

23_24_EO_ENE_CRC_AU_ARE_15_00	DICEMBRE 2023	DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI	Massimiliano Pacifico	Arch. Paola Pastore	Ing. Leonardo Filotico
23_24_EO_ENE_CRC_AU_ARE_15_00	OTTOBRE 2023	DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI	Massimiliano Pacifico	Arch. Paola Pastore	Ing. Leonardo Filotico
N. ELABORATO	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO

OGGETTO:

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

COMMITTENTE:

KHAKY ENERGY S.r.l.
Z.I. Lotto n.31
74020 San Marzano di S.G. (TA)

TITOLO:

A.PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
A.15

Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

PROJETTO engineering s.r.l.

società d'ingegneria

direttore tecnico

Ph.D. Ing. LEONARDO FILOTICO

Sede Legale: Via dei Mille, 5 74024 Manduria
 Sede Operativa: Z.I. Lotto 31 74020 San Marzano di S.G. (TA)
 tel. 099 9574694 Fax 099 2222834 cell. 349.1735914
 studio@projetto.eu
 web site: www.projetto.eu

P.IVA: 02658050733



NOME FILE
 A.15

SOSTITUISCE:

SOSTITUITO DA:

CARTA:
A4

SCALA:
 /

ELAB.
RE.15

INDICE

1	GENERALITÀ	2
2	COMPONENTI DELL'IMPIANTO (ROTORE, SISTEMA DI ORIENTAMENTO DEL ROTORE; SISTEMA DI CONTROLLO)	3
2.1	ROTORE E PALE	3
2.2	SISTEMA DI ROTAZIONE	4
2.3	SISTEMA DI FRENATA	5
2.4	SISTEMA DI ORIENTAMENTO	5
2.5	NAVICELLA EOLICA	6
2.6	TORRE DI SOSTEGNO	6
2.7	UNITA' DI CONTROLLO E DI POTENZA	7
2.8	IMPIANTO ELETTRICO DEL GENERATORE EOLICO	8
2.9	SISTEMA DI IMBARDATA	8
2.10	SISTEMA DI CONTROLLO	9
3	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	10
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE ELETTRICHE DI CONNESSIONE	12
4.1	SEZIONE 30 KV	12
4.2	SEZIONE 36 KV	13
4.3	CAVIDOTTO AT	14
4.4	IMPIANTO DI TERRA	14
5	OPERE CIVILI	16
6	SERVIZI AUSILIARI	17
6.1	SISTEMA DI PROTEZIONE E MONITORAGGIO	17
7	IMPIANTO DI ACCUMULO ELETTROCHIMICO	18
7.1	DESCRIZIONE GENERALE	18
7.2	STRUTTURA DEL SISTEMA BESS	20

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

1 GENERALITÀ

Il parco eolico "Serra della Croce" è costituito da 8 aerogeneratori e dalle opere connesse (opere di fondazione, piazzali, viabilità e cavidotti). Le coordinate planimetriche e le altezze mozzo di ogni singola macchina sono riportate nella tabella che segue.

Gli aerogeneratori in progetto sono così suddivisi e ubicati nel territorio della provincia di Matera, si riportano di seguito le coordinate WGS 84.

2

Tabella 1 | Coordinate degli aerogeneratori

Denominazione	X (m)	Y (m)	Modello	Altezza Mozzo (m)
WTG01	612818	4466445	SG6.0-170	115
WTG02	613052	4471777	SG6.0-170	115
WTG03	614288	4471268	SG6.0-170	115
WTG04	612009	4467852	SG6.0-170	115
WTG05	612048	4469460	SG6.0-170	115
WTG06	611942	4466900	SG6.0-170	115
WTG07	614016	4469145	SG6.0-170	115
WTG08	613595	4472578	SG6.0-170	115

2 COMPONENTI DELL'IMPIANTO (ROTORE, SISTEMA DI ORIENTAMENTO DEL ROTORE; SISTEMA DI CONTROLLO)

Per il Parco eolico di progetto da realizzarsi nel territorio del Comune di Stigliano (MT) e Aliano (MT) è stato preso in considerazione un aerogeneratore da 6.0 MW di SIEMENS GAMESA avente un rotore tripala con un sistema di orientamento attivo.

Si tratta di una macchina della più avanzata tecnologia con una potenza nominale di 6.0 MW e fornita delle necessarie certificazioni rilasciate da organismi internazionali. Il rotore ha un diametro massimo di 170 m e un sistema di controllo capace di adattare l'aerogeneratore per operare in un ampio intervallo di velocità del rotore.

Il numero di aerogeneratori previsti è 8 per una potenza totale installata di 48 MW. Gli aerogeneratori sono collocati, come si può evincere dagli elaborati grafici, ad un'interdistanza maggiore di 3 volte il diametro, gli stessi sono disposti perpendicolarmente rispetto alla direzione del vento dominante. L'aerogeneratore è progettato per un intervallo di temperatura compreso fra -20°C e $+40^{\circ}\text{C}$. Al di fuori di questo intervallo devono osservarsi precauzioni particolari. L'umidità relativa può arrivare anche al 100%.

2.1 ROTORE E PALE

Il rotore è costituito da 3 pale disposte in maniera aerodinamica e costruite in resine di poliestere rinforzate con fibra di vetro fissate ad un nucleo metallico. Le caratteristiche principali del rotore sono:

Tabella 2 | Caratteristiche degli aerogeneratori

Diametro massimo	170 m
Area spazzata	22.698 m ²
Senso di rotazione	in senso orario (vista frontale)
Orientamento rotore	sopravento
Angolo di inclinazione	6°
Numero di pale	3
Freno aerodinamico	Pale in bandiera

Il generatore avrà una velocità nominale di rotazione tra 1120 rpm e 1344 rpm. Combinato con un sistema di regolazione del passo delle pale, fornisce la migliore resa possibile adattandosi nel contempo alla specifiche della rete elettrica (accoppiamento con generatore) e minimizzando le emissioni acustiche. Le pale avranno

una lunghezza massima di 85 m, pertanto, poiché il rotore è installato in cima alla torre ad un'altezza di 115 m, il massimo sviluppo verticale del sistema torre - pale sarà di 200 m. Le pale, a profilo alare, sono ottimizzate per operare a velocità variabile e saranno protette dalle scariche atmosferiche da un sistema parafulmine integrato secondo lo standard IEC 1024-1. Questo sistema conduce il fulmine attraverso i lati della pala dalla punta sino alla giunzione del rotore e da qui sino al sistema di protezione di terra e consente di proteggere ogni componente dell'aerogeneratore.

L'interfaccia tra il rotore ed il sistema di trasmissione del moto è il mozzo. I cuscinetti delle pale sono imbullonati direttamente sul mozzo, che sostiene anche le flange per gli attuatori di passo e le corrispondenti unità di controllo. Durante il funzionamento i sistemi di controllo della velocità e del passo interagiscono per ottenere il rapporto ottimale tra massima resa e minimo carico. Con bassa velocità del vento e a carico parziale il generatore eolico opera a passo delle pale costante e velocità del rotore variabile, sfruttando costantemente la migliore aerodinamica possibile al fine di ottenere un'efficienza ottimale. La bassa velocità del rotore alle basse velocità mantiene bassi i livelli di emissione acustica. A potenza nominale ed ad alte velocità del vento il sistema di controllo del rotore agisce sull'attuatore del passo delle pale per mantenere una generazione di potenza costante. Le raffiche di vento fanno accelerare il rotore che viene gradualmente rallentato dal controllo del passo. Questo sistema di controllo permette una riduzione significativa del carico sul generatore eolico fornendo contemporaneamente energia ad alto livello di compatibilità. Oltre a controllare la potenza in uscita il controllo del passo serve da sistema di sicurezza primario. Durante la normale azione di frenaggio i bordi d'attacco delle pale vengono ruotati in direzione del vento. Il meccanismo di controllo del passo agisce in modo indipendente su ogni pala. Pertanto nel caso in cui l'attuatore del passo dovesse venire a mancare su due pale, la terza può ancora riportare il rotore sotto controllo ad una velocità di rotazione sicura nel giro di pochi secondi. In tal modo si ha un sistema di sicurezza a tripla ridondanza. Quando l'aerogeneratore è in posizione di parcheggio le pale del rotore vengono messe a bandiera. Ciò riduce nettamente il carico sull'aerogeneratore, e quindi sulla torre. Tale posizione, viene pertanto attuata in condizioni climatiche di bufera.

2.2 SISTEMA DI ROTAZIONE

Il nucleo di supporto delle pale si avvita a quello principale del sistema appoggiato su due supporti a rulli sferici che assorbono gli sforzi assiali e radiali del rotore. L'albero principale trasmette la potenza al generatore attraverso la scatola ad ingranaggi - moltiplicatore di giri.

La scatola ad ingranaggi è costituita da una trasmissione combinata planetario-ruota elicoidale. Dal moltiplicatore di giri la potenza è trasmessa al generatore elettrico mediante un accoppiamento in materiale composito, esente da manutenzione. Il generatore elettrico ad induzione è uno speciale generatore asincrono a 4 poli con rotore avvolto

2.3 SISTEMA DI FRENATA

L'aerogeneratore è equipaggiato con 2 sistemi indipendenti di frenata (aerodinamico e meccanico) attivati idraulicamente e interconnessi per controllare la turbina in tutte le condizioni di funzionamento. Il sistema di regolazione del passo (noto come "pitch") delle pale si utilizza per frenare la turbina cosicché, quando le pale girano perpendicolari all'asse longitudinale, il rotore riduce la superficie esposta al vento.

Peraltro il sistema di frenata meccanico incorpora un freno a disco idraulico fissato all'asse ad alta velocità ed integrato con un disco di frenata e ganasce idrauliche con pastiglie prive di amianto.

2.4 SISTEMA DI ORIENTAMENTO

L'aerogeneratore dispone di un sistema di orientamento attivo. L'allineamento della gondola con la direzione del vento avviene mediante 4 motoriduttori che fanno presa sull'ingranaggio della corona di orientamento della torre. La banderuola situata sulla copertura della gondola invia un segnale al controllo il quale aziona i motori di orientamento che a loro volta ruotano la turbina. I componenti del sistema sono di seguito specificati:

Tabella 3 | Componenti del sistema di orientamento

Banderuola tipo	Optoelettrico
Tipo	cuscinetto piano con frizione incorporata
Materiale	anelli d'imbardata, cuscinetti piani, PETP

Tabella 4 | Trasmissione di imbardata

Tipo	ingranaggi a cremagliera/planetari 2° step planetari 1° step e cremagliera autobloccante
Generatore	Asincrono DFIG, 6.350 kW 6 poli
Controllo	protezione contro torsione dei cavi

Come caratteristica addizionale di sicurezza, il sistema di orientamento può essere utilizzato, mediante attivazione manuale per ruotare la gondola e il piano del rotore fuori dalla direzione del vento nel caso ciò sia necessario.

2.5 NAVICELLA EOLICA

Tutti i componenti descritti sono situati sulla piattaforma della gondola. Dentro la gondola è anche contenuto il trasformatore di potenza. La potenza elettrica generata a 690 V è inviata ad un trasformatore che restituisce in uscita una potenza di 6,0 MW a 30 kV. Questo trasformatore è sistemato all'interno della navicella o gondola onde evitare ingombri alla base del pilone o sul terreno. Il telaio è composto da profilati tubolari, cavi e lastre di acciaio. Il telaio della gondola poggia sulla corona di orientamento e slitta su un alloggiamento di nylon per evitare che gli sforzi trasmessi generino eccessive tensioni sugli ingranaggi del sistema di orientamento. Il peso totale della gondola, inclusi i dispositivi contenuti, è di 62 tonnellate.

La gondola incorpora oltre agli elementi descritti, un anemometro elettronico (in un braccio rotante connesso alla banderuola) connesso all'unità di controllo per ottimizzare la produzione energetica dell'aerogeneratore. Tutto il macchinario, ad eccezione dell'anemometro e della veletta, è protetto da un involucro chiuso, di fibre di vetro, che poggia su una banda in gomma sui bordi del telaio. Questo tipo di chiusura totale protegge i diversi componenti dagli agenti atmosferici, e nello stesso tempo riduce il rumore dell'aerogeneratore impedendo la sua trasmissione attraverso l'aria.

Ciò nonostante l'involucro incorpora i fori di ventilazione sufficienti a garantire un'efficace raffreddamento del moltiplicatore e del generatore. La parte superiore dell'involucro può essere aperta permettendo al personale di servizio di stare in piedi nella gondola per la manutenzione dei componenti o per sostituirli senza smontare l'involucro stesso. Un apertura situata sulla parte frontale dell'involucro permette l'introduzione del rotore e degli appoggi delle pale. Inoltre nella gondola è installata un circuito di illuminazione. La piattaforma della gondola dispone di un foro per accedervi dalla torre.

2.6 TORRE DI SOSTEGNO

L'aerogeneratore è alloggiato su una torre metallica tubolare troncoconica d'acciaio zincata e verniciata di altezza pari a 115 m (le coordinate degli aerogeneratori con le rispettive altezze di mozzo sono esplicitate nella tabella al capitolo 1 della presente relazione). Nel suo interno è posizionata una scala per accedere alla gondola, completa di dispositivi di sicurezza e di piattaforma di disaccoppiamento e protezione. Sono presenti anche elementi per il passaggio dei cavi elettrici e un dispositivo ausiliario di illuminazione. Vi si accede tramite una porta posta nella parte inferiore. All'interno della torre può essere montato un ascensore-montacarichi. La torre viene costruita in sezioni che vengono unite tramite flangia interna a piè d'opera e viene innalzata mediante una gru ancorata alla fondazione con un'altra flangia.

2.7 UNITA' DI CONTROLLO E DI POTENZA

L'unità di controllo e potenza, monitora tutte le funzioni critiche dell'aerogeneratore al fine di ottimizzare, in ogni momento, il funzionamento dello stesso in tutta la gamma di velocità del vento; esse possono riassumersi come segue:

Sincronizzazione della velocità di rotazione con quella nominale, prima della connessione alla rete, per limitare l'intensità di connessione;

- connessione degli aerogeneratori mediante IGBT per limitare la corrente;
- come risultato, l'intensità di connessione minore della corrente a pieno carico;
- regolazione dell'angolo di passo delle pale per ottimizzare il funzionamento dell'aerogeneratore conseguendo:
 - ottimo adattamento della potenza nominale
 - connessione dell'aerogeneratore
 - avviamento senza consumo di energia
 - minori carichi sulla struttura
 - fermo dell'aerogeneratore senza utilizzazione del freno meccanico
 - ottima produttività sotto ogni condizione del vento
 - vita utile prevista di 20 anni.
- grazie alla regolazione del passo non è necessario l'avviamento del motore;
- orientamento automatico verso la direzione del vento;
- dispositivo di compensazione disegnato per compensare anche il consumo a vuoto del generatore;
- controllo dell'unità idraulica;
- controllo della rete elettrica;
- controllo delle funzioni di sicurezza;
- fermo della turbina in caso di errore.

Il sistema VMP consta di due microprocessori interconnessi, rispettivamente posizionati in unità di controllo alla base della torre e nella gondola. Nel quadro dei fusibili (FUSE SECTION) è collocato un relè di scarico a terra, un interruttore automatico per l'illuminazione e i punti di potenza della torre tubolare. Nel quadro generale (bus bar section) ci sono due interruttori principali, uno per il generatore e l'altro per il sistema VMP. Con esso si ottiene che, anche con l'interruttore generale disconnesso, permane tensione nell'unità di controllo e nel dispositivo ausiliario di servizio. Nel quadro del microprocessore (processor section), è alloggiato il microprocessore dell'unità di controllo con pannello operativo.

2.8 IMPIANTO ELETTRICO DEL GENERATORE EOLICO

L'impianto elettrico è un componente fondamentale per un rendimento ottimale ed una fornitura alla rete di energia di prima qualità. Il generatore asincrono a doppio avvolgimento consente il funzionamento a velocità variabile con limitazione della potenza da inviare al circuito del convertitore, ed in tal modo garantisce le condizioni di maggior efficienza dell'aerogeneratore.

Con vento debole la bassa velocità di inserimento va a tutto vantaggio dell'efficienza, riduce l'emissioni acustiche, migliora le caratteristiche di fornitura alla rete. Il generatore a velocità variabile livella le fluttuazioni di potenza in condizioni di carico parziale ed offre un livellamento quasi totale in condizioni di potenza nominale. Ciò porta a condizioni di funzionamento più regolari dell'aerogeneratore e riduce nettamente i carichi dinamici strutturali.

Le raffiche di vento sono "immagazzinate" dall'accelerazione del rotore e sono convogliate gradatamente alla rete. La tensione e la frequenza fornite alla rete restano assolutamente costanti. Inoltre il sistema di controllo del convertitore può venire adattato ad una grande varietà di condizioni di rete e può persino servire reti deboli.

Il generatore è completamente incapsulato ed ha una classe di protezione IP65. Il calore in eccesso viene disperso nell'atmosfera mediante uno scambiatore aria-aria che fa uso di canali fonoassorbenti. Il convertitore è controllato attraverso circuiti di elettronica di potenza da un microprocessore a modulazione di ampiezza d'impulso. La fornitura di corrente è quasi completamente priva di flicker, la gestione regolabile della potenza reattiva, la bassa distorsione, ed il minimo contenuto di armoniche definiscono una fornitura di energia eolica di alta qualità. La bassa potenza di cortocircuito permette una migliore utilizzazione della capacità di rete disponibile e può evitare costosi interventi di potenziamento della rete.

2.9 SISTEMA DI IMBARDATA

L'aerogeneratore è dotato di due banderuole riscaldate a controllo incrociato per l'esatta corrispondenza dei segnali. Esse forniscono una misurazione molto accurata della direzione del vento. L'esatto allineamento del rotore alla direzione del vento è un requisito essenziale per ottimizzare la resa e contemporaneamente evitare carichi aggiuntivi sull'aerogeneratore causati da un flusso d'aria obliquo. Il basamento è collegato alla torre per mezzo di una ralla a quattro contatti con dentatura esterna. L'imbardata della navicella è ottenuta per mezzo di quattro motoriduttori. Tra un movimento di imbardata e l'altro la navicella viene ancorata per mezzo di dieci pinze (freno d'imbardata) in modo da evitare che l'anello di imbardata sia soggetto a momenti d'imbardata esterni. Durante il movimento la pressione del freno viene solo ridotta per evitare l'inversione di direzione della dentatura durante l'imbardata e quindi proteggerla.

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

I freni di imbardata ricevono la necessaria pressione da una centralina oleodinamica così come il freno di sicurezza del sistema di trasmissione. Per garantire la sicurezza del funzionamento in ogni condizione, l'impianto idraulico è dotato di diversi accumulatori che garantiscono la necessaria pressione dei freni anche nel caso in cui venisse a mancare l'alimentazione.

2.10 SISTEMA DI CONTROLLO

Tutto il funzionamento dell'aerogeneratore è controllato da un sistema a microprocessori che attua un'architettura multiprocessore in tempo reale. Tale sistema è collegato a un gran numero di sensori mediante cavi a fibre ottiche. In tal modo si garantisce la più alta rapidità di trasferimento del segnale e la maggior sicurezza contro le correnti vaganti o le scariche atmosferiche. Il computer installato nell'impianto definisce i valori di velocità del rotore e del passo delle pale e funge quindi anche da sistema di supervisione dell'unità di controllo distribuite dell'impianto elettrico e del meccanismo di controllo del passo alloggiato nel mozzo. La tensione di rete, la fase, la frequenza, la velocità del rotore e del generatore, varie temperature, livelli di vibrazione, la pressione dell'olio, l'usura delle pastiglie dei freni, l'avvolgimento dei cavi, nonché le condizioni meteorologiche vengono monitorate continuamente. Le funzioni più critiche e sensibili ai guasti vengono monitorate con ridondanza. In caso di emergenza si può far scattare un rapido arresto mediante un circuito cablato in emergenza, persino in assenza del computer e dell'alimentazione esterna.

Tutti i dati possono essere monitorati a distanza da un PC collegato mediante una linea telefonica, in modo che l'operatore e il personale della manutenzione possano ricevere in qualsiasi momento informazioni complete sullo stato dell'aerogeneratore. Sono previsti vari livelli, protetti da password, che permettono persino il telecomando dell'aerogeneratore sulla base di appropriati privilegi di accesso.

3 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto eolico con denominazione "Serra della Croce", ricade nel Comune di Stigliano (MT) e Aliano (MT), è costituito da n.8 aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore asincrono trifase ($V = 30.000V$, $P = 6.000 \text{ kW}$). Queste macchine sono collegate al rispettivo trasformatore MT/BT di macchina (30/0,69 kV).

Le turbine eoliche sono raggruppate in tre gruppi eolici, un gruppo è composto da n. 2 aerogeneratori e due gruppi sono formati da n.3 aerogeneratori, ogni gruppo è interconnesso tramite una linea MT a 30 kV alla stazione di utenza (AT/MT) di proprietà di Khaky Energy s.r.l.. La stazione di utenza sarà connessa in antenna al futuro ampliamento a 36 kV della Stazione di Trasformazione 380/150 kV "Aliano". Ogni aerogeneratore è dotato di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione.

L'impianto sarà quindi suddiviso in più gruppi di aerogeneratori che convergeranno in un punto comune che ospiterà la trasformazione dell'energia in alta tensione per l'erogazione in rete.

All'impianto di generazione sarà connesso un impianto di accumulo elettrochimico (BESS) avente una potenza di 50,0 MW (200 MWh). La potenza in immissione prevista è dato dal contributo della potenza prodotta dal parco eolico e quello dato dal sistema di accumulo, raggiungendo il valore di 98 MW (ac).

L'impianto è pertanto composto dalle seguenti strutture:

- n. 8 aerogeneratori con annesse all'interno tutte le apparecchiature di macchina;
- n. 1 sistema BESS, costituito da n 80 cabine di accumulatori elettrochimici, n. 10 cabine di conversione e trasformazione, n.2 cabine MT, n. 1 cabina per l'alimentazione dei servizi ausiliari;
- cavidotti di media tensione a 30 kV che realizzano la rete elettrica interna al parco eolico;
- n.1 stazione elettrica AT/MT (36/30 kV) con un trasformatore della potenza di 110 MVA e rapporto di trasformazione 36/30 kV, un edificio di stazione ospitante i quadri elettrici di arrivo dal parco eolico e partenza verso il trasformatore di potenza, nonché i quadri elettrici di alta tensione (AT) a 36 kV per l'attestazione dei cavi di connessione alla stazione elettrica RTN. Inoltre nell'edificio della stazione utente saranno ubicati i locali delle apparecchiature di controllo, misura, alimentazione dei servizi ausiliari, locali ufficio e magazzino.
- cavidotto a 36 kV per la connessione della stazione utente al futuro edificio produttori a 36 kV della stazione elettrica RTN 380/150 kV.

Si riportano di seguito i dati relativi ai vari componenti dell'impianto.

RETE MT - AT

- Sistema trifase
- Frequenza: 50 Hz
- Tensione nominale lato MT: 30 kV
- Tensione nominale lato AT: 36 kV
- Corrente massima di cortocircuito trifase (lato AT-RTN): 31,5 kA
- Corrente massima di cortocircuito monofase (lato AT-RTN): 40 kA

GENERATORI ASINCRONI

- Tensione nominale 0.69 kV
- Potenza nominale 6.000 kW

TRASFORMATORI MT/BT

- Potenza nominale 6.000 kW
- Rapporto trasformazione 30/0.69 kV
- Collegamento Dyn 11

TRASFORMATORE MT/AT

- Potenza nominale 110 MVA
- Rapporto nominale 36/30 kV
- Tensione di c.to c.to 13 %
- Tipologia di fluido isolante: olio minerale
- Raffreddamento: ONAN-ONAF

TRASFORMATORE SA

- Potenza nominale 100 kVA
- Rapporto nominale $30 \pm 2 \times 2.5\%$ / 0.4 kV
- Tensione di c.to c.to 4 %
- Collegamento Dyn11
- Tipologia: avvolgimenti inglobati in resina
- Raffreddamento: AN

La potenza in immissione prevista è data dal contributo della potenza prodotta da tutti gli aerogeneratori del parco eolico e dal sistema di accumulo elettrochimico, raggiungendo il valore di 98 MW (ac).

4 DESCRIZIONE DELLE OPERE ELETTRICHE DI CONNESSIONE

L'intervento in oggetto consiste nella realizzazione di una nuova stazione di trasformazione 36/30 kV connessa in antenna all'ampliamento a 36 kV della SE RTN 380/150 kV di "Aliano". La connessione prevede la realizzazione di un cavidotto della tensione di 36 kV, il tracciato dell'elettrodotta è stato individuato secondo con i seguenti aspetti:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato per occupare la minor porzione possibile di territorio;
- minimizzare l'interferenza ambientale;
- assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l'affidabilità della Rete di Trasmissione Nazionale;
- permettere il regolare esercizio e manutenzione degli elettrodotti.

Le opere di connessione comprendono i seguenti impianti:

- n.1 impianto di trasformazione 36/30 kV per la connessione dell'impianto eolico in progetto di proprietà Khaky Energy s.r.l., codice pratica 202202452;
- cavidotto a 36 kV per la connessione della stazione utente all'edificio produttori a 36 kV della Stazione Elettrica RTN 380/150/36 kV.

Gli impianti sono provvisti di sezionatori con lame di terra, trasformatori di tensione e corrente, interruttori e scaricatori di tensione.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato A.16.b.27 "Relazione tecnica delle opere di connessione"

4.1 SEZIONE 30 KV

La sezione in media tensione è composta dai quadri elettrici di media tensione a 30 kV costituiti da interruttori di protezione e sezionatori a vuoto isolati in esafluoro di zolfo SF₆, ad alto potere di interruzione, la derivazione verso il trasformatore sarà prelevata a valle del sezionatore con cavi MT aventi terminali opportunamente isolati. Al fine di impedire manovre errate, tutti i quadri elettrici avranno i dispositivi di interblocco elettrico con i corrispondenti interruttori generali, oltre ai dispositivi di interblocco meccanico.

Caratteristiche di massima dei componenti MT:

- | | |
|-------------------------------------|-------------|
| • tensione di esercizio nominale Vn | 30 kV |
| • tensione di isolamento nominale | 36 kV |
| • tensione di prova a 50 Hz | 1 min 70 kV |
| • tensione di tenuta ad impulso | 170 kV |

• frequenza nominale	50 Hz
• corrente nominale in servizio continuo In	2000 A
• corrente ammissibile di breve durata IK	25 kA
• corrente di cresta IP	2,5x· IK
• temperatura di esercizio	-5 ÷ +40 °C

4.2 SEZIONE 36 KV

L'avvolgimento secondario del trasformatore di potenza AT/MT è collegato mediante la sezione a 30 kV ai sistemi di produzione, invece l'avvolgimento primario sarà collegato ai quadri elettrici a 36 kV presenti nell'apposito locale del fabbricato. Tutti i quadri elettrici avranno i dispositivi di interblocco elettrico con i corrispondenti interruttori generali, oltre ai dispositivi di interblocco meccanico.

L'inserimento dell'impianto alla rete di distribuzione sarà:

- di tipo in antenna su Stazione Elettrica connessa alla linea AT;
- con sistema a singolo collegamento;
- con interruttori utilizzati come organi di manovra e interruzione (soluzione normale).

Tutto l'impianto e le apparecchiature installate saranno corrispondenti alle prescrizioni delle Norme CEI generali (99-2) e specifiche.

Si riportano di seguito le caratteristiche del trasformatore trifase:

• tensione massima	46 kV
• frequenza	50 Hz
• rapporto di trasformazione	36±10x1,25%/30 kV/30 kV
• livello d'isolamento nominale all'impulso atmosferico	170 kV
• livello d'isolamento a frequenza industriale	70 kV
• tensione di corto circuito	13 %
• collegamento avvolgimento Primario	Stella
• collegamento avvolgimento Secondario	Triangolo
• potenza in servizio continuo	110 MVA

Il trasformatore di elevazione 36/30 kV sarà conforme alle prescrizioni delle Norme CEI 14-4, gli avvolgimenti saranno realizzati in rame elettrolitico, la regolazione di tensione avverrà tramite prese sull'avvolgimento a 36 kV, mediante commutatore sotto carico.

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

I quadri elettrici con livello di tensione di 36 kV saranno completi di idonei isolatori portanti in porcellana per tensione nominale di 70 kV, con tenuta ad impulso pari a 170 kV e della carpenteria metallica in acciaio zincato per il sostegno di: scaricatori, sezionatori, interruttori, trasformatori di corrente, trasformatori di tensione, isolatori portanti e varie.

4.3 CAVIDOTTO AT

14

L'energia dell'impianto di trasformazione sarà immessa sulla sezione produttore del futuro ampliamento a 36 kV della Stazione Elettrica RTN 380/150 kV "Aliano" mediante elettrodotto interrato a 36 kV; saranno utilizzate n. 3 terne di cavi unipolari da 800 mm² tipo estruso idonei alla posa interrata in conformità alla norma CEI 11-17.

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in uno scavo della profondità di 1 m, con disposizione delle fasi a trifoglio. Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,2 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati. Nei tratti in cui si attraversino terreni rocciosi o in altre circostanze eccezionali in cui non possono essere rispettate le profondità minime sopra indicate, devono essere predisposte adeguate protezioni meccaniche.

Tutti i cavi saranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, sarà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento.

I percorsi interrati dei cavi saranno segnalati in modo tale da rendere evidente la loro presenza in caso di ulteriori scavi. Rispondono a tale scopo:

- le protezioni meccaniche supplementari;
- i nastri monitori posati nel terreno a non meno di 0,2 m al di sopra dei cavi.

4.4 IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra sarà realizzato in conformità alle prescrizioni della norma CEI 99-3, pertanto sarà tale da:

- avere una sufficiente resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;
- essere in grado di sopportare, da un punto di vista termico, le più elevate correnti di guasto prevedibili;
- garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano sugli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto a terra;
- evitare danni a componenti elettrici e beni;

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

Poiché gli impianti di terra saranno comuni ad impianti con diversi livelli di tensione, le prescrizioni precedenti saranno soddisfatte per ciascuno dei sistemi collegati.

La stazione di consegna e connessione sarà dotata di un apposito impianto di terra, realizzato mediante un dispersore orizzontale costituito da una rete di terra con maglia 5x5 m in corda di rame 1x70 mm² al di sotto dell'intero piazzale e complementata da n. 9 dispersori a picchetto infissi al fondo di pozzetti di ispezione con chiusino in cemento. Per il trasformatore di potenza sono stati previsti n. 4 punti di connessione con conduttore 1x120 mm².

15

Gli impianti di bassa tensione hanno un proprio impianto di terra costituito da un dispersore orizzontale in corda di rame da 50 mm² connesso ai collettori di terra dell'edificio e n. 17 dispersori verticali con pozzetto carrabile.

Al fine di evitare il trasferimento di tensioni tra impianti di terra indipendenti:

- per alimentazione di emergenza in MT, dovranno essere previsti giunti di isolamento sulle guaine dei cavi;
- per alimentazione di emergenza in BT, dovrà essere previsto un trasformatore di isolamento;
- l'eventuale alimentazione ausiliaria avrà il neutro connesso allo stesso impianto di terra della stazione di consegna e connessione.

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

5 OPERE CIVILI

L'impianto di trasformazione, consegna e connessione sarà realizzato in aree opportunamente attrezzate e completamente recintate.

Nell'ambito di tali aree saranno realizzati gli opportuni fabbricati. L'accesso all'area avverrà da strada, tramite porta pedonale e cancello scorrevole carrabile ad assicurare un rapido accesso agli impianti.

16

I fabbricati sono costituiti da un edificio in muratura a pianta rettangolare, ubicato nell'area della stazione elettrica di elevazione 36/30 kV, composto principalmente dai locali quadri elettrici, locale misura, sala server, locale telecontrollo, un locale per il trasformatore MT/BT, ufficio e magazzino; il pavimento sarà di tipo flottante con area sottostante adibita al passaggio cavi, gli infissi saranno in alluminio anodizzato naturale.

6 SERVIZI AUSILIARI

Il sistema dei servizi ausiliari della stazione di elevazione è costituito da n. 1 trasformatore MT/BT con potenza almeno pari a 100 kVA derivata dalla linea MT.

Il quadro BT è alimentato da un accumulatore di carica in grado di alimentare i carichi di tutto l'impianto in caso di blackout. Il sistema fornirà l'energia necessaria per le luci interne ed esterne, cancelli automatici, sistema di videosorveglianza, protezioni, caricabatterie, motori degli interruttori, apparati di telecontrollo e telemanovra, condizionatori, ecc.

E' prevista la fornitura e posa in opera di un sistema di supervisione degli impianti di alta, media e bassa tensione dell'intera sottostazione, da ubicare all'interno dell'edificio in muratura.

Sia nelle aree all'aperto che negli ambienti al coperto sarà curata la fornitura e posa in opera degli accessori di completamento e dei presidi antinfortunistici, quali: schemi, cartelli monitori, cartelli di segnalazione, cartelli con le istruzioni di pronto soccorso, guanti isolanti, tappeti isolanti ed estintori.

6.1 SISTEMA DI PROTEZIONE E MONITORAGGIO

La stazione di elevazione sarà caratterizzata dalla presenza di un sistema centralizzato di controllo in sala quadri e un sistema di telecontrollo da una o più postazioni remote.

I sistemi di controllo (comando e segnalazione), protezione e misura sono collegati con cavi tradizionali multifilari alle apparecchiature di alta tensione e con cavi a fibre ottiche alla sala quadri centralizzata. Essi hanno la funzione di provvedere al comando, al rilevamento segnali e misure, agli interblocchi tra le apparecchiature elettriche e alla elaborazione dei comandi in arrivo dalla sala quadri e a quella dei segnali e misure da inoltrare alla stessa. I sistemi di controllo, di protezione e di misura centralizzati sono installati negli edifici di stazione ed interconnessi tra loro e con le apparecchiature installate tramite cavi a fibre ottiche e hanno la funzione di connettere l'impianto con i sistemi remoti di telecontrollo, di provvedere al controllo e all'automazione a livello di impianto di tutta la stazione elettrica.

7 IMPIANTO DI ACCUMULO ELETTROCHIMICO

7.1 DESCRIZIONE GENERALE

L'energia prodotta dall'impianto eolico in progetto sarà integrata da un sistema di accumulo elettrochimico, denominato BESS (Battery Energy Storage System). Un Sistema di accumulo è un insieme di dispositivi, apparecchiature e logiche di gestione e controllo, funzionale ad assorbire e rilasciare energia elettrica, previsto per funzionare in maniera continuativa in parallelo con la rete con obbligo di connessione di terzi o in grado di comportare un'alterazione dei profili di scambio con la rete elettrica (immissione e/o prelievo).

Il BESS sarà collegato alla rete attraverso il trasformatore AT/MT 36/30 kV in condivisione con l'impianto eolico. Il BESS avrà una potenza di 50 MW (200 MWh) e sarà costituito da batterie al litio. La configurazione finale del BESS, in termini di numero di contenitori batteria, numero di sistemi di conversione e numero di moduli batteria, sarà effettuata in base alle scelte progettuali relative alla fornitura che sarà condivisa con il fornitore del sistema.

Le batterie sono costituite da celle agli ioni di litio (Li-Ion) con fosfato di litio ferro (LFP) o chimica NMC assemblate in serie /parallelo per formare i rack di batterie.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati:

- **A.16.b.24** "Relazione tecnica sul sistema storage"
- **A.16.b.27** "Relazione tecnica delle opere di connessione"
- **A.16.b.23** "Relazione antincendio"
- **A.16.b.7.b** "Schemi elettrici impianto eolico"
- **A.16.b.11** "Layout storage"

Dal punto di vista energetico le prestazioni sono determinate in riferimento ai seguenti parametri:

- Potenza Specifica (W/kg): che è la potenza generabile per ogni unità di peso del sistema di accumulo;
- Energia Specifica (Wh/kg); che indica l'energia erogabile per unità di peso;
- Efficienza energetica di carica/scarica (%): che indica il rapporto tra l'energia scaricata e l'energia necessaria per riportare il sistema in una condizione di carica completa;
- Durata: che misura il numero di cicli di carica e scarica durante la vita utile della batteria;
- Vita Utile (anni).

Un altro parametro rilevante per una batteria è costituito dal rendimento energetico, che è dato dal rapporto tra l'energia scaricata a potenza nominale, partendo da piena carica fino alla scarica completa, e l'energia fornita alla batteria per riportarla nello stato di carica iniziale. Nel caso di un sistema di accumulo completo, interfacciato in rete con un convertitore elettronico, è necessario comprendere nel calcolo il rendimento del

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

convertitore e l'energia spesa per alimentare gli ausiliari (qualora non siano alimentati direttamente dalla batteria). Il rendimento amperometrico, o faradico, è dato dal rapporto tra la carica estratta dalla batteria partendo da piena carica (Stato di Carica-SOC pari a 100%) fino a piena scarica e la carica che è necessario fornire alla batteria per riportarla nello stato di carica iniziale. Alcune tecnologie hanno rendimenti amperometrici inferiori al 100% per la presenza di reazioni parassite (quali ad esempio l'elettrolisi dell'acqua che avviene nelle batterie a elettrolita acquoso in fase di ricarica). La seguente tabella riporta il rendimento energetico, il rendimento amperometrico e la vita attesa delle batterie previste in progetto.

Tabella 5 | Rendimenti e tempi di vita previsti

Tecnologia	Rendimento energetico %	Rendimento amperometrico %	Vita attesa (cicli) DOD %
Litio-ioni	90	100	5000

Gli accumulatori litio/ioni presentano numerose varianti e sono caratterizzati da un'elevata potenza specifica, motivo per il quale trovano largo impiego anche nella trazione elettrica. Lo svantaggio principale di queste soluzioni è la necessità dei sistemi di sicurezza che devono essere adottati per cautelarsi rispetto a potenziali situazioni di sovraccarico.

Le celle Li-Ion sono dotate di BMS per la gestione delle grandezze quali tensione, corrente, temperatura, il quale regola la carica ed interviene nel caso in cui i parametri di funzionamento superino i limiti prefissati. Inoltre, sempre per motivi di sicurezza le celle sono spesso dotate di contenitori metallici robusti. Le celle litio ioni-polimeri hanno valori di energia specifica e densità di energia molto simili (140 - 150 Wh/kg), mentre la potenza specifica può arrivare a 2800 W/kg. Il rendimento energetico è molto elevato, con valori fino al 95% in funzione dalle condizioni operative. Il tempo di vita in cicli delle celle è di 5000 cicli con una profondità di scarica del 100%, ed è legato con legge logaritmica alla profondità di scarica. L'aspetto più critico relativo alle celle litio-ioni riguarda il degrado generalmente subito da questi dispositivi nel tempo; tale degrado induce una progressiva riduzione della capacità della batteria rispetto ai dati di fabbrica, anche in assenza di cicli di carica/scarica. Il range di temperatura di lavoro per questo tipo di batterie è molto ampio, può andare da -30 °C (per alcune celle di tipo commerciale fino a -60 °C) fino a 60 °C (la temperatura consigliata è 30 °C). Per le batterie litio-ioni, le prestazioni possono essere riassunte come di seguito riportato:

Tabella 6 | Prestazioni degli accumulatori agli ioni di litio

Prestazioni Accumulatore agli ioni di litio	
Potenza specifica	1000-2000 W/kg
Energia specifica	100-200 Wh/kg
Efficienza energetica di carica/scarica	85-95 %
Durata	4000-5000 cicli
Vita calendariale	12-15 anni

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

Lo smaltimento degli accumulatori elettrochimici è obbligatorio e di responsabilità del produttore (o del system integrator); per le batterie litio ioni sono state sviluppate procedure di riciclaggio dei materiali strategici di cui sono costituite, come le terre rare, i metalli e lo stesso litio che non sono però ancora applicate diffusamente data la scarsa convenienza economica connessa al recupero. Risulta, anche per questo tipo di batterie, ovviamente, obbligatorio il conferimento al produttore o al COBAT per la gestione del processo. Le batterie a flusso di elettrolita al vanadio sono composte prevalentemente da materiali plastici (stack, tubature dell'impianto idraulico, serbatoi) completamente riciclabili. Lo smaltimento dell'elettrolita, che contiene una concentrazione di acido solforico leggermente inferiore rispetto all'accumulatore al piombo, deve seguire le modalità di trattamento dei rifiuti speciali. Tutti gli altri materiali che costituiscono il sistema si possono riciclare.

20

7.2 STRUTTURA DEL SISTEMA BESS

L'impianto di accumulo di energia in progetto è formato complessivamente dai seguenti container delle dimensioni di 12x2,5x3 m:

- n. 80 container di energia della capacità di 2,5 MWh;
- n. 10 container di conversione e trasformazione;
- n. 2 container contenenti i quadri di controllo e i quadri MT;
- n. 1 container per l'ubicazione del trasformatore e del quadro MT/BT che fornirà l'alimentazione elettrica agli impianti ausiliari.

L'impianto è distribuito su 10 sottosistemi dotate ciascuna di n. 8 container batterie e n. 1 container di trasformazione e conversione, il trasformatore MT/BT ha una potenza di 5 MW, il quale sarà connesso ai quadri elettrici della cabina di sezionamento attraverso cavi HEPRZ1 18/30 kV 3x1x150 mm² posati in cavidotto.

Le cabine costituite dai quadri elettrici di sezionamento saranno connesse alla stazione elettrica utente 36/30 kV mediante cavidotto HEPRZ1 18/30 kV 3x1x630 mm².

Ogni rack di batterie è gestito, controllato e monitorato, in termini di parametri elettrici e termici, dal proprio sistema BMS.

Di seguito è riportato un elenco dei componenti principali del sistema BESS:

- Celle elettrochimiche assemblate in moduli e rack (Battery Assembly);
- DC/AC Two-Way Conversion System (PCS);
- Trasformatori di potenza MT/BT;

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

- Quadri elettrici di potenza MT;
- Sistema locale di gestione e controllo dell'assemblaggio della batteria (BMS);
- Sistema integrato locale di gestione e controllo dell'impianto (SCI) - garantisce il corretto funzionamento di ogni gruppo di batterie gestito da PCS chiamato anche EMS (Energy Management System);
- Integrazione del sistema di supervisione dell'impianto SCADA con l'impianto eolico;
- Servizi ausiliari;
- Sistemi di protezione elettrica;
- Cavi di alimentazione e segnale;
- Container o quadri ad uso esterno equipaggiati di sistema di condizionamento ambientale, sistema antincendio e rilevamento fumi.

La struttura dei containers sarà del tipo autoportante metallica, per stazionamento all'aperto, costruita in profilati e pannelli coibentati.

La struttura consentirà il trasporto, nonché la posa in opera in un unico blocco sui supporti, con tutte le apparecchiature già installate a bordo e senza che sia necessario procedere allo smontaggio delle varie parti costituenti il singolo container. L'unica eccezione riguarderà i moduli batteria, che se necessario, saranno smontati e trasportati a parte.

La verniciatura esterna dovrà essere realizzata secondo particolari procedure e nel rispetto della classe di corrosività atmosferica relativa alle caratteristiche ambientali del sito di installazione.

Sarà previsto un sistema antieffrazione con le relative segnalazioni. La struttura sarà antisismica, nel rispetto delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008) NTC 2018.

Tutti i container batterie, convertitori, quadri elettrici saranno dotati di rivelatori incendi. I container batterie saranno inoltre equipaggiati con relativo sistema di estinzione automatico specifico per le apparecchiature contenute all'interno. Estintori portatili e carrellati saranno, inoltre, posizionati in prossimità dei moduli batterie, dei convertitori di frequenza e dei quadri elettrici.