

Regione  
Basilicata



Provincia  
Potenza



Comune  
Armento



Comune  
Montemurro



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO PER LA  
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, DELLE OPERE CONNESSE E  
DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI DENOMINATO  
"ARMENTO"

Comuni di Armento e Montemurro (PZ)

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Disciplinare descrittivo e  
prestazionale degli  
elementi tecnici**

Proponente



**GEMINI WIND S.r.l.**  
Via Giuseppe Ripamonti, 44  
20141 - MILANO  
P. IVA: 12401220962

Progettazione



**GEMINI WIND S.r.l.**  
Via del Gallitello n. 215  
85100 - POTENZA (PZ)  
P. IVA: 02009140761

Ing. Domenico Maria Bisaccia

Ing. Luciana Pietragalla



N° Elaborato

**A.15**

Scala

Formato

A4

Revisione	Descrizione	Data	Preparato	Controllato	Approvato
00	Prima Emissione	maggio 2023	Ing. L. Pietragalla	Ing. D. M. Bisaccia	Ing. D. M. Bisaccia

---

## Sommario

A.15.a.	Premessa .....	2
A.15.b.	Componenti dell'impianto .....	2
A.15.c.	Tipologia e altezza delle torri.....	2
A.15.d.	Descrizione del sistema di fondazioni.....	6
A.15.e.	Quadro di campo MT.....	7
A.15.f.	Cavi di collegamento MT .....	8
A.15.g.	Rete di terra .....	10
A.15.g.1.	Rete di terra aerogeneratori.....	11
A.15.g.2.	Rete di terra cabina di raccolta.....	11
A.15.g.3.	Messa a terra dello schermo dei cavi MT .....	12
A.15.h.	Cabine elettriche .....	12
A.15.i.	Stazioni elettriche Utente e di Rete .....	13
A.15.j.	Gruppi di misura e punti di consegna.....	13
A.15.k.	Sistema di Controllo.....	14

### **A.15.a. Premessa**

Il disciplinare descrittivo e prestazionale precisa, sulla base delle specifiche tecniche, i contenuti prestazionali degli elementi previsti nel progetto. Esso contiene inoltre la descrizione, anche estetica, delle caratteristiche, della forma e delle principali dimensioni dell'intervento, dei materiali e dei componenti previsti in progetto. Di seguito verranno fornite indicazioni specifiche su alcuni elementi tecnici previsti in progetto, inteso che la Società proponente Gemini S.r.l. ha intenzione di costruire una centrale eolica di potenza nominale pari a 79,2 MW costituita da n.12 aerogeneratori da 6.6 MW cadauno e le relative, opere di connessione, denominato "Armento" nei comuni di Montemurro e Armento in Provincia di Potenza.

### **A.15.b. Componenti dell'impianto**

L'impianto eolico è costituito da n. 12 Aerogeneratori della potenza nominale 6.6 MW, interconnessi da una rete di cavi interrati MT 36kV. L'energia prodotta dall'insieme degli aerogeneratori viene convogliata, attraverso una dorsale MT interrata, alla stazione di rete (Terna) nel Comune di Aliano in Provincia di Matera.

### **A.15.c. Tipologia e altezza delle torri**

Il modello di turbina previsto dal progetto è del tipo **SIEMENS GAMESA SG 6.6-155 122.5** m con potenza pari a 6.6 MW.

Gli aerogeneratori sono costituiti da tre elementi principali:

- una torre di sostegno;
- un rotore a tre pale;
- una navicella con gli organi meccanici di trasmissione

La torre è di tipo tubolare di altezza pari a 122.5 m. La struttura è realizzata in acciaio, di forma tronco-conica, divisa in quattro tronchi, prodotti in officina e trasportati singolarmente in cantiere dove verranno assemblati. Per garantire la protezione alla corrosione, la torre sarà rivestita con un sistema di verniciatura multistrato in conformità alla norma EN ISO 12944; tutte le saldature saranno verificate a raggi X o con equivalenti sistemi ad ultrasuoni. La finitura esterna della struttura sarà di colore chiaro RAL 7035.

Le pale della macchina sono collegate a un mozzo e con questo formano il rotore. Le pale hanno una lunghezza pari a 76 m, e sono realizzate in materiale composito formato da fibre di vetro rinforzata con carbonio.

Le pale sono costruite con un profilo alare che ottimizza la produzione di energia in funzione della velocità variabile del vento. Per offrire un impatto minore possibile sull'ambiente, le pale saranno verniciate con colore RAL 7035, una delle tre avrà una

colorazione diversa per ridurre l'effetto "motion smear". È previsto un sistema parafulmine integrato che protegga le pale dalle scariche atmosferiche.

Considerando quindi un'altezza della torre di 122.5 m e un rotore di diametro 155 m, l'altezza totale dell'aerogeneratore raggiunge i 200,00 m.

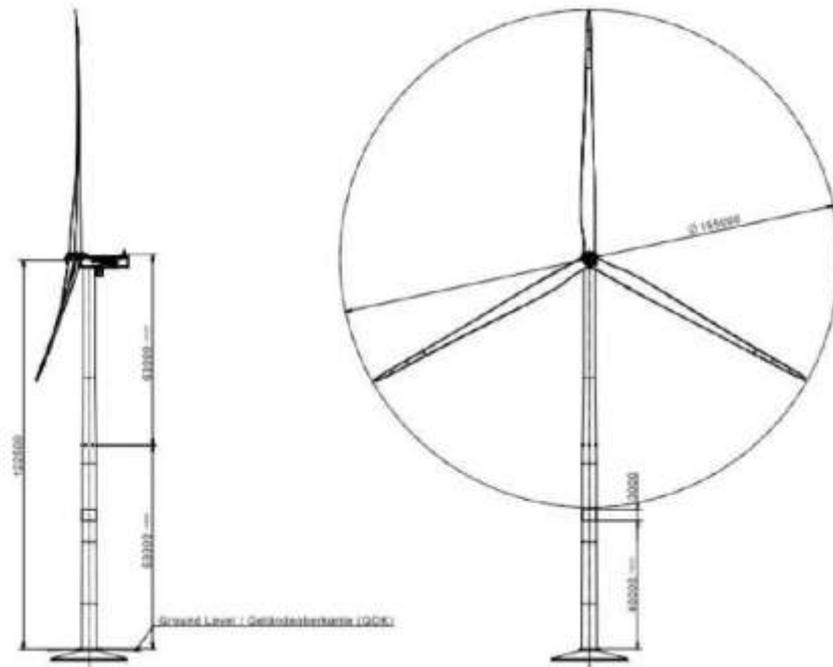


Figura 1 - Tipico WTG geometrie complessive

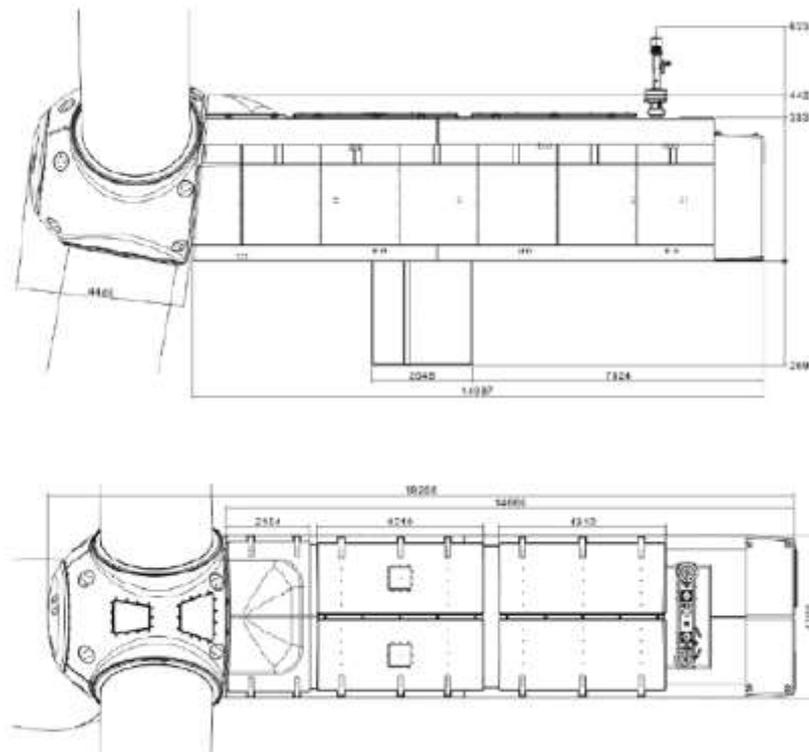


Figura 2 - Tipico navicella WTG

<b>Principali caratteristiche WTG</b>	
Altezza mozzo	122,5 m
Diametro rotore	155 m
Lunghezza pala	76 m
Area spazzata	18,869 mq
Potenza nominale	6.0 MW/6.6 MW
Velocità vento di Cut-in	3 m/s
Velocità vento di Cut-out	27 m/s

Tabella 1 - Principali caratteristiche WTG

Durante il funzionamento, i sistemi di controllo della velocità e del passo interagiscono per ottenere il rapporto ottimale tra massima resa e minimo carico.

Nel caso in cui la velocità del vento sia bassa il generatore eolico opera a passo delle pale costante e velocità del rotore variabile, sfruttando costantemente la miglior aerodinamica possibile al fine di ottenere un'efficienza ottimale. A potenza nominale e 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 alla rete energia ad alto livello di compatibilità.

La navicella è il corpo centrale dell'aerogeneratore, costituita da una struttura portante in acciaio e rivestita da un guscio in materiale composito (fibra di vetro in matrice epossidica), è vincolata alla testa della torre tramite un cuscinetto a strisciamento che le consente di ruotare sul suo asse di imbardata. La sospensione su tre punti del gruppo di trasmissione con un cuscinetto centrale del rotore e due supporti elastici a sostegno della scatola ingranaggi, nella sua configurazione a cono inclinato, permette di ottenere una costruzione leggera e molto compatta del basamento che, seppure in acciaio saldato, ha tuttavia un alto grado di rigidità.

La migliore condizione di funzionamento di un aerogeneratore si verifica quando il rotore risulta perfettamente allineato alla direzione del vento principale. In questa posizione si

evitano infatti carichi aggiuntivi, che gravano sulla macchina, e si sfruttano al massimo grado le capacità produttive ottenendo la migliore produzione attesa. Per assumere la posizione ideale in ogni condizione, l'aerogeneratore è dotato di due banderuole che, attraverso un sensore, rilevano lo scostamento dell'asse dell'aerogeneratore rispetto alla direzione del vento, e azionano un motore che riallinea la navicella. Il basamento del sistema è ancorato alla torre attraverso una ralla a quattro contatti con una dentatura esterna. Il sistema di imbardata della navicella è regolato da un sistema di motoriduttori. Con questo meccanismo, tra un movimento di imbardata e l'altro, gli spostamenti della navicella vengono regolati dal freno d'imbardata, evitando che i sistemi di regolazione di direzione siano sottoposti a forti pressioni causate dal vento. Durante l'imbardata la dentatura potrebbe subire un'inversione di direzione, per evitare ciò e per proteggere il meccanismo, la pressione del freno viene ridotta.

La regolazione dei freni di imbardata avviene attraverso una centralina oleodinamica così come avviene per il freno di sicurezza del sistema di trasmissione.

Per garantire il funzionamento del sistema frenante in ogni condizione, l'impianto idraulico è dotato di accumulatori che consentono di regolare la pressione dei freni anche nel caso in cui venisse a mancare l'alimentazione.

Ogni funzione dell'aerogeneratore viene monitorata e controllata attraverso un sistema a microprocessori connesso, in tempo reale, ad un'architettura multiprocessore. I segnali originati dagli aerogeneratori vengono trasmessi attraverso i sensori di cavi a fibre ottiche. In questo modo il sistema risulta maggiormente protetto contro le correnti vaganti ed i fulmini ed è ottimizzata la velocità di trasferimento del segnale. I dati raccolti dalle macchine vengono registrati e analizzati attraverso un computer, collegato al sistema, da cui è possibile anche regolare i valori di velocità del rotore e del passo delle pale. Questo sistema garantisce quindi anche la supervisione dell'impianto elettrico e del meccanismo di regolazione del passo ubicato nel mozzo. Restituisce tutte le informazioni relative alla velocità del rotore e del generatore, alla tensione di rete, alla frequenza, alla fase, alla pressione dell'olio, alle vibrazioni, alle temperature di funzionamento, allo stato dei freni, ai cavi e perfino alle condizioni meteorologiche. Le apparecchiature e i meccanismi più sensibili vengono monitorati continuamente e, in caso di emergenza, è possibile arrestarne il funzionamento attraverso un circuito cablato, anche senza l'uso di un computer e di un'alimentazione esterna. Con questo tipo di sistema di controllo, è possibile monitorare tutte le componenti l'impianto anche a distanza, attraverso un computer collegato mediante una linea telefonica. In questo modo possono essere attivate in tempo reale le operazioni di manutenzione e si può garantire la continuità di funzionamento dell'impianto. Il sistema di controllo è inoltre strutturato a vari livelli, ognuno protetto da password, che permettono in alcuni casi anche il telecomando dell'aerogeneratore. Di seguito vengono elencate le

caratteristiche tecniche degli aerogeneratori certificate dal costruttore nel documento tecnico D2294354-14 SG 6.0-155 Developer Package.

Type .....	3-bladed, horizontal axis	Type.....	Asynchronous, DFIG
Position.....	Upwind		
Diameter .....	155 m		
Swept area.....	18,869 m <sup>2</sup>		
Power regulation .....	Pitch & torque regulation	Baseline nominal power ..	6.0 MW / 6.6 MW
		Voltage.....	690 V
Rotor tilt .....	6 degrees	Frequency.....	50 Hz or 60 Hz
Type .....	Self-supporting	Type.....	Active
Blade length.....	76 m	Yaw bearing.....	Externally geared
Max chord.....	4.5 m	Yaw drive .....	Electric gear motors
Aerodynamic profile.....	Siemens Gamesa proprietary airfoils	Yaw brake.....	Active friction brake
Material.....	G (Glassfiber) – CRP (Carbon Reinforced Plastic)	Type .....	Siemens Integrated Control System (SICS)
Surface gloss .....	Semi-gloss, < 30 / ISO2813	SCADA system .....	SGRE SCADA System
Surface color.....	Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018		
Type .....	Full span pitching	Type .....	Tubular steel / Hybrid
Activation .....	Active, hydraulic		
Hub.....	Nodular cast iron	Hub height .....	90 m to 165 m and site-specific
Main shaft.....	Nodular cast iron		
Nacelle bed frame .....	Nodular cast iron	Corrosion protection .....	Painted
		Surface gloss .....	Semi-gloss, <30 / ISO-2813
Type .....	Hydraulic disc brake	Color .....	Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018
Position.....	Gearbox rear end		
Type .....	Totally enclosed	Cut-in wind speed .....	3 m/s
Surface gloss .....	Semi-gloss, <30 / ISO2813	Rated wind speed .....	11.6 m/s (steady wind defined by IEC61400-1)
Color.....	Light Grey, RAL 7035 or White, RAL 9018	Cut-out wind speed .....	27 m/s
		Restart wind speed.....	24 m/s

### A.15.d. Descrizione del sistema di fondazioni

Le torri eoliche sono ancorate stabilmente al suolo mediante delle fondazioni in c.a. di forma tronco-conica, avente base circolare di diametro 24, mt ed altezza variabile da 1mt, in corrispondenza del bordo, a 3 mt in corrispondenza della zona centrale.

Il progetto scaturisce dalle azioni provenienti dalle strutture in elevazione – torri eoliche – e dalla caratterizzazione geologica del sito sulle quali dovranno essere edificate.

Il piano di posa delle stesse è situato a circa 3 mt dal piano campagna, ben al di sotto della coltre del terreno vegetale, ed altresì dello strato interessato da gelo e/o significative

variazioni di umidità stagionali; a tale profondità inoltre il piano di posa garantisce il riparo da fenomeni di erosione superficiale. Il piano di posa sarà opportunamente regolarizzato con conglomerato magro. La base della torre è ancorata al plinto mediante un sistema di barre in acciaio pre-tese che vengono annegate all'interno del getto (anchor cages).

La fondazione viene poi armata con acciai da armatura lenta e successivamente gettato il calcestruzzo in opera. Le caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali sono determinate nella fase esecutiva del progetto.

L'area interessata dalla realizzazione del parco eolico sarà interessata dalla costruzione delle opere di fondazione degli altri manufatti a servizio dell'impianto. Le fondazioni di questi manufatti avranno dimensioni variabili, a seconda di quanti riportato sulle tavole di progetto esecutivo, e avranno profondità tale da raggiungere una quota che garantisca la sicurezza del manufatto stesso e da non interessare il terreno vegetale.

### A.15.e. Quadro di campo MT

Per ogni aerogeneratore si prevede l'installazione di un quadro MT a bordo macchina per la connessione elettrica alla linea di raccolta interna al parco eolico, nella configurazione a singolo o doppio ingresso, in funzione della posizione dell'aerogeneratore all'interno del sistema elettrico di produzione secondo quanto previsto nello schema elettrico unifilare di progetto, al fine di minimizzare la lunghezza della linea MT e di migliorare la continuità di servizio. Le tipologie di quadro MT a installarsi nell'impianto eolico in oggetto, sono le seguenti:

- tipologia 1: scomparto arrivo trafo e scomparto uscita linea MT;
- tipologia 2: scomparto arrivo trafo, scomparto uscita linea MT e scomparto arrivo linea MT;
- tipologia 3: scomparto arrivo trafo, scomparto uscita linea MT e doppio scomparto arrivo linea MT.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche del quadro MT a bordo aerogeneratore:

Tensione nominale	36 kV
Corrente nominale	630 A
Corrente nominale ammissibile di breve durata (1s)	16 kA
Corrente nominale alle sbarre	630 A
Tipo di interruzione	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sezionatore sottocarico (on/off)</li><li>• Sezionatore di terra (on/off)</li></ul>
Cablaggio compartimento cavi	Resistenti all'arco elettrico
3 terminali (passaggio cavi/sbarre)	630 A

## A.15.f. Cavi di collegamento MT

Nel presente paragrafo si descrive il sistema di distribuzione dell'energia prodotta da ciascun aerogeneratore, fino alla connessione finale al quadro MT della cabina elettrica MT/AT, dove verrà eseguita l'elevazione di tensione necessaria alla connessione alla rete di trasmissione elettrica nazionale a 150 kV, il tutto come indicato dal preventivo di connessione (STMG).

- Tensione di isolamento  $U_0/U = 18/36$  kV;
- Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio;
- Mescola in elastomero termoplastico (qualità HPTE);
- Guaina in polietilene di colore rosso (qualità DMP 2).

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante, per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

Il cavo verrà posato direttamente all'interno del terreno, in apposita trincea, in conformità alla norma CEI 11- 17.

La sezione dei cavi di distribuzione in media tensione è stata definita in accordo con la normativa di riferimento IEC 60502, "Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$  kV)".

Ogni circuito di media tensione sarà caratterizzato da una disposizione a trifoglio composta di tre cavi unipolari MT posati a una profondità almeno di 1,2 m.

Nel caso di più circuiti posati all'interno dello stesso scavo di media tensione, la distanza tra gli stessi (distanza asse trifoglio - asse trifoglio) sarà pari almeno a 20 centimetri.

Il dimensionamento dei suddetti circuiti è stato realizzato in conformità alla norma IEC 60502-2, nel rispetto dei criteri posa e verifica della portata dei circuiti di media tensione col metodo della massima caduta di tensione ammissibile. Quest'ultima, data dalla somma di tutte le c.d.t. parziali sulle diverse sezioni d'impianto, è stata considerata pari all'2% della tensione nominale del sistema. Il progetto ha previsto quindi che, nella distribuzione dal primo aerogeneratore al quadro di media tensione della cabina elettrica MT/AT, la massima caduta di tensione ammessa e rispettata mediante le sezioni scelte per i cavi di media tensione è stata pari al 1,83% della tensione nominale del sistema.

Per il dimensionamento delle sezioni effettive dei cavi di distribuzione si sono tenuti in considerazione i coefficienti di riduzione applicati alla portata nominale del cavo scelto. Questi sono di seguito elencati:

- K1: Fattore di correzione per temperature ambiente nel suolo diverse da 20°C (Tabella B.11 – IEC60505-2);

- K2: Fattore di correzione per aggruppamenti di circuiti trifase costituiti da cavi unipolari direttamente interrati nel suolo (Tabella B.11 – IEC60505-2);
- K3: Fattore di correzione per profondità di posa diverse da 0,8 m per cavi direttamente interrati nel suolo (Tabella B.12 – IEC60505-2);
- K4: Fattore di correzione per resistività termiche del suolo diverse da 1,5 k\*m/W.

A valle del calcolo delle sezioni si è eseguita la verifica delle stesse applicando il criterio della massima caduta di tensione ammissibile sulle diverse sezioni di impianto e quindi sull'intero percorso dei cavi stessi a partire dalla prima WTG e fino al collegamento terminale in sottostazione. La caduta di tensione massima ammissibile del sistema, data dalla somma di tutte le c.d.t. parziali sulle diverse sezioni di impianto, è stata considerata pari all'2% della tensione nominale del sistema. La caduta di tensione è stata calcolata mediante la seguente relazione:

$$\Delta V\% = 100 * \text{rad}(3) * I * L * (r_l * \cos\varphi + x_l * \sin\varphi) / V_n$$

Dove:

- I è la corrente di impiego del circuito;
- L è la lunghezza del circuito;
- $r_l$  è la resistenza elettrica della linea in  $\Omega/m$ ;
- $x_l$  è la reattanza elettrica della linea in  $\Omega/m$ ;
- $\cos\varphi$  è il fattore di potenza;
- $V_n$  è la tensione nominale del sistema.

La protezione dei circuiti nei confronti di un sovraccarico, per via della tipologia di impianto elettrico in oggetto, è stata omessa in quanto sarà impossibile l'insorgere di un sovraccarico essendo le potenze in gioco ben definite e limitate dal valore di producibilità massima delle turbine eoliche. Pertanto, il dimensionamento dei cavi di distribuzione garantisce intrinsecamente la condizione di normale esercizio in relazione alle correnti di impiego in gioco. Tuttavia le protezioni dei circuiti sono state scelte garantendo che la corrente nominale dell'interruttore automatico deve essere scelta in relazione alla portata del cavo, ossia deve essere superiore o uguale alla corrente massima transitabile nel cavo per un tempo indefinito, senza che in questo si raggiungano sovratemperature inaccettabili.

La protezione contro i cortocircuiti è stata perseguita con interruttore e relè controllati da relè di protezione posti nel quadro di distribuzione generale della sottostazione esercito a 30 kV. Secondo la norma IEC 60364- 5-54, deve essere scelta una sezione minima del cavo che rispetti la seguente formula:

$$I^2 * t < K^2 * S^2$$

dove:

- t è durata del guasto in secondi;
- S rappresenta la sezione del cavo in millimetri quadrati;

- I è il valore della corrente di cortocircuito in Ampere;
- K è una costante caratteristica dei cavi che dipende sia dal materiale del conduttore sia dal tipo di isolante del cavo scelto.

In merito al valore di corrente di cortocircuito scelto a livello del quadro MT di sottostazione, si è considerata la massima delle correnti ammissibili dalle celle di media tensione. Ci si è posti quindi nelle condizioni peggiori di esercizio, garantendo quindi un corretto dimensionamento dei cavi. Il soddisfacimento della relazione di cui sopra garantisce che il cavo, nell'intervallo di tempo compreso tra lo stabilirsi del cortocircuito e l'istante di apertura del circuito da parte delle protezioni, non risulterà danneggiato dalla sovratemperatura determinata dalla corrente di cortocircuito stessa.

### **A.15.g. Rete di terra**

L'impianto di terra sarà dimensionato in modo da rendere le tensioni di passo e contatto, all'interno e nelle vicinanze delle aree su cui insistono gli impianti, inferiori ai valori prescritti dalle Norme di riferimento (CEI EN 50522). Inoltre, l'impianto di terra garantirà la protezione di impianti ed apparecchiature contro l'elettricità statica.

L'impianto di terra e l'impianto di protezione contro le scariche atmosferiche, sarà dimensionato per resistere anche alle sollecitazioni meccaniche ed alla corrosione; particolare cura sarà posta nella realizzazione delle connessioni e delle saldature tra le varie parti dell'impianto di terra, al fine di garantire l'adeguata continuità metallica dell'intero dello stesso.

Le specifiche tecniche per la realizzazione dell'impianto di terra devono seguire le indicazioni previste dalla seguente normativa di riferimento:

- Norma CEI 11-62 "Stazioni del cliente finale allacciate a reti di terza categoria"
- Norma CEI 11-32 "Impianti di produzione di energia elettrica connessi a sistemi di reti di terza categoria"
- Norma CEI 11-37 "Guida per l'esecuzione degli impianti di terra per sistemi di I, II, III categoria"
- Norma CEI 11-25 "Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifase a corrente alternata"
- Requisiti delle stazioni elettriche di Terna con tensioni superiori a 120kV.
- Norma CEI 11-1 Cap. 9 "Impianti di Terra"

Per un corretto dimensionamento della rete di terra è necessario richiedere all'ente distributore le correnti di guasto monofase e bifase a terra e i relativi tempi di intervento delle protezioni al fine di poter coordinare il sistema di protezione del distributore (TERNA) con quello dell'utente. Nel seguito, si dettaglia quella che è stata sviluppata come prima

ipotesi di rete di terra globale delle diverse sezioni di impianto, seguendo le norme precedentemente descritte.

### **A.15.g.1. Rete di terra aerogeneratori**

All'interno della canalizzazione per la posa dei cavi di media tensione interrata per il collegamento "entra - esci" fra gli aerogeneratori, verrà posato un ulteriore cavo di rame nudo di sezione non inferiore a 95 mm<sup>2</sup> per la connessione tra le diverse reti di terra degli aerogeneratori.

### **A.15.g.2. Rete di terra cabina di raccolta**

Per la progettazione dell'impianto di terra si deve fare riferimento ad un insieme di dati che dipendono dalle caratteristiche di alimentazione e di quelle del sito di installazione della cabina. I principali parametri di riferimento di cui si deve disporre sono:

- la corrente massima di guasto a terra (IF);
- il tempo di eliminazione del guasto (tc);
- le tensioni di contatto e di passo tollerabili (UTP, USP);
- la configurazione e le caratteristiche della rete di alimentazione in media tensione;
- il luogo in cui l'impianto di terra deve essere realizzato;
- l'area da proteggere, (forma e caratteristiche del terreno);
- eventuali vincoli in relazione alla messa a terra del neutro in bassa tensione.

Durante la progettazione, al fine di tenere conto di possibili variazioni nel tempo dei citati parametri, è opportuno scegliere gli stessi in relazione alle condizioni più sfavorevoli che si possano verificare.

Solitamente per le cabine si utilizzano dispersori ad anello che consentono di ottenere con maggiore facilità basse resistenze di terra. L'anello viene realizzato interrando un conduttore nudo (tondino, corda o piattina di acciaio zincato a caldo o di rame o di acciaio ramato) intorno alla fondazione della cabina ad una profondità di almeno 0,5 m. Questo tipo di dispersore può essere integrato con spandenti e picchetti per ridurre, ove necessario, la resistenza di terra. È opportuno che i picchetti siano collocati in pozzetti ispezionabili, con coperchi isolanti per evitare pericolose tensioni di passo.

I conduttori di terra si dipartono dal collettore e vanno a collegare le masse da mettere a terra. Le sezioni dei conduttori di terra non devono essere inferiori a 16 mm<sup>2</sup> se di rame, 35 mm<sup>2</sup> se d'alluminio, 50 mm<sup>2</sup> se d'acciaio.

I conduttori di terra devono avere percorsi brevi ed essere posati preferibilmente nudi.

Si collegheranno all'impianto di terra i seguenti elementi metallici:

- ripari di protezione dei circuiti MT;
- la carpenteria metallica degli scomparti MT;

- il cassone del trasformatore MT/BT per servizi ausiliari;
- la carcassa dei TA e TV ed un polo del circuito secondario;
- i telai dei sezionatori di terra;
- le intelaiature di supporto degli isolatori;
- i terminali e le guaine dei cavi MT provenienti dalla cabina di raccolta;
- i cavi di rame nudo per la connessione della rete di terra tra la cabina di raccolta e la cabina di consegna;
- i ganci di ancoraggio delle linee aeree MT;
- gli organi di manovra manuale delle apparecchiature;
- i quadri porta sbarre BT e porta interruttori;
- gli interruttori BT;
- la cassa dei condensatori BT;

### **A.15.g.3. Messa a terra dello schermo dei cavi MT**

Lo schermo dei circuiti di media tensione va collegato a terra ad entrambe le estremità.

Per collegamenti di grande lunghezza è preferibile mettere a terra il rivestimento metallico anche in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km. Per collegamenti corti, normalmente non superiori al km, è tuttavia ammessa la messa a terra del rivestimento metallico in un solo punto purché vengano adottate le opportune cautele indicate nella norma CEI 11-17 al par 5.3.2 (CEI 20- 89).

Tuttavia la norma consente di collegare a terra lo schermo di un cavo, lungo fino a 1 Km, ad una sola estremità nei casi in cui:

- Lo schermo, se accessibile, sia considerato a tensione pericolosa all'estremità non collegata a terra e nelle giunzioni;
- La guaina di materiale isolante che ricopre lo schermo sopporti la tensione totale dell'impianto di terra al quale è collegata l'altra estremità.

Nel caso di impianti eolici poiché gli aerogeneratori sono dotati del proprio impianto di terra è consigliabile collegare allo stesso entrambe le estremità del cavo al fine di realizzare una globale equipotenzialità in caso di guasto a terra.

### **A.15.h. Cabine elettriche**

Nel presente paragrafo si descrive il sistema di connessione alla rete di trasmissione elettrica nazionale a 150 kV, come indicato dal preventivo di connessione ricevuto (STMG).

Il circuito terminale di collegamento tra l'ultima WTG della configurazione radiale d'impianto e il quadro MT della cabina elettrica MT/AT, si attesta su apposito scomparto di MT caratterizzato dalle seguenti caratteristiche tecniche:

Tipo di isolamento	SF6
Tensione nominale di isolamento	36 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale di tenuta frequenza industriale	50kV
Tensione di tenuta ad impulso	125 kV
Corrente nominale in uscita	400 A
Corrente nominale ammissibile di breve durata (1s)	20 kA
Corrente alle sbarre	630 A
Unità funzionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sezionatore a vuoto (sbarre)</li> <li>• Interruttore SF6</li> <li>• Sezionatore di terra</li> </ul>
Sistema di protezione lato MT	Sonde di temperatura Protezione di back-up della turbina Soglie
Tensione ausiliari elettrici	230 V
Numero di cicli di operazioni	1000

### A.15.i. Stazioni elettriche Utente e di Rete

Il parco eolico in oggetto, di potenza pari a 79,2 MW (nr. 12 aerogeneratori con potenza nominale singola di 6,6 MW), sarà collegata in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN 380/150 kV denominata "Aliano".

Il quadro di media tensione installato nella nuova area MT dell'impianto sarà costituito dalle seguenti celle:

- 2 celle arrivo linee dal parco, più una futura
- arrivo dal trasformatore MT/AT della stazione Utente condivisa
- partenza per il trasformatore MT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari e generali di stazione.

### A.15.j. Gruppi di misura e punti di consegna

Il sistema di misura dell'energia prodotta sarà fondamentalmente costituito da:

- Trasformatore di misura di corrente (TA);
- Trasformatore di misura di tensione (TV);
- Apparecchiatura di misura (ADM) principale;
- Apparecchiature di misura addizionali;
- Dispositivo di comunicazione.

Saranno installati contatori anche per misure addizionali ovvero un contatore per ogni singola linea proveniente dal parco e collegante i gruppi di aerogeneratori e un contatore per la misura dell'energia assorbita dai servizi ausiliari.

### ***Teletrasmissione delle misure – RTU***

In ottemperanza ai dettami delle Guide Tecniche, il Gestore dovrà acquisire dagli impianti di produzione le informazioni che possono esserle utili al fine del corretto funzionamento della rete stessa, ovvero:

- Telemisure: potenza attiva e reattiva bidirezionali misurate sul montante AT 150 kV del trasformatore, corrente AT (una fase), tensione AT (concatenata), posizione del VSC in scala assoluta (misure obbligatorie), direzione ed intensità del vento da un anemometro ritenuto rappresentativo dell'intero parco (misure facoltative);
- Tele segnali: stato dell'interruttore AT (152) dell'impianto criterizzato con il sezionatore generale (189).

Tali informazioni sono trasmesse al Dispacciamento Terna via CDN alla sede di Pozzuoli e via FR (di operatore distinto rispetto alla CDN) alla sede di Roma Nord. Eventuali sedi diverse sono da concordarsi con il gestore di rete.

A tale fine sarà prevista una Unita Remota (RTU) a CPU ridondata, da installare nel locale quadri BT dell'edificio utente, avente il compito di gestire la comunicazione con TERNA, acquisire i dati locali di I/O. L'unità comunica con postazioni remote attraverso i protocolli standard, studiati appositamente per le applicazioni nel settore elettrico, IEC870-5-104 ed IEC870-5-101.

## **A.15.k. Sistema di Controllo**

### ***Sistema di protezione e comando/controllo***

Compito del sistema sarà quello di garantire la protezione dell'impianto contro tutti i possibili guasti interni ed il distacco dello stesso dalla rete per guasti o anomalie su di essa. Il sistema sarà inoltre chiamato a garantire la massima affidabilità di esercizio per la sicurezza delle persone e dell'impianto.

Esso provvederà alla sicura ed efficiente gestione sia dei singoli componenti che dell'impianto visto nel suo insieme, garantendone in ogni istante le proprietà di controllabilità, osservabilità e raggiungibilità.

Il disegno del complessivo elettromeccanico e gli schemi saranno da prodursi a cura del quadrista in sede di progettazione esecutiva.

Le caratteristiche del sistema di controllo succitate, quali la controllabilità, l'osservabilità e la raggiungibilità vengono di seguito dettagliate.

- La controllabilità consiste nella possibilità di analizzare in tempo reale o differito lo stato dell'impianto, attraverso la conoscenza delle variabili acquisite (stati, misure, allarmi, eventi, trasferimento di file).
- L'osservabilità definisce la possibilità di estrarre informazioni dall'impianto stesso.
- La raggiungibilità implica la possibilità di poter interagire con l'impianto (tramite comandi e regolazioni).

Le suddette proprietà consentiranno l'espletamento delle seguenti attività:

- a. Conduzione: attuazione delle manovre di esercizio normale e di emergenza avvalendosi della conoscenza in tempo reale dello stato dell'impianto;
- b. Teleconduzione: remotizzazione totale o parziale dell'attività di conduzione;
- c. Telecontrollo: invio al sistema di controllo centralizzato del cliente di informazioni in tempo reale (stati, eventi, allarmi, misure) o in tempo differito;
- d. Manutenzione: operazioni ed interventi atti a conservare, migliorare o ripristinare il livello di efficienza dell'impianto.

Per sistema di comando e controllo si intende il complesso degli apparati e circuiti predisposti a fini di comando degli organi di protezione, di registrazione locale, di misura, di rilevazione di segnali di stato, di anomalia, di perturbazione, di sintesi degli stessi, di segnalazione sui quadri locali di comando, di interfacciamento con gli apparati di comando e controllo remoti. Al par. 8 della Norma CEI 11-1 sono indicati alcuni requisiti generali del sistema di protezione, comando e controllo riferito ai seguenti aspetti:

- Funzionali (es. funzioni di protezione, manovre elementari, sequenze logiche, controlli ed interblocchi, grandezze processate, segnalazioni visive, etc.);
- Di configurabilità, parametrizzazione e taratura (campi di regolazione, parametri regolabili, I/O, etc.)
- Di precisione;
- Di autodiagnostica, monitoraggio interno ed interfaccia uomo-macchina (MMI);
- Di compatibilità, in termini di interfacce e comunicazione, con altri sistemi.

Il sistema di comando, di tipo modulare e di facile espandibilità, avrà di base la seguente filosofia:

- dovrà ottimizzare l'uso dello stallo minimizzando il numero di manovre nel massimo rispetto della sicurezza;
- dovrà permettere quante più manovre possibili (al limite tutte) anche dalla centrale di controllo remota, condizionando tali manovre con opportuni interblocchi hardware e software, di modo che la teleconduzione avvenga in massima sicurezza, evitando manovre con personale presente in stazione o addirittura in campo.

Pertanto la teleconduzione da centro remoto sarà verificata e subordinata a effettive condizioni di sicurezza per il personale addetto. Più in generale la possibilità di diverse

modalità di comando impone un coordinamento tra di esse: non sarà possibile la presenza contemporanea di due modalità di comando ed eventualmente sarà definito un livello di priorità.

Le manovre devono essere condizionate da interblocchi che evitino sequenze pericolose per il personale, dannose per gli organi stessi o comunque incompatibili per il loro stato.

Il comando interruttori proveniente dalle protezioni utilizzerà una via diretta e indipendente dalle altre: a prescindere dalla possibilità di comando remoto, le apparecchiature saranno predisposte per poter governare l'impianto in locale a livello di stallo. La conduzione locale avverrà da opportuno pannello di comando installato all'interno del locale comando e controllo dell'edificio utente.

In pratica il comando e controllo dell'impianto avverrà su tre livelli:

- a. livello di stallo;
- b. livello di stazione;
- c. livello remoto.

Le funzioni di acquisizione dati, monitoraggio locale e comando, interblocchi, protezione, sono collocati a livello di stallo. Le funzioni di supervisione, monitoraggio, comando, registrazione di eventi e allarmi, reporting storico, diagnosi sono collocate a livello di stazione. I due livelli comunicheranno fra loro tramite opportuno sistema. Tipicamente la connessione fisica avviene tramite porta seriale, tra il pannello del livello di stallo e il computer server del livello di stazione.

Inoltre tale computer server sarà collegato tramite rete geografica (ADSL) al livello remoto in cui saranno collocate le stesse funzioni del livello di stazione ovvero le funzioni di supervisione, monitoraggio, comando, registrazione di eventi e allarmi, reporting storico e diagnosi.

Il livello di stallo è fisicamente rappresentato da un pannello di controllo (componente di classe secondaria) direttamente collegato con gli organi di manovra, TA e TV (componenti di classe primaria), installato nel locale comando e controllo.

Il livello di stazione sarà fisicamente rappresentato da un computer server, in cui saranno installati opportuni software che permetteranno di acquisire i dati provenienti dal livello inferiore, elaborarli ed impartire comandi ai dispositivi di livello inferiore stessi.

Anche il livello remoto sarà fisicamente rappresentato da un computer server con gli opportuni software di acquisizione ed elaborazione dati e per l'invio di segnali di comando, è sarà installato nella centrale di controllo remota.

Gli apparati a livello di stallo sono di classe primaria (apparecchi di manovra, TA e TV) e classe secondaria (componenti dedicati alla protezione e controllo dei componenti primari). Pertanto ciascun componente di classe primaria dovrà essere "accessoriato" con componenti di classe secondaria. Tali componenti dovranno "dialogare" fra loro e con il

livello superiore (livello di stazione), che comprende l'apparecchiatura di supervisione e monitoring. Il protocollo di interfaccia dovrà essere tale da assicurare la comunicazione con il PC-server del livello di stazione.

Pertanto, l'accesso all'intera stazione avviene attraverso le apparecchiature a livello di stallo di "classe secondaria", intendendo per accesso l'acquisizione di dati e la possibilità di impartire comandi.

Le principali funzioni che genericamente sono denominate di "protezione e controllo" sono:

- a. Protezione
- b. Misure
- c. Monitoring
- d. Supervisione
- e. Controllo

I dispositivi a livello di stallo (dispositivo di controllo e supervisione, relé di protezione, trasduttori), sono fisicamente installati in un unico pannello installato nel locale di comando e controllo.

Il dispositivo a livello di stallo dovrà assicurare almeno le seguenti funzioni base:

- a. Monitoraggio locale
- b. Comando
- c. Ordini di apertura/chiusura
- d. Interblocchi
- e. Richiusura automatica unipolare, tripolare, uni-tripolare
- f. Clock interno
- g. Informazioni su data e ora (leggibili a livelli superiori)
- h. Gestione di eventi e allarmi
- i. Funzioni di controllo

Pertanto, oltre ad acquisire ed elaborare i segnali binari di ingresso provenienti dai dispositivi di misura e protezione, detto pannello di stallo, sarà equipaggiato con un modello di comando per inviare gli ordini di apertura/chiusura all'apparecchiatura di manovra.

I dispositivi a livello di stallo per il controllo e la supervisione dell'apparecchiatura primaria, acquisiranno direttamente i dati delle apparecchiature primarie stesse, tipicamente con tecnologia convenzionale, cioè fili e contatti.

Funzioni software, normalizzate o adattate alle esigenze del cliente, quali il comando degli apparecchi AT, gli interblocchi, la richiusura automatica, saranno effettuate a livello di stallo con lo stesso hardware del pannello di controllo.

Il sistema così progettato con un livello di stallo rappresentato da un terminale di controllo (componente di classe secondaria) direttamente collegato con gli organi di manovra, TA e

TV (componenti di classe primaria), assicurerà anche nel caso di perdita della comunicazione tra i due livelli (livello di stallo e livello di stazione):

- Funzionalità della protezione
- Controllo dell'apparecchiatura primaria
- Monitoraggio dello stato dell'apparecchiatura primaria
- Visualizzazione degli allarmi più importanti a livello di stallo.

Inoltre si provvederà affinché opportune sicurezze evitino manovre da remoto in concomitanza di presenza di operatori in campo.

Le soluzioni realizzative proposte dovranno essere individuate nel rispetto dei seguenti requisiti:

- Aderenza agli standard internazionali tecnici e di mercato (MMI, importazione/esportazione dei dati, protocolli di commutazione);
- Interoperabilità, al fine di minimizzare lo sforzo di integrazione tra apparati di costruttori o serie costruttive diversi;
- Remotizzazione delle funzioni diagnostiche e di configurazione degli apparati;
- Modularità ed adattabilità delle apparecchiature a diverse configurazioni/espansioni di impianto;
- Gestione flessibile degli aggiornamenti (scalabilità);
- Affidabilità;
- Adeguatezza delle prestazioni;
- Conformità alla normativa internazionale di riferimento in termini di compatibilità elettromagnetica, immunità, caratteristiche elettriche e meccaniche;
- Compatibilità con il sistema di controllo del Cliente.

#### ***Caratteristiche quadro protezioni e controllo:***

Il quadro sarà costruito in lamiera verniciata, spessore 2 mm, con struttura autoportante, fondo chiuso da piastre asportabili per ingresso cavi e sarà composto da più pannelli.

#### ***Pannello per trasformatore TR lato AT:***

Sul fronte del pannello saranno montati e connessi:

- n. 1 relè per le protezioni massima corrente (50-51) per il trasformatore TR1, le misure di I, V, P, Q, f, e la porta comunicazione. Tipo Siprotec 7SJ64.
- n. 1 relè a microprocessore per la protezione differenziale del trasformatore TR1(87T), con porta di comunicazione Tipo Siprotec 7UT612.
- n. 1 regolatore di tensione automatico (90) per il trasformatore TR1, con porta di comunicazione.

All'interno del quadro saranno montati e connessi:

- n.1 set di relè ausiliari;

- n.1 set di interruttori automatici modulari.

***Caratteristiche sistema di supervisione per la sottostazione AT/MT***

Sarà previsto un pannello cablato con montato e connesso:

- alimentatore 110V cc / 24 V cc;
- unità di acquisizione dati apparecchiature AT /MT;
- GPS;
- Server tipo SICAM PAS.