

Regione Basilicata



Provincia di Potenza



Comune Castelgrande



Comune Muro Lucano



Comune San Fele



Comune Rapone

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN PARCO EOLICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, DELLE OPERE
CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
Comune di Castelgrande, Muro Lucano, San Fele e Rapone (PZ)

PROGETTO DEFINITIVO

A.15

*Disciplinare tecnico descrittivo e
prestazionale degli elementi tecnici*

Proponente



Eolica Muro Lucano Srl
Via del Gallitello 89 - 1° Piano Galleria
85100 - Potenza (PZ)

Progettista

Ing. Rossi Francesco Maria



Ing. Quirino Vassalli



Formato

Scala

Scala stampa

Revisione	Descrizione	Data	Preparato	Controllato	Approvato
00	Prima emissione	05/10/2018	AS	AS/QV	FR/QV/AS

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. CARATTERISTICHE FISICHE E TECNICHE DELL'INTERVENTO	3
2.1. COMPONENTI DELL'IMPIANTO.....	3
2.2. CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO.....	5
2.3. DESCRIZIONE COMPONENTI DELL'AEROGENERATORE	5
2.4. UNITÀ DI CONTROLLO E DI POTENZA	7
2.5. PROTEZIONE DA FULMINI E RETE DI TERRA A SERVIZIO DELL'AEROGENERATORE.....	8
2.6. TORRE DI SOSTEGNO	9
2.7. FONDAZIONI	9
2.8. RETE DI CAVIDOTTI PER LA TRASMISSIONE DELL'ENERGIA PRODOTTA E PER IL CONTROLLO DELL'IMPIANTO	10
2.9. RETE DI TERRA	11
2.10. ALLACCIAMENTO ALLA RETE	11
3. STAZIONE ELETTRICA RETE-UTENTE.....	12

1. PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di specificare tutti i contenuti prestazionali e tecnici degli elementi previsti nel progetto di parco eolico proposta dalla società Eolica Mura Lucano e da realizzarsi in agro dei comuni di Castelgrande, San Fele, Muro Lucano e Rapone. Il disciplinare contiene inoltre la descrizione delle caratteristiche, della forma, dei materiali previsti e delle dimensioni dell'intervento. Per cui di seguito, per la soluzione progettuale proposta, si procede all'esame delle caratteristiche fisiche e tecniche di tutte le componenti del progetto nella sua interezza.

2. CARATTERISTICHE FISICHE E TECNICHE DELL'INTERVENTO

2.1. Componenti dell'impianto

Gli elementi principali costituenti l'aerogeneratore sono:

- Rotore;
- Navicella;
- Torre.

Il rotore è composto da un supporto (hub) a cui sono fissate 3 pale in materiale composito, che hanno il compito di raccogliere l'energia cinetica del vento e trasmetterla all'albero del generatore elettrico.

Al crescere della superficie captante delle pale aumenta l'energia cinetica raccolta, ma aumentano altresì le turbolenze che le pale si inducono l'una con l'altra nel loro moto. Pertanto, la forma ed il numero delle pale sono studiati per massimizzare la produzione energetica. Per il progetto si è scelto un rotore di diametro 158m, al fine di massimizzare la produzione energetica dell'impianto limitando al contempo l'impatto visivo, quest'ultimo dovuto più alla posizione degli aerogeneratori ed al contesto che all'effettiva dimensione del rotore, anche per effetto della colorazione delle pale tesa a minimizzare la visibilità ed al tutto sommato ridotto spessore delle pale stesse.

La navicella è un involucro contenente i principali componenti per la trasformazione dell'energia meccanica in elettrica, posto alla sommità della torre. Le caratteristiche della navicella sono più o meno analoghe per tutti modelli di aerogeneratori, e quindi non sono

soggetti a scelte specifiche del progettista del singolo impianto. In figura seguente si riporta lo spaccato di una navicella tipo.

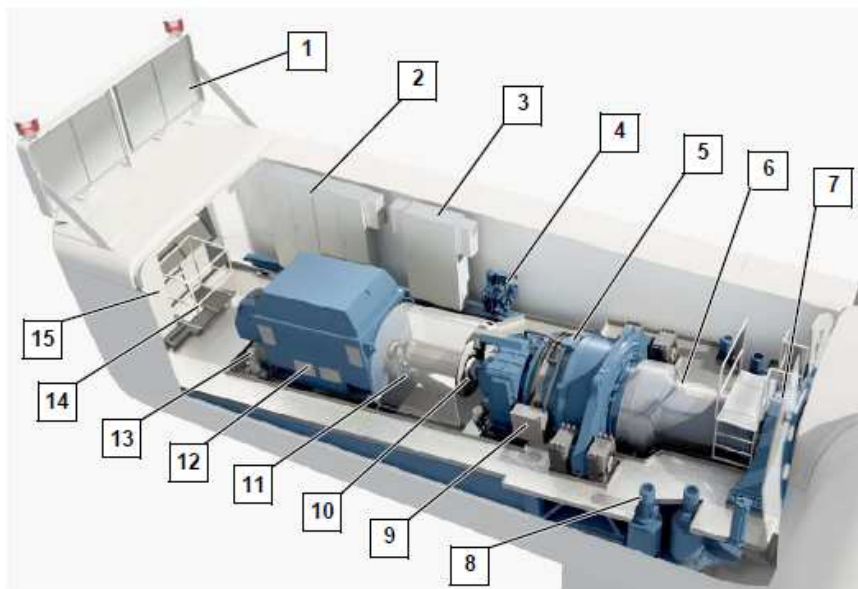


Figura 1 – Spaccato navicella tipo

- | | | |
|---------------------|--------------------|------------------------------|
| 1) Heat exchanger | 6) Rotor shaft | 11) Coupling |
| 2) Switch cabinet 2 | 7) Rotor bearing | 12) Generator |
| 3) Switch cabinet 1 | 8) Yaw drive | 13) Cooling water pump |
| 4) Hydraulic unit | 9) Gear oil cooler | 14) Hatch for on-board crane |
| 5) Gearbox | 10) Rotor brake | 15) Switch cabinet 3 |

La torre è una struttura tubolare in acciaio, composta da più segmenti da assemblare in sito, che svolge la funzione di portare in quota la navicella, ove il vento non è disturbato dalla rugosità superficiale. Poiché il vento cresce all'aumentare dell'altezza, più l'altezza della torre è elevata e più l'energia prodotta dall'impianto aumenta. Per il medesimo modello di aerogeneratore sono pertanto disponibili torri di diverse altezze, lasciando al progettista di trovare il giusto compromesso tra costi e benefici.

Dal punto di vista estetico gli aerogeneratori si presentano di colorazione bianca con le pale dotate di bande rosse ai fini di migliorarne la visibilità.

2.2. Condizioni di funzionamento

Le condizioni di funzionamento dell'aerogeneratore di progetto sono:

- Velocità di inizio produzione: 3 m/s
- Velocità di arresto: 22,5 m/s

2.3. Descrizione componenti dell'aerogeneratore

Sistema di trasmissione

Cassa di ingranaggi con due stadi epicicloidali e uno stadio elicoidale ad essi paralleli.

Generatore

Generatore asincrono con rotore alimentato ed anelli rotanti, provvisto di sistema di controllo, grazie al quale la macchina funziona in modo sincrono.

Trasformatore

L'energia prodotta con il generatore ad anello viene condotta tramite un rettificatore ed un cosiddetto circuito intermedio ad un inverter. Il trasformatore, ubicato nella navicella, trasforma la tensione da 400/660 V in media tensione a 30 kV.

Sistema di freno

Aerodinamico: Per variazione dell'angolo del passo delle pale;

Meccanico: Freno a disco con pinze idrauliche.

Sistema di orientazione

Motore con sensore che determina la direzione del vento e con sistema automatico di sbrogliamento dei cavi elettrici.

Sistema di controllo

Controllo basato su microprocessore. Sistema di controllo a distanza.

Moltiplicatore di giri:

È la parte meccanica, che collega l'albero di trasmissione lento all'albero di trasmissione veloce. La sua funzione è quella di aumentare gli RPM tra i due alberi; il loro rapporto può arrivare fino a 1/75.

Sistemi di misura

I sistemi di misura anemometrici e indicatori di direzione del vento hanno lo scopo di configurare correttamente la macchina a seconda della direzione e dell'intensità del vento. Tramite il segnale dell'anemometro e di una banderuola segnamento, si gestisce il corretto funzionamento della macchina inviando i dati ad un processore che si occupa di variare i parametri di funzionamento principali (pitch e yaw).

Yaw control

L'angolo di yaw è l'angolo di rotazione della navicella sul proprio asse verticale. Poiché la macchina deve sempre essere allineata rispetto al vento, un sistema di movimentazione attivo formato da attuatori elettrici e relativi riduttori, provvede a movimentare la navicella a seconda della direzione di provenienza del vento registrata dall'indicatore di direzione.

Pitch control

L'angolo di "pitch" o angolo di calettamento, è l'angolo che assume la pala rispetto al piano di rotazione del rotore. Variando l'angolo di pitch è possibile regolare l'angolo di incidenza del vento sulla pala e di conseguenza effettuare una regolazione attiva.

Il sistema di regolazione è formato da servomotori inseriti direttamente sulle pale. Questo sistema consente di avere una regolazione indipendente di ogni pala, utile ad esempio per bilanciare ad ogni giro la diversa spinta del vento sulla pala quando essa si trova più vicina al suolo.

Torre

Torre tubolare troncoconica con rifinitura superficiale di pittura a base di resina. Scala interna di sicurezza che arriva fino alla navicella, in opzione si può installare un ascensore di servizio.

2.4. Unità di controllo e di potenza

L'impianto eolico sarà dotato di una sua propria unità di controllo, con funzionamento autonomo. Questa unità controlla e supervisiona il funzionamento degli aerogeneratori, e tra gli altri i seguenti parametri:

- velocità e direzione del vento;
- temperatura del generatore;
- tensione generata;
- potenza generata;
- fattore di potenza;
- gradiente di potenza.

Tutti gli aerogeneratori del parco saranno collegati attraverso un anello di cavo in fibra ottica. La fibra ottica avrà un rinforzo centrale in fibra di vetro, gel anti-umidità e una doppia spira di protezione. Il cavo sarà posato in un tubo che correrà a fianco ai cavi di potenza nel cavidotto centrale.

L'unità di controllo e di potenza controlla tutte le funzioni critiche dell'aerogeneratore, per ottimizzare costantemente il funzionamento medesimo su tutta la gamma di velocità del vento, e che si può riassumere come segue:

- Sincronizzazione della velocità di rotazione alla potenza nominale, prima della connessione alla rete;
- Controllo della velocità;
- La connessione alla rete si mantiene attiva anche durante brevi anomalie della rete elettrica, come cadute di tensione, attraverso una specifica unità di controllo;
- Regolazione del fattore di potenza a 1, (nessuna potenza reattiva) o generazione di potenza reattiva da introdurre in rete a seconda delle caratteristiche della rete stessa;
- Regolazione indipendente dell'angolo di passo di ciascuna delle pale per ottimizzare il funzionamento dell'aerogeneratore conseguendo:
 - Aggiustamento ottimale della potenza nominale;
 - Connessione più sicura del generatore;
 - Avviamento senza consumo di energia;

- Minori carichi sulla struttura;
- Arresto del generatore senza utilizzazione del freno meccanico;
- Ottimizzazione della produzione per qualsiasi condizione di vento;
- Vita utile attesa di 20 anni;
- Orientazione automatica in funzione della direzione del vento;
- Arresto della turbina quando si presenta qualsiasi inconveniente.

2.5. Protezione da fulmini e rete di terra a servizio dell'aerogeneratore

Gli aerogeneratori di progetto sono protetti da scariche atmosferiche con protezione di Classe I secondo gli standards indicati dalle normative IEC 61024/1, IEC 61312-1, DIN VDE 0185 serie 103 e DIN VDE 0100 serie 534.

La protezione da fulmini per gli aerogeneratori consiste in un sistema di singole protezioni combinate come segue:

- protezione esterna da fulmini secondo la norma DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Part 3), per convogliare e distribuire l'energia del fulmine nel terreno;
- ridurre le differenze di potenziale mediante un maglia di terra intorno alla fondazione del generatore;
- twistare i cavi discendenti dalla navicella alla fondazione per minimizzare le tensioni e le correnti indotte.

Per cui all'interno della pale di rotore verranno posizionati dei captatori di fulmini che convoglieranno l'energia del fulmine su un anello posizionato in corrispondenza dell'hub. Tale anello a sua volta attraverso dei conduttori in rame di sezione non inferiore a 70mm² verrà reso equipotenziale con il sistema di messa a terra del generatore.

Il sistema di messa terra dell'aerogeneratore costerà di:

- dispersore intenzionale : ovvero un corpo conduttore tipicamente una corda di rame in contatto elettrico con il terreno, che realizza un collegamento elettrico con la terra e costituito da più anelli di terra realizzati su ogni area di sedime dell'aerogeneratore che ne circoscrivono la torre, tutti gli anelli sono interconnessi fra loro mediante un dispersore lineare interrato;

- collettori (o prese) di terra, ovvero l'elemento di collegamento al dispersore dei conduttori di protezione;
- conduttori di terra per il collegamento delle armature metalliche delle opere civili (dispersore di fatto) al dispersore intenzionale, nonché per i collegamenti dei collettori di terra, masse e masse estranee con il dispersore intenzionale;
- conduttori di protezione ed equipotenziali per i collegamenti fra masse o masse estranee e i collettori di terra.

2.6. Torre di sostegno

L'aerogeneratore di progetto presenta una torre di sostegno di tipo tubolare con una struttura in acciaio, con una forma tronco-conica e costituita da diversi tronconi.

I tronconi saranno realizzati in officina quindi trasportati e montati in cantiere.

Alla base della torre ci sarà una porta che permetterà l'accesso ad una scala montata all'interno, dotata ovviamente di opportuni sistemi di protezione (parapetti). Per ogni troncone è prevista una piattaforma di riposo con protezione anticaduta.

E' previsto inoltre un sistema di illuminazione di emergenza interno.

La torre sarà protetta contro la corrosione da un sistema di verniciatura multistrato. In conformità alla norma ISO 12944-5 sarà assicurata una classe di protezione alla corrosione C4 "alta (durata certificata per un periodo superiore a 15 anni)".

Tutte le saldature saranno controllate con sistemi ad ultrasuoni o a raggi X.

Allo scopo di ridurre al minimo la necessità di raggiungere la navicella tramite le scale il sistema di controllo del convertitore e di comando dell'aerogeneratore saranno sistemati in quadri montati su una piattaforma separata alla base della torre.

L'energia elettrica prodotta viene trasmessa alla base della torre tramite cavi installati su una passerella verticale ed opportunamente schermati.

Per la trasmissione dei segnali di controllo alla navicella saranno installati cavi a fibre ottiche.

2.7. Fondazioni

Il tipo di fondazione da adottare, diretta o indiretta su pali, verrà definita in fase di redazione del progetto esecutivo ed in funzione della tipologia del terreno in sito,

opportunamente indagato tramite indagine geognostica, geologica e idrogeologica, nonché del grado di sismicità. Le fondazioni saranno in cemento armato ed avranno comunque forma circolare e diametro variabile a seconda della risultanza delle indagini geotecniche da eseguire in fase esecutiva, ed indicativamente di diametro 15-20 metri, e la lunghezza necessaria a raggiungere un substrato di terreno con idonee caratteristiche di portanza.

2.8. Rete di cavidotti per la trasmissione dell'energia prodotta e per il controllo dell'impianto

Per la trasmissione dell'energia prodotta da ogni singolo aerogeneratore alla rete elettrica nazionale, previa adeguata trasformazione della tensione, e per il controllo dell'impianto, verrà realizzata una rete di cavidotti interrati in cui verranno posati cavi di potenza in media tensione e cavi in fibra ottica per il trasferimento dati.

I cavidotti seguiranno i percorsi interrati indicati nelle tavole progettuali allegate al presente presenteranno le caratteristiche progettuali ivi riportate.

Trattandosi di cavi interrati, l'impatto estetico dei cavidotti sarà nullo.

I cavi saranno in alluminio, ed avranno le seguenti caratteristiche di massima:

- Designazione: ARG7H1RNR o ARG7H1RNRX;
- Conduttori a corda rotonda compatta di alluminio;
- Grado di isolamento: 18/30 kV;
- Sezione nominale R 70 mm²;
- Tensione nominale: 30 kV;

Dopo aver scelto la sezione commerciale del cavo, è stata effettuata la verifica con il criterio termico, con la condizione che la massima densità di corrente (e quindi la massima sovratemperatura rispetto all'ambiente circostante) non superi determinati valori di sicurezza. In base ai valori limiti delle portate di corrente (I_z) stabiliti dai costruttori dei cavi nelle varie condizioni di posa, quest'ultimi devono essere superiori alle correnti di impiego (I_b) calcolate in ogni tratto che compone il circuito elettrico:

$$I_z < I_b$$

Nel calcolo delle sezioni dei cavi si è tenuto conto anche del criterio economico, al fine di minimizzare il volume dei conduttori e quindi delle diverse sezioni delle linee.

2.9. Rete di terra

La rete di terra consiste nella stesura di un anello di corda di rame nudo attorno ad ogni fondazione, che verrà poi collegato al nodo di equipotenzializzazione collocato all'interno della torre. Indicativamente si prevede di installare un anello di terra singolo, ma in fase costruttiva il direttore lavori eseguirà una misura puntuale della resistenza di terra dell'anello e, qualora dovesse individuare un valore inferiore a quanto prescritto dalla normativa, provvederà ad aumentare le dimensioni della rete di terra facendo posare un secondo anello. Tutti gli anelli di terra delle fondazioni verranno collegati tra di loro, al fine di ridurre la resistenza di terra complessiva.

La corda di rame avrà le seguenti caratteristiche tecniche di massima:

- Materiale: rame elettrolitico CU-ETP 99.9%;
- Stato superficiale: nudo;
- Stato fisico: crudo o ricotto;
- Tolleranza: secondo norme CEI 7-1/1977;
- Sezione: 50 mm²

Il dispersore sarà interrato ad una profondità di circa 1,1 metri rispetto ai piani finiti di strade, piazzali o quota del piano di campagna e sarà posata direttamente a contatto con uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm.

2.10. Allacciamento alla rete

I requisiti tipici per l'allacciamento a reti di trasmissione possono essere come di seguito sintetizzati:

- Gli impianti di energia eolica devono rimanere collegati alla rete elettrica anche in caso di sensibili variazioni di tensione e di frequenza;
- In caso di mancanza di tensione a causa di guasti alla rete, gli impianti di energia eolica devono rimanere collegati alla rete per un tempo stabilito;
- Durante un guasto alla rete può venire richiesta l'immissione di corrente di corto circuito;
- Dopo la riparazione del guasto un parco eolico deve riprendere l'immissione in rete al più presto possibile ed entro un tempo massimo prestabilito;

- I parchi eolici devono poter funzionare a potenza ridotta senza limiti di tempo,
- Per una distribuzione coordinata del carico elettrico l'aumento della potenza elettrica generata (gradiente di potenza), per es. all'attivazione del parco eolico, deve poter essere regolato conformemente alle direttive del gestore della rete;
- I parchi eolici devono offrire un contributo alle riserve della rete; con un aumento della frequenza di rete, la potenza fornita deve diminuire;
- I parchi eolici devono poter contribuire, se necessario, al mantenimento della tensione di rete, erogando o assorbendo potenza reattiva;
- I parchi eolici devono poter essere integrati nel sistema delle linee elettriche per il monitoraggio ed il controllo a distanza di tutti gli impianti

3. STAZIONE ELETTRICA RETE-UTENTE

La società Terna S.p.A. responsabile in Italia della trasmissione e del dispacciamento dell'energia elettrica sulla rete ad alta e altissima tensione ha comunicato, con nota del 16/02/2018 prot. TE/P2018 0001231, alla committenza la soluzione tecnica minima generale (STMG) per l'allacciamento alla rete elettrica nazionale. La proposta di soluzione, accettata dal proponente, prevede che l'impianto eolico venga collegato in antenna su una futura Stazione Elettrica di Smistamento a 150 kV da collegare mediante due elettrodotti a 150 kV alla Stazione 380/150 kV di Melfi (PZ).

Il punto in cui l'impianto viene collegato alla rete elettrica viene definito normativamente "punto di connessione". Il punto di consegna invece è costituito dal punto in cui termina l'impianto dell'utente ed inizia l'impianto di rete, e nel caso in questione coincide con la stazione elettrica di utenza.

La stazione elettrica di utenza costituisce quindi anche l'interfaccia l'impianto di utenza e quello di rete.

In corrispondenza della stazione di utenza saranno quindi installati tutti i dispositivi di regolazione e controllo dell'energia immessa in rete, nonché di protezione degli impianti elettrici.

La stazione utente avrà una sezione a 150 kV e una sezione in ingresso a 30 kV. La stazione è dimensionata secondo la massima potenza dell'impianto, e sarà costituita dalle seguenti opere e impianti:

- N° 1 montante di linea/trasformazione MT/AT, 30/150 KV composto dai seguenti dispositivi elettrici:
 - N° 1 trasformatore trifase di potenza 35 MVA, 150/30 kV, ONAF, provvisto di commutatore sotto carico lato AT;
 - N° 1 terna di scaricatori di sovratensione, per esterno ad ossido di zinco, 170 kV completi di conta scariche, installati sia a protezione del trasformatore di potenza e sia per il cavidotto in uscita interrato AT;
 - N° 3 trasformatori di corrente TA; 200-400/5-1-1-1 A, 20 VA-0.2, 20 VA-0.5, 30 VA-5P20, 20 VA-5P20;
 - N° 1 terna di trasformatori di tensione induttivi TVI per esterno, con rapporto 150000: Z 3 - 100: Z3 V, 10 VA cl. 0.2;
 - N° 1 interruttore tripolare, 170 kV;
 - N° 1 terna di trasformatori di tensione capacitivi TV per esterno collegati sulle sbarre di parallelo, con rapporto 150000:Z3 - 100: Z3 - 100: Z3 - 100:3 V, 50 VAcl.0.5, 50 VA-cl.0.5, 50 VA-3P;
 - N° 1 sezionatore 170 kV;
- N° 1 edificio comandi e N°1 edificio ad uso del turbinista, costituiti da container coibentati e contenenti:
 - n° 1 trasformatore per servizi ausiliari MT/BT-potenza 50 kVA;
 - distribuzione ausiliaria C.A. e C.C. compresi di batterie composte;
 - impianto di illuminazione;
 - contatore per misure fiscali;
 - impianto di climatizzazione per i quadri Mt/Bt;
 - impianto di rilevazione incendio e antintrusione;
- N° 4 torri faro.

La pianta e la sezione degli edifici sono rappresentate nelle tavole allegate.

Il trasformatore di potenza sarà alimentato dal quadro elettrico MT di collegamento dell'elettrodotto interrato al parco eolico. L'energia elettrica, dopo essere stata trasformata alla tensione di 150 kV, verrà evacuata in AT mediante cavo aereo a 150 kV.

Tutto l'impianto e le apparecchiature installate saranno corrispondenti alle prescrizioni delle Norme CEI generali (11-1) e specifiche. Le caratteristiche principali sono le seguenti:

- tensione massima: 170 kV;
- tensione nominale di tenuta a frequenza industriale sul sezionamento: 325 kV;
- tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico sul sezionamento: 750 kV.

Interruttori tripolari in SF6:

- corrente nominale: 2000 A;
- potere di interruzione nominale in cto cto: 31,5 kA.

Sezionatori tripolari verticali di sbarra, orizzontali con lame di messa a terra sulle partenze di linea:

- corrente nominale: 2000 A (non lame di terra);
- corrente nominale di breve durata: 31,5 kA.

Sezionatore tripolare di messa a terra sbarre:

- corrente nominale di breve durata: 31.5 kA.

Trasformatori di corrente:

- rapporto di trasformazione nominale: 400-1600/5 A/A;
- corrente massima permanente: 1,2 I primaria nominale;
- corrente nominale termica di cto cto: 31,5 kA.

Trasformatori di tensione:

- rapporto di trasformazione nominale: 150.000/1.73/100/1.73 V/V;
- le prestazioni verranno definite in sede di progetto esecutivo.

I trasformatori di tensione saranno di tipo capacitivo, eccetto quelli dedicati alle misure contrattuali che potranno essere di tipo induttivo.

Sbarre:

- corrente nominale: 2000 A.

Trasformatore trifase in olio minerale:

- Tensione massima 170 kV;
- Frequenza 50 Hz;
- Rapporto di trasformazione 150/30 kV;
- Livello d'isolamento nominale all'impulso atmosferico 750 kV;

- Livello d'isolamento a frequenza industriale 325 kV;

Tensione di corto circuito 22,5 %:

- Collegamento avvolgimento Primario Stella;
- Collegamento avvolgimento Secondario Triangolo;
- Potenza in servizio continuo (ONAN-ONAF) 30-35 MVA;
- Peso del trasformatore completo 60 t.

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 630 A;
- corrente ammissibile di breve durata IK 16 kA;
- corrente di cresta IP 2,5 . IK;
- temperatura di esercizio -5 ÷ +40 °C.

Interruttore a tensione nominale 150 kV:

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)	1250	2000
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)	20	31.5
Potere di stabilimento nominale in corto circuito (kA)	50	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)	5	8
Potere di interruzione nominale su linee a vuoto (A)	63	
Potere di interruzione nominale su cavi a vuoto (A)	160	
Potere di interruzione nominale su batteria di condensatori (A)	600	
Potere di interruzione nominale di correnti magnetizzanti (A)	15	
Durata massima di interruzione (ms)	60	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms)	80	
Durata massima di chiusura (ms)	150	
Massima non contemporaneità tra i poli in chiusura (ms)	5,0	
Massima non contemporaneità tra i poli in apertura (ms)	3,3	

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

Sezionatori orizzontali a tensione nominale 150 kV con lame di messa a terra

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)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
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)	270
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

Sezionatori verticali a tensione nominale 150 kV

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)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
Corrente nominale commutazione di sbarra (A)	1600
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)	1250
- orizzontale trasversale (N)	400
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15

Sezionatore di terra sbarre a tensione nominale 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale trasversale (N)	600
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15

Trasformatore di corrente a tensione nominale 150 kV

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
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, per condizioni particolari, potranno essere adottati.

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

Trasformatore di tensione capacitivo a tensione nominale di 150 kV

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)	≤(300+0,05 C _n)
- G _{pa} (μS)	≤50
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale, applicato a 600 mm sopra la flangia B (N)	2000
- verticale, applicato sopra alla flangia B (N)	5000

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

(**) I valori relativi alle prestazioni e al numero dei nuclei devono essere intesi come raccomandati altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

Trasformatore di tensione induttivo a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	170
Tensione nominale primaria (V)	150.000/√3
Tensione nominale secondaria (V)	100/√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
- verticale (N)	CEI EN 60044-2

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

(**) I valori relativi alle prestazioni e al numero dei nuclei devono essere intesi come raccomandati; altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

Scaricatori per tensione nominale a 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione di servizio continuo (kV)	110
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	2
Valore efficace della corrente elevata per la prova del dispositivo di sicurezza contro le esplosioni (kA)	31,5

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