

COMUNI DI BITTI, ORUNE E BUDDUSO'
PROVINCE DI NUORO E SASSARI



PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "GOMORETTA"

Elaborato: EP_CIV_R009

Scala : -

Data : 11 dicembre 2017

Disciplinare tecnico prestazionale degli elementi tecnici

COMMITTENTE :
Siemens Gamesa Renewable Energy Italy S.p.A.

RESPONSABILE TECNICO COMMESSA :
Dott. Ing. Nicola Maria Pepe

COORDINAMENTO :

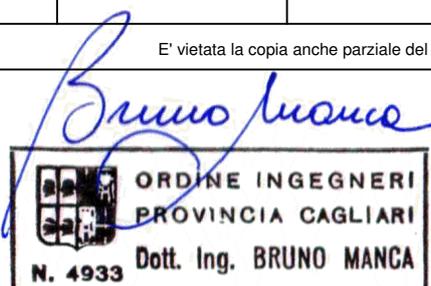
Bm Studio Tecnico Industriale
Dott. Ing. **Bruno Manca**



N° REVISIONE	Data revisione	Elaborato	Controllato	Approvato	NOTE
Rev.00	11/12/2017	BM	NMPEPE	GMERCURIO/NMPEPE	A4 (210x297mm)

E' vietata la copia anche parziale del presente elaborato

Gruppo di lavoro : Dott.ssa in Arch. Giorgia Campus
Dott.ssa Ing. Barbara Dessi
Dott.ssa Ing. Alessandra Scalas



INDICE

1. PREMESSA	2
2. DISCIPLINARE DESCRITTIVO TECNICO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI	2
2.1 COMPONENTI DELL'IMPIANTO (ROTORE , SISTEMA DI ORIENTAMENTO DEL ROTORE, SISTEMA DI CONTROLLO)	3
2.1.1 Rotore.....	6
2.1.2 Sistema di frenatura	6
2.1.3 Sistema di orientamento	7
2.1.4 Gondola	Errore. Il segnalibro non è definito.
2.1.5 Torre	9
2.1.6 Peso dell'Aerogeneratore	10
2.1.7 Unità di controllo e potenza	10
2.1.8 Curve di potenza.....	11
2.1.9 Tipo e altezza delle torri	12
2.1.10 Descrizione del sistema delle fondazioni	12
2.1.11 Stazione di Trasformazione	13

1. PREMESSA

Il presente elaborato rappresenta il disciplinare tecnico prestazionale degli elementi tecnici del “Parco Eolico Gomoretta”.

Il Parco Eolico è sito nei comuni di Bitti, Orune e Buddusò nelle province di Nuoro e Sassari. Il progetto prevede la realizzazione di 13 aerogeneratori del tipo G132 di Siemens Gamesa.

Gli aerogeneratori hanno potenza nominale di 3.465 MW, per una potenza complessiva del parco eolico di 45,045 MW. L'altezza delle torri è di 84 m, il raggio delle pale è di 66 m per una dimensione complessiva del rotore pari a 132 m.

Gli aerogeneratori del tipo GAMESA G132 - 3.465MW sono del tipo con rotore tripala sopravento.

Questi aerogeneratori sono regolati da un sistema di cambio di fase indipendente per ciascuna pala e con un sistema attivo di orientazione della navicella. Il sistema di controllo permette all'aerogeneratore di operare a velocità variabili massimizzando in ogni momento la potenza prodotta e riducendo al minimo i carichi ed il rumore generato. La potenza prodotta dal generatore è completamente elaborata dal convertitore Full Converter.

2. DISCIPLINARE DESCRITTIVO TECNICO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

Il “Parco Eolico Gomoretta” è composto da 13 aerogeneratori di Siemens Gamesa, le coordinate planimetriche degli aerogeneratori sono riportate nella Tabella 1.

Tabella 1 – Coordinate degli aerogeneratori - sistema di riferimento planimetrico Roma 40 –Gauss – Boaga, UTM-WG S84 e UTM-ED50

WTG	Gauss Boaga		UTM-WGS84		UTM-ED50		Quota di posa [m] slm
	Easting (m)	Northing (m)	Easting (m)	Northing (m)	Easting (m)	Northing (m)	
G1	1526339	4478097	526308	4478089	526391	4478279	776
G2	1525211	4479509	525180	4479501	525263	4479691	849
G3	1525700	4479857	525669	4479849	525752	4480039	826
G4	1526785	4479208	526754	4479200	526837	4479390	789
G5	1525961	4480283	525930	4480275	526013	4480465	826
G6	1534648	4478486	534617	4478478	534700	4478668	806
G7	1526149	4479355	526118	4479347	526201	4479537	834
G8	1532362	4476140	532331	4476132	532414	4476322	817
G9	1532611	4476480	532580	4476472	532663	4476662	841
G10	1532974	4477271	532943	4477263	533026	4477453	818

G11	1533367	4477536	533336	4477528	533419	4477718	824
G12	1533734	4477832	533703	4477824	533786	4478014	821
G13	1534509	4477904	534478	4477896	534561	4478086	834

2.1 COMPONENTI DELL’IMPIANTO (ROTORE , SISTEMA DI ORIENTAMENTO DEL ROTORE, SISTEMA DI CONTROLLO)

L’impianto eolico è costituito da un numero di 13 aerogeneratori collegati tra loro a mezzo di un cavidotto elettrico che assicura la continuità dell’impianto. L’energia convogliata nel cavidotto viene poi consegnata alla RTN. Le modalità di connessione di ciascun aerogeneratore all’altro, cambiano in funzione del layout di funzionamento scelto per l’impianto.

Il moltiplicatore aumenta il numero di giri dell’asse lento e accende il generatore (14) che genera energia in bassa tensione. L’energia, perché raggiunga il punto di consegna, deve trasformare la propria tensione al fine di ridurre al minimo le perdite per effetto Joule. Il trasformatore (15) ha questo compito e immette energia in media tensione nel circuito interno al parco eolico.

Il circuito idraulico, oltre a controllare l’angolo di passo (pitch), regola il sistema di orientazione della macchina (6), in modo da portare la macchina sempre sotto vento ed ottimizzare sforzi e produzione. I comandi vengono trasmessi dai due anemometri montati in cima alla cappotta (16). Tali sensori trasmettono i segnali ad un armadio di controllo che gestisce, attraverso un PLC, l’intera macchina.

Il rotore converte la forza di sollevamento generata dall’aria che scorre sulla superficie della lama in una coppia attorno all’albero. Il rotore per turbine eoliche Gamesa da 3,465 MW comprende 3 pale collegate a un mozzo da cuscinetti a lama. Il giunto e i sistemi alloggiati nel mozzo sono coperti dal cono. Alle flange delle giunzioni della lama, il mozzo ha un angolo di conicità di 4 gradi per garantire la distanza della punta della pala dalla torre.

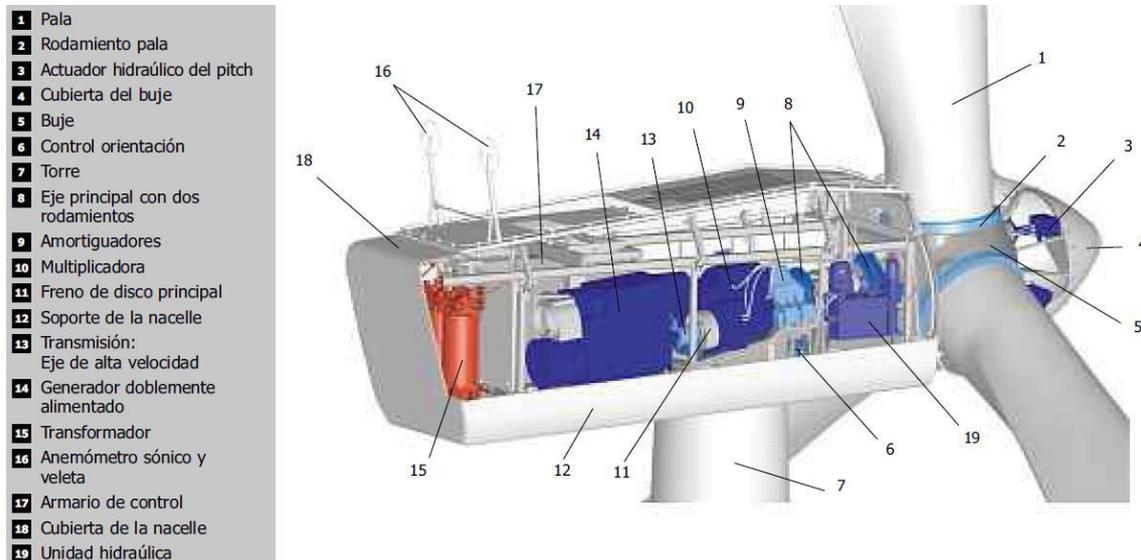


Figura 1 – Vista prospettica dell'aerogeneratore G10X – GAMESA 4.5MW

Le pale trasmettono la forza di sollevamento generata dal vento all'albero principale attraverso il cuscinetto e il mozzo della lama. Le pale delle turbine eoliche della piattaforma Gamesa 3.465 MW si estendono su 64.5 m. Le pale per turbine eoliche Gamesa da 3,465 MW sono realizzate in composito di fibra di vetro con resina epossidica, che fornisce la rigidità necessaria senza aumentare il peso della lama. Le pale hanno il controllo del passo per l'intera apertura della lama e hanno un profilo progettato per massimizzare la produzione di energia riducendo i carichi e generato rumore.

Le lame hanno una lunghezza di 64,5 me pesano circa 15,6 t. La distanza dalla radice della lama al centro del mozzo è di 1,5 m.

Ogni pala comprende 2 gusci fissati insieme lungo travi strutturali interne. La lama è progettata per soddisfare 2 funzioni di base: strutturale e aerodinamica.

Inoltre, la lama è progettata tenendo conto sia del metodo di fabbricazione utilizzato che dei materiali scelti, al fine di garantire i necessari margini di sicurezza.

Le pale sono dotate di un sistema parafulmine che raccoglie le scariche elettriche trasmettendole, attraverso un cavo di acciaio che percorre longitudinalmente alla pala, fino al mozzo, dove viene trasmesso alla turbina eolica e scaricato nel terreno.

Inoltre, le lame vengono fornite con gli scarichi necessari per impedire che l'acqua venga trattenuta all'interno, causando uno squilibrio o danni strutturali dovuti alla vaporizzazione dell'acqua in caso di fulmini.

Il momento torcente del vento è trasmesso dal rotore al moltiplicatore lungo l'asse lento che è imbullonato tra la fine del mozzo e il moltiplicatore planetario. L'asse, comune con il sistema di trasmissione, ha una cavità longitudinale interna per consentire il passaggio dei cavi elettrici e di controllo e le tubazioni idrauliche necessarie per alimentare il sistema di pitch control, dalla navicella al mozzo.

L'asse principale è supportato da due cuscinetti sigillati, ciascuno interno ai bracci di ancoraggio al telaio principale.

Questa precauzione assicura che l'unico sforzo trasmesso al moltiplicatore è il momento torcente, riducendo così i problemi che possono incorrere sul moltiplicatore. I cuscinetti sono lubrificati con olio pompato da un circuito idraulico indipendente, simile a quello di lubrificazione del moltiplicatore, con proprio sistema di filtraggio.

L'asse lento e il moltiplicatore costituiscono il sistema di trasmissione. Rappresenta una soluzione semi integrata che riduce lo spazio e gli elementi. Tale riduzione comporta una minore fatica e aumenta l'affidabilità e la disponibilità dell'aerogeneratore.

La rotazione dell'asse principale è gestita da un sistema di guardia. È un sistema ridondante che mette in emergenza la macchina quando individua una sovra velocità sul comparto rotore-asse rotante.

Il generatore riceve i carichi dal moltiplicatore e a sua volta trasferisce le sollecitazioni al telaio principale. È raffreddato ad acqua (50%acqua-glicolo) con un circuito indipendente e i cuscinetti del rotore sono ingrassati da un circuito con una pompa anch'essa indipendente.

Il sistema di frenaggio è costituito da due sotto sistemi: uno aerodinamico che consiste nel massimizzare le perdite sul profilo aerodinamico delle pale, ed uno posizionato sul sistema di trasmissione.

Dopo aver attivato il freno aerodinamico, la velocità del sistema di trasmissione si abbassa, per un aumento di resistenza aerodinamica sulle pale. Quando la velocità di rotazione è pari a 0 rpm, si aziona il freno meccanico. Il freno meccanico è costituito da un disco che viene idraulicamente bloccato da due pinze. L'apparato è montato sull'asse veloce. Il freno meccanico si usa in caso di emergenze per portare la turbina in stop completo. Entrambi i sistemi di frenaggio fermano il sistema di trasmissione, anche se non garantiscono la fermata totale. Per questo si dispone di due bulloni lungo l'anello del rotore. Questi bulloni possono essere azionati automaticamente o manualmente e si attivano quando sono in corso operazioni di manutenzione all'interno della navicella e sulle parti mobili della stessa: sistema di trasmissione, freno, generatore, rotore.

Il sistema idraulico provvede a garantire la giusta pressione sugli attuatori del sistema di pitch, sul freno meccanico montato sull'asse veloce, sul sistema di freno dell'apparato che si occupa dell'orientazione e sul sistema di frenata del rotore. Per garantire la giusta pressione, il sistema monta due pompe che possono azionarsi in modo alternato o simultaneamente a seconda delle richieste sul circuito idraulico. L'olio del circuito passa continuamente attraverso due filtri in linea ad elevato flusso ed uno che agisce sul deposito supplementare e che lavora con basse velocità di passaggio. L'unità idraulica predispone di elementi che riscaldano l'olio, di accumulatori e di circuiti di raffreddamento ad olio o ad acqua. Questi componenti supplementari sono gestiti da una serie di sensori che misurano temperatura, flusso, pressione e livello.

Il sistema assicura risposte rapide in condizioni di funzionamento e in situazioni di emergenza.

2.1.1 Rotore

Il rotore converte la forza di sollevamento generata dall'aria che scorre sulla superficie della lama in una coppia attorno all'albero. Il rotore per turbine eoliche Gamesa da 3,465 MW comprende 3 pale collegate a un mozzo da cuscinetti a lama. Il giunto e i sistemi alloggiati nel mozzo sono coperti dal cono. Alle flange delle giunzioni della lama, il mozzo ha un angolo di conicità di 4 gradi per garantire la distanza della punta della pala dalla torre.

Le caratteristiche principali del rotore sono:

Tabella 2 – Caratteristiche principali del rotore

Diametro	132 m
Area spazzata	13.685 m ²
Velocità di rotazione	10.5 rpm

Il generatore riceve i carichi dal moltiplicatore e a sua volta trasferisce le sollecitazioni al telaio principale. È raffreddato ad acqua (50%acqua-glicolo) con un circuito indipendente e i cuscinetti del rotore sono ingrassati da un circuito con una pompa anch'essa indipendente.

Il generatore ha le seguenti caratteristiche:

Tabella 3 – Caratteristiche principali del generatore

Tipo:	Doubly-fed with coil rotor and slip rings
Potenza nominale	3615 kW
Tensione	690+-10% V _{ac}
Frequenza	50/60 Hz

Il disegno generale del generatore e della gondola da luogo ad una macchina compatta, sicura ed efficiente con accessi adeguati alle esigenze di manutenzione.

2.1.2 Sistema di frenatura

Il sistema di frenaggio è costituito da due sotto sistemi: uno aerodinamico che consiste nel massimizzare le perdite sul profilo aerodinamico delle pale, ed uno posizionato sul sistema di trasmissione.

Dopo aver attivato il freno aerodinamico, la velocità del sistema di trasmissione si abbassa, per un aumento di resistenza aerodinamica sulle pale. Quando la velocità di rotazione è pari a 0 rpm, si aziona il freno meccanico. Il freno meccanico è costituito da un disco che viene idraulicamente bloccato da due pinze. L'apparato è montato sull'asse veloce. Il freno meccanico si usa in caso di emergenze per portare la turbina in stop completo. Entrambi i sistemi di frenaggio fermano il sistema di trasmissione, anche se non garantiscono la

fermata totale. Per questo si dispone di due bulloni lungo l’anello del rotore. Questi bulloni possono essere azionati automaticamente o manualmente e si attivano quando sono in corso operazioni di manutenzione all’interno della navicella e sulle parti mobili della stessa: sistema di trasmissione, freno, generatore, rotore.

Le sue caratteristiche principali sono le seguenti:

Tabella 4 – Caratteristiche principali del sistema di frenatura

Primario	Aerodinamico
Ausilio stop di emergenza	Disco idraulico e a ceppo

Il sistema idraulico provvede a garantire la giusta pressione sugli attuatori del sistema di pitch, sul freno meccanico montato sull’asse veloce, sul sistema di freno dell’apparato che si occupa dell’orientazione e sul sistema di frenata del rotore. Per garantire la giusta pressione, il sistema monta due pompe che possono azionarsi in modo alternato o simultaneamente a seconda delle richieste sul circuito idraulico. L’olio del circuito passa continuamente attraverso due filtri in linea ad elevato flusso ed uno che agisce sul deposito supplementare e che lavora con basse velocità di passaggio. L’unità idraulica predispone di elementi che riscaldano l’olio, di accumulatori e di circuiti di raffreddamento ad olio o ad acqua. Questi componenti supplementari sono gestiti da una serie di sensori che misurano temperatura, flusso, pressione e livello.

Tabella 5 – Caratteristiche principali dell’unità idraulica

Pressione di esercizio	240 bar
-------------------------------	---------

2.1.3 Sistema di orientamento

Il sistema Gamesa Active Yaw consente alla navicella di girare intorno all’asse della torre. È un sistema attivo con quattro ingranaggi azionati elettricamente dal sistema di controllo dell’aerogeneratore dopo aver elaborato i dati ricevuti dagli anemometri e dalle velette, montati sulla cappotta della navicella. La velocità dei motori del sistema è trasmessa dagli ingranaggi ai pignoni che si accoppiano con i denti dell’anello di orientamento, montato sulla parte superiore della torre. Ciascun motore è controllato individualmente da un convertitore di frequenza che regola la velocità e la torsione applicata da ciascuno. L’anello è diviso in otto settori che rendono più facile la riparazione di possibili danneggiamenti ai denti. Allo stesso modo sono disposte otto pinze freno divise in due parti al fine di garantire l’accessibilità e la manutenzione dei piatti scorrevoli.

Per controllare lo yaw la macchina usa un sistema di frizione a cuscinetti dotato di 32 piatti scorrevoli che provvede al bloccaggio dell’aerogeneratore. Per azionare il sistema di frenaggio si utilizzano 24 piatti frizione idraulicamente controllati, che forniscono un elevato sforzo torcente frenante. Il sistema riduce l’entità dei carichi a cui l’anello e gli ingranaggi del sistema di orientazione sono soggetti.

I componenti del sistema sono di seguito specificati:

Tabella 6 – Componenti sistema di orientamento

Tipo	Anello di orientazione con bronzine
-------------	-------------------------------------

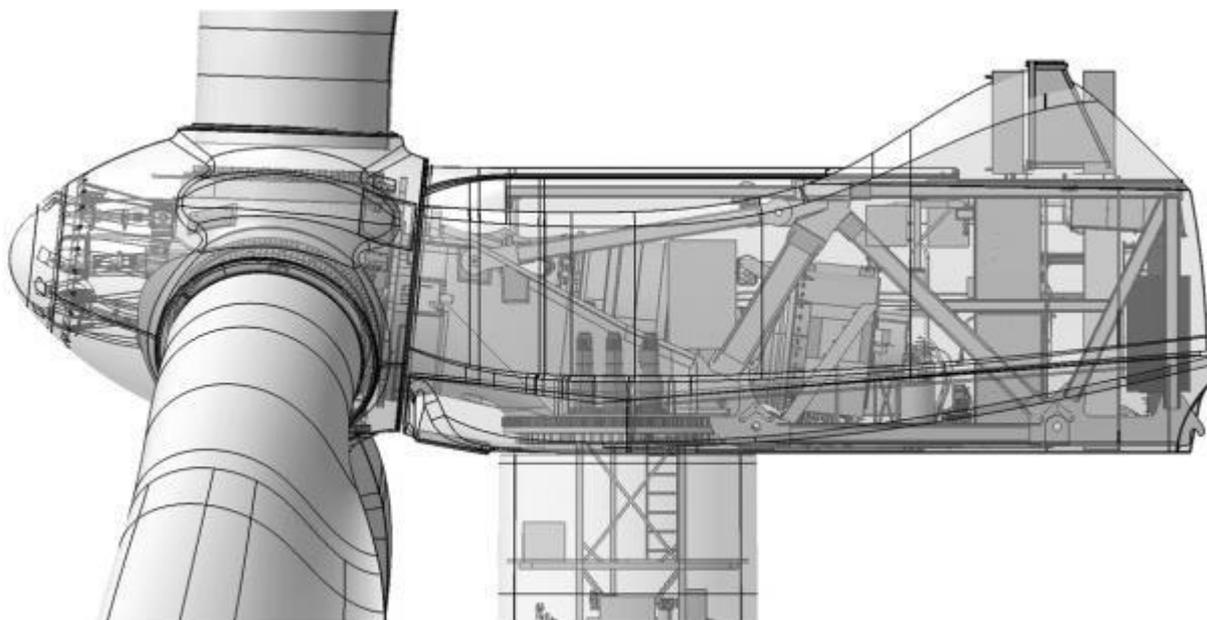
2.1.4 Navicella

Per facilitare il trasporto l'assemblaggio e la manutenzione, la navicella è modulare.

I moduli principali sono:

1. Modulo Navicella
 - Copertura (carter);
 - Telaio;
 - Sistema di orientazione (Yaw System);
 - Sistema idraulico;
 - Convertitore;
 - Cabina elettrica per il sistema idraulico e il convertitore;
 - Cabina di distribuzione;
 - Cabina per gestione dei sensori;
 - Sistema di condizionamento termico: circuiti, raffreddatore, pompe, ecc...;
 - Sistema di condizionamento e cabina di trasformazione.
2. Modulo di controllo di trasmissione
 - Albero lento;
 - Moltiplicatore.
3. Modulo albero veloce
 - Albero veloce;
 - Freno meccanico;
 - Giunto d'accoppiamento.
4. Modulo di generazione
 - Generatore;
 - Vano generazione elettrica.
5. Modulo di trasformazione
 - Trasformatore.
6. Modulo di sistema di condizionamento termico

- Raffreddatori aria-acqua/glicolo + ventilatori.
7. Modulo strutturale inferiore
- Struttura e piattaforma;
 - Sistema di lubrificazione della trasmissione;
 - Cabine elettriche per il sistema di orientazione e di trasmissione.



2.1.5 Torre

L'altezza del mozzo della torre Gamesa G132-3,465 MW è pari a 84 m. Le due strutture sono unite collegate da una struttura in metallo comune. Questa soluzione costruttiva è robusta e non necessita di elementi di smorzamento delle vibrazioni.

La torre possiede le piattaforme appropriate, scale di servizio, ascensori, illuminazione di servizio e d'emergenza, così come canaline per il passaggio dei cavi di alimentazione e controllo. La piattaforma più in basso ospita l'UPS, gli armadietti e il cubicolo di media tensione. La piattaforma superiore ospita gli elementi della navicella.

Le caratteristiche principali della torre metallica sono:

Tabella 7 – Caratteristiche della torre

Tipo	Tubolare conico
Materiale	Acciaio strutturale

Altezza mozzo	84 m
---------------	------

2.1.6 Peso dell'Aerogeneratore

Il peso dell'aerogeneratore, esclusa la fondazione, è suddiviso come segue:

Tabella 8 – Peso dell'aerogeneratore

Peso della navicella	125 t
Peso del rotore completo	81.6 t
Peso del mozzo (inclusi i cuscinetti delle pale)	34.8 t
Peso della pala (ognuna)	15.6 t
Peso della torre	Sezioni in acciaio: 190.72 t

2.1.7 Unità di controllo e monitoraggio

Il sistema di controllo è costituito da algoritmi di controllo e monitoraggio.

Il sistema di controllo è responsabile della selezione dei valori di velocità di orientazione appropriata della turbina a vento, l'angolo di inclinazione delle lame e il settaggio della potenza, apportando modifiche secondo la velocità con la quale il vento giunge al rotore, assicurando un'operazione sicura ed affidabile in qualsiasi condizione di vento. I principali vantaggi del sistema di controllo per le turbine a vento nella piattaforma GAMESA G10X – 50 Hz sono:

- Massimizzazione della produzione di energia e disponibilità.
- Limitazione dei carichi meccanici.
- Riduzione del rumore aerodinamico.
- Energia di alta qualità.

Regolazione del sistema di controllo dell'inclinazione della pala (pitch control)

Con velocità del vento superiori a quelle fissate, il sistema di controllo dell'inclinazione della pala (pitch control) insieme al sistema di controllo dell'aerogeneratore mantengono la potenza al valore prefissato. A velocità del vento al di sotto delle velocità fissate, il pitch control e il sistema di controllo permettono di ottimizzare la produzione di energia selezionando la migliore combinazione di rotazioni e angolo di pitch.

A velocità di vento medie e superiori, il sistema di controllo indipendente dell'inclinazione, o IPC, riduce i carichi a cui le pale sono soggette ed i carichi da loro trasmessi all'aerogeneratore, mediante leggere variazioni del pitch control, a seconda della posizione in cui si trova la pala in rotazione.

Inoltre le turbine a vento della piattaforma Gamesa G132 includono il sistema di manutenzione predittiva Gamesa PMS sviluppato dalla Gamesa, basato sull'analisi delle vibrazioni, e migliorato per l'uso nelle turbine a vento. Il sistema può simultaneamente dirigere e rielaborare informazioni da 12 accelerometri. Questi possono essere posizionati in punti strategici nella turbina a vento, così come la scatola del cambio, il generatore, il cuscinetto anteriore dell'albero a bassa velocità, la torre o la struttura della navicella.

Le caratteristiche principali della Gamesa SMP sono le seguenti:

- Continuo monitoraggio delle componenti critiche dell'aerogeneratore.
- Elaborazione del segnale e capacità di rilevazione di allarme.
- Reti integrate con il nostro PLC e la Gamesa WindNet®.
- Rende la manutenzione più facile.
- Costo ridotto.

In genere, lo scopo principale del sistema di prevenzione preventivo (SMP) è la segnalazione precoce di errori o usura delle componenti principali dell'aerogeneratore. Qui di seguito sono descritti alcuni dei benefici importanti relativi all'installazione di un sistema di questo tipo:

- Riduzione dei costi delle principali azioni correttive.
- Protezione di altre componenti della turbina a vento.
- Miglioramento nel funzionamento della turbina ed estensione del funzionamento.
- Riduzione delle risorse dedicate.
- Accesso a mercati con regolamenti rigidi, così come la certificazione Germanischer Lloyd.
- Riduzione dei tassi delle compagnie assicurative.

2.1.8 Curve di potenza

Ciascun aerogeneratore lavora in modo autonomo. Quando la velocità del vento supera quella di avviamento, la macchina si avvia ed inizia a produrre energia fino a quando la velocità del vento non supera il valore massimo ammesso, punto in cui la macchina entra in emergenza e si ferma, in attesa che il vento rientri nel rango di sfruttamento.

In particolare, quando la velocità del vento supera il valore di avviamento, il sistema idraulico di pitch ruota l'angolo d'attacco delle pale e le porta a circa 45° (2 e 3 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), garantendo la massima portanza. Avviato il moto rotatorio del rotore e raggiunta la velocità di giro necessaria all'avvio del generatore, la centrale inizia ad immettere energia in rete. L'asse principale (9), collegato da un lato al mozzo (5) e dall'altro al moltiplicatore (10), poggia su due cuscinetti che ne attutiscono le vibrazioni trasmesse dal rotore (8).

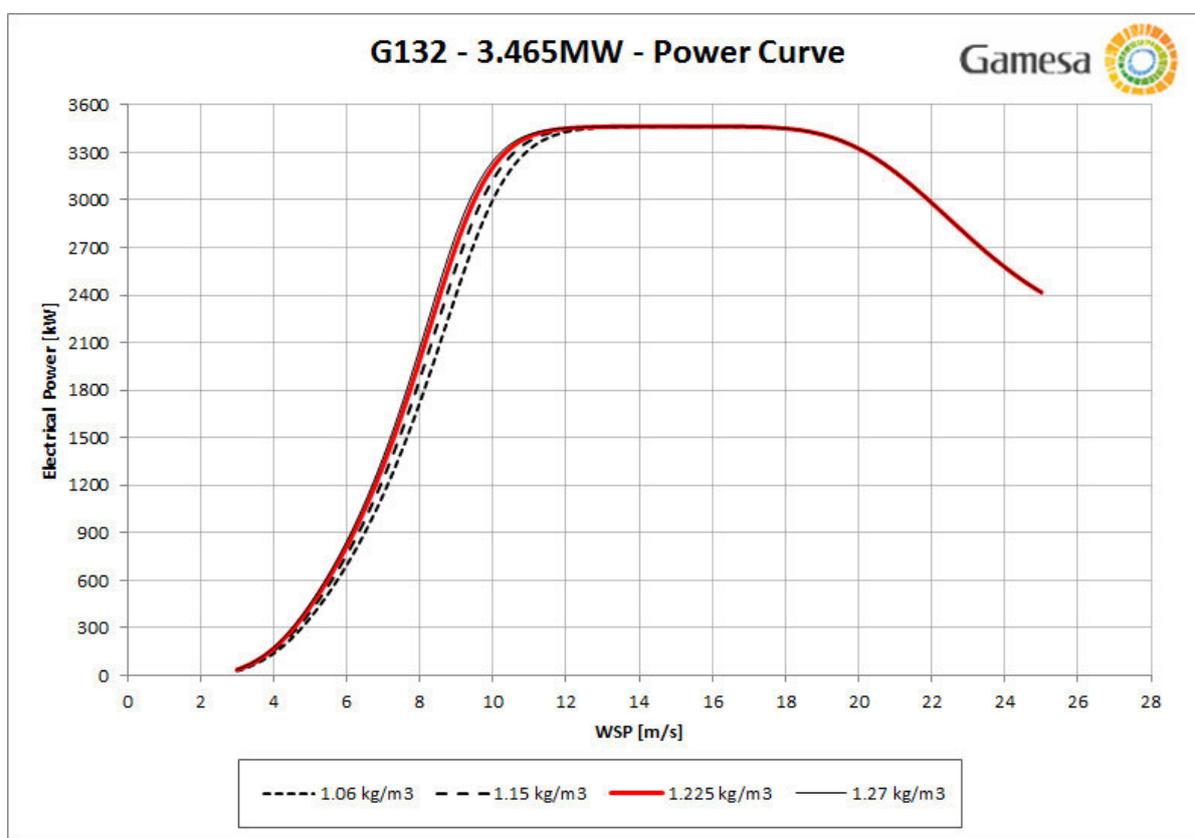


Figura 2 – Curva di potenza dell'aerogeneratore G10X 128 – 4.5MW

2.1.9 Tipo e altezza delle torri

L'altezza del mozzo della torre Gamesa G132-3,465 MW è pari a 84 m. Le due strutture sono unite collegate da una struttura in metallo comune. Questa soluzione costruttiva è robusta e non necessita di elementi di smorzamento delle vibrazioni.

La torre possiede le piattaforme appropriate, scale di servizio, ascensori, illuminazione di servizio e d'emergenza, così come canaline per il passaggio dei cavi di alimentazione e controllo. La piattaforma più in basso ospita l'UPS, gli armadietti e il cubicolo di media tensione. La piattaforma superiore ospita gli elementi della navicella.

2.1.10 Descrizione del sistema delle fondazioni

Le fondazioni standard hanno un tronco di cono combinato e una forma cilindrica. Sono stati progettati utilizzando calcoli basati sui carichi certificati della turbina eolica e considerando la messa a terra standard.

Laddove i valori ipotizzati variano, i valori standard stabiliti sono inutili e le fondazioni devono essere riprogettate. Quindi, per ogni sito, le caratteristiche del terreno ed i dati del vento dovrebbero essere rivisti per assicurare che sia stata scelta la fondazione più adatta.