
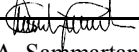

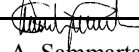


Gruppo TM.E. Termomeccanica Ecologia 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMMR001	01
			Pag. 1 di 19	

	<h1>REGIONE SICILIANA</h1>
	<h2>PARCO EOLICO OFFSHORE GOLFO DI GELA</h2>
	
<h3>SPECIFICA GENERALE AEROGENERATORI</h3>	

01	16/06/2008	Revisione dove indicato	 A. Sammartano	 D. Gando	 A. Sammartano
00	06/11/2006	Prima emissione	F. Barbera	M. Venturini	A. Sammartano
REV	Data	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato
Autorizzazione Emissione					




INDICE

1.	OGGETTO	4
2.	DESCRIZIONE GENERALE	4
2.1.	DESCRIZIONE DELLA NAVICELLA	5
2.1.1.	<i>Basamento</i>	6
2.1.2.	<i>Trasmissione.....</i>	7
2.1.3.	<i>Sistema di orzata</i>	8
2.1.4.	<i>Sistema frenante</i>	8
2.1.5.	<i>Generatore.....</i>	8
2.1.6.	<i>Trasformatore.....</i>	9
2.1.7.	<i>Sistema di raffreddamento e di ventilazione</i>	9
2.2.	ROTORE.....	10
2.2.1.	<i>Hub – parte anteriore.....</i>	10
2.2.2.	<i>Sistema di controllo dell'inclinazione.....</i>	10
2.2.3.	<i>Sistema idraulico.....</i>	11
2.2.4.	<i>Pale.....</i>	11
2.3.	CONTROLLO E REGOLAZIONE	11
2.3.1.	<i>Sistema di controllo della velocità.....</i>	11
2.3.2.	<i>Unità centrale.....</i>	12
2.3.3.	<i>Smorzamento attivo delle oscillazioni torsionali dell'albero di trasmissione....</i>	12
2.3.4.	<i>Alta qualità della stabilità di rete</i>	12
2.4.	MONITORAGGIO.....	13
2.4.1.	<i>Sensori</i>	13
2.4.2.	<i>Sensori di servizio</i>	13
2.4.3.	<i>Anemometri ad ultrasuoni</i>	13
2.4.4.	<i>Rilevatori di fumo.....</i>	13
2.4.5.	<i>Parafulmini.....</i>	14
2.4.6.	<i>Sensori di vibrazione.....</i>	14
2.4.7.	<i>Global positioning system</i>	14
2.4.8.	<i>Protezione contro archi elettrici</i>	14
2.5.	PROTEZIONE ANTI-FULMINE.....	14
2.6.	LUCI DI SEGNALAZIONE	15
2.7.	ASCENSORE DI SERVIZIO.....	15
2.8.	COLORE DELL'AEROGENERATORE	15
2.9.	MANUTENZIONE.....	15
3.	CONDIZIONI GENERALI DI IMPIEGO.....	15



4.	DATI TECNICI.....	16
4.1.	ROTORE.....	16
4.2.	HUB	16
4.3.	PALE	16
4.4.	CUSCINETTO PRINCIPALE	17
4.5.	GENERATORE.....	17
4.6.	TRASFORMATORE	17
4.7.	CIRCUITO IDRAULICO	17
4.8.	SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO.....	18
4.9.	NAVICELLA	18
4.10.	TORRE	18
4.11.	FONDAZIONE	18
4.12.	PESI E DIMENSIONI DI INGOMBRO.....	19
4.12.1.	<i>Navicella.....</i>	<i>19</i>
4.12.2.	<i>Pale.....</i>	<i>19</i>
4.12.3.	<i>Torre.....</i>	<i>19</i>
4.12.4.	<i>Fondazione</i>	<i>19</i>

Gruppo TM.E. <small>Termomeccanica Ecologia</small> 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMMR001	01
			Pag. 4 di 19	

1. OGGETTO

Scopo del presente documento è descrivere le caratteristiche tecniche e funzionali dell'aerogeneratore (o turbina eolica) del Parco Eolico Off-Shore di Gela.

Le informazioni riportate al seguito di carattere descrittivo sono puramente indicative, quelle di carattere dimensionale sono invece cautelativamente rappresentate in un range di valori; esse, infatti, potranno essere oggetto di variazione in funzione sia della scelta finale del sub-contractor sia di un eventuale progresso tecnologico del settore.

2. DESCRIZIONE GENERALE

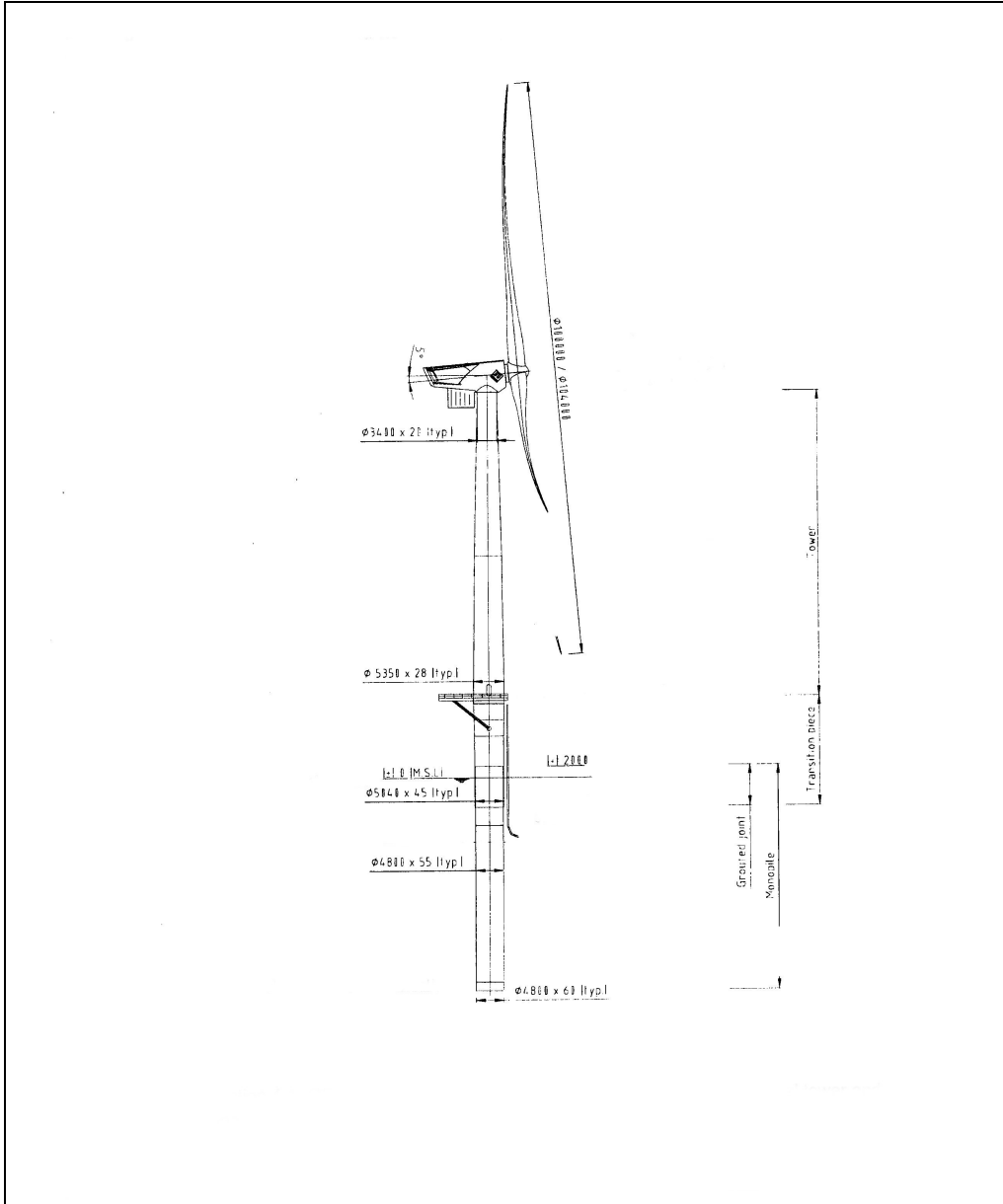
L'aerogeneratore proposto è una turbina eolica in controllo d'inclinazione e di velocità con rotore a tre pale.

Il diametro esterno del rotore è di circa 110m e la taglia del generatore può arrivare sino a 3,6 MW.

Grazie alle sue caratteristiche la turbina eolica è in grado di far funzionare il rotore a velocità variabile, mantenendo l'output di potenza anche in caso di elevate velocità del vento.

A basse velocità del vento il sistema di controllo (in velocità ed inclinazione) è in grado di massimizzare la potenza in uscita impostando il numero di giri e l'angolo di inclinazione delle pale ottimali; questo consente anche di minimizzare le emissioni acustiche prodotte dalla macchina.

Il rinforzo di molti elementi costruttivi, come per es. il cuscinetto del rotore e quello delle pale, l'albero del rotore e l'azionamento, nonché l'impiego di speciali materiali applicati nella zona delle pale del rotore, contribuisce a far sì che gli elevati carichi del rotore vengano assorbiti in modo sicuro.

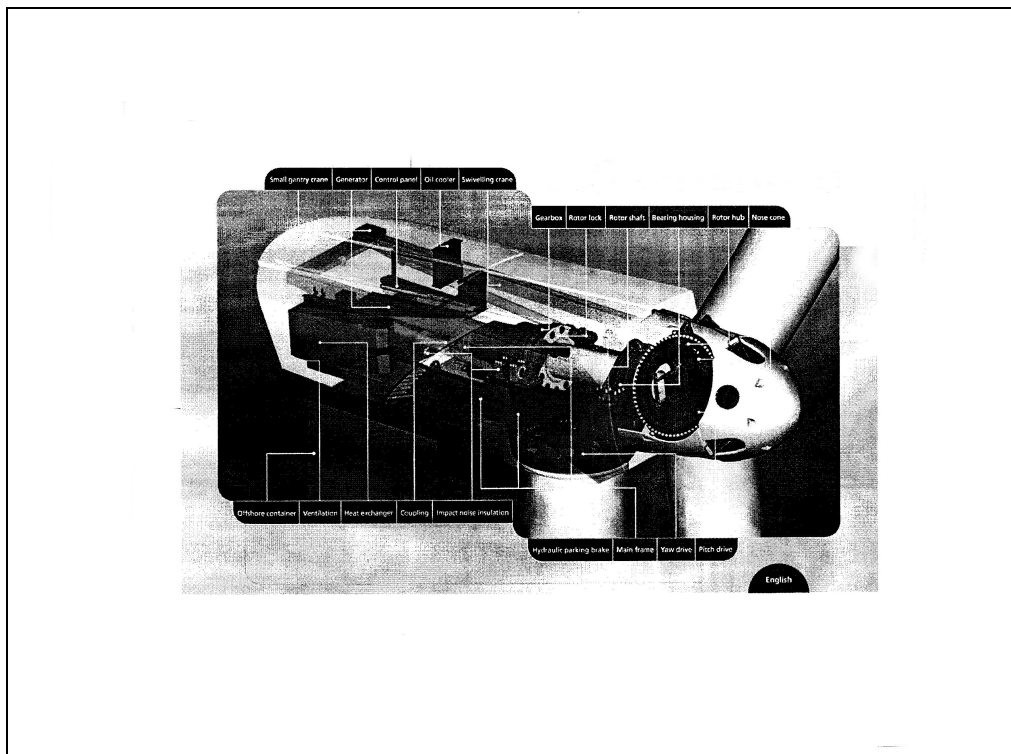


Vista generale aerogeneratore

2.1. Descrizione della navicella

Il rivestimento della navicella è in materiale composito. Un'apertura nel pavimento ne consente l'accesso tramite la torre.

Il tetto della navicella è equipaggiato con lucernari che garantiscono l'accesso alla strumentazione anemometrica e alla luci di segnalazione aerea

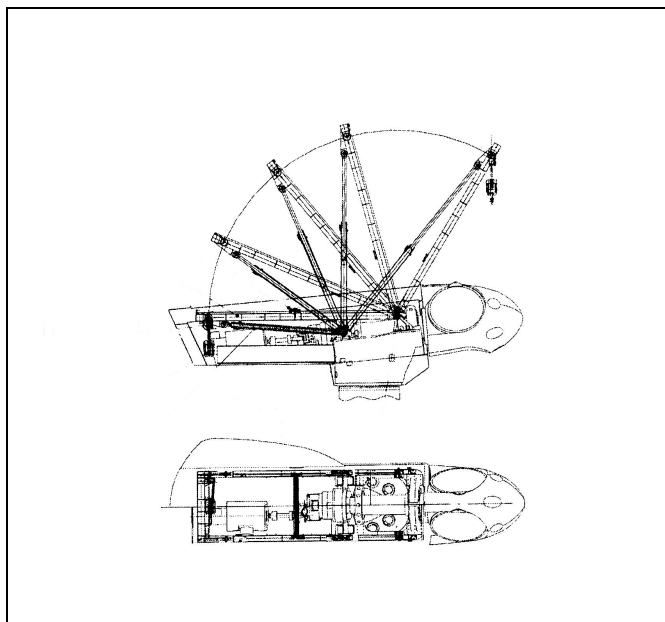


Particolari navicella

2.1.1. Basamento

Sulla parte anteriore della navicella è ospitato il giunto meccanico che trasmette le forze ed i momenti dal rotore alla torre. La parte anteriore del basamento della navicella è realizzata in acciaio stampato. Il rivestimento esterno della navicella è fissato al basamento.

Il basamento è formato da una parte in acciaio stampato e da una struttura in travi. La parte in acciaio stampato è utilizzata come fondazione per il cambio ed il generatore; la parte bassa tornita è connessa al cuscinetto reggispinta. Le rotaie della gru di servizio sono collegate nella parte alta della struttura reticolare. Le travi inferiori della struttura reticolare sono collegate alla parte posteriore del basamento che ospita i quadri di controllo, il sistema di raffreddamento ed il trasformatore.




Gru di sollevamento

La navicella ospita una gru (paranco a catena) di servizio da circa 800 kg; in caso di necessità il sistema di sollevamento può essere potenziato con una gru da 12000 kg. Tale gru è in grado di sollevare masse di grandi dimensioni, quali componenti del cambio e del generatore.

2.1.2. Trasmissione

Il cambio trasmette la coppia dal rotore al generatore. Il cambio è formato da un ingranaggio a due stadi planetario e da uno stadio elicoidale; la dentatura è progettata per garantire massima efficienza e bassa rumorosità. La scatola del cambio è collegata con accoppiamento di tipo bullonato al basamento. L'albero lento è bullonato direttamente al mozzo senza l'uso di un albero intermedio.

La struttura è progettata per garantire una buona distribuzione dei carichi trasmessi dal rotore alla torre. La trasmissione si trova in prossimità della flangia di testa della torre. L'inclinazione dell'albero del rotore, abbinata all'angolo del mozzo del rotore, consente di ottenere un interasse estremamente piccolo tra il centro del rotore e l'asse della torre.

Gruppo TM.E. <small>Termomeccanica Ecologia</small> 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMMR001	01
			Pag. 8 di 19	

Il sistema di lubrificazione del cambio è ad alimentazione forzata senza l'ausilio integrato della coppa dell'olio.

2.1.3. Sistema di orzata

Il sistema di orzata è un semplice sistema che consente alla turbina di orientarsi nella direzione prevalente del vento. I sei motori elettrici ruotano la navicella attorno alla torre. L'organo di accoppiamento trasmette le forze dalla navicella alla torre. Un sistema elettrico di sensori di allineamento al vento e relativo software comanda sia i tempi di inserimento che il senso di rotazione dei motori; esso svolge inoltre automaticamente i cavi, nel caso che l'impianto si sia girato più volte in un solo senso. In mancanza di alimentazione elettrica vengono attivati i freni.


2.1.4. Sistema frenante

La turbina frena allineando le pale del rotore parallelamente alle corrente d'aria. Ognuno dei tre dispositivi di regolazione posti sulle pale del rotore è dimensionato in modo completamente indipendente; per portare la turbina eolica ad un regime sicuro di giri è sufficiente inclinare una delle pale del rotore, ciò fa sì che l'intero sistema frenante abbia una triplice sicurezza. In caso di mancanza di corrente, gli azionamenti vengono alimentati dagli accumulatori.

La macchina è dotata di un ulteriore sistema: un freno a disco meccanico che, combinato con il sistema di inclinazione delle pale [sistema frenante primario], consente di bloccare completamente il rotore. Esso è utilizzato come freno di parcheggio e può essere solo attivato manualmente attivando il pulsante di emergenza situato all'interno della macchina.

2.1.5. Generatore

Il generatore è un alternatore asincrono a 4 poli con rotore avvolto. Il sistema di controllo in velocità fa sì che la turbina possa operare con velocità variabile. Ciò consente di ridurre sia le fluttuazioni di potenza in rete che minimizzare i carichi sui componenti vitali della turbina. Inoltre il controllo in velocità ottimizza la produzione di energia elettrica, specialmente a basse velocità del vento ed è in grado di mantenere il fattore di potenza tra 0,96 induttivo e 0,98 capacitivo (misurato sul livello di bassa tensione).

Gruppo TM.E. <small>Termomeccanica Ecologia</small> 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMMR001	01
			Pag. 9 di 19	

L'alternatore è raffreddato ad acqua.

2.1.6. Trasformatore

Il trasformatore elevatore è situato in un compartimento separato nella parte posteriore della navicella. Il trasformatore è tri-fase con isolamento in resina progettato per applicazioni eoliche. Gli avvolgimenti sono con connessione a "triangolo" sul lato media tensione, se non altrimenti specificato. Il collegamento di bassa tensione è di tipo a "stella" (400-1000V). Il sistema elettrico di bassa tensione è di tipo TN, in cui il centro stella è collegato a terra.

Gli scaricatori di tensione sono sul lato di media tensione del trasformatore. L'uscita di media tensione è disponibile con un livello da 10-36kV.

Il cabinato del trasformatore è equipaggiato con sensori di rilevazione di arco elettrico.

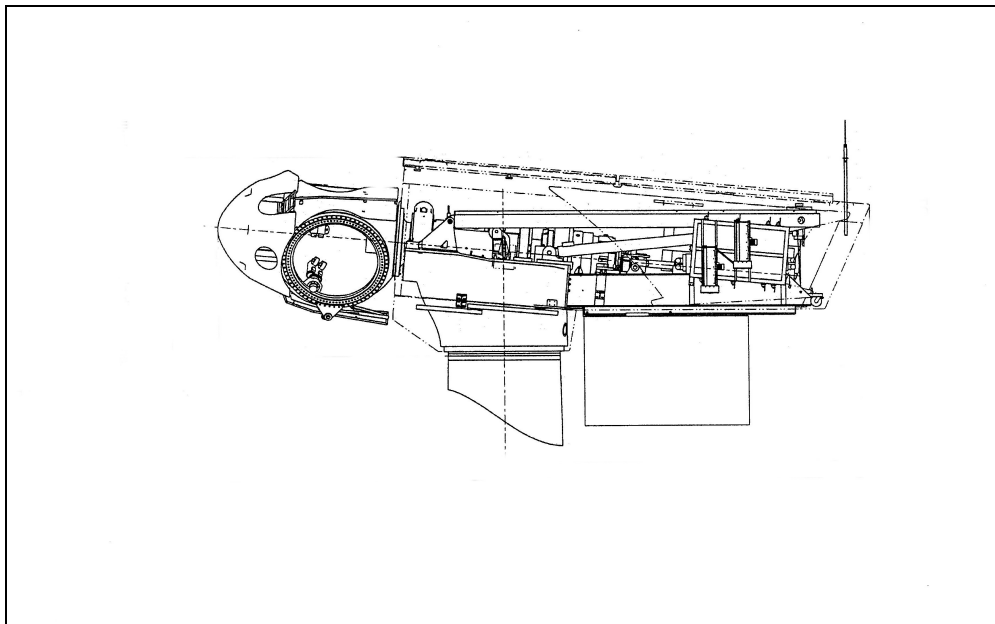
2.1.7. Sistema di raffreddamento e di ventilazione

Se la temperatura interna alla navicella oltrepassa il valore massimo impostato, le serrande dell'aria si aprono automaticamente consentendo all'aria esterna di entrare; il ricircolo dell'aria avviene grazie ad un ventilatore.

Il circuito dell'olio di lubrificazione del cambio, l'acqua di raffreddamento del generatore e l'unità di regolazione (controllo in velocità) sono raffreddati attraverso un ingresso separato d'aria, mediante scambiatori aria/acqua. Gli scambiatori ed i circuiti sono termicamente isolati.

Un ventilatore separato raffredda invece il trasformatore.

Il sistema di ventilazione aria ambiente è alloggiato nella parte posteriore alta della navicella.



Vista laterale navicella

2.2. Rotore


2.2.1. Hub – parte anteriore

Il mozzo è collegato direttamente al cambio, con ciò viene eliminato il tradizionale sistema di trasmissione del momento torcente al generatore attraverso un albero di trasmissione.

2.2.2. Sistema di controllo dell'inclinazione

La turbina eolica è dotata di un sistema di controllo e regolazione dell'inclinazione delle pale. Considerando la direzione prevalente del vento, esso fa sì che le pale vengano orientate con un'inclinazione ottimale.

Il sistema di regolazione è posizionato nell'hub ed è composto da attuatori idraulici in grado di ruotare le pale fino a 95°. Ogni pala ha una regolazione dedicata con un proprio attuatore.

Gruppo T.M.E. <small>Termomeccanica Ecologia</small> 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMMR001	01
			Pag. 11 di 19	

2.2.3. Sistema idraulico

Una centralina idraulica controlla il circuito idraulico degli attuatori di regolazione dell'inclinazione delle pale; in caso di interruzione dell'alimentazione elettrica o guasto al circuito idraulico interviene un sistema di back-up (accumulatori) in grado di alimentare indipendentemente gli attuatori, facendo sì che le pale si orientino nella posizione di riposo e la macchina si arresti.

2.2.4. Pale

Le pale della turbina eolica sono realizzate in materiale composito (matrice in resina epossidica con fibre di vetro e fibre di carbonio). Ogni pala è formata da due gusci collegati ad un'asta di supporto.

Il design delle pale è studiato per garantire un'alta efficienza aerodinamica, una bassa rumorosità e luminescenza. Inoltre il profilo delle pale è studiato per minimizzare i carichi trasmessi alla macchina.

Il cuscinetto montato sulle pale è un cuscinetto a doppia corona di sfere collegato al mozzo. Ogni pala è dotata di un sistema di protezione antifulmine costituito da un ricettore posto sulla sua estremità e da un conduttore in rame che corre all'interno.


2.3. Controllo e regolazione

2.3.1. Sistema di controllo della velocità

Il controllo della velocità assicura una regolare e costante produzione di energia elettrica.

I sistemi di controllo e regolazione velocità ed inclinazione garantiscono un'ottimizzazione della produzione di energia elettrica, una bassa rumorosità, riducendo i carichi trasmessi alla macchina.

Il sistema controlla la corrente nel circuito rotorico del generatore fornendo un controllo preciso della potenza reattiva e fornisce un agevole controllo delle fluttuazioni quando il generatore è connesso alla rete.

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMMR001	01
			Pag. 12 di 19	

2.3.2. Unità centrale

Tutte le funzioni della turbina eolica sono monitorate e controllate attraverso un'unità di controllo; essa è costituita da varie sotto-unità. Ogni sotto-unità svolge una funzione dedicata comunicando attraverso una rete in fibre ottiche.

L'unità di controllo è ubicata nella parte inferiore della torre, nella navicella e nell'hub.

Il sistema operativo rispetta i requisiti di stabilità, flessibilità e sicurezza attualmente richiesti ad un sistema nel settore della produzione di energia elettrica.

L'unità centrale è equipaggiata con batterie tampone; essa esegue le seguenti funzioni:

- Monitorare e supervisionare tutte le operazioni
- Sincronizzare il generatore con la rete durante la sequenza di parallelo
- Gestire la turbina durante un qualsiasi disservizio
- Orzare automaticamente la navicella seguendo la direzione di vento prevalente
- Gestire, mediante il controllo automatico, l'inclinazione delle pale
- Controllare potenza reattiva e velocità di esercizio
- Controllare l'emissione acustica
- Monitorare le condizioni meteorologiche
- Monitorare lo stato della rete elettrica
- Monitorare gli attacchi da fulmine
- Supervisionare il sistema di rilevamento fumo
- Decelerare la turbina per altissimi livelli di temperatura


2.3.3. Smorzamento attivo delle oscillazioni torsionali dell'albero di trasmissione

Le oscillazioni che possono verificarsi negli organi di trasmissione sono monitorate attraverso il controllo del numero di giri e possono essere smorzate grazie al controllo attivo del generatore.

Il controllo attivo entra in funzione, qualora le oscillazioni superino un dato valore limite.

2.3.4. Alta qualità della stabilità di rete

Il controllo di velocità contribuisce positivamente, riducendo la 5^a e la 7^a componente armonica nella rete.

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMMR001	01
			Pag. 13 di 19	

2.4. Monitoraggio

2.4.1. Sensori

I dati necessari al controllo - regolazione della turbina e della produzione di energia elettrica sono acquisiti mediante differenti sensori che misurano:

- Stato meteo: direzione, velocità e temperatura del vento
- Stato della macchina: temperature, pressione e livello dell'olio, livello dell'acqua di raffreddamento
- Stato del rotore: velocità ed inclinazione
- Stato della struttura: vibrazioni e rilievo scariche atmosferiche
- Stato della rete: potenza attiva e reattiva, tensione, corrente, frequenza, $\cos\varphi$

2.4.2. Sensori di servizio

2.4.3. Anemometri ad ultrasuoni

La navicella è equipaggiata con due sensori anemometrici ridondanti ad ultrasuoni; la ridondanza consente di incrementare l'affidabilità e l'accuratezza delle misure.


Se per qualsiasi motivo si interrompe il segnale tra lo strumento e la centralina dati, la turbina viene automaticamente arrestata.

Il sensore può essere eventualmente equipaggiato di riscaldatore.

I sensori sono localizzati sul tetto della navicella e sono dotati di sistema di protezione anti-fulmine.

2.4.4. Rilevatori di fumo

La torre e la navicella sono equipaggiate con rilevatori ottici per la presenza di fumo. In caso di presenza di fumo il sistema prevede l'attivazione di un allarme, trasmesso dal sistema di controllo remoto alla sala controllo, e l'apertura degli interruttori principali; ciò fa sì che l'aerogeneratore in allarme venga isolato dalla rete.

Gruppo T.M.E. <small>Termomeccanica Ecologia</small> 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMMR001	01
			Pag. 14 di 19	

2.4.5. Parafulmini

Ogni pala di ciascun aerogeneratore è dotata di parafulmini.

2.4.6. Sensori di vibrazione

Tali sensori registrano i movimenti della parte alta della torre. I dati registrati sono controllati dall'unità centrale e consentono di fermare la macchina in caso superamento dei valori limite.

Questi sensori permettono all'aerogeneratore (di elevata altezza della torre) di far ruotare il rotore con velocità prossime alla frequenza naturale della torre.

2.4.7. Global positioning system

Il sistema GPS è principalmente utilizzato per sincronizzare l'orario nella macchina. Esso consente di regolare l'ora con una precisione di 1 secondo. Il sistema consente di avere un affidabile monitoraggio nel tempo dei principali parametri operativi dell'aerogeneratore.

2.4.8. Protezione contro archi elettrici


Il trasformatore ed i quadri di bassa tensione sono protetti con un sistema anti-arco elettrico. Nel caso in cui si verificasse un arco elettrico il sistema è in grado di aprire istantaneamente l'interruttore principale a valle del generatore.

2.5. Protezione anti-fulmine

L'aerogeneratore è dotato di un sistema di protezione anti-fulmine, in grado di proteggere l'intera macchina a partire dall'estremità di ogni pala fino alla fondazione.

Il sistema consente alla corrente proveniente dal fulmine di by-passare le parti vitali della macchina (quali: pale, navicella e torre) senza arrecare danni.

In aggiunta le unità di controllo ed i processori sono protetti da apposite schermature. Il parafulmini è montato sulla estremità di ogni pala; grazie alla registrazione dei dati provenienti dai rilevatori di scarica

Gruppo T.M.E. <small>Termomeccanica Ecologia</small> 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMMR001	01
			Pag. 15 di 19	

è possibile conoscere con esattezza l'ora di un qualsiasi evento di scarica significativo, quale pala sia stata colpita dal fulmine e l'intensità della scarica.

2.6. Luci di segnalazione

L'aerogeneratore è equipaggiato con due luci di segnalazione localizzate sopra alla navicella in modo tale che almeno una delle due sia sempre visibile da qualunque posizione. Il sistema di segnalazione prevede la possibilità di trasmettere alla sala controllo lo stato delle luci, la loro vita residua e può essere altresì variata l'intensità luminosa in funzione della visibilità dell'ambiente.

Nel Parco eolico le luci di segnalazione dei singoli aerogeneratori possono essere tra di loro sincronizzate.

2.7. Ascensore di servizio

L'aerogeneratore può essere equipaggiato di ascensore di servizio posizionabile all'interno della torre.

2.8. Colore dell'aerogeneratore

Il colore della vernice protettiva esterna previsto è grigio molto chiaro (RAL 7035).


2.9. Manutenzione

L'aerogeneratore necessita di manutenzione programmata (ogni 12 mesi c.a.).

Il programma sarà definito in accordo alle specifiche fornite dal costruttore.

3. CONDIZIONI GENERALI DI IMPIEGO

L'aerogeneratore è progettato per operare in un range di temperatura da -20°C a $+40^{\circ}\text{C}$. tutti i componenti incluso i refrigeranti, oli e liquidi in generale sono in grado di resistere fino a bassissime temperature (-40°C).

Gruppo T.M.E. <small>Termomeccanica Ecologia</small> 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMMR001	01
			Pag. 16 di 19	

Nel caso in cui la temperatura all'interno della navicella oltrepassi i +50°C l'aerogeneratore si porta in posizione di riposo.

L'aerogeneratore è in grado di lavorare con umidità relativa del 100%.

Tutti i componenti dell'aerogeneratore sono protetti contro la corrosione (le classi di protezione variano a seconda di componenti a contatto con l'ambiente esterno e interni alla macchina). La progettazione dei rivestimenti corrosivi è pensata per un ciclo di vita di oltre 15 anni.

4. DATI TECNICI

4.1. Rotore

01

- Diametro max: 110 m
- Superficie max spazzata dal rotore: 9600 m²
- Numero di pale: 3
- Range velocità: 5÷20 rpm
- Senso di rotazione: orario
- Orientamento: sopravvento

4.2. Hub

- Tipo: acciaio stampato

4.3. Pale

- Profilo: di tipo alare
- Materiale: composito (matrice: resina epossidica – fibre: vetro+carbonio)
- Lunghezza max: 55 m

01



4.4. Cuscinetto principale

- Tipo: a doppia corona di sfere

4.5. Generatore

01

- Potenza max: 3.6 MW
- Tipo: asincrono con rotore avvolto
- Frequenza: 50 Hz
- Fattore di potenza: $0,9_{CAP} - 0,9_{IND}$
- Velocità: 1600÷1800 rpm
- Classe di protezione: IP54
- N° di poli: 4


4.6. Trasformatore

01

- Tipo: a resina
- Potenza max: 4000 kVA
- Media tensione max: 36 kV
- Frequenza: 50 Hz
- Bassa tensione: 400÷1000 V

4.7. Circuito idraulico

- Pressione: 260 bar circa
- Dislocazione: l'unità idraulica è posizionata all'interno della navicella

Gruppo TM.E. <small>Termomeccanica Ecologia</small> 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMMR001	01
			Pag. 18 di 19	

4.8. Sistemi di raffreddamento

- Olio del cambio: il raffreddamento avviene mediante l'utilizzo di due scambiatori acqua /aria ed uno scambiatore olio/acqua
- Generatore: il raffreddamento avviene mediante l'utilizzo di due scambiatori acqua /aria
- Trasformatore: a ventilazione forzata
- Navicella: a ventilazione forzata con controllo tramite serrande di regolazione

4.9. Navicella

- Materiale: composito in fibra di vetro

4.10. Torre

01

- Tipo: conica a sezione tubolare (composta in 3 moduli)
- Materiale: acciaio al carbonio
- Trattamento superficiale: verniciata
- Diametro superiore max: 3.4 m
- Diametro inferiore max: 5.7 m
- Altezza all'hub: 80 m

L'altezza all'hub, seppur indicativa, è calcolata a partire dal livello medio mare.

4.11. Fondazione

Vedere documento 97758TMCR002R00



4.12. Pesì e dimensioni di ingombro

4.12.1. Navicella

01

- Lunghezza max: 20 m
- Larghezza max: 5 m
- Altezza max: 6 m
- Peso max: 230 t (incluso componenti elettrici e meccanici)

4.12.2. Pale

01

- Lunghezza max: 55 m
- Peso max: 13 t (singola pala)

4.12.3. Torre

01

- Peso max: 200 t

4.12.4. Fondazione

Vedere documento 97758TMCR002