della RTN, costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre, lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.3 di 38

L'opera suddetta è parte integrante del progetto di realizzazione della centrale di produzione di energia elettrica da fonte eolica, che la società richiedente Cogein Energy Srl, intende realizzare nel Comune indicato.

La descrizione delle opere previste si può rilevare dagli elaborati di progetto allegati alla presente relazione.

2. Descrizione generale dell'impianto

Il sistema elettrico dell'impianto eolico è costituito da:

- n° 1 linea interrata alta tensione a 150 kV per il collegamento della stazione di trasformazione produttore tramite un sistema di sbarre 150 kV smistamento produttori, prescritto da Terna al sistema di sbarre a 150 kV per la connessione alla Stazione Elettrica di smistamento di Terna a 150 kV di Morcone (BN).
- Stazione di trasformazione 150/30 kV produttore e sistema di sbarre 150 kV di smistamento produttori, completi di tutte le apparecchiature di comando, controllo e protezione.
- Cavidotti a 30 kV per l'interconnessione tra i vari aerogeneratori e il collegamento degli stessi al quadro MT 30 kV della stazione di trasformazione 150/30 kV produttore.
- N° 7 aerogeneratori di potenza nominale pari a 5,6 MW completi di tutte le apparecchiature di comando, controllo e protezione.

3. Sistema di connessione a 150 KV COGEIN ENERGY ed altri produttori alla Stazione Elettrica di smistamento Terna a 150 kV di Morcone.

Il sistema di connessione dei produttori prevede il collegamento in antenna alla Stazione Elettrica Terna 150 kV di Morcone, tramite un sistema di sbarre 150 kV smistamento produttori annesso alla stazione 150/30 kV COGEIN ENERGY.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.4 di 38

4. Collegamento del sistema di connessione 150 kV COGEIN ENERGY ed altri produttori alla Stazione Elettrica di smistamento Terna 150 kV di Morcone

Per la realizzazione del collegamento tra la stazione Terna 150 kV di Morcone e Il sistema di connessione a 150 kV dei produttori annesso alla stazione 150/30 kV COGEIN ENERGY è stato previsto un breve tratto di cavidotto AT a 150 kV interrato della lunghezza complessiva di circa 150 m - realizzato con cavi unipolari in isolante estruso (XLPE), con conduttore in alluminio della sezione di 400 mm².

5. Sistema per la condivisione dello stallo Terna a 150 kV produttori annesso alla stazione 150/30 kV COGEIN ENERGY

Conterrà al suo interno il sistema di sbarre a 150 kV, previsto nell'area comune produttori, per la condivisione dello stallo della stazione di smistamento 150 kV Terna di Morcone.

Il sistema condiviso dai produttori sarà composto da:

- Sbarre 150 kV per il collegamento produttori, complete di TV capacitivi;
- N. 3 Stalli a 150 kV per i collegamenti in cavo interrato alla Stazione Elettrica di smistamento 150 kV Terna di Morcone e alle stazioni produttori.

Gli Stalli a 150 kV saranno realizzati in moduli compatti che prevedono l'impiego di apparecchiature prefabbricate con involucro metallico, per tensione 150 kV, isolate in gas SF6.

Edificio conterrà i locali quadri BT di comando, controllo e protezione, i quadri S.A. BT, e le apparecchiature di misura dell'energia elettrica.

6. Stazione di trasformazione 150/30 kV del produttore

L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori viene convogliata tramite cavidotti a 30 kV alla stazione di trasformazione 150/30 kV del produttore, dove la tensione viene innalzata da 30 kV a

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.5 di 38

150 kV. La stazione di trasformazione 150/30 kV è posizionata nelle vicinanze del punto di consegna Terna ed è costituita da:

➤ Stallo trasformatore 150/30 kV – 45 MVA

- Edificio contenente i locali dei quadri a 30 kV, dei quadri di comando controllo e protezione, dei quadri S.A. BT, delle apparecchiature di misura dell'energia elettrica, ecc.

Lo stallo trasformatore sarà costituito dalle seguenti apparecchiature:

- Stallo a 150 kV in modulo compatto che prevede l'impiego di apparecchiature prefabbricate con involucro metallico, per tensione 150 kV, isolate in gas SF6, contenente le seguenti apparecchiature a 150 kV: trasformatori di corrente, interruttore tripolare con comando motorizzato, sezionatori tripolare con comando motorizzato, sezionatori di terra e terminali in aria.
- Trasformatore di tensione
- Scaricatori di sovratensione 150 kV
- Trasformatore 150/30 kV - 45 MVA

Il trasformatore 150/30 kV provvederà ad elevare il livello di tensione della rete elettrica a 30 kV degli aerogeneratori al livello di tensione 150 kV. Detto trasformatore sarà di tipo con isolamento in olio e di potenza pari a 45 MVA.

Il trasformatore sarà dotato di sonde termometriche installate sugli avvolgimenti secondari del trasformatore stesso e di dispositivi per la rilevazione della pressione dell'olio di isolamento; i segnali delle protezioni sopra descritte saranno inviate al quadro di controllo della sottostazione e utilizzate per segnalazioni di allarme e blocco.

Nel locale Server della stazione di trasformazione 150/30 kV del produttore sarà previsto un armadio per il contenimento del sistema SCADA per l'automazione della stazione e la supervisione di tutto l'impianto eolico.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.6 di 38

5.1 Quadro media tensione a 30 kV per il collegamento degli aerogeneratori alla rete elettrica

Composto da:

- n. 1 scomparto arrivo secondario 30 kV trasformatore 45 MVA dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione. Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata e massima corrente di guasto a terra, (50, 51 e 51N).
- n. 3 scomparti di arrivo dai gruppi dei generatori eolici, ciascuno dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione. Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata, massima corrente di guasto a terra, minima e massima tensione, massima tensione omopolare e minima e massima frequenza (50, 51, 51N, 27, 59, 59Vo, 81< e 81>).

Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza.

- N.1 scomparto TV sbarre 30 kV
- N.1 scomparto protezione trasformatore MT/BT ausiliari, dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione. Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata e massima corrente di guasto a terra, (50, 51 e 51N).

Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza.

- N.1 armadio contenimento trasformatore S.A. 30/0,4 kV – 100 kVA

Sul quadro di media tensione saranno previsti i necessari interblocchi e sistemi di rinalzo e trascinamento tra l'interruttore MT dello scomparto arrivo secondario MT trasformatore 45 MVA, gli interruttori MT degli scomparti arrivo dai gruppi dei generatori eolici e l'interruttore AT di stazione; tali sistemi garantiranno una maggiore affidabilità di produzione, assicurando che eventuali perturbazioni elettriche prodotte dal gruppo di generatori, non investano la Rete Elettrica Nazionale.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.7 di 38

5.2 Trasformatore S.A. 30/0,4KV – 100 kVA

Detto trasformatore, alimentato dal quadro di media tensione sopra descritto, sarà di tipo con isolamento in resina e di potenza pari a 100 kVA. Il trasformatore sarà dotato di una centralina termometrica che riceverà i segnali provenienti dalle sonde termometriche installate sugli avvolgimenti secondari del trasformatore stesso e provvederà, in caso di sovratemperature, a dare una segnalazione di allarme. Nel caso in cui la temperatura dovesse ulteriormente salire la centralina comanderà l'apertura dell'interruttore MT ad esso relativo. Il trasformatore verrà installato in un adeguato box metallico di contenimento ubicato in proseguimento del quadro MT.

5.3 Quadro di distribuzione BT

Detto quadro riceverà alimentazione dal trasformatore sopra descritto e provvederà a distribuire l'alimentazione BT, tramite adeguati interruttori, a tutte le utenze elettriche (compresi gli impianti di illuminazione interna ed esterna) presenti nella stazione di trasformazione 150/30 kV del produttore.

5.4 Quadro di comando, controllo e protezione

Il quadro sarà completo di un sinottico operativo riportante le apparecchiature del sistema ed i relativi pulsanti e lampade di segnalazione per il comando degli interruttori e sezionatori.

Il quadro di controllo conterrà inoltre il relè multifunzione per le protezioni elettriche comprese quelle previste dal gestore della rete AT; saranno previste inoltre le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata (50 e 51).

Saranno inoltre previste le necessarie interfaccia per Terna e per l'apparato SCADA.

5.5 Quadro UPS e distribuzione 400/230 Vca

Detto quadro riceverà alimentazione dal quadro di distribuzione e sarà del tipo a due rami ovvero adatto all'alimentazione dei carichi privilegiati 400/230 Vca ed alla contemporanea carica (normalmente in tampone e periodicamente a fondo) di una batteria di accumulatori. Detti accumulatori saranno installati in un quadro dedicato e distinto dal quadro UPS.

Sul quadro sarà inoltre prevista una sezione di distribuzione contenente tutti gli interruttori necessari per l'alimentazione di tutte le utenze privilegiate a 400/230 Vca presenti nella stazione.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.8 di 38

5.6 Quadro raddrizzatore e distribuzione 110 Vcc

Detto quadro riceverà alimentazione dal quadro di distribuzione e sarà del tipo a due rami ovvero adatto all'alimentazione dei carichi in corrente continua ed alla contemporanea carica (normalmente in tampone e periodicamente a fondo) di una batteria di accumulatori.

Detti accumulatori saranno installati in un quadro dedicato e distinto dal quadro 110 Vcc .

Sul quadro sarà inoltre prevista una sezione di distribuzione contenente tutti gli interruttori necessari per l'alimentazione di tutte le utenze a 110 Vcc presenti nella sottostazione.

5.7 Opere ausiliarie

L'area della stazione e del sistema di smistamento sbarre produttori saranno opportunamente recintati e separati e sarà previsto, come indicato in planimetria, due ingressi carrai adeguatamente collegati al sistema viario più prossimo.

Sarà previsto un adeguato sistema di illuminazione esterna, realizzato con corpi illuminanti con lampade a led, installati su pali in vetroresina.

Esse saranno provviste di un adeguato impianto di terra che collegherà tutte le apparecchiature elettriche e le strutture metalliche del sistema.

Tutti i locali degli edifici quadri e servizi saranno illuminati mediante adeguato sistema di illuminazione interno con plafoniere stagne con lampade a led complete di luci di emergenza.

6. Cavidotti a 30kV

Cavidotti a 30 kV per l'interconnessione tra i vari aerogeneratori e il collegamento degli stessi al quadro MT 30 kV della stazione di trasformazione 150/30 kV produttore.

Il percorso sarà realizzato principalmente a bordo strada, i cavi verranno protetti in tubo corrugato e posati in un letto di sabbia.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.9 di 38

La rete di media tensione a 30 kV sarà composta da tre circuiti con posa completamente interrata. Il tracciato planimetrico della rete è mostrato nelle tavole allegate.

Nelle tavole allegate vengono anche riportate le indicazioni della lunghezza dei cavidotti e la sezione corrispondenti ai vari tratti di cavidotti dei tre circuiti della rete MT; di ciascuna sezione viene descritta la modalità e le caratteristiche di posa interrata.

7. Aerogeneratori

N° 7 aerogeneratori di potenza nominale pari a 5,6 MW completi di tutte le apparecchiature di comando, controllo e protezione.

7.1 Quadri 30 kV aerogeneratori

Per i quadri di media tensione degli aerogeneratori si identificano quattro configurazioni:

1. Quadro MT terminale che collega l'ultimo aerogeneratore del ramo al relativo circuito di appartenenza.
2. Quadro MT che oltre a collegare l'aerogeneratore relativo alla torre dove è ubicato, ha la funzione di entra-esce all'interno del circuito di generatori di cui fa parte.
3. Quadro MT che oltre a collegare il generatore relativo alla torre dove è ubicato, ha la funzione di collegamento di tutti gli aerogeneratori che costituiscono il relativo circuito di appartenenza al quadro MT della stazione 150/30 kV produttore.

7.2 Apparecchiature generatori eolici

All'interno di ciascuna torre dei generatori eolici, saranno installate tutte le apparecchiature e i quadri elettrici necessari al funzionamento del generatore ed alla sua connessione alla rete di distribuzione del parco eolico.

Oltre ai quadri di media tensione a 30 kV saranno previste le seguenti apparecchiature principali:

- Trasformatore di torre 30 kV/BT (alla base della torre o nella navicella aereogeneratore)
- Trasformatore alimentazioni ausiliarie BT/BT
- Convertitori AC/DC

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.10 di 38

- Sistema di controllo, protezione e sincronizzazione generatore

7.3 Sistema di controllo (SCADA)

Per controllare l'intero impianto eolico sarà impiegato un sistema SCADA.

Il sistema SCADA massimizza l'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori - nel rispetto dei loro limiti operativi - per mezzo di un controllo e di una diagnostica delle grandezze fisiche del sistema, registrando i dati operativi dell'impianto.

Sarà quindi possibile avere a disposizione tutte le cause di malfunzionamento, lo stato di tutte le apparecchiature, il rapporto tra erogazione della potenza e velocità del vento, stime ecc.

Nel caso di malfunzionamento che causa allarme, sarà immediatamente generato un segnale che sarà inviata a personale preposto al controllo o tramite sms o email.

Il sistema SCADA è costituito essenzialmente da un Personal Computer di tipo industriale che ha la funzione di server dell'impianto eolico collegato agli aerogeneratori tramite cavi in fibra ottica. Tutti i dati relativi agli aerogeneratori sono quindi memorizzati sul Server e saranno utilizzati per creare report personalizzati e messaggi di avviso per gli operatori.

Si possono quindi visualizzare i report e controllare l'impianto eolico da PC in postazioni remote collegate al Server da una rete locale, da una connessione Internet protetta o da un Modem.

8. Descrizione, caratteristiche e verifiche delle opere elettromeccaniche

Nel seguito vengono descritte le caratteristiche delle apparecchiature, e dei materiali delle opere elettromeccaniche dell'impianto eolico.

8.1 Caratteristiche apparecchiature AT

Tensione di esercizio AT	150 kV
Tensione massima di sistema	170 kV
Frequenza	50 Hz
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico verso massa	750 kV

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.11 di 38

Tensione di tenuta a frequenza industriale verso massa	375 kV
Corrente nominale sulle sbarre	2000 A
Corrente nominale di stallo	1250 A
Corrente di corto circuito	31,5 kA

8.2 Interruttori Automatici

GRANDEZZE NOMINALI		
Tipologia	Tipo 1	Tipo 2
Salinità di tenuta a 98 kV (Kg/m ³) 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.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.12 di 38

8.3 Sezionatori motorizzati

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
Prescrizioni aggiuntive per il sezionatore di terra	
- 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

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.13 di 38

8.4 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
Prestazioni(**) e classi di precisione:		
- 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 ³)	da 14 a 56(*)
Sforzi meccanici nominali sui morsetti		
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.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.14 di 38

8.5 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 ³)	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 _{pa} (pF) - G _{pa} (μS)	≤(300+0,05 C _n) ≤50
Sforzi meccanici nominali sui morsetti: - orizzontale, applicato a 600 mm sopra la flangia B (N) - verticale, applicato sopra alla flangia B (N)	2000 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.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.15 di 38

8.6 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^3)	Da 14 a 56(*)
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- 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.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.16 di 38

8.7 Scaricatori di sovratensione

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione di servizio continuo (kV)	108
Frequenza (Hz)	50
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m ³)	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

8.8 Trasformatore di potenza

Per la trasformazione 150/30 kV è previsto un trasformatore di potenza trifase - isolato in olio - installato all'aperto, avente le seguenti caratteristiche:

- Tipo di servizio: continuo
- Raffreddamento: ONAN/ONAF
- Potenza nominale: 45 MVA
- Tensioni a vuoto:
- Primario: 150kV ± 10x1,5%

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.17 di 38

- Secondario: 30 kV
- Frequenza: 50 Hz
- Connessione: Stella/triangolo
- Gruppo di connessione: YNd11
- Tensione di cortocircuito: 22%
- Tensione a impulso atmosferico (1,2/50 µs):
- 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

9. Servizi ausiliari

I servizi ausiliari della stazione 150/30 kV produttore saranno alimentati tramite trasformatore con livello di tensione 30/0,4 kV.

Da tale trasformatore verrà alimentato il quadro SA in c.a., al quale saranno collegate tutte le rispettive utenze in c.a. in bassa tensione, quali:

- Ausiliari sezione MT
- Ausiliari sezione AT
- Illuminazione aree esterne
- Circuiti prese e circuiti illuminazione edificio
- Motori e pompe;
- Raddrizzatore BT
- Sistema di monitoraggio
- Altre utenze minori

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.18 di 38

Dal quadro SA in c.a. verrà derivata l'alimentazione dei circuiti di protezione e comando, alimentati a 110 Vcc mediante un banco di batterie, alimentate dal raddrizzatore.

10. Reti di terra stazione 150/30 kV COGEIN ENERGY, sbarre smistamento 150 kV produttori e aerogeneratori

Gli impianti di terra sono stati dimensionati secondo le norme CEI EN 50522 (CEI 99-3) e CEI EN 61936-1 (CEI 99-2), considerando una corrente di corto circuito monofase pari a 31,5 kA e un tempo di eliminazione del guasto a terra pari a 0,5 s.

L'impianto di terra consiste in una maglia di terra in corda di rame nudo della sezione di 70 mm², interrato alla profondità di circa 1 m dal piano di calpestio, con maglie interne di lato massimo pari a 6 m.

Il sistema di terra è integrato dalla presenza di dispersori verticali lungo il perimetro della stazione, per ridurre i gradienti di tensione in periferia.

L'impianto di terra dell'aerogeneratore è costituito da due anelli in corda di rame interrata della sezione di 70 mm², collegate tra di loro con stessa corda di rame degli anelli, come si evince dall'elaborato allegato alla presente relazione. Per aumentare la capacità di dispersione della rete di terra, è stato previsto la continuità elettrica con i ferri dell'armatura della fondazione dell'aerogeneratore.

Per consentire il rapido smaltimento delle correnti di fulminazioni, che possono investire l'aerogeneratore stesso, sull'anello più esterno sono stati previsti n. 6 dispersori verticali in acciaio ramato del diametro di 25 mm e lunghezza 3,00 m.

Gli impianti di terra saranno tali da garantire il rispetto delle tensioni limite entro i valori individuati dalla norma.

A seguito della realizzazione delle opere, i valori di tensione saranno oggetto di verifica strumentale, al fine di garantire il rispetto delle tensioni limite entro i valori individuati dalla norma, in sede di progettazione esecutiva verranno individuate le aree da integrare con sistemi di dispersione ausiliaria, o sulle quali adottare provvedimenti particolari.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.19 di 38

A seguito della realizzazione delle opere, i valori di tensione saranno comunque oggetto di verifica strumentale.

11. Caratteristiche dei cavi a 30 kV

La rete a 30 kV sarà realizzata per mezzo di cavi aventi le seguenti caratteristiche:

- Cavo 3X1X185 mm² tripolare cordato ad elica visibile per posa interrata con conduttore in alluminio, isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo d'alluminio e guaina in PE (sigla di designazione: ARE4H5EX).
- Cavo 3X1X300 mm² tripolare cordato ad elica visibile per posa interrata con conduttore in alluminio, isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo d'alluminio e guaina in PE (sigla di designazione: ARE4H5EX).
- Cavo 3X1X500 mm² unipolare per posa interrata con conduttore in alluminio, isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo d'alluminio e guaina in PE (sigla di designazione: ARP1H5EX).

11.1 Profondità di posa e disposizione dei cavi

I cavi verranno posati con una protezione meccanica (tubo corrugato) ed un nastro segnalatore. Su terreni pubblici e su strade pubbliche la profondità di posa dovrà essere comunque non inferiore a 1,20 m previa autorizzazione della Provincia. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata.

12. Sezione 30 kV

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

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.20 di 38

- Tensione a frequenza industriale 70 kV
- Corrente nominale di cortocircuito: 16 kA
- Tempo di estinzione del guasto 0,5 s

12.1 Scomparti a media tensione (30 kV)

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

Gli scomparti da installare sono i seguenti:

- N° 1 scomparto trasformatore di potenza;
- N° 3 scomparto di linea;
- N° 1 scomparto TR-SA;
- N° 1 scomparto misure;

12.2 Tipo di scomparti 30kV

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:

- Scomparti trasformatori e linee
 - Corrente di sbarra: 1600 A
 - Massima corrente di linea: 1445 A
 - 1 sezionatore tripolare
 - 1 interruttore automatico
 - Sezionatore di terra
 - 3 trasformatori di corrente
 - 3 trasformatori di tensione

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.21 di 38

- Scomparto TV sbarre
 - 1 sezionatore sottocarico
 - Fusibili
 - Sezionatore di terra
 - 3 trasformatori di tensione
- Scomparto protezione TR-SA
 - 1 sezionatore sottocarico
 - Fusibili
 - Sezionatore di terra

12.3 Caratteristiche dell'apparecchiatura

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

- **Trasformatori di corrente**
 - Tensione massima: 36 kV
 - Rapporti di trasformazione:
 - Cella del trasformatore: 1600 / 5-5-5 A
 - Cella di linea (linee C1, C2, C3) : 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

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.22 di 38

➤ **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

12.4 Servizi ausiliari

I servizi ausiliari 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.

12.5 Servizi ausiliari in c.a.

I servizi ausiliari saranno alimentati da un trasformatore da 100 kVA, installato in apposito armadio, avente le seguenti caratteristiche:

- Trifase isolato in resina
- 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

12.6 Servizi ausiliari in c.c.

L'alimentazione dei servizi in corrente continua è realizzata da un idoneo sistema raddrizzatore/batterie a 125 Vcc.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.23 di 38

Le caratteristiche dei raddrizzatori e batterie sono:

Raddrizzatore:

- Ingresso (c.a.): 3 x 400 / 230 Vca
- Uscita (c.c.): 125 V_{cc} +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_{cc} 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.

12.7 Misura energia elettrica

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:

- Prestazione nominale: 50VA
- Classe di precisione: 0.2

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.24 di 38

- Trasformatori di corrente: 400/5-5-5-5 A
 - Prestazione nominale: 30VA
 - Classe di precisione: 0.2

12.8 Contatore-registratore elettronico:

Tipo: contatore bidirezionale

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

Entrate: 3 x 100:√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.

13. Opere civili

Le opere civili per la costruzione della stazione 150/30 kV produttore sono di seguito descritte.

13.1 Sistemazione aree stazione 150/30 kV produttore e area comune produttori

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

13.2 Fondazioni

Si realizzeranno le fondazioni necessarie alla stabilità delle apparecchiature esterne a 150 kV e per gli edifici quadri 30 kV, comando protezione e controlli.

13.3 Basamento e deposito di olio del trasformatore 150/30 kV

Per l'installazione del trasformatore 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.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.25 di 38

13.4 Drenaggio di acqua pluviale

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

13.5 Canalizzazioni elettriche

Si costruiranno le canalizzazioni elettriche necessarie alla posa dei cavi di potenza e controllo. Queste canalizzazioni saranno formate da cunicoli e tubi, all'interno dei quali saranno posati i cavi 30 kV, di comando, di controllo e protezioni, necessari al corretto controllo e al funzionamento di tutti i componenti dell'impianto.

13.6 Accesso e viali interni

E' previsto una strada di accesso alla stazione e una strada di accesso all'area comune produttori dalla viabilità esistente; e si realizzerà la viabilità interna necessaria per l'accesso dei mezzi di trasporto e manutenzione richiesti per il montaggio e la manutenzione degli apparati della stazione e dell'area comune produttori.

13.7 Recinzioni

Le recinzioni dell'area dei sistemi AT saranno realizzate con un cordolo di fondazione in calcestruzzo armato, gettato in opera, sul quale verranno inseriti dei pilastri prefabbricati in calcestruzzo armato. La recinzione sarà alta 2,5 m dal suolo.

L'accesso all'area sarà costituito da un cancello metallico della larghezza di circa 6 metri.

13.8 Edificio quadri a 30 kV, quadri di controllo e protezione e quadri S.A. BT.

L'edificio è composto dai seguenti locali:

- Locale quadri 30 kV e trafo 30/0,400 kV;
- Locale quadro BT;
- Locale comando, controllo, protezione e servizi ausiliari;
- Locale server;

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.26 di 38

- Locale misure;
- Locale ufficio;
- Locale servizi igienici;
- Locale deposito.

13.9 Edificio quadri BT area comune produttori.

L'edificio è composto da tre locali quadri BT di comando, controllo, protezione e servizi ausiliari ed inoltre un locale misure

14. Messa a terra

La stazione e l'area comune produttori saranno dotate di una rete di dispersione interrata a 1 m di profondità.

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

- I neutri del trasformatore di potenza e misura;
- Le prese di terra dei sezionatori di messa a terra;
- Le prese di terra degli scaricatori di sovratensione.

14.1 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:

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.27 di 38

- le carcasse dei 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.

Negli edifici non si metteranno a terra:

- Le porte metalliche esterne agli edificio;
- Le sbarre anti-intrusione delle finestre;
- Le griglie esterne di ventilazione.

I cavi di messa a terra si fisseranno alla struttura e alle parti metalliche delle apparecchiature con viti e graffe speciali di lega di rame.

15. Cadute di tensione e perdite di potenza

1) Verifica della massima caduta di tensione

Per il calcolo della caduta di tensione lungo la linea si è utilizzata la seguente formula:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_B \cdot (R_L \cos \varphi + X_L \sin \varphi)$$

dove:

ΔV : caduta di tensione [V]

L: lunghezza della linea [km]

I_B : corrente di impiego [A]

$\cos \varphi$: fattore di potenza

R_L : resistenza del cavo elettrico [Ω /km]

X_L : reattanza del cavo elettrico [Ω /km]

In valore percentuale la caduta di tensione è stata calcolata come:

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.28 di 38

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_n} \cdot 100$$

V_n : Tensione nominale del sistema = 30 000 V

In base al dimensionamento eseguito emerge che il valore percentuale della caduta di tensione massima si trova sul circuito n. 2 di collegamento tra la torre eolica CA04 e le sbarre del quadro MT della stazione 150/30 kV del produttore, è risultata pari a 4,00% e coincide con il valore massimo fissato al valore del 4%, valore limite ritenuto accettabile in relazione al servizio, come richiesto dalla norma CEI 11.17.

In termini di perdite di potenza in totale è di 1,51%.

16. Dimensionamento elettrico

Nel seguito si elencano i parametri elettrici del suddetto collegamento elettrico:

- Cavo: 3X1X185 mm² tripolare sigla ARE4H5EX 18/30 kV;
- Cavo: 3X1X300 mm² tripolare sigla ARE4H5EX 18/30 kV;
- Cavo: 3X1X500 mm² tunipolare sigla ARP1H5EX 18/30 kV;
- Tipologia del sistema: trifase;
- Frequenza: 50 Hz;
- Tensione nominale: 30 kV;
- Tensione massima del sistema: 36 kV;
- Tensione nominale di riferimento per l'isolamento a frequenza d'esercizio tra un conduttore isolato qualsiasi e la terra: $U_0 = 18$ kV;
- Modalità di posa: in tubo interrato – N (CEI 11.17)

Per la determinazione della portata dei cavi si è fatto riferimento alla seguente condizione operativa definita dalla norma CEI - Unel 35027:

- Profondità Posa: 1,20 m su strada (0,80 m su strada sterrata)
- Temperatura del terreno di riferimento: 20°C
- Resistività termica del terreno: 1,5 Km/W

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.29 di 38

La modalità di posa impiegate nel suddetto calcolo relativamente alla sezione 30 kV è quella prevista per la posa dei cavi tripolari, posati dentro un tubo il cui diametro esterno $\Phi=160$ mm (superiore a 1,5 volte il diametro del cavo circoscritto), mentre per i cavi unipolari saranno posati dentro un tubo il cui diametro esterno $\Phi=200$ mm.

La norma CEI EN 35027 definisce i criteri per la determinazione della portata dei cavi di energia con tensione nominale da 1 kV a 30 kV.

La formula per il calcolo della portata è la seguente (CEI EN 35027):

$$I_z = I_0 \times k$$

$$k = k_u \times K_d \times K_p \times K_r$$

I_0 = Portata definita dalle tabelle della norma CEI EN 35027, corrispondente a specificate condizioni di posa interrata;

K = coefficiente correttivo che tiene conto dell'effettiva condizione di posa

K_{tt} = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da 20 °C;

K_d = coefficiente di correzione per spaziatura 250 mm piuttosto che 70 mm, valido per cavi direttamente interrati;

K_p = coefficiente di correzione per valori di profondità di posa differenti da 0,8 m

K_r = coefficiente di correzione per valori di resistività termica del terreno differenti da 1,5 Km/W

Per i cavidotti a 30 kV costituente l'impianto del produttore, si adottano i valori riportati nella "Tabella di sintesi calcolo elettrico"

In merito alla profondità di posa si rileva che la portata definita dalle tabelle della CEI 35027 si riferisce ad un valore di 0,8 m, assumendo come riferimento il centro del tubo. Il cavidotto 30 kV in oggetto è realizzato attraverso sezioni di scavo la cui composizione e dimensione dipende dal tipo di strada su cui è installato (vedi tavole grafiche allegate). Considerato che il diametro del tubo è 160/200 mm, si

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.30 di 38

configurano due casi:

Strada sterrata privata: profondità scavo - 0.8 m;

Strada asfaltata pubblica: profondità scavo -1.2 m.

Il calcolo della sezione dei cavi a 30 kV dell'impianto di utenza sarà realizzato nel soddisfacimento dei seguenti punti:

- 1) Verifica della portata
- 2) Verifica della massima caduta di tensione
- 3) Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il corto circuito
- 4) Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il sovraccarico

Nella "Tabella di sintesi calcolo elettrico" sono riportati i valori delle verifiche eseguite, analizzate nei paragrafi seguenti.

1) Verifica della portata

Il valore della corrente nominale sul lato MT di ciascun aerogeneratore componente il parco eolico è:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = \frac{5600000}{\sqrt{3} \cdot 30000 \cdot 0,95} = 113,10A$$

Si è assunto un fattore di potenza 0,95.

Pertanto per ciascun aerogeneratore si considera come valore della corrente d'impiego il valore $I_B=113,1$ A

Nella "Tabella di sintesi calcolo elettrico" sono riportati i valori di calcolo eseguito

Pertanto la verifica della portata è soddisfatta.

2) Verifica della massima caduta di tensione

Per il calcolo della caduta di tensione lungo la linea si è utilizzata la seguente formula:

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.31 di 38

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_B \cdot (R_L \cos \varphi + X_L \sin \varphi)$$

dove:

ΔV : caduta di tensione [V]

L: lunghezza della linea [km]

I_B : corrente di impiego [A]

$\cos \varphi$: fattore di potenza

R_L : resistenza del cavo elettrico [Ω /km]

X_L : reattanza del cavo elettrico [Ω /km]

In valore percentuale la caduta di tensione è stata calcolata come:

$$\Delta V \% = \frac{\Delta V}{V_n} \cdot 100$$

V_n : Tensione nominale del sistema = 30000 V

In base al dimensionamento eseguito emerge che il valore percentuale della caduta di tensione massima delle linee MT di collegamento tra il parco eolico e le sbarre del quadro 30 kV della stazione 150/30 kV utente è contenuto al di sotto del valore massimo fissato al valore del 4%, valore limite ritenuto accettabile in relazione al servizio, come richiesto dalla norma CEI 11.17.

In “Tabella di sintesi calcolo elettrico” sono indicati i valori del suddetto calcolo.

In seguito al calcolo della caduta di tensione si procede anche alla verifica delle perdite elettriche associate al suddetto collegamento elettrico. A tale scopo si adotta la seguente relazione:

$$P_{joule} = 3 \cdot R_L \cdot I_B^2 \cdot L$$

dove:

P_{joule} : perdite joule [W]

R_L : resistenza elettrica della linea [Ω /km]

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.32 di 38

L: lunghezza della linea [km]

I_B: corrente d'impiego del tratto [A]

In valore percentuale, si ottiene :

$$P_{joule} \% = \frac{P_{joule}}{P_{trasmessa}} \cdot 100$$

Si fa riferimento alla massima potenza che l'impianto può trasferire ossia 3000 kW.

In "Tabella di sintesi calcolo elettrico" sono riportati i valori derivanti dal calcolo in oggetto.

	Tratto	lunghezza [km]	Potenza [MW]	Cosp	Corrente d'impiego I _n [A]	Sezione cavo [mmq]	TIPO DI CAVO	RL [Ω/km]	XL [Ω/km]	I _z [A]	I _o [A]	ΔV [V]	ΔV [%]	Perdite potenza [kW]
circuito 1	Torre CA01-Torre CA02	3,80	5,6	0,95	113,6	185 mmq	ARE4H5EX	0,217	0,110	294,4	368	179,57	0,60%	10,64
	Torre CA02-Torre CA03	3,03	11,2	0,95	227,2	300 mmq	ARE4H5EX	0,134	0,100	386,4	483	188,76	0,63%	20,95
	Torre CA03-Torre CA07	1,65	16,8	0,95	340,7	300 mmq	ARE4H5EX	0,134	0,100	386,4	483	154,19	0,51%	25,67
circuito A	Torre CA07-Staz. 30/150kV	14,80	22,4	0,95	227,2	500 mmq	ARP1H5EX	0,089	0,10	499,2	624	673,36	2,24%	67,97
	Torre CA07-Staz. 30/150kV	14,80	22,4	0,95	227,2	500 mmq	ARP1H5EX	0,089	0,10	499,2	624	673,36	2,24%	67,97
	Totale	23,28											3,93%	193,19

	Tratto	lunghezza [km]	Potenza [MW]	Cosp	Corrente d'impiego I _n [A]	Sezione cavo [mmq]	TIPO DI CAVO	RL [Ω/km]	XL [Ω/km]	I _z [A]	I _o [A]	ΔV [V]	ΔV [%]	Perdite potenza [kW]
circuito 2	Torre CA04-Torre CA05	1,00	5,6	0,95	113,6	185 mmq	ARE4H5EX	0,217	0,110	294,4	368	47,26	0,16%	2,80
	Torre CA05-Torre CA06	1,35	11,2	0,95	227,2	185 mmq	ARE4H5EX	0,217	0,110	294,4	368	127,59	0,43%	15,12
circuito B	Torre CA06-Staz. 30/150kV	15,10	16,8	0,95	340,7	500 mmq	ARP1H5EX	0,089	0,10	499,2	624	1030,52	3,42%	156,03
	Totale	17,45											4,00%	173,94
	TOTALE PERDITE CAVIDOTTO 30 kV													367,14
	PERDITE TR 45 MVA - 150/30 kV													225,00
	PERDITE TOTALE IMPIANTO													592,14
														1,51%

Tabella di sintesi calcolo elettrico

3. Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il corto circuito

La sezione del conduttore viene scelta in maniera tale che la temperatura raggiunta dal conduttore per effetto della sovracorrente non sia dannosa, come entità e durata, per l'isolamento o per gli altri

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.33 di 38

materiali con cui il conduttore è in contatto o in prossimità.

Qualora la sovracorrente sia praticamente costante e il fenomeno termico sia di breve durata (cortocircuito) in modo da potersi considerare di puro accumulo (regime adiabatico), il cavo risulta protetto se è soddisfatta la seguente relazione (integrale di Joule):

$$\int_0^{t_g} i^2 dt \leq K^2 S^2$$

- i = valore istantaneo della corrente di cortocircuito
- $\int_0^{t_g} i^2 dt$ = energia specifica passante nel dispositivo di protezione
- t_g = tempo d'interruzione del guasto (tempo d'apertura dei contatti + tempo d'estinzione dell'arco elettrico) = 0,25 s
- S = Sezione del cavo
- $K^2 S^2$ = energia ammissibile dal cavo (ipotesi di sistema adiabatico)

K è una costante caratteristica del cavo. E' un valore indicato dalle Norme (CEI 11-17) ed è stabilito in funzione della temperatura massima ammissibile di funzionamento del conduttore (90°C), della temperatura massima di cortocircuito per i diversi isolanti specificati nella Norma 11-17 (250°C) e del tipo di conduttore. Per un cavo isolato in EPR/XLPE, con conduttore in alluminio $K=92$.

Se tale disuguaglianza è soddisfatta, in corrispondenza del passaggio di una corrente di corto circuito all'interno del cavo, è rispettata la condizione di non superamento della temperatura massima ammissibile del cavo in corto circuito. Nell'ipotesi che il fenomeno abbia una durata superiore ad un decimo di secondo è sufficientemente verificata la seguente relazione:

$$I_{CC}^2 \cdot t_g \leq K^2 S^2$$

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.34 di 38

I_{cc} = valore efficace della componente simmetrica della corrente di cortocircuito

Ai fini cautelativi si considera la massima corrente di corto circuito che si può verificare sull'impianto 16 kA (valore di dimensionamento delle sbarre quadro a 30 kV della stazione 150/30 kV).

$$I_{cc} = 16 \text{ kA}$$

Nota il valore della corrente di corto circuito si passa alla determinazione della sezione minima:

$$S \geq \frac{I_{cc}}{K} \cdot \sqrt{t_g} \quad \Rightarrow \quad S = (16000/92) \times 0.5 = 86,97 \text{ mm}^2$$

Pertanto in riferimento al sistema elettrico in progetto, risulta calcolato il valore della sezione minima del cavo 30kV in alluminio isolato in EPR / XLPE protetta dal corto circuito. Essendo la sezione minima dei cavi 30 kV pari a 95 mm² è soddisfatta la condizione di verifica al corto-circuito.

4. Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il sovraccarico

In merito alla condizione di verifica al sovraccarico, occorre seguire quanto prescritto all'interno della norma CEI 11.17; è necessario evitare che valori di corrente superiori alla portata del cavo possano determinare fenomeni di invecchiamento precoce dell'isolante del cavo stesso. A tale fine è sufficiente che la corrente di taratura della soglia termica dell'interruttore magnetotermico installato a protezione del cavo in oggetto (I_r) non sia maggiore della portata del cavo stesso. Pertanto occorre regolare la soglia di intervento termico affinché risulti $I_r < I_Z$.

In conclusione le sezioni dei cavi 30 kV previste (95, 185 e 500 mm²) in alluminio risultano essere tali da soddisfare tutti i vincoli elettrici indicati ai punti precedenti 1) 2) 3) e 4).

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.35 di 38

17. Norme di riferimento

Per la redazione del presente progetto si è fatto riferimento, alla seguente normativa:

- D.Lgs. 387/2003
- D.Lgs. 28/2011
- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- Norma CEI 11-32; V1: Impianti di produzione eolica;
- Norma CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- Norma CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici;
- Norma CEI EN 50110-1-2 Esercizio degli impianti elettrici;
- Norma CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Norma CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- Norma CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- Norma CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- Norma CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- Norma CEI EN 60721-3-3 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60721-3-4 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua;
- Norma CEI EN 62271-100 Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.36 di 38

- Norma CEI EN 62271-102 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione;
- Norma CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V;
- Norma CEI EN 60044-1 Trasformatori di corrente;
- Norma CEI EN 60044-2 Trasformatori di tensione induttivi;
- Norma CEI EN 60044-5 Trasformatori di tensione capacitivi;
- Norma CEI EN 60076-1 Trasformatori di potenza;
- Norma CEI EN 60137 Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1 kV;
- Norma CEI EN 60099-4 Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata;
- Norma CEI EN 60099-5 Scaricatori – Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione;
- Norma CEI EN 60694 Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione;
- Norma CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP) ;
- Norme CEI EN 61284 Linee aeree – Prescrizioni e prove per la morsetteria;
- Norma CEI EN 61400 Sistemi di generazione a turbina eolica;
- Norma CEI-UNEL 35027: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV - Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata;
- Guida Terna – Criteri di connessione degli impianti di produzione al sistema di difesa Terna.

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.37 di 38

Sommario

1. Premessa.....	2
2. Descrizione generale dell'impianto	3
3. Sistema di connessione a 150 KV COGEIN ENERGY ed altri produttori alla Stazione Elettrica di smistamento Terna a 150 kV di Morcone.....	3
4. Collegamento del sistema di connessione 150 kV COGEIN ENERGY ed altri produttori alla Stazione Elettrica di smistamento Terna 150 kV di Morcone	4
5. Sistema per la condivisione dello stallo Terna a 150 kV produttori annesso alla stazione 150/30 kV COGEIN ENERGY.....	4
6. Stazione di trasformazione 150/30 kV del produttore.....	4
5.1 Quadro media tensione a 30 kV per il collegamento degli aerogeneratori alla rete elettrica	6
5.2 Trasformatore S.A. 30/0,4KV – 100 kVA.....	7
5.3 Quadro di distribuzione BT	7
5.4 Quadro di comando, controllo e protezione	7
5.5 Quadro UPS e distribuzione 400/230 Vca	7
5.6 Quadro raddrizzatore e distribuzione 110 Vcc	8
5.7 Opere ausiliarie.....	8
6. Cavidotti a 30kV	8
7. Aerogeneratori.....	9
7.1 Quadri 30 kV aerogeneratori.....	9
7.2 Apparecchiature generatori eolici	9
7.3 Sistema di controllo (SCADA).....	10
8. Descrizione, caratteristiche e verifiche delle opere elettromeccaniche	10
8.1 Caratteristiche apparecchiature AT.....	10
8.2 Interruttori Automatici	11
8.3 Sezionatori motorizzati.....	12
8.4 Trasformatori di corrente TA	13
8.5 Trasformatori di tensione capacitivi TVC.....	14
8.6 Trasformatori di tensione induttivi TVI.....	15
8.7 Scaricatori di sovratensione	16
8.8 Trasformatore di potenza	16
9. Servizi ausiliari	17

COGEIN ENERGY S.R.L.	Impianto: Impianto eolico di potenza nominale di 39,2 MW	Documento: RT. 01	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA SISTEMI ELETTRICI	REV. N. 00	Pag.38 di 38

10. Reti di terra stazione 150/30 kV COGEIN ENERGY, sbarre smistamento 150 kV produttori e aerogeneratori	18
11. Caratteristiche dei cavi a 30 kV.....	19
11.1 Profondità di posa e disposizione dei cavi.....	19
12. Sezione 30 kV	19
12.1 Scomparti a media tensione (30 kV).....	20
12.2 Tipo di scomparti 30kV	20
12.3 Caratteristiche dell'apparecchiatura	21
12.4 Servizi ausiliari	22
12.5 Servizi ausiliari in c.a.....	22
12.6 Servizi ausiliari in c.c.	22
12.7 Misura energia elettrica	23
12.8 Contatore-registratore elettronico:.....	24
13. Opere civili	24
13.1 Sistemazione aree stazione 150/30 kV produttore e area comune produttori	24
13.2 Fondazioni	24
13.3 Basamento e deposito di olio del trasformatore 150/30 kV	24
13.4 Drenaggio di acqua pluviale.....	25
13.5 Canalizzazioni elettriche	25
13.6 Acceso e viali interni	25
13.7 Recinzioni.....	25
13.8 Edificio quadri a 30 kV, quadri di controllo e protezione e quadri S.A. BT.	25
13.9 Edificio quadri BT area comune produttori.	26
14. Messa a terra	26
14.1 Messa a terra di protezione.....	26
15. Cadute di tensione e perdite di potenza	27
16. Dimensionamento elettrico.....	28
17. Norme di riferimento	35