



REGIONE BASILICATA



PARCO EOLICO SERRA GAGLIARDI
GENZANO DI LUCANIA (PZ)

ELABORATO DI PROGETTO



Em./Rev.	Data	Red./Dis.	Verificato	Approvato	Descrizione
2					
1					
0	14/01/2011	Ing. M.Martellucci	Ing. M.Martellucci	Ing. F. Di Chiappari	

Redazione: **SKYWIND S.r.l.** via Marconi, 6, 04024 Gaeta (LT)

Titolo dell'allegato:

**Disciplinare descrittivo e prestazionale
degli elementi tecnici**



Pagine:

1 di 35

Doc.n°:

A.15.

Committente:



S.r.l. Via Marconi, 6
04024 Gaeta (LT) ITALY

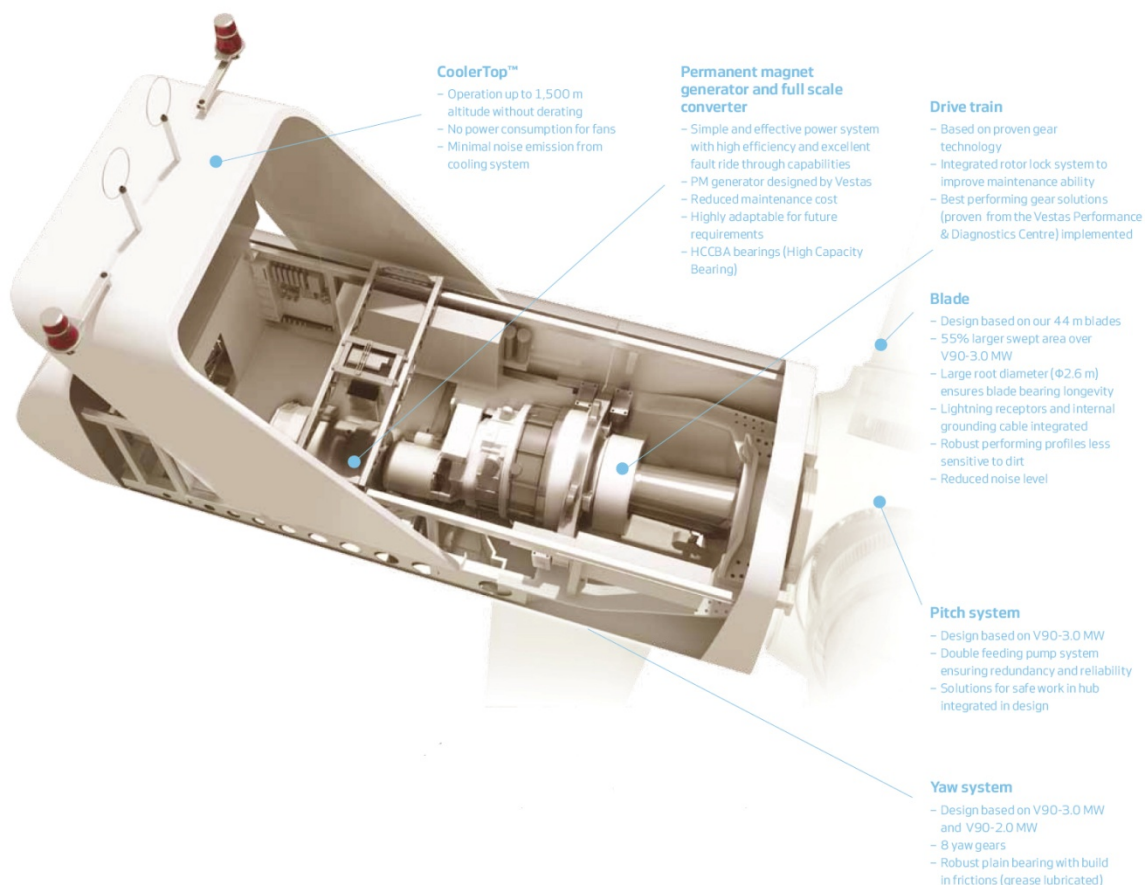
SOMMARIO

Frontespizio:	1
1. L'aerogeneratore	4
1.1 Rotore.....	5
1.2. Pale	5
1.3. Cuscinetto pala	6
1.4. Sistema di regolazione del passo pala	6
1.5. Mozzo	7
1.6. Asse principale.....	7
1.7. Involucro del cuscinetto principale	7
1.8. Cuscinetto principale	7
1.9. Moltiplicatore dei giri	8
1.10. Cuscinetti del generatore	8
1.11. Dispositivo di accoppiamento ad alta velocità.....	8
1.12. Sistema di imbardata	9
1.13. Gru	9
1.14. Torre	10
1.15. Base-Struttura e copertura della carlinga	10
1.16. Sistema di condizionamento termico	11
1.17. Il raffreddamento del convertitore e del generatore.....	12
1.18. Il moltiplicatore di giri ed il raffreddamento idraulico.....	12
1.19. Raffreddamento del trasformatore	12
1.20. Raffreddamento della carlinga.....	13
1.21. Progettazione elettrica	13
1.21.1 Generatore	13
1.21.2 Convertitore	14
1.21.3 Trasformatore di alta tensione	14
1.21.4 Cavi AT.....	15
1.21.5 Quadri AT	16
1.21.6 AUX System	16
1.21.7 Sensori di vento	17
1.21.8. VMP (Vestas Multi processore) regolatore	17
1.21.9. Il regolatore VMP6000 serve le seguenti funzioni principali:	17
1.21.10. Gruppo di continuità (UPS)	18
2. DESCRIZIONE IMPIANTO ELETTRICO	19

2.1. Punto di Consegna e Stazione di Consegna	20
2.2. Linea Alta Tensione interrata	20
2.2. Sottostazione Elevazione	21
2.2.1. Montante di arrivo	21
2.2.2. Montante trasformatori.....	22
2.2.3. Opere accessorie	22
2.2.4 Quadri Elettrici.....	24
2.2.4.1. Quadro di controllo.....	25
2.2.4.2. Quadro media tensione di Distribuzione Generale	25
2.2.4.3. Trasformatore MT/BT	28
2.2.4.4. Quadro di distribuzione BT.....	28
2.2.4.5. Quadro UPS e distribuzione 400/230Vca.....	29
2.2.4.6. Quadro raddrizzatore e distribuzione 110Vcc.....	29
2.2.4.7. Contatori fiscali	30
2.2.4.8. Quadro media tensione	30
2.2.4.9. Linee Media Tensione Principali	31
2.3. Quadri Media Tensione di Torre.....	32
2.4. Sistema di Controllo (SCADA).....	34
ALLEGATO 1	35

1. L'aerogeneratore

La figura sottostante raffigura i vari componenti nella cabina dell'aerogeneratore:



L'aerogeneratore Vestas V112-3.0 MW è una turbina tripala dotata di un sistema di orientamento attivo. La Vestas V112-3.0 MW ha un diametro del rotore di 112 m ed una potenza nominale di 3,075 MW. La turbina utilizza il sistema OptiTip ® e Grid Streamer™.

Con questi sistemi l'aerogeneratore è in grado di azionare il rotore a velocità variabile, mantenendo la potenza di uscita in prossimità della potenza nominale, anche con alta velocità del vento.

A bassa velocità del vento, i sistemi OptiTip ® e Grid Streamer™, ottimizzano la potenza di produzione scegliendo la migliore combinazione tra velocità del

rotore ed angolo di attacco in modo da operare sempre al massimo rendimento.

1.1 Rotore

La V112-3.0 MW è equipaggiata da un rotore di 112 metri di diametro costituito da tre pale ed un mozzo.

Le pale sono controllate da un sistema di controllo chiamato OptiTip®. In base alle condizioni del vento, le pale vengono continuamente posizionate per ottimizzare l'angolo di attacco.

Rotore	
Diametro	112 m
Area spazzata	9852 m ²
Velocità media di rotazione	12.8 rpm
Intervallo velocità di rotazione	6.2 – 17.7
Senso di rotazione	Senso orario (vista frontale)
Orientamento rotore	sopravento
Angolo di inclinazione	6°
Inclinazione pala	4°
Numero di pale	3
Freno aerodinamico	Pale a bandiera

1.2. Pale

Le pale sono realizzate in carbonio e fibra di vetro e sono costituite da due gusci alari legati ad una trave portante.

Pale	
Tipo	gusci alari agganciati ad una trave portante
Lunghezza	54.65 m
Materiale	fibra di vetro rinforzata con fibre di carbonio e resina epossidica
Fissaggio pala	Inserti in acciaio
Larghezza corda	4.0 m

1.3. Cuscinetto pala

I cuscinetti sono formati da due corone di sfere con 4 punti di contatto.

Cuscinetto pala	
Lubrificazione	grasso, pompa di lubrificazione automatica

1.4. Sistema di regolazione del passo pala

La turbina è dotata di un sistema di regolazione del passo per ogni pala ed un blocco distribuzione, situati nel mozzo. Ogni sistema di regolazione del passo pala è collegato al blocco di distribuzione mediante tubi flessibili.

Il blocco distribuzione è collegato alle tubazioni del gruppo idraulico di rotazione del mozzo per mezzo di tre tubi (linea di pressione, linea di ritorno e la linea di scarico).

Ogni sistema di regolazione passo consiste in un cilindro idraulico montato sul mozzo e con la biella montata alla pala tramite un perno a coppia di torsione. Le valvole che facilitano il funzionamento del cilindro del passo sono installate su un blocchetto serrato direttamente sul cilindro.

Sistema di regolazione del passo pala	
Tipo	idraulico
Numero	1 per pala
Escursione	-9° to 90°

Sistema idraulico	
Pompa principale	Due pompe ad olio interne ad ingranaggi ridondanti
Pressione	260 bar
Filtraggio	3 µm (assoluto)

1.5. Mozzo

Il mozzo supporta le tre pale e trasferisce le forze di reazione al cuscinetto principale e la coppia di torsione al cambio. La struttura del mozzo supporta anche, i cuscinetti ed il cilindro per il passo delle pale.

Mozzo	
Tipo	Mozzo sferico a fusione
Materiale	Ghisa

1.6. Asse principale

L'asse principale trasferisce le forze di reazione al cuscinetto principale e la coppia di torsione al cambio.

Asse principale	
Tipo	Albero cavo
Materiale	Ghisa

1.7. Involucro del cuscinetto principale

L'involucro del cuscinetto copre il cuscinetto principale ed è il primo punto di contatto del sistema di trazione con il telaio di base.

Involucro del cuscinetto	
Materiale	Ghisa

1.8. Cuscinetto principale

Il cuscinetto principale sopporta tutti i carichi di spinta.

Cuscinetto principale	
Tipo	Cuscinetto a doppia fila di rulli sferici
Lubrificazione	Lubrificazione a grasso automatica

1.9. Moltiplicatore dei giri

L'ingranaggio principale converte la rotazione a bassa velocità del rotore in rotazione ad alta velocità del generatore.

Il moltiplicatore dei giri è un cambio differenziale a quattro fasi, dove le prime 3 fasi sono planetarie e la quarta è elicoidale.

Il freno a disco è montato sull'asse ad alta velocità. Il sistema di lubrificazione del moltiplicatore dei giri è a pressione - sistema di alimentazione.

Moltiplicatore dei giri	
Tipo	Differenziale, 3 fasi planetarie + 1 fase elicoidale
Materiale involucro ingranaggi	Fusione
Rapporto	1:113,2
Alimentazione meccanica	3300kW
Sistema di lubrificazione	Olio a pressione
Sistema di lubrificazione ausiliario	Coppa dell'olio riempita a gravità da serbatoio esterno
Quantità totale dell'olio	1170 litri
Specificità purezza Olio	ISO 4406-/15/12
Paraolio asse	labirinto

1.10. Cuscinetti del generatore

I cuscinetti sono lubrificati con grasso ed il grasso è fornito continuamente da un'unità automatica di lubrificazione.

1.11. Dispositivo di accoppiamento ad alta velocità

Il giunto trasmette la coppia di torsione ad alta velocità, dell'asse di uscita del moltiplicatore di giri, all'asse di ingresso del generatore.

L'accoppiamento consiste in due pacchetti di 4 laminati collegati ed un tubo intermedio in vetroresina con due flange metalliche. L'accoppiamento è fissato a due perni armati sul disco del freno e del generatore.

1.12. Sistema di imbardata

Il sistema di imbardata è un sistema attivo basato su un solido concetto di precarico del cuscinetto a strisciamento di imbardata con PETP come materiale di attrito.

Gli ingranaggi di imbardata sono ingranaggi planetari a 2 stadi con una vite senza fine con limitatore di coppia.

La vite senza fine è autobloccante per evitare imbardate accidentali.

Sistema imbardata	
Tipo	Sistema normale a cuscinetto con attrito incorporato
Materiale	Anello di imbardata forgiato termicamente
Velocità di imbardata 50Hz	0,5°/sec.
Velocità di imbardata 60Hz	0,6°/sec.

1.13. Gru

Nella carlinga alloggia una gru di servizio per il sicuro carico da lavoro (SWL).

La gru ha un singolo sistema a paranco.

Gru	
Capacità di sollevamento	Max. 990 kg
Alimentazione	3 x 400 V, 10 A

1.14. Torre

torri tubolari con connessioni a flangia, certificati secondo le omologazioni del caso, sono disponibili in diverse altezze standard.

Le torri sono progettate rimpiazzando la maggior parte dei collegamenti interni saldati con supporti magnetici per creare prevalentemente una torre a pareti lisce. I magneti forniscono il supporto del carico in direzione orizzontale ed interni, quali le piattaforme, scale, ecc, sono sostenute verticalmente (cioè in senso gravitazionale), da un collegamento meccanico. La progettazione a torre liscia riduce lo spessore richiesto di acciaio, rendendo la torre più leggera rispetto agli interni unicamente saldati ai gusci della torre. Le altezze del mozzo elencate includono, la distanza fra la sezione della fondazione ed il livello del suolo, di circa 0,2 m dipendente dallo spessore della flangia inferiore, e la distanza fra la flangia della cima della torre ed il centro del mozzo di 2,2 m.

Torre	
Tipo	Cilindrico-conica tubolare
Altezze mozzo	84 m/94 m/119 m
Diametro massimo	4.2 m (Standard)/4.45 m (119 m DIBt 2))
Materiale	Acciaio

1.15. Base-Struttura e copertura della carlinga

La copertura della carlinga è fatta di vetroresina. Gli accessi sono posizionati nel pavimento per la salita o la discesa dell'attrezzatura dalla carlinga e per l'evacuazione del personale. La sezione del tetto è fornita di sensori di vento e di lucernari. I lucernari possono sia essere aperti dall'interno della carlinga per accedere al tetto che dall'esterno per accedere alla carlinga. L'accesso dalla torre alla navicella è attraverso il sistema di imbardata.

La base della navicella è composta da due parti e si compone da una parte anteriore in ghisa e da una struttura a traliccio nella parte posteriore. La parte del basamento anteriore della carlinga è il supporto per la trasmissione, il quale trasmette le forze dal rotore alla torre, attraverso il sistema di imbardata. La superficie inferiore è zigrinata e collegata al cuscinetto di imbardata. Gli otto ingranaggi di imbardata sono avvitati alla base anteriore della carlinga.

Le travi della gru sono attaccate alla struttura superiore. Le travi inferiori della struttura portante sono collegati nella parte posteriore. La parte posteriore del basamento funge da base per i pannelli di controllo, il sistema di raffreddamento ed il trasformatore. La copertura della navicella è montata sul basamento carlinga.

Descrizione	Materiale
Copertura della carlinga	GRP
Base Telaio anteriore	Ghisa
Telaio base posteriore	Struttura tralicciata

1.16. Sistema di condizionamento termico

Il sistema di condizionamento termico è costituito da pochi e robusti componenti:

- il Vestas Cooler Top™ è situato sopra l'estremità posteriore della carlinga.
- Il liquido I del sistema di raffreddamento, il quale raffredda il moltiplicatore di giri ed i sistemi idraulici, è spinto da una singola pompa elettrica.
- Il trasformatore si raffredda con aria forzata mediante una ventola elettrica.
- La carlinga è raffreddata da due ventole elettriche.

1.17. Il raffreddamento del convertitore e del generatore

I sistemi di raffreddamento del generatore e convertitore di funzionare in parallelo. Una valvola di flusso dinamico montato nel circuito di raffreddamento del generatore divide il flusso di raffreddamento.

Il liquido di raffreddamento rimuove il calore dal convertitore e dal generatore, tramite libere correnti d'aria che attraversano il radiatore disposto sopra la carlinga.

Oltre al generatore, al convertitore ed il radiatore, il sistema di circolazione comprende una pompa elettrica ed una valvola termostatica a 3 vie.

1.18. Il moltiplicatore di giri ed il raffreddamento idraulico

La scatola del moltiplicatore di giri ed i sistemi di raffreddamento idraulici sono accoppiati in parallelo. Una valvola di flusso dinamico montata nel circuito di raffreddamento del moltiplicatore, divide il flusso di raffreddamento.

Il liquido di raffreddamento rimuove il calore dalla scatola del moltiplicatore di giri.

1.19. Raffreddamento del trasformatore

Il trasformatore è dotato di un raffreddamento ad aria forzata. Il sistema di ventilazione è composto da una ventola centrale, situato sotto il pavimento di servizio ed un condotto che conduce l'aria sotto e fra gli avvolgimenti AT e BT del trasformatore.

1.20. Raffreddamento della carlinga

L'aria calda, generata da apparecchi meccanici ed elettrici, viene rimossa da due ventole situate su ciascun lato della carlinga. Il flusso d'aria entra attraverso una presa d'aria situata nella parte inferiore della carlinga. I ventilatori possono funzionare a bassa od alta velocità a seconda della temperatura nella carlinga.

1.21. Progettazione elettrica

1.21.1 Generatore

Il generatore è un alternatore sincrono trifase con un rotore a magnete permanente ed è collegato alla rete tramite il convertitore completo di Streamer™ Grid.

L'involucro del generatore è costruito da un rivestimento cilindrico con dei canali che fanno circolare il liquido di raffreddamento intorno all'alloggio interno dello statore del generatore.

Generatore	
Tipo	Sincrono a magneti permanenti
Potenza nominale [Pn]	3,3 MW
Potenza apparente [Sn]	3880 kVA (Cosφ = 0.85)
Frequenza [Fn]	145 Hz
Voltaggio statore [UNS]	3 x 710 V (@ 1450 RPM)
Numero di poli	12
Tipo di avvolgimento	Modulo con VPI (impregnazione pressurizzata a vuoto)
Collegamento avvolgimento	Stella
Efficienza nominale (solo generatore)	98%
Numero di giri/scivolamento nominale	1450 Giri/minuto
Limite di sopravvelocità rif. IEC (2min.)	2400 Giri/minuto
Livello di vibrazione	≤ 1,8 mm/s
Cuscinetto del generatore	Ibrido/ceramico
Sensori di temperatura statore	3 sensori Pt100 messi nei punti caldi e 3 come ausiliari
Sensori di temperatura cuscinetti	1 + 1 ausiliario per cuscinetto
Classe di isolamento	H (3 kV)
Chiusura	IP54

1.21.2 Convertitore

Il convertitore Grid Streamer™ è un sistema completo del convertitore che controlla sia l'alternatore che la qualità della potenza consegnata alla rete.

Il convertitore è costituito da quattro unità di conversione che operano in parallelo con un regolatore comune.

Il convertitore controlla la conversione della potenza a frequenza variabile dell'alternatore, in potenza AC a frequenza fissa necessitando di livelli di potenza attiva e reattiva (ed altri parametri di connessione alla rete) adatti alla rete.

Il convertitore si trova nella carlinga e ha, dal lato della rete, una tensione nominale di 650 V. La tensione, dal lato dell'alternatore, può arrivare fino 710V e dipende dalla velocità di rotazione dell'alternatore.

Convertitore	
Potenza apparente nominale [Sn]	3800 kVA
Tensione nominale di rete	650 V
Tensione nominale dell'alternatore	710 V
Corrente nominale	3440 A

1.21.3 Trasformatore di alta tensione

Il trasformatore di elevazione, si trova in una stanza separata e bloccata della carlinga con scaricatori di sovratensione montati sul lato alta tensione del trasformatore. Il trasformatore è formato da due avvolgimenti, del tipo trifase a secco ed è autoestinguente. Gli avvolgimenti sono collegati a triangolo sul lato ad alta tensione se non diversamente specificato.

L' avvolgimento di bassa tensione è collegato a stella. Il sistema di bassa tensione dell'alternatore, tramite convertitori, è un sistema a TN-S, che significa che il punto della stella è collegato a terra.

Il trasformatore è equipaggiato di 6 sensori di temperatura PT100 per la misurazione del nucleo e delle temperature d'avvolgimento trifase.

L'alimentazione ausiliaria della carlinga, è fornita da un apposito trasformatore da 650/400 V situato nella carlinga stessa.

Trasformatore di alta tensione	
Tipo	Resina a secco
Tensione del primario [U_N]	10-35 kV
Tensione del secondario [U_{NS}]	3 x 650 V
Potenza apparente nominale [S_N]	3450kVA
Perdita senza carico [P₀]	6,6 kW
Perdita sotto carico (a 120 ° C) [P_n]	24,5 kW
Potenza reattiva senza carico [Q₀]	7,5 kVAr
Potenza reattiva con carico [Q_n]	275 kVAr
Gruppo vettoriale	Dyn5 (opzioni: YNyn0)
Frequenza	50/60 Hz
AT - Tappings	± 2 x 2,5 % scariche
Corrente di spunto	6-10 x I _n dipendenti dal tipo
Impedenza di corto circuito	8% @ 650 V, 3450 kVA, 120°C
Sequenza positiva di Tensione di impedenza di cortocircuito U_{k p-s1}	7,95 %
Sequenza positiva di Tensione di impedenza di cortocircuito (resistiva) U_{kr p-s1}	0,72 %
Nessuna sequenza di Tensione di impedenza di cortocircuito U_{k0 p-s1}	7,55 %
Nessuna sequenza di Tensione di impedenza di cortocircuito (resistiva) U_{kr0 p-s1}	0,72 %
Classe di isolamento	F
Classe climatica	C2
Classe ambientale	E2
Classe di comportamento al fuoco	F1

1.21.4 Cavi AT

Il cavo ad alta tensione, dal trasformatore nella navicella, scorre giù per la torre ai quadri situati nella parte inferiore della torre. Il cavo ad alta tensione è composto da 4 anime isolate e prive di alogeni.

Cavi AT	
Composizione dell'isolamento	Materiale basato sul migliore etilene-propilene (EP) – EPR o alto modulo o dura gomma etilene-propilene - HEPR
Sezione del conduttore	3x70/70 mm ²
Tensione massima	24 kV / 42 kV in funzione della tensione nominale del trasformatore

1.21.5 Quadri AT

I quadri ad alta tensione si trovano nella parte inferiore della torre.

Quadri AT			
Tipo	Isolati in gas SF6		
Frequenza nominale	50/60 Hz		
Tensione nominale stimata	10 - 22 kV	22,1 – 33 kV	33,1 – 35 kV
Tensione massima	24 kV	36 kV	40,5 kV
Massima corrente di corto circuito 1sec.	20 kA	25kA	25kA

1.21.6 AUX System

Il Sistema AUX è fornito dal trasformatore separato 650/400 V. Tutti i motori, pompe, ventilatori e riscaldatori sono alimentati da questo sistema.

Tutte le utenze a 230 V, sono alimentate da un trasformatore 400/230 V.

Prese elettriche	
Monofase (Navicella, Torre & Piattaforme)	230 V (16 A)/110 V (16 A)/2x55 V (16 A)
Trifase (Navicella, Torre & Base)	3 x 400 V (16 A)

1.21.7 Sensori di vento

La turbina è dotata di due sensori di vento ad ultrasuoni senza parti mobili.

I sensori sono costruiti in riscaldatori per ridurre al minimo le interferenze da ghiaccio / neve.

I sensori di vento sono ridondanti, e la turbina è in grado di operare con un solo sensore.

Sensori di vento	
Tipo	FT702LT
Principio	Risonanza acustica
Riscaldatore	99 W

1.21.8. VMP (Vestas Multi processore) regolatore

La turbina è controllata e monitorata dal sistema di controllo VMP6000. VMP6000 è un sistema di controllo multiprocessore composto da quattro processori principali (terra, navicella, mozzo e convertitore) collegati tra loro da un sistema ottico basato su rete a 2,5 Mbit ArcNet.

Oltre ai quattro processori principali VMP6000 consiste in un numero di I / O moduli interconnessi da una rete a 500 kbit CAN.

I moduli I / O sono collegati ai moduli di interfaccia CAN da un bus seriale digitale, CTBus.

1.21.9. Il regolatore VMP6000 serve le seguenti funzioni principali:

- Monitoraggio e controllo del funzionamento generale.

- Sincronizzazione del generatore alla rete durante la sequenza di connessione.
- Funzionamento della turbina eolica durante situazioni di guasto varie.
- Automatico di imbardata della navicella.
- OptiTip ® - controllo del passo pala.
- Controllo della potenza reattiva ed il funzionamento a velocità variabile.
- Controllo delle emissioni rumorose.
- Monitoraggio delle condizioni ambientali.
- Monitoraggio della rete.
- Monitoraggio del sistema di rilevazione di fumo.

1.21.10. Gruppo di continuità (UPS)

L'UPS è dotato di un convertitore AC/DC DC/AC (conversioni doppie) e batterie collocate nello stesso armadio del convertitore. Durante l'interruzione di rete, l'UPS alimenta i componenti specifici a 230V AC. Il tempo di funzionamento per il sistema UPS è proporzionale al consumo di energia. Il tempo effettivo di funzionamento può variare.

UPS		
Tipo Batteria	Valvola-regolata ad acido di piombo (VRLA)	
Tensione nominale della batteria	2 x 8 x 12 V (192 V)	
Tipo Convertitore	Doppia conversione	
Ingresso convertitore	230 V +/-20%	
Tensione nominale di uscita	230 V AC	
Tempo di funzionamento	Sistema di controllo	15 minuti
	Quadri funzione (rilascio del motore / attivazione)	15 minuti
	Sistema di controllo remoto	15 minuti
	Luce interna nella torre e la carlinga	1 ora (fornita dalla costruzione delle batterie)
	Luce segnalazione per l'aviazione	1 ora
Tempo di ricarica	80%	App. 3 ore

100%

App. 3 ore

2. DESCRIZIONE IMPIANTO ELETTRICO

Sostanzialmente il sistema elettrico è costituito da:

- n°1 stazione di Consegna, ubicata in prossimità della linea Alta Tensione della Rete Nazionale;
- n°1 linea Alta Tensione interrata, per il collegamento tra le due sottostazioni,
- n°1 Sottostazione di trasformazione, ubicata in prossimità dell'impianto, per la trasformazione del livello di tensione (comprensiva di n°1 quadro di Distribuzione Generale in Media Tensione);
- n°1 linea Media Tensione Principale interrata, per il collegamento tra le torri ed il n°1 quadro di Media Tensione Principale della Sottostazione di trasformazione, destinato a ricevere l'energia prodotta da tutti i generatori eolici;
- n°14 quadri di Media Tensione di torre, destinati alla protezione e sezionamento di ciascun generatore eolico;
- n°13 linee Media Tensione interrate per l'intercollegamento tra i vari generatori eolici;
- n°14 generatori eolici completi di tutte le apparecchiature necessarie al funzionamento, protezione e connessione in rete dei generatori stessi;
- Sistema di Controllo (SCADA).

2.1. Punto di Consegna e Stazione di Consegna

Il punto di Consegna dell'energia elettrica alla Rete Nazionale è stato individuato sulla linea a 380kV "Matera – S. Sofia".

L'inserimento sulla suddetta linea, con cavidotto interrato, verrà eseguito su una sola terna; sulla base del tipo di inserimento, la stazione di consegna sarà come di seguito realizzata:

Si rimanda alla apposita relazione tecnica allegata alla stazione di Consegna.

2.2. Linea Alta Tensione interrata

Al fine di realizzare il collegamento tra la Stazione di Consegna e la sottostazione di elevazione, sarà prevista una linea in alta tensione interrata per un percorso di circa 8400 metri.

La massima potenza erogabile dal parco eolico è di 42MW, che alla tensione di 150kV con un fattore di potenza pari a 0.9, corrispondono ad una corrente pari a circa 180A; sulla base di detto valore si è scelto di realizzare una linea elettrica costituita con cavi unipolari (n°1 per ciascuna fase) della sezione pari a 400mm².

La linea in oggetto oltre ad essere adeguatamente dimensionata per la portata di corrente consente di limitare la caduta di tensione entro valori accettabili. Per realizzare la linea in oggetto saranno utilizzati cavi con conduttore in rame o in alluminio e materiale isolante in XLPE, armatura in fili di acciaio zincato e protezione esterna in polipropilene.

I cavi saranno posati in piano ad una distanza, uno dall'altro, pari almeno ad un diametro del cavo stesso.

Il percorso sarà realizzato principalmente a bordo strada, i cavi verranno posati in un letto di sabbia e successivamente protetti da un "tegolo" prefabbricato.

Detto "tegolo" verrà a sua volta ricoperto con terreno di riempimento compattato.

Il percorso del cavo sarà inoltre segnalato (in caso di attività di scavo successive alla posa stessa) da una rete di plastica forata di colore rosso arancione e da un nastro di segnalazione in PVC opportunamente interrati.

All'interno di detto percorso verrà posato un cavo in fibra ottica a più fibre, per la trasmissione dei dati al sistema SCADA.

2.2. Sottostazione Elevazione

La sottostazione Mare sarà realizzata come di seguito:

- n°1 montante di arrivo
- n°2 montanti trasformatori
- opere accessorie
- quadri elettrici

2.2.1. Montante di arrivo

Il montante di arrivo sarà costituito da:

_ n°3 supporti per la connessione della linea AT interrata proveniente dalla Stazione di Consegna.

_ n°1 sezionatore tripolare A.T. (300A), con comando motorizzato.

_ n°3 trasformatori di tensione, di tipo induttivo, con n°1 secondario che sarà utilizzato per le misure fiscali.

_ n°3 trasformatori di corrente con n°1 primario da 200A e n°1 secondario (5A) che sarà utilizzato per le misure fiscali.

Il montante di arrivo sarà collegato ad un adeguato sistema sbarre, da detto sistema si deriveranno i montanti trasformatori.

2.2.2. Montante trasformatori

Ciascun montante trasformatore sarà costituito da:

- n°1 sezionatore tripolare A.T. (300A), con comando motorizzato.
- n°3 trasformatori di tensione, di tipo induttivo, aventi ciascuno n°2 secondari di cui il primo sarà utilizzato per la misura delle grandezze elettriche di montante mentre il secondo per le protezioni di montante.
- n°3 trasformatori di corrente aventi ciascuno n°1 primario da 300A e n°2 secondari (5A) di cui il primo sarà utilizzato per la misura delle grandezze elettriche di montante mentre il secondo per le protezioni di montante.
- n°1 interruttore tripolare A.T. (1250A) in SF₆, con comando motorizzato.
- n°3 scaricatori di tensione
- n°1 trasformatore AT/MT.

Il trasformatore AT/MT provvederà ad elevare il livello di tensione della rete del parco eolico (30kV) al livello di tensione della Rete Nazionale (150kV); detto trasformatore sarà di tipo con isolamento in olio e di potenza pari a 30MVA.

Il trasformatore sarà dotato di sonde termometriche (PT100) installate sugli avvolgimenti secondari del trasformatore stesso e di dispositivi per la rilevazione della pressione dell'olio di isolamento; i segnali delle protezioni sopra descritte saranno inviate al quadro di controllo della sottostazione e utilizzate per segnalazioni di allarme e blocco.

2.2.3. Opere accessorie

La sottostazione di trasformazione sarà opportunamente recintata e verranno previsti, come indicato in planimetria, n°2 ingressi carrai adeguatamente collegati al sistema viario più prossimo.

Sarà previsto un adeguato sistema di illuminazione esterna, realizzato con proiettori al sodio da 125W o 250W, installati su palo o altra struttura, secondo necessità. Il sistema di illuminazione esterna sarà gestito da un interruttore crepuscolare.

Tutta la sottostazione sarà provvista di un adeguato impianto di terra che collegherà tutte le apparecchiature elettriche e le strutture metalliche presenti nella sottostazione stessa.

Per la salvaguardia delle persone e dei beni esistenti sull'impianto, dai pericoli derivanti dalle scariche atmosferiche, sarà impiegata la procedura prevista dalla norma CEI 81-1, CEI 81-4.

A corredo della sottostazione verrà realizzato un edificio in muratura per il contenimento dei quadri di controllo ed ausiliari della sottostazione. Detto edificio sarà diviso, secondo le prescrizioni GRTN, in quattro locali con le seguenti funzioni.

- Locale contatori, destinato al contenimento dei contatori fiscali per il computo dell'energia attiva e reattiva.
- Locale quadri, destinato al contenimento dei quadri di potenza e controllo della sottostazione.
- Locale batterie, destinato al contenimento dell'armadio batterie relative al sistema di alimentazione 110Vcc ed UPS.
- Locale telecontrollo, destinato al contenimento di eventuali quadri ed apparecchiature GRTN, relativi al telecontrollo della sottostazione ed anche del Sistema di Controllo di tutto l'impianto (SCADA). .

I locali saranno illuminati con plafoniere stagne, contenenti uno o due lampade fluorescenti da 18/36/58W secondo necessità.

Sarà inoltre previsto un adeguato numero di plafoniere stagne dotate di batterie tampone, per l'illuminazione di emergenza.

Detto edificio sarà sviluppato su due piani di cui:

- il piano terra che sarà diviso in tre locali con le seguenti funzioni:
 - Locale contatori, destinato al contenimento dei contatori fiscali per il computo dell'energia attiva e reattiva.
 - Locale quadri, destinato al contenimento dei quadri di potenza e controllo della sottostazione.
 - Locale batterie, destinato al contenimento dell'armadio batterie relative al sistema di alimentazione 110Vcc ed UPS.
- il piano primo che sarà diviso indicativamente in tre locali con le seguenti funzioni:
 - Locale SCADA, destinato al contenimento del rack di automazione e della stazione di supervisione di tutto l'impianto. Detto locale sarà provvisto di pavimentazione flottante per la posa dei cavi.
 - Servizi igienici
 - Magazzino / Disponibile

I locali saranno illuminati con le seguenti apparecchiature:

- Sale quadri: plafoniere stagne, contenenti uno o due lampade fluorescenti da 18/36/58W secondo necessità,
- Sala controllo e servizi: plafoniere non stagne, contenenti uno o più lampade fluorescenti da 18/36/58W secondo necessità.

Sarà inoltre previsto un adeguato numero di plafoniere stagne dotate di batterie tampone, per l'illuminazione di emergenza.

2.2.4 Quadri Elettrici

La tipologia e la quantità dei quadri elettrici relativi alla sottostazione sarà concordata con il GRTN, in ogni caso di seguito sono indicati i principali armadi necessari per il corretto funzionamento della sottostazione.

2.2.4.1. Quadro di controllo

Destinato al comando e controllo della sottostazione, detto quadro sarà completo di un sinottico operativo riportante le apparecchiature della sottostazione ed i relativi pulsanti e lampade di segnalazione per il comando degli interruttori e sezionatori.

Il quadro di controllo conterrà inoltre il relè multifunzione per le protezioni elettriche; oltre a quanto eventualmente richiesto da GRTN, saranno previste le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata (50 e 51).

Sul quadro di controllo saranno inoltre previsti dei convertitori di segnale per la ritrasmissione (segnale 4÷20mA) a SCADA e GRTN delle principali grandezze elettriche quali:

- Tensione
- Potenza attiva
- Potenza reattiva
- Fattore di potenza
- Corrente

A seguito di quanto verrà concordato con GRTN, verranno resi disponibili a morsettiera dei contatti liberi da tensione per la ripetizione a GRTN dello stato delle apparecchiature della sottostazione e dell'intervento protezioni ed allarmi. Saranno inoltre previsti a morsettiera ulteriori contatti liberi da tensione per la ripetizione a SCADA dello stato delle apparecchiature della sottostazione e dell'intervento protezioni ed allarmi.

2.2.4.2. Quadro media tensione di Distribuzione Generale

Allo scopo di convogliare l'energia prodotta (a 30kV) dai quattro gruppi dei generatori eolici sui due trasformatori AT/MT, sarà previsto un quadro di media

tensione di tipo blindato costituito da n°4 scomparti:

- n°2 scomparti protezione trasformatori AT/MT: ciascuno dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione. Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata e massima corrente di guasto a terra, (50, 51 e 51N). Inoltre su detta apparecchiatura saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza. Ciascun scomparto sarà inoltre provvisto di un apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili MT e dei trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.
- n°1 scomparti di arrivo dai generatori eolici: ciascuno dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione. Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata, massima corrente di guasto a terra, minima e massima tensione, massima tensione omopolare e minima e massima frequenza (50, 51, 51N, 27, 59, 59Vo, 81< e 81>). Le protezioni voltmetriche sopra indicate sono quelle prescritte da GRTN per gli impianti produttori (DV601).

Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza.

Ciascun scomparto sarà inoltre provvisto di un apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili MT e dei trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.

- n°1 scomparto protezione trasformatore MT/BT ausiliari: dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione. Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata e massima corrente di guasto a terra, (50, 51 e 51N). Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti

grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza. Lo scomparto sarà inoltre provvisto di un apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili MT e dei trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.

Il dimensionamento degli interruttori MT del quadro in oggetto è stato eseguito considerando le correnti di ciascuna linea. In particolare:

per la protezione della linea "L5", relativa a 14 generatori con una potenza complessiva erogata pari a 42MW che (alla tensione di 30kV con un fattore di potenza pari a 0.9) corrispondono ad una corrente pari a circa 900A, è stato scelto un interruttore di taglia pari a 1400A.

Per la protezione di ciascuna linea che collega il quadro di distribuzione MT ai trasformatori elevatori della sottostazione, di potenza nominale pari a 30MVA che (alla tensione di 30kV) corrispondono ad una corrente pari a 640A, è stato scelto un interruttore di taglia pari a 1000A. Per la protezione della linea relativa all'alimentazione del trasformatore ausiliario è stato scelto un interruttore di taglia pari a 630A.

Per quanto concerne il dimensionamento della barratura del quadro in oggetto è stato considerato il valore cautelativo di 3000A, tuttavia in considerazione della particolarità di realizzazione di un quadro con tali caratteristiche, ci riserviamo di rivedere tale valore in fase di progettazione di dettaglio, dopo lo studio, insieme al costruttore del quadro stesso, di conformazioni tali da consentire la riduzione del valore stesso.

Sul quadro di media tensione saranno previsti i seguenti interblocchi:

- Sistema di "rincalzo" per mancata apertura interruttore MT (152/L4) per intervento protezioni voltmetriche DV601):

nel caso in cui si verificasse su una o più linee (relative ai suddetti interruttori), una anomalia tale da determinare l'intervento delle protezioni DV601 e, a seguito di detto intervento, non si verificasse

l'apertura del relativo interruttore MT, è stato previsto un sistema di "rincalzo". interruttori AT (252/5 e 252/6). In tal modo viene garantito, con un doppio sistema di interruzione, l'isolamento del parco eolico dalla Rete Nazionale in caso di perturbazione elettrica.

- Sistema di "trascinamento" interruttori AT (252/5 e 252/6) – interruttori MT protezione trasformatori (152/L1 e 152/L7): nel caso in cui si verificasse l'apertura di un interruttore AT è stato previsto un sistema di "trascinamento" che provoca l'apertura del relativo interruttore MT.

Al tempo stesso il sistema di "rincalzo" precedentemente descritto assicura che, in ogni caso, la perturbazione elettrica prodotta dagli aerogeneratori, non investa la Rete Nazionale.

2.2.4.3. Trasformatore MT/BT

Detto trasformatore, alimentato dal quadro di media tensione sopra descritto, sarà di tipo con isolamento in resina e di potenza pari a 63KVA; esso sarà utilizzato per trasformare la media tensione (20kV o altro livello di tensione da concordare con GRTN) in bassa tensione (400V). Il trasformatore sarà dotato di una centralina termometrica che riceverà i segnali provenienti dalle sonde termometriche (PT100) installate sugli avvolgimenti secondari del trasformatore stesso e provvederà, in caso di sovratemperature, a dare una segnalazione di allarme. Nel caso in cui la temperatura dovesse ulteriormente salire la centralina comanderà l'apertura dell'interruttore MT ad esso relativo.

Il trasformatore verrà installato in un adeguato box metallico di contenimento ubicato in prossimità del quadro di distribuzione BT.

2.2.4.4. Quadro di distribuzione BT

Detto quadro riceverà alimentazione dal trasformatore sopra descritto e provvederà a distribuire l'alimentazione BT, tramite adeguati interruttori, a tutte le utenze elettriche (compresi gli impianti di illuminazione interna ed esterna) presenti nella sottostazione. Sarà inoltre previsto, sull'interruttore generale, un comando di trascinamento proveniente dall'interruttore, quadro di media tensione, che determinerà (in caso di apertura di quest'ultimo) la conseguente apertura dell'interruttore generale BT.

2.2.4.5. Quadro UPS e distribuzione 400/230Vca

Detto quadro riceverà alimentazione dal quadro di distribuzione e sarà del tipo a due "rami" ovvero adatto all'alimentazione dei carichi privilegiati 400/230Vca ed alla contemporanea carica (normalmente in tampone e periodicamente a fondo) di una batteria di accumulatori. Detti accumulatori saranno installati in un quadro dedicato e distinto dal quadro UPS e ubicato, come già indicato, in un apposito locale. Sul quadro sarà inoltre prevista una sezione di distribuzione contenente tutti gli interruttori necessari per le alimentazioni di tutte le utenze privilegiate a 400/230Vca presenti nella sottostazione.

2.2.4.6. Quadro raddrizzatore e distribuzione 110Vcc

Detto quadro riceverà alimentazione dal quadro di distribuzione e sarà del tipo a due "rami" ovvero adatto all'alimentazione dei carichi in corrente continua ed alla contemporanea carica (normalmente in tampone e periodicamente a fondo) di una batteria di accumulatori.

Detti accumulatori saranno installati in un quadro dedicato e distinto dal quadro 110Vcc e posizionato, come già indicato, in un apposito locale. Sul quadro sarà

inoltre prevista una sezione di distribuzione contenente tutti gli interruttori necessari per le alimentazione di tutte le utenze a 110Vcc presenti nella sottostazione.

2.2.4.7. Contatori fiscali

I contatori fiscali saranno installati in un locale ad essi dedicato e consentiranno il computo dell'energia attiva e reattiva. A corredo di detti contatori sarà previsto un modem GSM per la ritrasmissione a GRTN dei dati acquisiti.

2.2.4.8. Quadro media tensione

La sottostazione di elevazione riceverà, oltre alla connessione a 30kV di cui sopra, anche una alimentazione ausiliaria (20kV o altro livello di tensione da concordare con GRTN); a tale scopo sarà previsto un quadro di media tensione di tipo protetto costituito da n°3 scomparti:

- n°1 scomparto di arrivo e risalita: dotato di un sezionatore generale da 630A.
- n°1 scomparto interruttore da 630A: dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione.

Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata, massima corrente di guasto a terra, massima corrente direzionale (50, 51, 51N e 67). Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza.

-
-

- n°1 scomparto misure: dotato di sezionatore da 400A, fusibili MT e trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.

2.2.4.9. Linee Media Tensione Principali

Al fine di collegare il quadro di media tensione, nella sottostazione di elevazione, con il quadro di media tensione Principale, è prevista pertanto n°1 linea in media tensione interrata "L5" per un percorso di circa 973 metri.

In funzione dei valori della corrente circolante su ciascuna linea e soprattutto in relazione alla lunghezza delle linee stesse (allo scopo di limitare il valore della caduta di tensione) le linee in oggetto sono state così dimensionate:

SIGLA CAVO	FORM.	L (m)	D (mm)
L1	3x35	375	82,2
L2	3x35	375	82,2
L3	2x3x50	1419	86,8
L3.1	2x3x50	365	86,8
L3.2	2x3x50	404	86,8
L3.3	2x3x70	387	91
L3.4	2x3x95	781	95,2
L3.5	2x3x120	513	98,8
L4	3x35	954	82,2
L4.1	3x50	679	86,8
L4.2	2x3x50	861	86,8
L4.3	2x3x50	1189	86,8
L4.4	2x3x95	4752	95,2
L5	3x3x150	973	102
L6	3x1x400	8397	97

Per realizzare le linee in oggetto saranno utilizzati cavi, in accordo alle normative IEC 60502-2, con conduttore in rame e materiale isolante in XLPE, armatura in fili di acciaio zincato e protezione esterna in polipropilene.

All'interno dei cavi in oggetto (inglobato nel materiale isolante) è previsto, per ciascuno, un cavo in fibra ottica a più fibre, per la trasmissione dei dati al sistema SCADA.

I suddetti cavi, nel percorso in terra, saranno posati in piano ad una distanza uno dall'altro pari almeno ad un diametro del cavo stesso.

Il percorso sarà realizzato principalmente a bordo strada, i cavi verranno posati in un letto di sabbia e successivamente protetti da un "tegolo" prefabbricato. Detto "tegolo" verrà a sua volta ricoperto con terreno di riempimento compattato. Il percorso del cavo sarà inoltre segnalato (in caso di attività di scavo successive alla posa) da un nastro di segnalazione in PVC opportunamente interrato.

2.3. Quadri Media Tensione di Torre

Per quadri di media tensione di Torre si identificano due configurazioni:

- Quadro MT "Entra-Esce": quadri che oltre a collegare il generatore relativo alla torre dove sono ubicati, hanno la funzione di "entra-esce" all'interno della sottogruppo di generatori di cui fanno parte.

I quadri MT "Entra-Esce" saranno di tipo blindato, in quantità pari a n°14 e saranno costituiti da n°3 scomparti

- n°1 scomparto protezione trasformatore di torre: dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione. Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata e massima corrente di guasto a terra, (50, 51 e 51N). Potranno essere implementate ulteriori protezioni suggerite dal costruttore del

-
- - generatore. Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza. Lo scomparto sarà inoltre provvisto di un apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili MT e dei trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.n°1 scomparto protezione linea di arrivo da altri generatori: ciascuno dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione. Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata e massima corrente di guasto a terra, (50, 51 e 51N).Potranno essere implementate ulteriori protezioni suggerite dal costruttore del generatore. Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza. Lo scomparto sarà inoltre provvisto di un apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili MT e dei trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.
 - n°1 scomparto di invio energia al quadro ubicato nella posizione successiva all'interno del sottogruppo.

Il dimensionamento degli interruttori MT dei quadri in oggetto è stato eseguito considerando quanto segue:

Ciascun generatore eroga una potenza massima pari a 3MW che (alla tensione di 30kV con un fattore di potenza pari a 0.9) corrispondono ad una corrente pari a circa 64A; pertanto tutti gli interruttori di protezione del trasformatore di torre saranno di taglia pari a 630A.

Per quanto concerne il dimensionamento della barratura di ciascun quadro è stato scelto il valore 630A che è un valore fortemente cautelativo rispetto

all'effettiva corrente circolante che, come abbiamo già evidenziato, è pari a circa 64A.

2.4. Sistema di Controllo (SCADA)

Per controllare l'intero parco eolico sarà impiegato un sistema SCADA pensato appositamente per il controllo e supervisione di impianti di notevoli dimensioni per poter garantire il più elevato livello di prestazioni ed affidabilità.

Lo scopo del sistema SCADA è quello di massimizzare l'erogazione della centrale eolica, nel rispetto dei suoi limiti operativi, per mezzo di un controllo e di una diagnostica perfetti.

Il compito principale del sistema SCADA consiste nel registrare i dati operativi sulla centrale e nel renderli disponibili non appena richiesto.

I dati saranno resi disponibili nella forma desiderata, alle persone interessate e nel momento giusto.

E' importante avere a disposizione, per esempio, tutti i dati storici relativi allo stato dei segnali di tensione, di corrente, di temperatura, velocità per il personale di intervento in caso di malfunzionamento di qualche apparecchiature o per il personale di manutenzione.

Il responsabile di impianto avrà a disposizione i dati statistici, le tabelle relative alle prestazioni dei generatori, il rendimento dell'impianto ecc.

Sarà quindi possibile avere a disposizione tutte le cause di malfunzionamento, dello stato di tutte le apparecchiature, il rapporto tra erogazione della potenza e velocità del vento, stime ecc.

Il sistema SCADA permette l'elaborazione dei dati trasformandoli in report personalizzati alle esigenze richieste dal responsabile di impianto e tecnici di centrale.

Nel caso di malfunzionamento che causa allarme, sarà immediatamente generato un segnale che sarà inviata a personale preposto al controllo o tramite SMS o EMail.

ALLEGATO 1

Class 1
Document no.: 0011-9181 V02
2010-09-22

General Specification

V112–3.0 MW 50/60 Hz



Vestas[®]

Table of Contents

1	General Description	5
2	Mechanical Design	5
2.1	Rotor.....	5
2.2	Blades.....	6
2.3	Blade Bearing	6
2.4	Pitch System.....	6
2.5	Hub.....	7
2.6	Main Shaft	7
2.7	Main Bearing House	7
2.8	Main Bearing.....	7
2.9	Gearbox.....	7
2.10	Generator Bearings.....	8
2.11	High Speed Shaft Coupling.....	8
2.12	Yaw System.....	8
2.13	Crane.....	9
2.14	Towers.....	9
2.15	Nacelle Base-Frame and Cover	9
2.16	Thermal Conditioning System	10
2.16.1	Generator- and Converter Cooling.....	10
2.16.2	Gearbox- and Hydraulic Cooling	10
2.16.3	Transformer Cooling	11
2.16.4	Nacelle Cooling.....	11
3	Electrical Design	11
3.1	Generator	11
3.2	Converter.....	12
3.3	HV Transformer	12
3.4	HV Cables	13
3.5	HV Switchgear	13
3.6	AUX System	14
3.7	Wind Sensors	14
3.8	VMP (Vestas Multi Processor) Controller.....	14
3.9	Uninterruptible Power Supply (UPS)	15
4	Turbine Protection Systems	15
4.1	Braking Concept	15
4.2	Short Circuit Protections	16
4.3	Overspeed Protection	16
4.4	Lightning Protection of Blades, Nacelle, Hub & Tower	17
4.5	Earthing.....	17
4.6	Corrosion Protection	18
5	Safety	18
5.1	Access.....	18
5.2	Escape.....	18
5.3	Rooms/Working Areas	19
5.4	Floors, Platforms, Standing-, Working Places	19
5.5	Climbing Facilities.....	19
5.6	Moving Parts, Guards and Blocking Devices.....	19
5.7	Lights.....	19
5.8	Emergency Stop	19
5.9	Power Disconnection	19
5.10	Fire Protection/First Aid	19
5.11	Warning Signs	20
5.12	Manuals and Warnings	20

6	Environment	20
6.1	Chemicals.....	20
7	Approvals and Design Codes	21
7.1	Type Approvals.....	21
7.2	Design Codes – Structural Design	21
7.3	Design Codes – Lightning Protection	21
8	Colours	22
8.1	Nacelle Colour	22
8.2	Tower Colour	22
8.3	Blades Colour	22
9	Operational Envelope and Performance Guidelines	23
9.1	Climate and Site Conditions	23
9.1.1	Complex Terrain	23
9.1.2	Altitude.....	23
9.1.3	Wind Power Plant Layout.....	24
9.2	Operational Envelope – Temperature and Wind	24
9.3	Operational Envelope – Grid Connection	24
9.4	Operational Envelope – Reactive Power Capability	25
9.5	Performance – Fault Ride Through	26
9.6	Performance – Reactive Current Contribution.....	26
9.6.1	Symmetrical Reactive Current Contribution.....	27
9.6.2	Asymmetrical Reactive Current Contribution.....	27
9.7	Performance – Multiple Voltage Dips	27
9.8	Performance – Active and Reactive Power Control.....	28
9.9	Performance – Voltage Control	28
9.10	Performance – Frequency Control	28
9.11	Own Consumption	28
9.12	Operational Envelope – Conditions for Power Curve, Noise Levels, C_t Values (at Hub Height).....	29
10	Drawings	30
10.1	Structural Design – Illustration of Outer Dimensions	30
10.2	Structural Design – Side View Drawing.....	30
10.3	Structural Design – Centre of Gravity.....	30
10.4	Structural Design – Tower Drawing (Example).....	30
10.5	Electrical Design – Main Wiring.....	30
11	General Reservations, Notes and Disclaimers	31
12	Appendix	32
12.1	Mode 0.....	32
12.1.1	Power Curves	32
12.1.2	C_t Values	33
12.1.3	Noise Levels	34
12.2	Mode 1.....	35
12.2.1	Power Curves	35
12.2.2	C_t Values	36
12.2.3	Noise Levels	37
12.3	Mode 2.....	38
12.3.1	Power Curves	38
12.3.2	C_t Values	39
12.3.3	Noise Levels	40

Buyer acknowledges that these general specifications are for buyer's informational purposes only, do not constitute an offer for sale and do not create or constitute a warranty, guarantee, promise, commitment, or other representation by supplier, all of which are disclaimed by supplier except to the extent expressly provided by supplier in writing elsewhere.

Refer to section 11 General Reservations, Notes and Disclaimers, p. 31 for general reservations, notes, and disclaimers applicable to these general specifications.

1 General Description

The Vestas V112-3.0 MW wind turbine is a three-bladed pitch regulated upwind turbine with active yaw. The Vestas V112-3.0 MW turbine has a rotor diameter of 112 m and a rated output power of 3.075 MW. The turbine utilizes the OptiTip[®] and Grid Streamer[™] concepts. With these features the wind turbine is able to operate the rotor at variable speed, and thereby maintaining the power output at or near rated power even in high wind speeds. At low wind speeds, the OptiTip[®] and Grid Streamer[™] systems work together to maximize the power output by operating at the optimal rotor speed and pitch angle.

2 Mechanical Design

2.1 Rotor

The V112-3.0 MW is equipped with a 112 meter rotor consisting of three blades and a hub. The blades are controlled by a microprocessor pitch control system called OptiTip[®]. Based on the prevailing wind conditions, the blades are continuously positioned to optimise the pitch angle.

Rotor	
Diameter	112 m
Swept Area	9852 m ²
Rotational Speed Static, Rotor	12.8 rpm
Speed, Dynamic Operation Range	6.2 – 17.7
Rotational Direction	Clockwise (front view)
Orientation	Upwind
Tilt	6°
Blade Coning	4°
Number of Blades	3
Aerodynamic Brakes	Full feathering

Table 2-1: Rotor data.

2.2 Blades

The blades are made of carbon and fibre glass and consist of two airfoil shells bonded to a supporting beam.

Blades	
Type Description	Airfoil shells bonded to supporting beam
Blade Length	54.65 m
Material	Fibre glass reinforced epoxy and carbon fibres
Blade Connection	Steel roots inserted
Air Foils	High-lift profile
Largest Chord	4.0 m

Table 2-2: Blades data.

2.3 Blade Bearing

The blade bearings are double row 4 point contact ball bearings.

Blade Bearing	
Lubrication	Grease, automatic lubrication pump

Table 2-3: Blade bearing data.

2.4 Pitch System

The turbine is equipped with a pitch system for each blade and a distributor block, all located in the hub. Each pitch system is connected to the distributor block with flexible hoses. The distributor block is connected to the pipes of the hydraulic rotating transfer unit in the hub by means of three hoses (pressure line, return line and drain line).

Each pitch system consists of a hydraulic cylinder mounted to the hub and with the piston rod mounted to the blade via a torque arm shaft. Valves facilitating operation of the pitch cylinder are installed on a pitch block bolted directly onto the cylinder.

Pitch System	
Type	Hydraulic
Number	1 per blade
Range	-9° to 90°

Table 2-4: Pitch system data.

Hydraulic System	
Main Pump	Two redundant internal gear oil pumps
Pressure	260 bar
Filtration	3 µm (absolute)

Table 2-5: Hydraulic system data.

2.5 Hub

The hub supports the three blades and transfers the reaction forces to the main bearing and torque to the gearbox. The hub structure also supports blade bearings and pitch cylinder.

Hub	
Type	Cast ball shell hub
Material	Cast iron

Table 2-6: Hub data.

2.6 Main Shaft

The main shaft transfers the reaction forces to the main bearing and the torque to the gearbox.

Main Shaft	
Type Description	Hollow shaft
Material	Cast iron

Table 2-7: Main shaft data.

2.7 Main Bearing House

The main bearing house covers the main bearing and is the first connection point for the drive train system to the base frame

Main Bearing	
Material	Cast iron

Table 2-8: Main bearing house data.

2.8 Main Bearing

The main bearing carries all thrust loads.

Main Bearing	
Type Description	Double row spherical roller bearing
Lubrication	Automatic grease lubrication

Table 2-9: Main bearing data.

2.9 Gearbox

The main gear converts the low-speed rotation of the rotor to high-speed generator rotation.

The gearbox is a four stage differential gearbox where the first 3 stages are planetary stages and the 4th is a helical stage.

The disc brake is mounted on the high speed shaft. The gearbox lubrication system is a pressure-fed system.

Gearbox	
Type Description	Differential, 3 planetary stage + 1 helical stage
Gear House Material	Cast
Ratio	1:113,2
Mechanical Power	3300 kW
Lubrication System	Pressure oil lubrication
Backup Lubrication System	Oil sump filled from external gravity tank
Total Gear Oil Volumen	App. 1170 l
Oil Cleanliness Codes	ISO 4406-/15/12
Shaft Seals	Labyrinth

Table 2-10: Gearbox data.

2.10 Generator Bearings

The bearings are grease lubricated and grease is supplied continuously from an automatic lubrication unit.

2.11 High Speed Shaft Coupling

The coupling transmits the torque of the gearbox high speed output shaft to the generator input shaft.

The coupling consists of two 4 link laminate packages and a fibre glass intermediate tube with two metal flanges. The coupling is fitted to 2-armed hubs on the brake disc and the generator hub.

2.12 Yaw System

The yaw system is an active system based on a robust pretensioned plain yaw bearing concept with PETP as friction material.

The yaw gears are 2-stage planetary gears with a worm drive and with built in torque limiters

The worm drive is self locking to prevent unintentional yawing.

Yaw System	
Type	Plain bearing system with built-in friction
Material	Forged yaw ring heat-treated. Plain bearings PETP
Yawing Speed 50 Hz	0.5°/sec.
Yawing Speed 60 Hz	0.6°/sec.

Table 2-11: Yaw system data.

Yaw Gear	
Type	2-step planetary gear with worm drive
Number of Yaw Gears	8
Ratio Total (4 Planetary Stages)	944 : 1
Rotational Speed at Full Load	1.4 rpm at output shaft

Table 2-12: Yaw gear data.

2.13 Crane

The nacelle houses the internal Safe Working Load (SWL) service crane. The crane is a single system chain hoist.

Crane	
Lifting Capacity	Max. 990 kg
Power supply	3 x 400 V, 10 A

Table 2-13: Crane data.

2.14 Towers

Tubular towers with flange connections, certified according to relevant type approvals, are available in different standard heights. The towers are designed with the majority of internal welded connections replaced by magnet supports to create a predominantly smooth-walled tower. Magnets provide load support in a horizontal direction and internals, such as platforms, ladders, etc., are supported vertically (i.e. in the gravitational direction) by a mechanical connection. The smooth tower design reduces the required steel thickness, rendering the tower lighter compared one with internals solely welded to the tower shells.

The hub heights listed include a distance from the foundation section to the ground level of approximately 0.2 m depending on the thickness of the bottom flange and a distance from the tower top flange to the centre of the hub of 2.2 m.

Towers	
Type Description	Cylindrical/Conical tubular
Hub Heights	84 m/94 m/119 m
Maximum Diameter	4.2 m (Standard)/4.45 m (119 m DIBt 2))
Material	Steel

Table 2-14: Tower structure data.

2.15 Nacelle Base-Frame and Cover

The nacelle cover is made of fibreglass. Hatches are positioned in the floor for lowering or hoisting equipment to the nacelle and evacuation of personnel. The roof section is equipped with wind sensors and skylights. The skylights can both be opened from inside the nacelle to access the roof and from outside to access the nacelle. Access from the tower to the nacelle is through the yaw System.

The nacelle bedplate is in two parts and consists of a cast iron front part and a girder structure rear part. The front of the nacelle bedplate is the foundation for the drive train, which transmits forces from the rotor to the tower, through the yaw system. The bottom surface is machined and connected to the yaw bearing and the eight yaw-gears are bolted to the front nacelle bedplate.

The crane beams are attached to the top structure. The lower beams of the girder structure are connected at the rear end. The rear part of the bedplate serves as the foundation for controller panels, cooling system and transformer. The nacelle cover is mounted on the nacelle bedplate.

Type Description	Material
Nacelle Cover	GRP
Base Frame Front	Cast iron
Base Frame Rear	Girder Structure

Table 2-15: Nacelle base-frame and cover data.

2.16 Thermal Conditioning System

The thermal conditioning system consists of a few and robust components:

- The Vestas Cooler Top™ located on top of the rear end of the nacelle. The cooler top is a free flow cooler thus ensuring that there are no electrical components in the thermal conditioning system located outside the nacelle.
- Liquid cooling system I, which serves the gearbox and hydraulic systems and is driven by a single electrical pump.
- Liquid cooling system II, which serves the generator and converter systems and is driven by a single electrical pump.
- The transformer forced air cooling comprising an electrical fan.
- The nacelle forced air cooling comprising two electrical fans.

2.16.1 Generator- and Converter Cooling

The generator and converter cooling systems operate in parallel. A dynamic flow valve mounted in the generator cooling circuit divides the cooling flow. The cooling liquid removes heat from the generator and converter unit through a free air flow radiator placed at the top of the nacelle. In addition to the generator, converter unit and radiator, the circulation system includes an electrical pump and a 3-way thermostatic valve.

2.16.2 Gearbox- and Hydraulic Cooling

The gearbox and hydraulic cooling systems are coupled in parallel. A dynamic flow valve mounted in the gearbox cooling circuit divides the cooling flow. The cooling liquid removes heat from the gearbox and the hydraulic power unit through heat exchangers and a free air flow radiator placed at the top of the nacelle. In addition to the heat exchangers and the radiator, the circulation system includes an electrical pump and a 3-way thermostatic valve.

2.16.3 Transformer Cooling

The transformer is equipped with forced air cooling. The ventilator system consists of a central fan, located below the service floor and an air duct leading the air to locations beneath and between the HV and LV windings of the transformer.

2.16.4 Nacelle Cooling

Hot air generated by mechanical and electrical equipment is removed from the nacelle by two fans located at each side of the nacelle. The airflow enters the nacelle through an air intake in the bottom of the nacelle. The fans can run at low or high speed depending on the temperature in the nacelle.

3 Electrical Design

3.1 Generator

The generator is a 3-phase synchronous generator with a permanent magnet rotor which is connected to the grid through the Grid Streamer™ full scale converter.

The generator housing is built with a cylindrical jacket and channels, which circulate cooling liquid around the generator internal stator housing.

Generator	
Type Description	Synchronous with permanent magnets
Rated Power [P_N]	3.3 MW
Rated Apparent Power [S_N]	3880 kVA ($\cos\varphi = 0.85$)
Frequency [f_N]	145 Hz
Voltage, Stator [U_{NS}]	3 x 710 V (@ 1450 RPM)
Number of Poles	12
Winding Type	Form with VPI (Vacuum Pressurized Impregnation)
Winding Connection	Star
Rated Efficiency (Generator only)	98 %
Rated RPM / Rated Slip	1450 RPM
Over Speed Limit acc. to IEC (2 min.)	2400 RPM
Vibration Level	≤ 1.8 mm/s
Generator Bearing	Hybrid/Ceramic
Temperature sensors, Stator	3 Pt100 sensors placed at hot spots and 3 as back-up
Temperature sensors, Bearings	1 per bearing and 1 back-up per bearing
Insulation Class	H (3 kV)
Enclosure	IP54

Table 3-1: Generator data.

3.2 Converter

The Grid Streamer™ converter is a full scale converter system controlling both the generator and the power quality delivered to the grid.

The converter consists of four converter units operating in parallel with a common controller.

The converter controls conversion of variable frequency power from the generator into fixed frequency AC power having desired active and reactive power levels (and other grid connection parameters) suitable for the grid. The converter is located in the nacelle and has a grid side voltage rating of 650 V. The generator side voltage rating is up to 710 V dependent on generator speed.

Converter	
Rated Apparent Power [S_N]	3800 kVA
Rated Grid Voltage	650 V
Rated Generator Voltage	710 V
Rated Current	3440 A

Table 3-2: Converter data.

3.3 HV Transformer

The step-up transformer is located in a separate locked room in the nacelle with surge arresters mounted on the high voltage side of the transformer. The transformer is a two winding, three-phase dry-type transformer, which is self-extinguishing. The windings are delta-connected on the high voltage side unless otherwise specified.

The low voltage winding is star-connected. The low voltage system from the generator via the converters is a TN-S system, which means the star point is connected to earth.

The transformer is equipped with 6 PT100 temperature sensors for measuring of core and winding temperatures in the 3 phases.

The nacelle auxiliary power supply is supplied from a separate 650/400 V transformer located in the nacelle.

HV Transformer	
Type Description	Dry-type cast resin
Primary Voltage [U_N]	10-35 kV
Secondary Voltage [U_{Ns}]	3 x 650 V
Rated Apparent Power [S_N]	3450 kVA
No Load Loss [P_0]	6.6 kW
Load Losses (@ 120° C) [P_n]	24.5 kW
No Load Reactive Power [Q_0]	7.5 kVAr
Full Load Reactive Power [Q_n]	275 kVAr
Vector Group	Dyn5 (options: YNyn0)

HV Transformer	
Frequency	50/60 Hz
HV-tappings	$\pm 2 \times 2.5$ % offload
Inrush Current	6-10 x \hat{I}_n depending on type.
Short-Circuit Impedance	8% @ 650 V, 3450 kVA, 120°C
Positive Sequence Short Circuit Impedance Voltage $U_{k\ p-s1}$	7.95 %
Positive Sequence Short Circuit Impedance Voltage (Resistive) $U_{kr\ p-s1}$	0.72 %
Zero Sequence Short Circuit Impedance Voltage $U_{k0\ p-s1}$	7.55 %
Zero Sequence Short Circuit Impedance Voltage (Resistive) $U_{kr0\ p-s1}$	0.72 %
Insulation Class	F
Climate Class	C2
Environmental Class	E2
Fire Behaviour Class	F1

Table 3-3: Transformer data.

3.4 HV Cables

The high voltage cable runs from the transformer in the nacelle down the tower to the switchgear located at the bottom of the tower. The high voltage cable is a 4-core rubber insulated halogen free high voltage cable.

HV Cables	
High Voltage Cable Insulation Compound	Improved ethylene-propylene (EP) based material – EPR or high modulus or hard grade ethylene-propylene rubber – HEPR
Conductor Cross Section	3x70/70 mm ²
Max Voltage	24 kV / 42 kV depending on the rated transformer voltage

Table 3-4: HV cables data.

3.5 HV Switchgear

The high voltage switchgear is located in the bottom of the tower.

HV switchgear			
Type	Gas insulated SF6		
Nominal frequency	50/60 Hz		
Nominal rated voltage	10 – 22 kV	22.1 – 33 kV	33.1 – 35 kV
Max voltage	24 kV	36 kV	40.5 kV

HV switchgear			
Max short circuit current 1 sec	20 kA	25 kA	25 kA

Table 3-5: HV switchgear data.

3.6 AUX System

The AUX System is supplied from the separate 650/400 V transformer. All motors, pumps, fans and heaters are supplied from this system.

All 230 V consumers are supplied from a 400/230 V transformer.

Power Sockets	
Single Phase (Nacelle & Tower platforms)	230 V (16 A)/110 V (16 A)/2x55 V (16 A)
Three Phase (Nacelle & Tower base)	3 x 400 V (16 A)

Table 3-6: AUX system data.

3.7 Wind Sensors

The turbine is equipped with two ultrasonic wind sensors with no movable parts.

The sensors have built in heaters to minimize interference from ice/snow.

The wind sensors are redundant, and the turbine is able to operate with one sensor only.

Wind Sensors	
Type	FT702LT
Principle	Acoustic Resonance
Built in Heat	99 W

Table 3-7: Wind sensor data.

3.8 VMP (Vestas Multi Processor) Controller

The turbine is controlled and monitored by the VMP6000 control system.

VMP6000 is a multiprocessor control system comprised of four main processors (Ground, Nacelle, Hub and Converter) interconnected by an optical-based 2.5 Mbit ArcNet network.

In addition to the four main processors the VMP6000 consists of a number of distributed I/O modules interconnected by a 500 kbit CAN network

I/O modules are connected to CAN interface modules by a serial digital bus, CTBus.

The VMP6000 controller serves the following main functions:

- Monitoring and supervision of overall operation.
- Synchronizing of the generator to the grid during connection sequence.
- Operating the wind turbine during various fault situations.
- Automatic yawing of the nacelle.
- OptiTip® - blade pitch control.
- Reactive power control and variable speed operation.

- Noise emission control.
- Monitoring of ambient conditions.
- Monitoring of the grid.
- Monitoring of the smoke detection system.

3.9 Uninterruptible Power Supply (UPS)

The UPS is equipped with an AC/DC DC/AC converter (double conversions) and battery cells placed in the same cabinet as the converter. During grid outage, the UPS will supply specific components with 230V AC.

The back-up time for the UPS system is proportional to the power consumption. Actual back-up time may vary.

UPS		
Battery Type	Valve-Regulated Lead Acid (VRLA)	
Rated Battery Voltage	2 x 8 x 12 V (192 V)	
Converter Type	Double conversion	
Converter Input	230 V +/-20%	
Rated Output Voltage	230 V AC	
Back-up Time*	Controller system	15 minutes
	Switchgear function (motor release/activation)	15 minutes
	Remote control system	15 minutes
	Internal light in tower and nacelle	1 hour (supplied by built in batteries)
	Aviation light	1 hour
Re-charging Time	80%	App. 3 hours
	100%	App. 8 hours

Table 3-8: UPS data.

NOTE * For alternative back-up times, consult Vestas.

4 Turbine Protection Systems

4.1 Braking Concept

The main brake on the turbine is aerodynamic. Braking the turbine is done by full feathering the three blades (individual turning of each blade). Each blade has a hydraulic accumulator as power supply for turning the blade. Braking of the turbine is furthermore supported by a braking resistor, which is connected to the permanent magnet generator during shut down. Thereby loss of torque is prevented in e.g. grid loss situations.

In addition there is a mechanical disc brake on the high speed shaft of the gearbox with a dedicated hydraulic system. The mechanical brake is only used as a parking brake, and when activating the emergency stop push buttons.

4.2 Short Circuit Protections

Breakers	Breaker for Aux. Power. T4L 250A TMD 4P 690 V	Breaker for Converter Modules T7M1200L PR332/P LSIG 1000 A 3P 690 V
Breaking Capacity, I_{cu} , I_{cs}	70 kA @ 690 V	50 kA @ 690 V
Making Capacity, I_{cm}	154 kA @ 690 V	105 kA @ 690 V
L, Overload - Timedelay t_1	175 – 250 A K	480 - 1200 A 3 -144 sec
S, Short Circuit - Timedelay t_2	N/A N/A	0.72 – 12 kA 0.1 – 0.8 sec
I, Short Circuit - Instantaneous t_3	1.25 – 2.5 kA K	1.8 – 18 kA K
G, Earth Fault - Timedelay t_4	N/A N/A	240 - 1200 A 0.1 – 0.8 sec

Table 4-1: Short circuit protection data.

The table below shows HV switchgear settings and how full load phase current on HV switchgear depend on actual line voltage. Note: Minimum line voltage $U_{N,min}$ is defined as nominal line voltage U_N minus allowed continuous undervoltage (e.g. 10 %).

HV Switchgear Settings	
Full Load Phase Current, I_N [A]	$S_{N,trafo} / (U_{N,min} * \sqrt{3})$
Phase Overload Factor	1.1
Phase Multiplier Constant (Scale Factor)	0.1
Instantaneous Phase Multiplier	Min. 8
Instantaneous Phase to Phase Time Setting, [sec]	0.1
Ground Leak Factor	0.1
Zero Sequence Multiplier Constant	0.05
Instantaneous Zero Sequence Multiplier	2
Instantaneous Zero Sequence Time Setting, [sec]	0.1

Table 4-2: HV switchgear settings.

4.3 Overspeed Protection

The generator RPM and the main shaft RPM are registered by inductive sensors and calculated by the wind turbine controller in order to protect against over-speed and rotating errors.

In addition, the turbine is equipped with a Safety PLC, which is an independent computer module measuring the rotor RPM, and in case of an overspeed situation the Safety PLC activates the emergency feathered position (full feathering) of the three blades independently of the turbine controller in the turbine.

Overspeed Protection	
Sensors Type	Inductive

Overspeed Protection	
Trip Levels	17.66 (Rotor RPM)/2000 (Generator RPM)

Table 4-3: Overspeed protection data.

4.4 Lightning Protection of Blades, Nacelle, Hub & Tower

The Lightning Protection System (LPS) helps protect the wind turbine against the physical damage caused by lightning strikes. The LPS consists of five main parts.

- Lightning receptors.
- Down conducting system. A system to conduct the lightning current down through the wind turbine to help avoid or minimise damage to the LPS system itself or other parts of the wind turbine.
- Protection against over-voltage and over-current.
- Shielding against magnetic and electrical fields.
- Earthing System.

Lightning Protection Design Parameters			Protection Level I
Current Peak Value	i_{max}	[kA]	200
Impulse Charge	$Q_{impulse}$	[C]	100
Long Duration Charge	Q_{long}	[C]	200
Total Charge	Q_{total}	[C]	300
Specific Energy	W/R	[MJ/ Ω]	10
Average Steepness	di/dt	[kA/ μ s]	200

Table 4-4: Lightning protection design parameters.

NOTE Lightning strikes are considered force majeure, i.e. damage caused by lightning strikes is not warranted by Vestas.

4.5 Earthing

The Vestas Earthing System consists of a number of individual earthing electrodes interconnected as one joint earthing system.

The Vestas Earthing System includes the TN-system and the lightning protection system for each wind turbine. It works as an earthing system for the medium voltage distribution system within the wind power plant.

The Vestas Earthing System is adapted to the different types of foundation a turbine can be erected on. A separate set of documents describe the Earthing System in detail, depending on the type of foundation the turbine is erected on.

In terms of lightning protection of the wind turbine, Vestas has no separate requirements for a certain minimum resistance to remote earth (measured in ohms) for this system. The earthing for the lightning protection system is based on the design and construction of the Vestas Earthing System.

A part of the Vestas Earthing System is the main earth bonding bar placed where all cables enter the wind turbine. All earthing electrodes are connected to this main earth bonding bar. Additionally, equipotential connections are made to all cables entering or leaving the wind turbine.

Requirements in the Vestas Earthing System specifications and work descriptions are minimum requirements from Vestas and IEC. Local and national requirements, as well as project requirements, may require additional measures.

4.6 Corrosion Protection

Classification of corrosion protection is according to ISO 12944-2.

Corrosion Protection	External Areas	Internal Areas
Nacelle	C5	C3 and C4 Climate Strategy: Heating the air inside the nacelle compared to the outside air temperature lowers the relative humidity and helps ensure a controlled corrosion level.
Hub	C5	C3
Tower	C5-I	C3

Table 4-5: Corrosion protection data for nacelle, hub and tower.

5 Safety

The safety specifications in Section 5 provide limited general information about the safety features of the turbine and are not a substitute for Buyer and its agents taking all appropriate safety precautions, including but not limited to (a) complying with all applicable safety, operation, maintenance, and service agreements, instructions, and requirements, (b) complying with all safety-related laws, regulations, and ordinances, and (c) conducting all appropriate safety training and education.

5.1 Access

Access to the turbine from the outside is through the bottom of the tower. The door is equipped with a lock. Access to the top platform in the tower is by a ladder or service lift. Access to the nacelle from the top platform is by ladder. Access to the transformer room in the nacelle is equipped with a lock. Unauthorized access to electrical switch boards and power panels in the turbine is prevented according to IEC 60204-1 2006.

5.2 Escape

In addition to the normal access routes, alternative escape routes from the nacelle are through the crane hatch, from the spinner by opening the nose cone, or from the roof of the nacelle. Rescue equipment is placed in the nacelle.

The hatch in the roof can be opened from both the inside and outside.

Escape from the service lift is by ladder.

An emergency response plan placed in the turbine describes evacuation and escape routes.

5.3 Rooms/Working Areas

The tower and nacelle are equipped with power sockets for electrical tools for service and maintenance of the turbine.

5.4 Floors, Platforms, Standing-, Working Places

All floors have anti-slip surfaces.

There is one floor per tower section.

Rest platforms are provided at intervals of 9 metres along the tower ladder between platforms.

Foot supports are placed in the turbine for maintenance and service purposes.

5.5 Climbing Facilities

A ladder with a fall arrest system (rigid rail) is mounted through the tower.

There are anchorage points in the tower, nacelle, hub, and on the roof for attaching fall arrest equipment (full body harness).

Over the crane hatch there is an anchorage point for the emergency descent equipment.

Anchorage points are coloured yellow and are calculated and tested to 22.2 kN.

5.6 Moving Parts, Guards and Blocking Devices

All moving parts in the nacelle are shielded.

The turbine is equipped with a rotor lock to block the rotor and drive train.

Blocking the pitch of the cylinder can be done with mechanical tools in the hub.

5.7 Lights

The turbine is equipped with light in the tower, nacelle, transformer room and in the hub.

There is emergency light in case of loss of electrical power.

5.8 Emergency Stop

There are emergency stop push buttons in the nacelle, hub and in the bottom of the tower.

5.9 Power Disconnection

The turbine is equipped with breakers to allow for disconnection from all its power sources during inspection or maintenance. The switches are marked with signs and are located in the nacelle and in the bottom of the tower.

5.10 Fire Protection/First Aid

A handheld 5-6 kg CO₂ fire extinguisher, first aid kit and fire blanket are located in the nacelle during service and maintenance.

5.11 Warning Signs

Warning signs placed inside or on the turbine must be reviewed before operating or servicing the turbine.

5.12 Manuals and Warnings

Vestas OH&S manual and manuals for operation, maintenance and service of the turbine provide additional safety rules and information for operating, servicing or maintaining the turbine.

6 Environment

6.1 Chemicals

Chemicals used in the turbine are evaluated according to Vestas Wind Systems A/S environmental system certified according to ISO 14001:2004. The following chemicals are used in the turbine:

- Cooling liquid to help prevent the cooling system from freezing.
- Gear oil for lubricating the gearbox.
- Hydraulic oil to pitch the blades and operate the brake.
- Grease to lubricate bearings.
- Various cleaning agents and chemicals for maintenance of the turbine.

7 Approvals and Design Codes

7.1 Type Approvals

The turbine is type certified according to the certification standards listed below:

Standard	Conditions	Hub Height
IEC61400-22	IEC Class IIA	84 m / 94 m
	IEC Class IIIA	119 m
DIBt Anlage 2.7/10	DIBt 2	94 m / 119 m
UL 6140 (Construction Only)	60 Hz Variant Only	NA

Table 7-1: Type approvals data.

7.2 Design Codes – Structural Design

The structural design has been developed and tested with regard to, but not limited to, the following main standards:

Design Codes - Structural Design	
Nacelle and Hub	IEC 61400-1 Edition 3 EN 50308
Tower	IEC 61400-1 Edition 3 Eurocode 3
Blades	DNV-OS-J102 IEC 1024-1 IEC 60721-2-4 IEC 61400 (Part 1, 12 and 23) IEC WT 01 IEC DEFU R25 ISO 2813 DS/EN ISO 12944-2

Table 7-2: Structural design codes.

7.3 Design Codes – Lightning Protection

The lightning protection system is designed according to Lightning Protection Level (LPL) I:

Design Codes – Lightning Protection	
Designed according to	IEC 62305-1: 2006 IEC 62305-3: 2006 IEC 62305-4: 2006
Non Harmonized Standard and Technically Normative Documents	IEC/TR 61400-24:2002

Table 7-3: Lightning protection design codes.

8 Colours

8.1 Nacelle Colour

Colour of Vestas Nacelles	
Standard Nacelle Colour	RAL 7035 (light grey)
Standard Logo	Vestas

Table 8-1: Colour, nacelle.

8.2 Tower Colour

Colour of Vestas Tower Section		
	External:	Internal:
Standard Tower Colour	RAL 7035 (light grey)	RAL 9001 (cream white)

Table 8-2: Colour, tower.

8.3 Blades Colour

Blades Colour	
Standard Blade Colour	RAL 7035 (Light Grey)
Tip-End Colour Variants	RAL 2009 (Traffic Orange), RAL 3020 (Traffic Red)
Gloss	< 30% DS/EN ISO 2813

Table 8-3: Colour, blades.

9 Operational Envelope and Performance Guidelines

Actual climatic and site conditions have many variables and should be considered in evaluating actual turbine performance. The design and operating parameters set forth in this section do not constitute warranties, guarantees, or representations as to turbine performance at actual sites.

9.1 Climate and Site Conditions

Values refer to hub height:

Extreme Design Parameters	
	IEC IIA
Ambient Temperature Interval (Normal Temperature Turbine)	-40° to +50° C
Extreme Wind Speed (10 min. average)	42.5 m/s
Survival Wind Speed (3 sec. gust)	59.5 m/s

Table 9-1: Extreme design parameters.

Average Design Parameters	
	IEC IIA
Wind Climate	
Wind Speed	8.5 m/s
A-factor	9.59 m/s
Form Factor, c	2.0
Turbulence Intensity acc. to IEC 61400-1, including Wind Farm Turbulence (@15 m/s – 90% quantile)	18%
Wind Shear	0.20
Inflow Angle (vertical)	8°

Table 9-2: Average design parameters.

9.1.1 Complex Terrain

Classification of complex terrain acc. to IEC 61400-1:2005 Chapter 11.2.

For sites classified as complex appropriate measures are to be included in site assessment.

Positioning of each turbine must be verified via the Vestas Site Check program.

9.1.2 Altitude

The turbine is designed for use at altitudes up to 1500 m above sea level as standard.

Above 1500 m special considerations must be taken regarding e.g. HV installations and cooling performance. Consult Vestas for further information.

9.1.3 Wind Power Plant Layout

Turbine spacing shall be evaluated site-specifically. Spacing in any case not below three rotor diameters (3D).

NOTE As evaluation of climate and site conditions is complex it is recommended to consult Vestas for every project. If conditions exceed the above parameters Vestas has to be consulted.

9.2 Operational Envelope – Temperature and Wind

Values are as determined by the sensors and control system of the turbine at hub height.

Operational Envelope – Temperature and Wind	
Ambient Temperature Interval (Normal Temperature Turbine)	-20° to +40° C
Cut-in (10 min. average)	3 m/s
Cut-out (10 min. average)	25 m/s
Re-cut in (10 min. average)	23 m/s

Table 9-3: Operational envelope – temperature and wind.

9.3 Operational Envelope – Grid Connection

Values are determined by the sensors and control system of the turbine.

Operational Envelope – Grid Connection		
Nominal Phase Voltage	[U _{NP}]	650 V
Nominal Frequency	[f _N]	50/60 Hz
Max. Steady State Voltage Jump	+/- 2 % (from turbine) +/- 4 % (from grid)	
Max. Frequency Gradient	+/- 4 Hz/sec	
Max. Negative Sequence Voltage	3 % (Connection) 2 % (Operation)	
Min. Short Circuit Level	15 MVA	

Table 9-4: Operational envelope – grid connection.

The generator and the converter will be disconnected if*:

Protection Settings	
Voltage above 110 % of Nominal for 60 sec.	715 V
Voltage above 115 % of Nominal for 2 sec.	748 V
Voltage above 120 % of Nominal for 0.08 sec.	780 V
Voltage above 125 % of Nominal for 0.005 sec.	812 V
Voltage below 90 % of Nominal for 60 sec.	585 V
Voltage below 85 % of Nominal for 11 sec.	552 V

Protection Settings	
Frequency is above 106 % of Nominal for 0.2 sec.	53/63.6 Hz
Frequency is below 94 % of Nominal for 0.2 sec.	47/56.4 Hz

Table 9-5: Protection settings – grid connection.

NOTE * Over the turbine lifetime, grid drop-outs are to occur at an average of no more than 20 times a year.

9.4 Operational Envelope – Reactive Power Capability

The turbine has a reactive power capability as illustrated in figure 9-1.

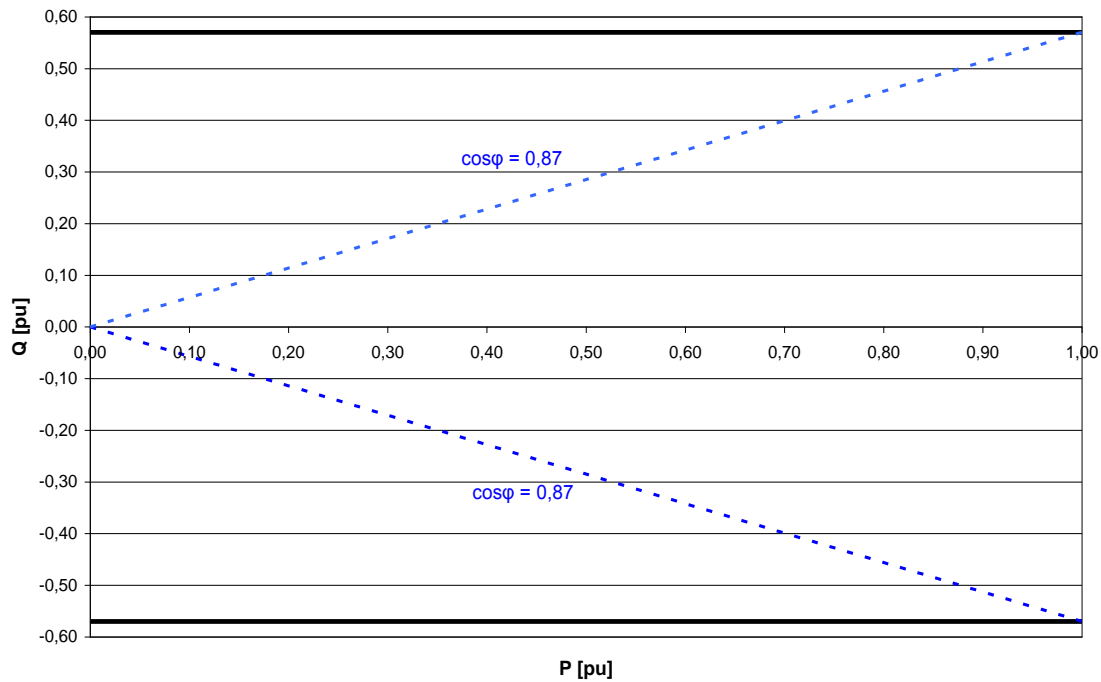


Figure 9-1: Reactive power capability

The above chart applies at the low voltage side of the HV transformer.

Reactive power capability at full load on high voltage side of the HV transformer is approx: $\cos\phi = 0.90/0.83$ capacitive/inductive.

Reactive power is produced by the Grid Streamer™ converter; therefore traditional capacitors are not used in the turbine.

NOTE The reactive power capability at no load operation may be reduced up to 50 % due to cooling system capacity constraints.

9.5 Performance – Fault Ride Through

The turbine is equipped with a Grid Streamer™ converter in order to gain better control of the wind turbine during grid faults. The turbine control system continues to run during grid faults.

The turbine is designed to stay connected during grid disturbances within the voltage tolerance curve in Figure 9-2, p. 26.

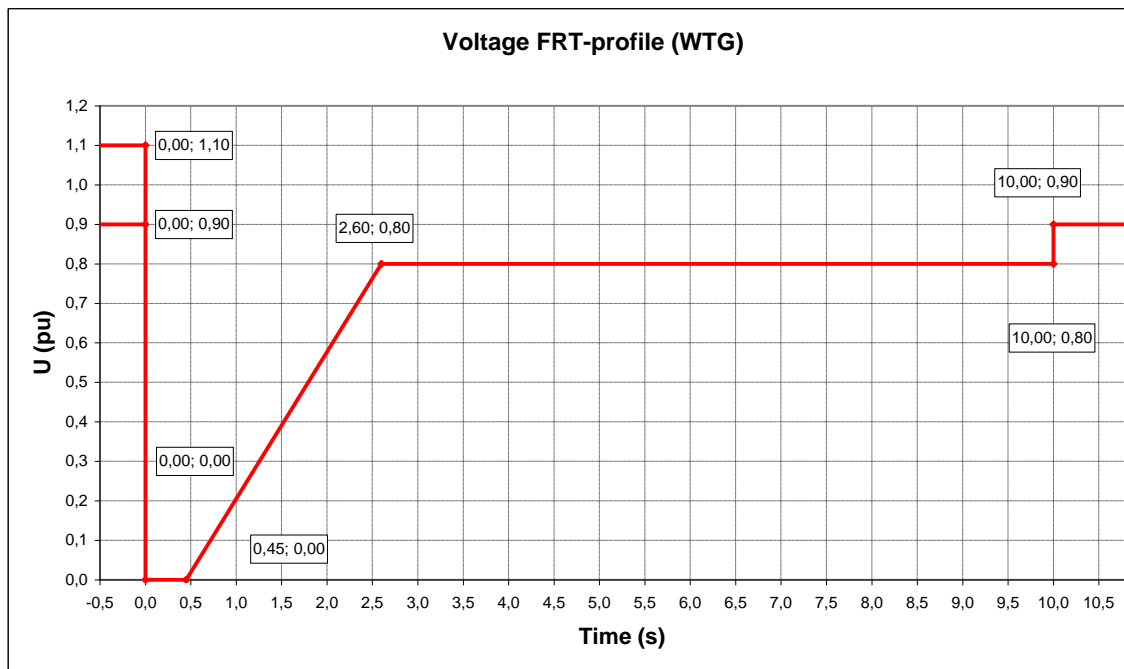


Figure 9-2: Low voltage tolerance curve for symmetrical and asymmetrical faults.

For grid disturbances outside the protection curve the turbine will be disconnected from the grid.

Power Recovery Time	
Power Recovery to 90% of Pre-fault Level	Max 0.1 s

Table 9-6: Power Recovery Time.

9.6 Performance – Reactive Current Contribution

The reactive current contribution depends on whether the fault applied to the turbine is symmetrical or asymmetrical.

9.6.1 Symmetrical Reactive Current Contribution

During symmetrical voltage dips the wind power plant will inject reactive current to support the grid voltage. The reactive current injected is a function of the measured grid voltage.

The default value gives a reactive current part of 1 pu of the rated wind power plant current at the point of common coupling. Figure 9-3 indicates the reactive current contribution as a function of the voltage. The reactive current contribution is independent from the actual wind conditions and pre-fault power level.

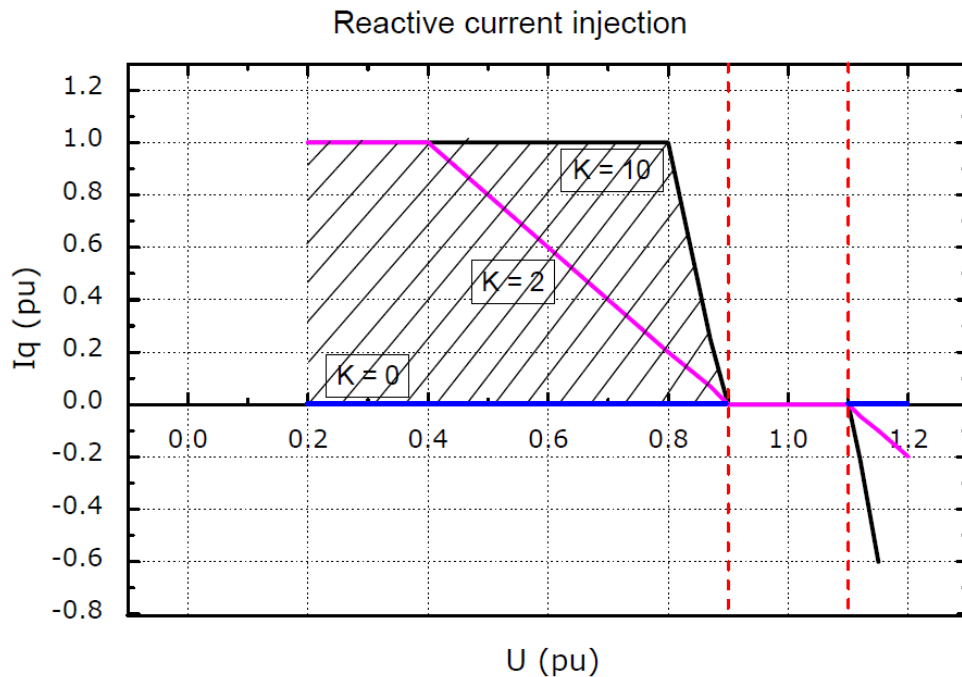


Figure 9-3: The default current injection slope is 2 % reactive current increase per 1 % voltage decrease. The slope can be parameterized between 2 and 10 to adapt to site specific requirements.

9.6.2 Asymmetrical Reactive Current Contribution

Current reference values are controlled for each phase and current injection follows the requirements for symmetrical current injection.

9.7 Performance – Multiple Voltage Dips

The turbine is designed to handle re-closure events and multiple voltage dips within a short period of time, due to the fact that voltage dips are not evenly distributed during the year. As an example the turbine is designed to perform at 10 voltage dips of duration of 200 ms down to 20% voltage within 30 minutes.

9.8 Performance – Active and Reactive Power Control

The turbine is designed for control of active and reactive power via the VestasOnline® SCADA system.

Max. Ramp Rates for External Control	
Active Power	0.1 pu/sec (300 kW/sec)
Reactive Power	20 pu/sec (60 MVar/sec)

Table 9-7: Active/Reactive Power Ramp Rates.

To protect the turbine active power cannot be controlled to values below 20% of nominal power for any wind speed.

9.9 Performance – Voltage Control

The turbine is designed for integration with VestasOnline® voltage control by utilising the turbine reactive power capability.

9.10 Performance – Frequency Control

The turbine can be configured to perform frequency control by decreasing the output power as a linear function of the grid frequency (over frequency).

Deadband and slope for the frequency control function are configurable.

9.11 Own Consumption

The consumption of electrical power by the wind turbine is defined as the power used by the wind turbine when it is not providing energy to the grid. This is defined in the control system as Production Generator 0 (zero). The following components have the largest influence on the own consumption of the wind turbine (the average own consumption depends on the actual conditions, the climate, the wind turbine output, the cut-off hours etc.):

Own Consumption	
Hydraulic Motor	2x15 kW (master/slave)
Yaw Motors 8 x 2.2 kW	17.6 kW
Water Heating	10 kW
Water Pumps	2.2 + 5.5 kW
Oil Heating	7.9 kW
Oil Pump for Gearbox Lubrication	10 kW
Controller including Heating Elements for the Hydraulics and all Controllers	Max. app. 3 kW
HV Transformer No-load Loss	Max. 6.6 kW

Table 9-8: Own consumption data.

9.12 Operational Envelope – Conditions for Power Curve, Noise Levels, C_t Values (at Hub Height)

Consult Appendix in section 12 for power curves, C_t values, and noise levels.

Conditions for Power Curve, Noise Levels, C_t Values (at Hub Height)	
Wind Shear	0.10 - 0.16 (10 min. average)
Turbulence Intensity	8 - 12% (10 min. average)
Blades	Clean
Rain	No
Ice/Snow on Blades	No
Leading Edge	No damage
Terrain	IEC 61400-12-1
Inflow Angle (Vertical)	$0 \pm 2^\circ$
Grid Frequency	Nominal Frequency ± 0.5 Hz

Table 9-9: Conditions for power curve, C_t values, and noise levels.

10 Drawings

10.1 Structural Design – Illustration of Outer Dimensions

To be included in future version of the document

Figure 10-1: Illustration of outer dimensions – structure.

10.2 Structural Design – Side View Drawing

To be included in future version of the document

Figure 10-2: Side view drawing.

10.3 Structural Design – Centre of Gravity

To be included in future version of the document

Figure 10-3: Centre of gravity.

10.4 Structural Design – Tower Drawing (Example)

To be included in future version of the document

Figure 10-4: Tower design

NOTE Once the foundation is completed, the position of the tower door is fixed to ensure a safe position in relation to the electrical cabinets inside the tower.

10.5 Electrical Design – Main Wiring

To be included in future version of the document

Figure 10-5: Main wiring 50 Hz.

11 General Reservations, Notes and Disclaimers

- This General Specification applies to the current version of the V112-3.0 MW wind turbine. Updated versions of the V112-3.0 MW wind turbine, which may be manufactured in the future, may differ from this General Specification. In the event that Vestas supplies an updated version of the V112-3.0 MW wind turbine, Vestas will provide an updated General Specification applicable to the updated version.
- The 60 Hz variant will be available in USA spring 2011 and in Canada spring 2012.
- Periodic operational disturbances and generator power de-rating may be caused by combination of high winds, low voltage or high temperature.
- Vestas recommends that the grid be as close to nominal as possible with limited variation in frequency and voltage.
- A certain time allowance for turbine warm-up must be expected following grid dropout and/or periods of very low ambient temperature.
- All listed start/stop parameters (e. g. wind speeds and temperatures) are equipped with hysteresis control. This can, in certain borderline situations, result in turbine stops even though the ambient conditions are within the listed operation parameters.
- The earthing system must comply with the minimum requirements from Vestas, and be in accordance with local and national requirements, and codes of standards.
- Lightning strikes are considered force majeure, i.e. damage caused by lightning strikes is not warranted by Vestas.
- For the avoidance of doubt, this General Specification is not an offer for sale, and does not contain, any guarantee, warranty and/or verification of the power curve and noise (including, without limitation, the power curve and noise verification method). Any guarantee, warranty and/or verification of the power curve and noise (including, without limitation, the power curve and noise verification method) must be agreed to separately in writing.

12 Appendix

12.1 Mode 0

12.1.1 Power Curves

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m ³]													
	Standard	0.95	0.975	1	1.025	1.05	1.075	1.1	1.125	1.15	1.175	1.2	1.25	1.275
3	23	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25
3.5	68	41	44	46	48	51	53	56	58	61	63	66	71	73
4	130	88	92	96	100	104	107	111	115	119	123	126	134	138
4.5	206	148	153	158	164	169	174	180	185	190	196	201	212	217
5	301	221	228	236	243	250	258	265	272	279	287	294	308	316
5.5	418	311	321	330	340	350	359	369	379	389	398	408	427	437
6	557	419	432	444	457	469	482	494	507	519	532	544	569	582
6.5	720	546	562	578	594	610	626	641	657	673	689	705	736	752
7	912	695	715	734	754	774	793	813	833	853	872	892	931	951
7.5	1130	865	889	913	938	962	986	1010	1034	1058	1082	1106	1154	1178
8	1377	1058	1087	1116	1145	1175	1204	1233	1262	1291	1320	1349	1406	1435
8.5	1654	1273	1308	1343	1377	1412	1447	1481	1516	1550	1585	1619	1688	1722
9	1954	1509	1549	1590	1631	1671	1712	1752	1793	1833	1873	1914	1994	2034
9.5	2272	1762	1809	1856	1903	1950	1997	2043	2090	2136	2181	2226	2315	2358
10	2572	2014	2067	2120	2173	2226	2277	2328	2379	2430	2477	2524	2611	2650
10.5	2808	2257	2315	2373	2430	2488	2539	2590	2642	2693	2731	2770	2835	2863
11	2988	2483	2544	2606	2667	2729	2773	2818	2863	2908	2934	2961	3000	3012
11.5	3046	2682	2738	2793	2848	2904	2931	2959	2987	3015	3025	3035	3050	3054
12	3065	2847	2886	2926	2965	3004	3017	3029	3041	3054	3057	3061	3067	3069
12.5	3073	2960	2982	3004	3026	3048	3052	3057	3062	3067	3069	3071	3073	3074
13	3075	3023	3033	3044	3054	3065	3067	3069	3071	3073	3074	3074	3075	3075
13.5	3075	3052	3057	3062	3068	3073	3073	3074	3074	3075	3075	3075	3075	3075
14	3075	3069	3070	3072	3073	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
14.5	3075	3073	3073	3074	3074	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
15	3075	3074	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
15.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
16	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
16.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
17	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
17.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
18	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
18.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
19	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
19.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
20	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
20.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
21	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
21.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
22	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
22.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
23	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
23.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
24	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
24.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
25	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075

Table 12-1: Power Curves in kW for Mode 0. Conditions: 650V on low voltage side of high voltage transformer and wind speed given as 10 minutes average at hub height.

12.1.2 C_t Values

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m ³]													
	Standard 1.225	0.95	0.975	1	1.025	1.05	1.075	1.1	1.125	1.15	1.175	1.2	1.25	1.275
3	0.913	0.916	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.914	0.914	0.914	0.913	0.913	0.913	0.913
3.5	0.865	0.867	0.867	0.867	0.867	0.867	0.867	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.865	0.865
4	0.833	0.834	0.834	0.834	0.834	0.834	0.834	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.832
4.5	0.821	0.823	0.823	0.823	0.823	0.823	0.823	0.822	0.822	0.822	0.822	0.821	0.821	0.821
5	0.817	0.820	0.820	0.820	0.819	0.819	0.819	0.819	0.818	0.818	0.818	0.818	0.817	0.817
5.5	0.815	0.818	0.818	0.817	0.817	0.817	0.817	0.816	0.816	0.816	0.816	0.815	0.815	0.814
6	0.812	0.816	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813	0.813	0.812	0.812	0.811	0.811
6.5	0.808	0.813	0.812	0.812	0.811	0.811	0.811	0.810	0.810	0.809	0.809	0.808	0.807	0.807
7	0.804	0.810	0.810	0.809	0.808	0.808	0.807	0.807	0.806	0.806	0.805	0.805	0.803	0.803
7.5	0.800	0.807	0.807	0.806	0.805	0.805	0.804	0.804	0.803	0.802	0.802	0.801	0.799	0.799
8	0.798	0.806	0.805	0.804	0.804	0.803	0.802	0.801	0.801	0.800	0.799	0.798	0.797	0.796
8.5	0.794	0.803	0.802	0.801	0.801	0.800	0.799	0.798	0.797	0.796	0.796	0.795	0.793	0.792
9	0.781	0.791	0.790	0.789	0.789	0.788	0.787	0.786	0.785	0.784	0.783	0.782	0.780	0.779
9.5	0.755	0.767	0.767	0.766	0.765	0.764	0.763	0.762	0.761	0.760	0.758	0.756	0.752	0.750
10	0.711	0.733	0.732	0.731	0.730	0.729	0.727	0.725	0.723	0.722	0.718	0.715	0.705	0.698
10.5	0.643	0.691	0.690	0.688	0.686	0.685	0.681	0.676	0.672	0.668	0.660	0.651	0.633	0.623
11	0.567	0.646	0.643	0.640	0.638	0.635	0.627	0.619	0.611	0.603	0.591	0.579	0.554	0.541
11.5	0.480	0.597	0.590	0.583	0.576	0.570	0.557	0.545	0.533	0.520	0.507	0.493	0.469	0.457
12	0.409	0.542	0.531	0.519	0.508	0.496	0.483	0.470	0.456	0.443	0.432	0.420	0.400	0.390
12.5	0.353	0.481	0.468	0.454	0.441	0.428	0.416	0.404	0.393	0.381	0.372	0.362	0.345	0.338
13	0.308	0.421	0.408	0.395	0.383	0.370	0.361	0.351	0.341	0.332	0.324	0.316	0.301	0.295
13.5	0.272	0.369	0.358	0.347	0.336	0.325	0.317	0.308	0.300	0.292	0.285	0.278	0.266	0.261
14	0.241	0.323	0.314	0.305	0.296	0.286	0.279	0.272	0.265	0.258	0.253	0.247	0.236	0.232
14.5	0.216	0.286	0.278	0.270	0.263	0.255	0.249	0.243	0.237	0.231	0.226	0.221	0.211	0.207
15	0.194	0.255	0.248	0.242	0.235	0.228	0.223	0.217	0.212	0.207	0.203	0.198	0.190	0.186
15.5	0.175	0.229	0.223	0.217	0.211	0.205	0.201	0.196	0.191	0.187	0.183	0.179	0.172	0.168
16	0.159	0.207	0.202	0.196	0.191	0.186	0.182	0.178	0.174	0.169	0.166	0.162	0.156	0.153
16.5	0.145	0.188	0.183	0.179	0.174	0.169	0.165	0.162	0.158	0.154	0.151	0.148	0.142	0.140
17	0.133	0.171	0.167	0.163	0.159	0.154	0.151	0.148	0.144	0.141	0.138	0.135	0.130	0.128
17.5	0.122	0.156	0.153	0.149	0.145	0.141	0.138	0.135	0.132	0.129	0.127	0.124	0.119	0.117
18	0.112	0.144	0.140	0.137	0.133	0.130	0.127	0.124	0.122	0.119	0.117	0.114	0.110	0.108
18.5	0.103	0.132	0.129	0.126	0.123	0.120	0.117	0.115	0.112	0.110	0.108	0.106	0.102	0.100
19	0.096	0.122	0.120	0.117	0.114	0.111	0.109	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098	0.094	0.093
19.5	0.089	0.113	0.111	0.108	0.106	0.103	0.101	0.099	0.097	0.094	0.093	0.091	0.088	0.086
20	0.083	0.105	0.103	0.101	0.098	0.096	0.094	0.092	0.090	0.088	0.086	0.085	0.082	0.080
20.5	0.077	0.098	0.096	0.094	0.091	0.089	0.087	0.086	0.084	0.082	0.080	0.079	0.076	0.075
21	0.072	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.071	0.070
21.5	0.068	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.073	0.072	0.071	0.069	0.067	0.066
22	0.064	0.080	0.079	0.077	0.075	0.073	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062
22.5	0.060	0.075	0.074	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058
23	0.056	0.071	0.069	0.068	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055
23.5	0.053	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.052	0.052
24	0.050	0.063	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.049	0.049
24.5	0.048	0.059	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046
25	0.045	0.056	0.055	0.054	0.053	0.051	0.050	0.049	0.048	0.048	0.047	0.046	0.044	0.044

Table 12-2: C_t Values, Mode 0

12.1.3 Noise Levels

Conditions: Measurement standard IEC 61400-11 ed. 2 2002 Wind shear: 0.16 Max. turbulence at 10 meter height: 16% Inflow angle (vertical): $0 \pm 2^\circ$ Air density: 1.225 kg/m^3			
Hub Height	84 m	94 m	119 m
LwA @ 3 m/s (10 m above ground) [dBA]	94.7	94.7	94.7
Wind speed at hub height [m/s]	4.2	4.3	4.5
LwA @ 4 m/s (10 m above ground) [dBA]	97.3	97.5	98.1
Wind speed at hub height [m/s]	5.6	5.7	5.9
LwA @ 5 m/s (10 m above ground) [dBA]	100.9	101.2	101.9
Wind speed at hub height [m/s]	7.0	7.2	7.4
LwA @ 6 m/s (10 m above ground) [dBA]	104.3	104.5	105.1
Wind speed at hub height [m/s]	8.4	8.6	8.9
LwA @ 7 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.0	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	9.8	10.0	10.4
LwA @ 8 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.5	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	11.2	11.4	11.9
LwA @ 9 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.5	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	12.7	12.9	13.4
LwA @ 10 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.5	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	14.1	14.3	14.9
LwA @ 11 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.5	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	15.5	15.7	16.3
LwA @ 12 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.5	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	16.9	17.2	17.8
LwA @ 13 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.5	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	18.3	18.6	19.3

Table 12-3: Mode 0 Noise Levels at Hub Height

12.2 Mode 1

12.2.1 Power Curves

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m ³]													
	Standard	0.95	0.975	1	1.025	1.05	1.075	1.1	1.125	1.15	1.175	1.2	1.25	1.275
3	23	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25
3.5	68	41	44	46	48	51	53	56	58	61	63	66	71	73
4	130	88	92	96	99	103	107	111	114	118	122	126	133	137
4.5	202	145	150	155	161	166	171	176	181	187	192	197	207	212
5	291	214	221	228	235	242	249	256	263	270	277	284	298	305
5.5	404	301	311	320	329	339	348	357	367	376	385	394	413	422
6	540	407	419	431	443	455	467	480	492	504	516	528	552	564
6.5	701	533	548	563	579	594	609	625	640	655	671	686	717	732
7	891	681	700	719	738	757	777	796	815	834	853	872	910	929
7.5	1108	850	873	897	920	944	968	991	1015	1038	1061	1085	1131	1155
8	1354	1042	1070	1099	1127	1156	1184	1213	1241	1270	1298	1326	1383	1411
8.5	1630	1257	1291	1325	1359	1393	1427	1461	1494	1528	1562	1596	1663	1697
9	1931	1493	1533	1573	1613	1653	1693	1733	1772	1812	1852	1891	1970	2009
9.5	2251	1748	1794	1840	1887	1933	1979	2025	2071	2117	2161	2206	2294	2336
10	2554	2002	2055	2107	2160	2212	2263	2314	2364	2415	2461	2508	2593	2632
10.5	2794	2248	2306	2363	2420	2477	2528	2578	2629	2680	2718	2756	2821	2849
11	2976	2476	2536	2596	2656	2716	2760	2804	2848	2893	2920	2948	2988	3001
11.5	3040	2677	2730	2784	2837	2890	2919	2948	2977	3006	3017	3028	3044	3049
12	3063	2839	2878	2917	2956	2995	3009	3022	3036	3050	3054	3058	3065	3067
12.5	3072	2950	2973	2997	3020	3043	3049	3054	3060	3066	3068	3070	3072	3073
13	3075	3016	3028	3040	3051	3063	3065	3068	3070	3072	3073	3074	3075	3075
13.5	3075	3051	3056	3061	3067	3072	3073	3074	3074	3075	3075	3075	3075	3075
14	3075	3068	3070	3071	3073	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
14.5	3075	3073	3073	3074	3074	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
15	3075	3074	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
15.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
16	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
16.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
17	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
17.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
18	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
18.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
19	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
19.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
20	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
20.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
21	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
21.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
22	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
22.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
23	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
23.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
24	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
24.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
25	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075

Table 12-4: Power Curves in kW for Mode 1. Conditions: 650V on low voltage side of high voltage transformer and wind speed given as 10 minutes average at hub height.

12.2.2 C_t Values

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m ³]													
	Standard 1.225	0.95	0.975	1	1.025	1.05	1.075	1.1	1.125	1.15	1.175	1.2	1.25	1.275
3	0.913	0.916	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.914	0.914	0.914	0.913	0.913	0.913	0.913
3.5	0.856	0.858	0.858	0.858	0.857	0.857	0.857	0.857	0.857	0.857	0.856	0.856	0.856	0.856
4	0.790	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.790	0.790	0.790	0.790	0.790	0.790	0.789	0.789
4.5	0.742	0.742	0.742	0.742	0.743	0.743	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742	0.741
5	0.720	0.721	0.721	0.721	0.720	0.720	0.720	0.720	0.720	0.720	0.720	0.720	0.719	0.719
5.5	0.716	0.717	0.717	0.717	0.717	0.717	0.717	0.717	0.716	0.716	0.716	0.716	0.716	0.715
6	0.720	0.723	0.723	0.722	0.722	0.722	0.722	0.721	0.721	0.721	0.721	0.720	0.720	0.719
6.5	0.725	0.729	0.729	0.729	0.728	0.728	0.728	0.727	0.727	0.726	0.726	0.726	0.725	0.725
7	0.732	0.737	0.736	0.736	0.735	0.735	0.735	0.734	0.734	0.733	0.733	0.732	0.732	0.731
7.5	0.738	0.744	0.743	0.743	0.742	0.742	0.741	0.741	0.740	0.740	0.739	0.739	0.738	0.737
8	0.745	0.751	0.751	0.750	0.750	0.749	0.748	0.748	0.747	0.747	0.746	0.745	0.744	0.743
8.5	0.749	0.756	0.756	0.755	0.754	0.754	0.753	0.752	0.752	0.751	0.750	0.749	0.748	0.747
9	0.746	0.755	0.754	0.753	0.753	0.752	0.751	0.750	0.750	0.749	0.748	0.747	0.745	0.744
9.5	0.730	0.742	0.741	0.740	0.740	0.739	0.738	0.737	0.736	0.735	0.733	0.732	0.728	0.726
10	0.696	0.717	0.716	0.715	0.714	0.713	0.712	0.710	0.708	0.706	0.703	0.700	0.690	0.684
10.5	0.634	0.682	0.680	0.679	0.677	0.676	0.671	0.667	0.663	0.659	0.651	0.643	0.625	0.615
11	0.562	0.641	0.638	0.634	0.631	0.628	0.620	0.612	0.604	0.596	0.585	0.573	0.549	0.537
11.5	0.478	0.593	0.585	0.578	0.571	0.564	0.552	0.540	0.529	0.517	0.504	0.491	0.467	0.456
12	0.408	0.538	0.527	0.516	0.505	0.494	0.481	0.468	0.455	0.442	0.431	0.419	0.399	0.390
12.5	0.353	0.477	0.464	0.452	0.439	0.427	0.415	0.404	0.392	0.381	0.371	0.362	0.345	0.337
13	0.308	0.418	0.406	0.394	0.382	0.370	0.360	0.351	0.341	0.331	0.324	0.316	0.301	0.295
13.5	0.272	0.369	0.358	0.347	0.336	0.325	0.316	0.308	0.300	0.292	0.285	0.278	0.266	0.260
14	0.241	0.323	0.314	0.305	0.296	0.286	0.279	0.272	0.265	0.258	0.253	0.247	0.236	0.232
14.5	0.216	0.286	0.278	0.270	0.263	0.255	0.249	0.243	0.237	0.231	0.226	0.221	0.211	0.207
15	0.194	0.255	0.248	0.242	0.235	0.228	0.223	0.217	0.212	0.207	0.203	0.198	0.190	0.186
15.5	0.175	0.229	0.223	0.217	0.211	0.205	0.201	0.196	0.191	0.187	0.183	0.179	0.172	0.168
16	0.159	0.207	0.202	0.196	0.191	0.186	0.182	0.178	0.174	0.169	0.166	0.162	0.156	0.153
16.5	0.145	0.188	0.183	0.179	0.174	0.169	0.165	0.162	0.158	0.154	0.151	0.148	0.142	0.140
17	0.133	0.171	0.167	0.163	0.159	0.154	0.151	0.148	0.144	0.141	0.138	0.135	0.130	0.128
17.5	0.122	0.156	0.153	0.149	0.145	0.141	0.138	0.135	0.132	0.129	0.127	0.124	0.119	0.117
18	0.112	0.144	0.140	0.137	0.133	0.130	0.127	0.124	0.122	0.119	0.117	0.114	0.110	0.108
18.5	0.103	0.132	0.129	0.126	0.123	0.120	0.117	0.115	0.112	0.110	0.108	0.106	0.102	0.100
19	0.096	0.122	0.120	0.117	0.114	0.111	0.109	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098	0.094	0.093
19.5	0.089	0.113	0.111	0.108	0.106	0.103	0.101	0.099	0.097	0.094	0.093	0.091	0.088	0.086
20	0.083	0.105	0.103	0.101	0.098	0.096	0.094	0.092	0.090	0.088	0.086	0.085	0.082	0.080
20.5	0.077	0.098	0.096	0.094	0.091	0.089	0.087	0.086	0.084	0.082	0.080	0.079	0.076	0.075
21	0.072	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.071	0.070
21.5	0.068	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.073	0.072	0.071	0.069	0.067	0.066
22	0.064	0.080	0.079	0.077	0.075	0.073	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062
22.5	0.060	0.075	0.074	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058
23	0.056	0.071	0.069	0.068	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055
23.5	0.053	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.052	0.052
24	0.050	0.063	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.049	0.049
24.5	0.048	0.059	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046
25	0.045	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044

Table 12-5: C_t Values, Mode 1

12.2.3 Noise Levels

Conditions: Measurement standard IEC 61400-11 ed. 2 2002 Wind shear: 0.16 Max. turbulence at 10 meter height: 16% Inflow angle (vertical): $0 \pm 2^\circ$ Air density: 1.225 kg/m^3			
Hub Height	84 m	94 m	119 m
LwA @ 3 m/s (10 m above ground) [dBA]	94.3	94.3	94.4
Wind speed at hub height [m/s]	4.2	4.3	4.5
LwA @ 4 m/s (10 m above ground) [dBA]	96.5	96.5	97.0
Wind speed at hh [m/sec]	5.6	5.7	5.9
LwA @ 5 m/s (10 m above ground) [dBA]	99.8	100.2	100.8
Wind speed at hub height [m/s]	7.0	7.2	7.4
LwA @ 6 m/s (10 m above ground) [dBA]	103.2	103.5	104.3
Wind speed at hub height [m/s]	8.4	8.6	8.9
LwA @ 7 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.0	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	9.8	10.0	10.4
LwA @ 8 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.5	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	11.2	11.4	11.9
LwA @ 9 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.5	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	12.7	12.9	13.4
LwA @ 10 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.5	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	14.1	14.3	14.9
LwA @ 11 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.5	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	15.5	15.7	16.3
LwA @ 12 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.5	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	16.9	17.2	17.8
LwA @ 13 m/s (10 m above ground) [dBA]	106.5	106.5	106.5
Wind speed at hub height [m/s]	18.3	18.6	19.3

Table 12-6: Mode 1 Noise Levels at Hub Height

12.3 Mode 2

12.3.1 Power Curves

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m ³]													
	Standard	1.225	0.95	0.975	1	1.025	1.05	1.075	1.1	1.125	1.15	1.175	1.2	1.25
3	23	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25
3.5	68	41	44	46	48	51	53	56	58	61	63	66	71	73
4	130	88	92	96	100	104	107	111	115	119	123	126	134	138
4.5	206	148	153	158	164	169	174	180	185	190	196	201	212	217
5	301	221	228	236	243	250	257	265	272	279	286	294	308	315
5.5	417	311	321	330	340	350	359	369	378	388	398	407	427	436
6	556	419	431	444	456	469	481	494	506	518	531	543	568	581
6.5	719	546	561	577	593	609	625	640	656	672	688	703	735	751
7	910	694	714	733	753	773	792	812	832	851	871	890	929	949
7.5	1127	863	887	911	935	960	983	1007	1031	1055	1079	1103	1151	1174
8	1370	1053	1082	1111	1140	1169	1197	1226	1255	1284	1312	1341	1398	1427
8.5	1632	1259	1293	1327	1361	1395	1429	1463	1497	1531	1564	1598	1665	1699
9	1905	1474	1513	1553	1592	1632	1671	1710	1749	1788	1827	1866	1944	1983
9.5	2180	1692	1736	1781	1826	1871	1915	1959	2004	2048	2092	2136	2222	2265
10	2436	1898	1948	1998	2048	2098	2147	2196	2245	2294	2341	2389	2479	2522
10.5	2660	2093	2147	2201	2256	2310	2362	2415	2467	2519	2566	2613	2695	2730
11	2845	2278	2336	2394	2452	2510	2563	2616	2669	2722	2763	2804	2868	2890
11.5	2952	2453	2512	2572	2632	2691	2737	2783	2828	2874	2900	2926	2964	2975
12	3012	2623	2678	2733	2788	2843	2875	2908	2940	2973	2986	2999	3017	3022
12.5	3045	2781	2824	2868	2912	2955	2973	2991	3009	3026	3032	3038	3046	3048
13	3060	2910	2937	2964	2991	3019	3027	3036	3044	3053	3055	3058	3061	3061
13.5	3069	2982	2999	3015	3031	3048	3052	3057	3061	3065	3066	3068	3069	3069
14	3073	3033	3041	3049	3057	3065	3066	3068	3070	3071	3072	3072	3073	3073
14.5	3074	3059	3062	3065	3068	3071	3072	3072	3073	3074	3074	3074	3074	3074
15	3075	3069	3070	3071	3073	3074	3074	3074	3074	3075	3075	3075	3075	3075
15.5	3075	3073	3073	3074	3074	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
16	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
16.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
17	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
17.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
18	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
18.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
19	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
19.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
20	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
20.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
21	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
21.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
22	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
22.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
23	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
23.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
24	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
24.5	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
25	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075

Table 12-7: Power Curves in kW for Mode 2. Conditions: 650V on low voltage side of high voltage transformer and wind speed given as 10 minutes average at hub height.

12.3.2 C_t Values

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m ³]													
	Standard 1.225	0.95	0.975	1	1.025	1.05	1.075	1.1	1.125	1.15	1.175	1.2	1.25	1.275
3	0.913	0.916	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.914	0.914	0.914	0.913	0.913	0.913	0.913
3.5	0.865	0.867	0.867	0.867	0.867	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.865	0.865	0.865
4	0.826	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.826	0.826	0.826	0.826	0.825
4.5	0.808	0.810	0.810	0.810	0.810	0.809	0.809	0.809	0.809	0.809	0.809	0.808	0.808	0.808
5	0.802	0.805	0.804	0.804	0.804	0.804	0.803	0.803	0.803	0.803	0.802	0.802	0.802	0.802
5.5	0.798	0.800	0.800	0.800	0.799	0.799	0.799	0.799	0.798	0.798	0.798	0.798	0.797	0.797
6	0.795	0.799	0.798	0.798	0.798	0.797	0.797	0.797	0.796	0.796	0.796	0.795	0.795	0.794
6.5	0.792	0.797	0.796	0.796	0.795	0.795	0.794	0.794	0.794	0.793	0.793	0.792	0.791	0.791
7	0.789	0.794	0.794	0.793	0.793	0.792	0.792	0.791	0.791	0.790	0.790	0.789	0.788	0.787
7.5	0.782	0.789	0.789	0.788	0.787	0.787	0.786	0.786	0.785	0.784	0.784	0.783	0.782	0.781
8	0.771	0.779	0.778	0.777	0.777	0.776	0.775	0.775	0.774	0.773	0.773	0.772	0.770	0.770
8.5	0.751	0.758	0.758	0.757	0.756	0.756	0.755	0.754	0.754	0.753	0.752	0.751	0.750	0.749
9	0.719	0.727	0.726	0.725	0.725	0.724	0.723	0.722	0.722	0.721	0.720	0.720	0.718	0.717
9.5	0.678	0.685	0.685	0.684	0.683	0.683	0.682	0.681	0.681	0.680	0.679	0.678	0.676	0.675
10	0.629	0.638	0.637	0.637	0.636	0.636	0.635	0.634	0.633	0.633	0.631	0.630	0.627	0.624
10.5	0.575	0.588	0.588	0.587	0.587	0.586	0.585	0.584	0.583	0.582	0.580	0.577	0.570	0.565
11	0.517	0.541	0.541	0.540	0.539	0.538	0.536	0.535	0.533	0.531	0.526	0.522	0.509	0.501
11.5	0.455	0.497	0.496	0.495	0.494	0.492	0.489	0.485	0.481	0.477	0.470	0.462	0.446	0.438
12	0.398	0.459	0.456	0.453	0.450	0.448	0.441	0.435	0.429	0.423	0.414	0.406	0.389	0.381
12.5	0.348	0.423	0.418	0.413	0.409	0.404	0.396	0.388	0.380	0.372	0.364	0.356	0.341	0.333
13	0.306	0.388	0.381	0.374	0.367	0.360	0.352	0.344	0.336	0.328	0.320	0.313	0.299	0.293
13.5	0.271	0.350	0.343	0.335	0.327	0.320	0.312	0.305	0.298	0.290	0.284	0.277	0.265	0.260
14	0.241	0.315	0.308	0.300	0.292	0.285	0.278	0.271	0.265	0.258	0.252	0.247	0.236	0.231
14.5	0.216	0.283	0.276	0.269	0.261	0.254	0.248	0.242	0.236	0.230	0.226	0.221	0.211	0.207
15	0.194	0.254	0.247	0.241	0.234	0.228	0.223	0.217	0.212	0.207	0.202	0.198	0.190	0.186
15.5	0.175	0.229	0.223	0.217	0.211	0.205	0.201	0.196	0.191	0.187	0.183	0.179	0.172	0.168
16	0.159	0.207	0.202	0.196	0.191	0.186	0.182	0.178	0.174	0.169	0.166	0.162	0.156	0.153
16.5	0.145	0.188	0.183	0.179	0.174	0.169	0.165	0.162	0.158	0.154	0.151	0.148	0.142	0.140
17	0.133	0.171	0.167	0.163	0.159	0.154	0.151	0.148	0.144	0.141	0.138	0.135	0.130	0.128
17.5	0.122	0.156	0.153	0.149	0.145	0.141	0.138	0.135	0.132	0.129	0.127	0.124	0.119	0.117
18	0.112	0.144	0.140	0.137	0.133	0.130	0.127	0.124	0.122	0.119	0.117	0.114	0.110	0.108
18.5	0.103	0.132	0.129	0.126	0.123	0.120	0.117	0.115	0.112	0.110	0.108	0.106	0.102	0.100
19	0.096	0.122	0.120	0.117	0.114	0.111	0.109	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098	0.094	0.093
19.5	0.089	0.113	0.111	0.108	0.106	0.103	0.101	0.099	0.097	0.094	0.093	0.091	0.088	0.086
20	0.083	0.105	0.103	0.101	0.098	0.096	0.094	0.092	0.090	0.088	0.086	0.085	0.082	0.080
20.5	0.077	0.098	0.096	0.094	0.091	0.089	0.087	0.086	0.084	0.082	0.080	0.079	0.076	0.075
21	0.072	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.071	0.070
21.5	0.068	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.073	0.072	0.071	0.069	0.067	0.066
22	0.064	0.080	0.079	0.077	0.075	0.073	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062
22.5	0.060	0.075	0.074	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058
23	0.056	0.071	0.069	0.068	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055
23.5	0.053	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.052	0.052
24	0.050	0.063	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.049	0.049
24.5	0.048	0.059	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046
25	0.045	0.056	0.055	0.054	0.053	0.051	0.050	0.049	0.048	0.048	0.047	0.046	0.044	0.044

Table 12-8: C_t Values, Mode 2

12.3.3 Noise Levels

Conditions: Measurement standard IEC 61400-11 ed. 2 2002 Wind shear: 0.16 Max. turbulence at 10 meter height: 16% Inflow angle (vertical): $0 \pm 2^\circ$ Air density: 1.225 kg/m^3			
Hub Height	84 m	94 m	119 m
LwA @ 3 m/s (10 m above ground) [dBA]	94.7	94.7	94.7
Wind speed at hub height [m/s]	4.2	4.3	4.5
LwA @ 4 m/s (10 m above ground) [dBA]	97.3	97.5	98.1
Wind speed at hub height [m/s]	5.6	5.7	5.9
LwA @ 5 m/s (10 m above ground) [dBA]	100.9	101.2	101.9
Wind speed at hub height [m/s]	7.0	7.2	7.4
LwA @ 6 m/s (10 m above ground) [dBA]	104.5	104.5	104.5
Wind speed at hub height [m/s]	8.4	8.6	8.9
LwA @ 7 m/s (10 m above ground) [dBA]	104.5	104.5	104.5
Wind speed at hub height [m/s]	9.8	10.0	10.4
LwA @ 8 m/s (10 m above ground) [dBA]	104.5	104.5	104.5
Wind speed at hub height [m/s]	11.2	11.4	11.9
LwA @ 9 m/s (10 m above ground) [dBA]	104.5	104.5	104.5
Wind speed at hub height [m/s]	12.7	12.9	13.4
LwA @ 10 m/s (10 m above ground) [dBA]	104.5	104.5	104.5
Wind speed at hub height [m/s]	14.1	14.3	14.9
LwA @ 11 m/s (10 m above ground) [dBA]	104.5	104.5	104.5
Wind speed at hub height [m/s]	15.5	15.7	16.3
LwA @ 12 m/s (10 m above ground) [dBA]	104.5	104.5	104.5
Wind speed at hub height [m/s]	16.9	17.2	17.8
LwA @ 13 m/s (10 m above ground) [dBA]	104.5	104.5	104.5
Wind speed at hub height [m/s]	18.3	18.6	19.3

Table 12-9: Mode 2 Noise Levels at Hub Height