

Dokumentenr.: DOC-000008370
V04

Allgemeine Beschreibung MVOW 9-MW- Plattform



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Allgemeine Beschreibung	5
2	Mechanische Konstruktion	5
2.1	Rotor	5
2.2	Blätter	6
2.3	Blattlager	6
2.4	Pitchsystem	6
2.5	Nabe	6
2.6	Hauptwelle	6
2.7	Hauptlagergehäuse	7
2.8	Hauptlager	7
2.9	Kupplung der langsamen Welle	7
2.10	Getriebe	7
2.11	Azimutsystem	7
2.12	Kran	8
2.13	Türme	8
2.14	Maschinenhaus und Dach	9
2.15	Kühlung und Klimatisierung	9
2.15.1	Maschinenhaus-Wasserkühlung	9
2.15.2	PCM-Wasserkühlung	9
2.15.3	Lüftungsanlage	9
2.16	Gehäusekonstruktion	10
2.17	Schmiersystem	10
3	Elektrisches System	11
3.1	Generator	11
3.2	Umrichter	11
3.3	Mittelspannungstransformator	11
3.4	Kabel	12
3.5	Mittelspannungsschaltanlage	12
3.6	AUX-System	13
3.7	Windsensoren	13
3.8	Steuerung der Windenergieanlage	13
3.9	Notstromversorgung der Notbeleuchtung	14
3.10	Power Backup System (Reservespannungsversorgungssystem)	14
3.11	Condition Monitoring System (Zustandsüberwachungssystem)	14
4	WEA-Schutzsysteme	14
4.1	Bremskonzept	14
4.2	Kurzschlusschutz	14
4.3	Überdrehzahlschutz	14
4.4	Lichtbogenerkennung und Brandbekämpfung	15
4.5	Rauchmeldesystem	15
4.6	Blitzschutz von Rotorblättern, Maschinenhaus, Rotorblattnabe und Turm	15
4.7	Erdung	16
4.8	EMV	16
4.9	Korrosionsschutz	16
5	Sicherheit	16
5.1	Zugangswege	16
5.2	Notfälle	17
5.3	Bewegliche Teile, Schutzeinrichtungen und Sperrvorrichtungen	17
5.4	Beleuchtung	18
5.5	Notstopp	18
5.6	Unterbrechung der Stromversorgung	18

5.7	Warnschilder	18
5.8	Handbücher	18
6	Umgebung	18
6.1	Chemikalien	18
6.2	Leckagemanagement.....	19
7	Genehmigungen und Auslegungskriterien	19
7.1	Typenprüfungen.....	19
7.2	Auslegungsrichtlinien	19
8	Farben.....	20
8.1	Farbe des Maschinenhauses	20
8.2	Turmfarbe	20
8.3	Blattoberflächenbehandlung.....	20
9	Leitfaden für Betriebsbereichsbedingungen und Leistungsmerkmale	20
9.1	Betriebsbereich – Temperatur und Wind	21
9.2	Betriebsumgebung - Netzanschluss.....	21
9.3	Leistungsmerkmal – Durchfahren von Netzfehlern.....	21
9.4	Leistung – Blindstrombeitrag.....	22
9.4.1	Symmetrischer Blindstrombeitrag.....	22
9.4.2	Asymmetrischer Blindstrombeitrag.....	22
9.5	Leistung – Regelung von Wirk- und Blindleistung	22
9.6	Leistungsmerkmal – Spannungsregelung	22
9.7	Leistung – Frequenzregelung.....	22
9.8	Hauptbeitragende zum Eigenverbrauch	23
10	Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse	23
11	Anlage – Zusatzoptionen.....	24

Der Käufer erkennt an, dass die vorliegenden allgemeinen Beschreibungen nur zur Information des Käufers dienen, kein Verkaufsangebot darstellen und keine Haftungen, Garantien, Versprechen, Verpflichtungen oder andere Erklärungen des Lieferanten nach sich ziehen oder darstellen. Diese werden ausdrücklich vom Lieferanten nicht anerkannt, es sei denn, es liegt eine ausdrückliche schriftliche Zusicherung des Lieferanten vor.

Siehe Abschnitt 10 , S. 31, bezüglich allgemeiner Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse für die vorliegenden allgemeinen Spezifikationen.

© 2016 MHI Vestas Offshore Wind A/S. Das Dokument wurde von MHI Vestas Offshore Wind A/S erstellt und enthält urheberrechtlich geschützte Materialien, Marken und andere geschützte Informationen. Alle Rechte vorbehalten. Das Dokument darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis seitens MHI Vestas Offshore Wind A/S weder als Ganzes noch in Teilen reproduziert oder in irgendeiner Weise oder Form – sei es grafisch, elektronisch oder mechanisch, einschließlich Fotokopien, Bandaufzeichnungen oder mittels Datenspeicherungs- und Datenzugriffssystemen – vervielfältigt werden. Die Nutzung dieses Dokuments über den ausdrücklich von MHI Vestas Offshore Wind A/S gestatteten Umfang hinaus ist untersagt. Marken-, Urheberrechts- oder sonstige Vermerke im Dokument dürfen nicht geändert oder entfernt werden.

1 Einleitung

Die in der vorliegenden allgemeinen Beschreibung enthaltenen Konfigurationen von 9-MW-Plattform-Windenergieanlagen sind in Tabelle 1-1 aufgeführt. Die Bezeichnungen folgen der Norm IEC 61400-22.

Die vollständige Windklasseneinordnung findet sich in der Leistungsspezifikation der betreffenden Windenergieanlagenkonfiguration.

Die allgemeine Beschreibung enthält Daten und Beschreibungen, die für alle aufgeführten WEA-Konfigurationen gelten.

WEA-Konfiguration	Windklasse
V164-9.5 MW	IEC 1B/IEC S/IEC T
V164-10 MW	IEC 1B/IEC T
V174-9.1 MW	IEC 1B/IEC T
V174-9.5 MW	IEC 1B/IEC T

Tabelle 1-1: Konfigurationen von 9-MW-Plattform-Windenergieanlagen. Alle Varianten sind für 50- und 60-Hz-Netze verfügbar.

1.1 Allgemeine Beschreibung

Die 9-MW-Plattform umfasst eine Familie von Windenergieanlagen mit der gleichen Konstruktionsgrundlage.

Zu der 9-MW-Plattform-Familie von Windenergieanlagen gehören die Modelle V164-9.5 MW, V164-10 MW, V174-9.1 MW und V174-9.5 MW. Leistungsmodi sind verfügbar für die Varianten V164-9.5 MW und V174-9.1 MW.

Diese Windenergieanlagen sind Aufwindanlagen mit Pitchregulierung, aktiver Windnachführung und Dreiblattrotor. Die Windenergieanlagen sind mit einer mikroprozessorgesteuerten Pitchregelung und einem Vollumrichtersystem für den drehzahlvariablen Betrieb ausgestattet. Der Betrieb des WEA-Rotors mit variabler Drehzahl ermöglicht eine gleichbleibende Ausgangsleistung im Bereich der Nennleistung.

2 Mechanische Konstruktion

2.1 Rotor

Der Rotor der Windenergieanlage besteht aus drei Rotorblättern und der Nabe. Die Rotorblätter werden entsprechend den herrschenden Windbedingungen kontinuierlich auf den optimalen Pitchwinkel eingestellt.

Rotor	V174
Durchmesser	174 m
Rotornendrehzahl	9,9 U/min
Rotordrehzahlbereiche, Normalbetrieb	5,2 – 13,1 U/min
Drehrichtung	Im Uhrzeigersinn (von vorn gesehen)
Ausrichtung	Luvwärts
Anzahl Blätter	3

Aerodynamische Bremsen	Drei Rotorblätter in voller Fahnenstellung
------------------------	--

Tabelle 2-1: Daten des Rotors.

2.2 Blätter

Die Rotorblätter bestehen aus Karbon- und Glasfaser und bilden eine Strukturschale.

Blätter	V174
Typbeschreibung	Strukturschale
Länge (jeweils)	85 m
Material	Glasfaserverstärktes Epoxidharz, Karbonfasern und massive Metallspitze (SMT)

Tabelle 2-2: Rotorblattdaten.

2.3 Blattlager

Die Blattlager sind dreiringige, dreireihige Hochleistungs-Zylinderrollenlager.

Blattlager	Beschreibung
Schmierung	Fett, automatische Fettpresse

Tabelle 2-3: Daten des Rotorblattlagers.

2.4 Pitchsystem

Die Windenergieanlage ist mit einem hydraulischen, gesonderten Pitchsystem für jedes Rotorblatt ausgestattet. Jeder Pitch-Stellantrieb ist mit dem Verteilerblock verbunden. Der Verteilerblock ist über verschiedene Leitungen (Druckleitung, Rücklaufleitung und Ablassleitung) mit der Drehdurchführung für die Hydraulik verbunden. Die Hydraulikstation ist in der Nabe angeordnet.

Jeder Pitch-Stellantrieb besteht aus Hydraulikzylindern. Die Zylinder sind an der Nabe montiert, die Kolbenstangen am Rotorblatt. Die Betätigung der Pitchzylinder erfolgt über Ventile.

2.5 Nabe

Die Nabe trägt die drei Blattlager und überträgt die Reaktionslasten von den Blattlagern auf die Hauptwelle. Sie besteht aus einer Hauptkonstruktion und drei aussteifenden Nabenplatten (eine pro Rotorblatt). Die Nabe und die Nabenplatten bestehen aus Gusseisen. Die Nabenkonstruktion trägt auch das Pitchsystem und enthält die Schnittstellen für Pitchzylinder und Blattlager.

Pos.	Beschreibung
Typ	Gussnabe, an der Blattschnittstelle mit gegossener Aussteifungsplatte verstärkt
Material	Gusseisen

Tabelle 2-4: Nabendaten.

2.6 Hauptwelle

Die Hauptwelle überträgt die Reaktionslasten auf die Hauptlager und das Drehmoment auf das Getriebe.

Hauptwelle	Beschreibung
Typbeschreibung	Hohlwelle
Material	Gusseisen

Tabelle 2-5: Daten der Hauptwelle.

2.7 Hauptlagergehäuse

Das Hauptlagergehäuse umschließt die beiden vorgespannten Kegelrollenlager und überträgt die Reaktionslasten auf den Grundrahmen, von wo aus die Lasten durch das Azimutsystem und in die Turmkonstruktion übertragen werden. Darüber hinaus trägt das Hauptlagergehäuse den gesamten angeflanschten Antriebsstrang (Kupplung, Getriebe und Generator).

Hauptlagergehäuse	Beschreibung
Material	Gusseisen

Tabelle 2-6: Daten des Hauptlagers.

2.8 Hauptlager

Die Hauptlageranordnung nimmt alle Axial- und Biegebelastungen des Rotors auf.

Hauptlager	Beschreibung
Typbeschreibung	Vorgespannte Universal-Kegelrollenlager
Schmierung	Automatische Ölschmierung

Tabelle 2-7: Daten des Hauptlagers.

2.9 Kupplung der langsamen Welle

Die Hauptwelle überträgt das Drehmoment über eine langsam laufende Kupplung auf die Planetenstufe des Getriebes. Die Kupplung dient dazu, das Getriebe vor parasitären Rotorbelastungen zu schützen und Auslenkungen zwischen der Hauptwelle und der Getriebeantriebswelle auszugleichen.

2.10 Getriebe

Das Getriebe erhöht die Drehzahl des Rotors auf die für den Generator erforderliche Drehzahl.

Pos.	Beschreibung
Mechanische Leistung	höher als 9,525 MW
Schmierung	
Ölreinheitscodes	ISO4406 -/15/12
Ölvolumen im System	ca. 2100 l

Tabelle 2-8: Getriebedaten.

2.11 Azimutsystem

Das Azimutsystem befindet sich oben auf dem Turm.

Das Azimutsystem basiert auf einem Gleitlagerkonzept mit PETP als Reibungsmaterial. Die Lagerreibung dämpft die Bewegungen des Maschinenhauses.

Das Azimutsystem wird von 10 innenliegenden elektrischen Azimutantrieben angetrieben. An jedem Azimutantrieb befindet sich eine elektrische Scheibenbremse.

Azimutsystem	Beschreibung
Typ	Aktiv, elektrisch, gleitlagerbasiert
Schmierung	Fett, automatische Fettpresse
Azimutbremse	elektrische Scheibenbremse

Tabelle 2-9: Daten des Azimutlagersystems.

2.12 Kran

Der interne Servicekran des Maschinenhauses ist so konzipiert, dass der den inneren Arbeitsbereich abdeckt und die Handhabung von Nicht-Hauptkomponenten ermöglicht. Damit erleichtert er Arbeiten innerhalb und außerhalb der Windenergieanlage (Maschinenhaus und Nabe).

Pos.	Beschreibung
Maschinenhauskran	Antrieb mit Hydraulikkraft von der Pitch-Hydraulikstation; teleskopischer Kranarm Trommel/Winde für das Absenken des Kranhakens bis auf den Boden oder die Plattform 360° Windnachführung

Tabelle 2-10: Daten des Servicekrans.

2.13 Türme

Es sind zwei Turmkonzepte verfügbar:

- Ein kurzer Turm für die Kombination mit dem verlängerten Übergangsteil (TP); die Eingangstür befindet sich im Übergangsteil.
- Ein langer Turm mit Eingangstür für die Kombination mit dem Standard-Zwischenstück.

Eine projektspezifische Turmzertifizierung liegt vor.

Der röhrenförmige Turm besteht aus aneinander geflanschten Segmenten.

Plattformen, Konsolen, Leitern usw. werden vertikal (d. h. in Schwerkraftrichtung) durch eine mechanische Verbindung gehalten. Die horizontale Unterstützung erfolgt durch Magnete.

Im unteren Turmsegment (Turmfuß) ist ein Leistungswandlermodul (Power Conversion Module, PCM) installiert.

An der Außenseite des Turms, einige Meter über der Tür im Turmfuß, sind drei Kühlvorrichtungen in Umfangsintervallen von 120° angeordnet, die für die Luftkühlung des Kühlwassers im Kühlsystem der Anlage sorgen.

Pos.	Beschreibung
Typ	Zylindrisches/konisches Rohr
Material	Stahl
Turmhöhe	Standortspezifisch
Nabenhöhe	Standortspezifisch

Tabelle 2-11: Turmdaten.

2.14 Maschinenhaus und Dach

Das Tragwerk des Maschinenhauses ist eine lasttragende Innenkonstruktion, an die der maschinenseitige Wechselrichter (Machine Side Inverter, MSI) und die Hilfsausrüstung des Maschinenhauses montiert sind.

Die Maschinenhausverkleidung besteht aus Glasfaser. Die Öffnung des Maschinenhausdachs erfolgt hydraulisch über die Pitch-Hydraulikstation.

Der Dachbereich ist mit Windsensoren und Dachluken ausgestattet. Die Dachluken können vom Maschinenhausinneren geöffnet werden, um Zugang zum Dach zu erhalten, und von außen, um Zugang zum Maschinenhaus zu erhalten.

2.15 Kühlung und Klimatisierung

Die Klimaanlage besteht aus wenigen, jedoch robusten Komponenten:

2.15.1 Maschinenhaus-Wasserkühlung

Das Wasserkühlsystem des Maschinenhauses dient zur Kühlung des Hydrauliköls, des Schmieröls sowie des Generator und des maschinenseitigen Wechselrichters im Maschinenhaus. Ab der Doppelpumpeneinheit wird der Strom in zwei parallele Kreisläufe aufgeteilt: Ein Kreislauf kühlt das Hydraulikaggregat, der andere das Schmieröl für den Triebstrang. Anschließend passiert das Wasser das erste thermostatische Dreiwegeventil, welches temperaturabhängig regelt, wie viel Kühlwasser zum CoolerTop weitergeleitet bzw. wie viel umgeleitet wird. Im Anschluss daran strömt das Wasser weiter zum Wasser/Luft-Wärmetauscher des Generators und schließlich zum MSI. Im MSI gibt es sowohl einen 9-kW-Vorheizkreislauf, der im Bedarfsfall bei einem Kaltstart aktiviert wird, als auch einen Bypass-Kreislauf, um den durch den MSI fließenden Strom regeln zu können. Nach dem MSI passiert der Wasserstrom das zweite thermostatische Dreiwegeventil, welches wiederum temperaturabhängig regelt, wie viel Kühlwasser zum CoolerTop weitergeleitet bzw. wie viel umgeleitet wird. Der CoolerTop gliedert sich in zwei Abschnitte: vier Paneele im ersten CoolerTop-Kreislauf und zwei Paneele im zweiten CoolerTop-Kreislauf. Zuletzt schließt sich der Wasserkühlkreislauf, indem der Kühlwasserstrom von der Oberseite des Kühlers und/oder dem Bypass zum Tank zurückkehrt.

2.15.2 PCM-Wasserkühlung

Das Wasserkühlsystem des PCM dient zur Kühlung des netzseitigen Umrichters und des Mittelspannungstransformators. Von der Einzelpumpeneinheit kommend passiert das Wasser ein thermostatisches Dreiwegeventil, welches temperaturabhängig regelt, wie viel Kühlwasser zu den Kühlvorrichtungen an der Turmaußenwand weitergeleitet bzw. zum netzseitigen Umrichter umgeleitet wird. Anschließend strömt das Kühlwasser zum Mittelspannungstransformator und wieder zurück zur Pumpe, womit sich der Kühlkreislauf wieder schließt.

2.15.3 Lüftungsanlage

In der obersten Etage des PCM befindet sich ein Lufteinlass in der Turmwand. Hier werden Feuchtigkeit, Staub und Salze aus dem Zuluftstrom herausgefiltert. Von der obersten Etage des PCM aus fördert ein Gebläse den Luftstrom durch einen Kanal, der kalte Luft zur LSI-Ebene des PCM führt. Aufgrund natürlicher Konvektion strömt die erwärmte Luft durch den Turm nach oben und durch das Maschinenhaus zu einem Auslass an der Rückseite des Maschinenhauses, der zur Luftkühlung der Maschinenhauskomponenten dient.

Pos.	Kühlart
Triebstrang-Ölschmierung	Wasserkühlung

Generator	wassergekühlt (interner Wasser/Luft-Wärmetauscher)
Hydraulikstation	Wasserkühlung
Turm, innen	gefilterte Zwangsbelüftung Gebläsemotoren
Umrichter (MSI & LSI)	wasser- und luftgekühlt
Mittelspannungstransformator	Wasserkühlung

Tabelle 2-12: Daten Kühlung und Klimatisierung.

2.16 Gehäusekonstruktion

Die verschiedenen Gehäusetypen in der Windenergieanlage sind für verschiedene Schutzarten nach IEC 60529 ausgelegt. Diese Gehäusetypen lassen sich folgendermaßen unterscheiden:

Gehäuse	Schutzart
Spinner	IPX4
Maschinenhausverkleidung	IPX4
Turm	IPX4
Schränke und Komponenten im Spinner	IP54
Schränke und Komponenten im Maschinenhaus	IP54
Schränke und Komponenten im Turm/PCM	IP54
Schränke und Komponenten im Freiluftbereich	IP65

Tabelle 2-13: Für Gehäuse festgelegte Schutzarten.

2.17 Schmiersystem

Das Schmiersystem versorgt das Getriebe, die Hauptlager und die Generatorlager mit Schmieröl und gliedert sich in zwei Kreisläufe.

Der Getriebeölschmierkreislauf wird von zwei Pumpen angetrieben, die den Ölstrom durch einen Hauptstromfilter, einen Öl/Wasser-Wärmetauscher und dann zum Getriebe leiten.

Der Ölschmierkreislauf der Generator- und Hauptlager wird von zwei Pumpen angetrieben, die den Ölstrom durch einen Hauptstromfilter, einen Öl/Wasser-Wärmetauscher und dann zu einem Strömungsteiler leiten, der die Aufteilung des Stroms zu den Hauptlagern und den Generatorlagern steuert.

Ein dritter Kreislauf im Schmiersystem ist der Nebenstromfilterkreislauf, der von einer separaten Pumpe angetrieben wird.

Im Notfall, im Leerlauf oder im Inselbetrieb werden im Triebstrang Nasssumpfbedingungen hergestellt. Im Nasssumpfmodus folgt das Nachfüllen einem bestimmten Zeitplan. Im Normalbetrieb wird der Triebstrang im Trockensumpfmmodus betrieben.

Triebstrangschmierung	
Pumpenmotoren	frequenzumrichter geregelt
Sensoren	Drucksensoren Temperatursensoren Füllstandssensoren im Haupttank und im Getriebe

	Partikelzähler
Ölvolumen	2100 l

Tabelle 2-14: Triebstrangschmierung.

3 Elektrisches System

3.1 Generator

Der Generator ist ein mittelschnell laufender Niederspannungs-Drehstrom-Synchrongenerator mit Permanentmagnetrotor, der über den Vollumrichter mit dem Netz verbunden ist.

Die Kühlung des Generators erfolgt über zwei maschinenseitig angeordnete Luft/Flüssigkeit-Wärmetauscher.

Generator	
Typbeschreibung	Synchrongenerator mit Permanentmagneten
Nennleistung [P_N]	10,0 MW
Wicklungstyp	oxidierte, vakuumdruckimprägnierte Litze
Magnet-Typ	Permanentmagnete
Wicklungsverschaltung	zwei galvanisch getrennte Wicklungssätze in Sternschaltung
Generatorlager	isolierte Kegelrollenlager
Temperatursensoren, Stator	Drei Pt100-Sensoren pro Wicklungssystem an kritischen Lastpunkten und sechs pro Wicklung als Reserve
Temperatursensoren, Lageraußenring	Ein Pt100-Sensor pro Lager Ein Pt100-Sensor pro Lager als Reserve

Tabelle 3-1: Generatordaten.

3.2 Umrichter

Der Umrichter ist ein Vollumrichtersystem für die Steuerung des Generators und der Qualität des in das Stromnetz gespeisten Stroms.

Der Umrichter wandelt den frequenzvariablen Strom vom Generator in Festfrequenz-Wechselstrom mit den gewünschten, für das Stromnetz geeigneten Wirk- und Blindleistungswerten (und weiteren Netzanschlussparametern) um.

Die Netzfilterabschnitte im LSI dienen der Reduzierung des Oberwellenanteils auf verschiedene lokale Netzvorgaben.

3.3 Mittelspannungstransformator

Der Mittelspannungstransformator ist ein hermetisch abgedichteter, flüssigkeitsgefüllter Dreiphasen-Dreiwicklungstransformator mit externem Wasserkühlkreislauf. Die verwendete Isolierflüssigkeit ist umweltfreundlich und schwer entflammbar.

Der Mittelspannungstransformator befindet sich in einem separaten, verschlossenen Raum im unteren Teil des Turms.

Um in den Mittelspannungstransformatorraum zu gelangen, muss der Erdungsschalter der Mittelspannungsschaltanlage geerdet werden, damit dieser einen Transferschlüssel freigibt, mit dem

die Tür zum Mittelspannungstransformatorraum geöffnet wird. Am Mittelspannungstransformator befindet sich ein Spannungserkennungssystem, das anzeigt, ob der Mittelspannungstransformator spannungsfrei ist. Diese Anzeige ist außerhalb des Mittelspannungstransformatorraums sichtbar.

Dank der Kombination aus Schlüsseltransfersystem, Flüssigkeitsisolierung und am Transformator angebrachten Sicherheitsüberwachungseinrichtungen ist im Hinblick auf den Mittelspannungstransformator ein hohes Sicherheitsniveau gewährleistet.

Der Mittelspannungstransformator ist entsprechend den markt- und projektspezifischen Bedingungen in verschiedenen Ausführungen erhältlich. Generell sind die folgenden Optionen verfügbar:

Mittelspannungstransformatoroptionen		
Netzfrequenz	Spannungsbereich	Standard
50 Hz	33 – 35 kV	IEC
	60 – 66 kV	IEC
		IEC ECO
60 Hz	60 – 66 kV	IEC
		IEC ECO

Tabelle 3-2: Mittelspannungstransformatoroptionen.

3.4 Kabel

Es werden Gleichstromkabel verwendet. Die Kabel sind kautschukisoliert und halogenfrei.

3.5 Mittelspannungsschaltanlage

Auf der Eingangsebene des Turms ist eine gasisolierte Mittelspannungsschaltanlage installiert. Deren Steuerung ist in das Sicherungssystem der Windenergieanlage integriert, das den Zustand der Schaltanlage sowie der für die Mittelspannungssicherheit relevanten Geräte innerhalb des Mittelspannungstransformators überwacht. Dieses System wird als „Ready to Protect“ bezeichnet und gewährleistet, dass bei jeglicher Spannungsbeaufschlagung von Mittelspannungskomponenten der Windenergieanlage sämtliche Schutzvorrichtungen zuverlässig funktionieren. Im Falle eines Netzausfalls wird das Ready-to-Protect-System von einer USV versorgt und kann je nach Batterie und klimatischen Bedingungen bis zu 30 Tage im Standby-Modus bleiben. Wenn die USV-Leistung unter einen bestimmten Grenzwert fällt, schaltet sich das Ready-to-Protect-System ab, um die USV-Leistung zu erhalten und einen manuellen Start durchzuführen, sobald das Netz wiederhergestellt ist.

Der Erdungsschalter des Lasttrenners beherbergt ein Schlüsseltransfersystem, dessen Gegenstück an der Zugangstür zum Mittelspannungstransformatorraum angebracht ist, um unbefugten Zutritt zum Mittelspannungstransformatorraum bei aufgeschalteter Spannung zu verhindern.

Die Mittelspannungsschaltanlagenüberwachung ist mit der WEA-Steuerung verbunden und in das SCADA-System integriert.

Grundsätzlich sind alle Statussignale von Schaltern (offen oder geschlossen) und alle Gasdruckalarme (hoch) im SCADA-System verfügbar.

Die Fernbetätigung von Schaltern (außer Erdungsschaltern) ist vom SCADA-System aus

möglich. Die Kommunikation erfolgt über das Protokoll IEC 61850.

Als Fernbedienung ist in jeder WEA eine Steuerflasche (für den Freiluftbetrieb) vorgesehen.

Mittelspannungsschaltanlage	
Typbeschreibung	Gasisoliert SF6
Bemessungsfrequenz	50/60 Hz

Tabelle 3-3: Daten der Mittelspannungsschaltanlage.

3.6 AUX-System

Der im Turm befindliche Hilfstransformator (Teil des PCM) versorgt die Windenergieanlage von der Seite des Mittelspannungstransformators aus.

Das Hilfssystem ist die Stromversorgung für alle Geräte in der Windenergieanlage, die nicht Teil des Hauptstromsystems sind. Dazu gehören Azimutantriebe, Hydraulikpumpen, Kühlwasserpumpen, Gebläse, Heizungen, Schmierölpumpen, das Steuersystem, die USV, die Beleuchtung und Servicesteckdosen. Die genannten Komponenten sind sowohl für 50-Hz- als auch für 60-Hz-Installationen erhältlich.

3.7 Windsensoren

Das Windmesssystem besteht aus einer Reihe von Windsensoren, die auf dem Maschinenhaus angeordnet sind, und einem Windschätzer. Bei Bedarf können die Eingänge von den Windsensoren korrigiert werden, um die ungestörte Windgeschwindigkeit zu erhalten. Die Windschätzung basiert auf mehreren Eingängen der WEA, die zusammen Informationen über den Wind in der Rotorebene liefern. Die korrigierten Windmessungen und der Eingang der Windschätzung werden alle miteinander verknüpft, um eine genauere und zuverlässige Schätzung der ungestörten Windgeschwindigkeit und der Maschinenhauswindrichtung zu ermöglichen.

Pos.	Beschreibung
Windgeschwindigkeitssensor	FT-Ultraschall-Anemometer (beheizt)
	Mechanisches Thies-Schalenanemometer (beheizt)
Windrichtungssensor	FT-Ultraschall-Sensor und mechanischer Sensor (beheizt)
	Mechanischer Thies-Windrichtungsgeber (beheizt)

Tabelle 3-4: Windsensordaten.

3.8 Steuerung der Windenergieanlage

Die Windenergieanlage wird von der Vestas-Steuerung gesteuert und überwacht.

Die Steuerung basiert auf einem im Turm platzierten Hauptprozessor und in Turm, Maschinenhaus und Nabe verteilten IO-Controllern. Die Knoten sind über High-Speed Industrial Ethernet miteinander verbunden.

Die Steuerung erfüllt u. a. die folgenden Hauptfunktionen:

- Überwachung des Gesamtbetriebs.
- Synchronisierung des Generators mit dem Stromnetz während des Aufschaltvorgangs zur Begrenzung des Einschaltstromstoßes.
- Betrieb der Windenergieanlage unter verschiedenen Bedingungen.
- Automatische Windnachführung des Maschinenhauses
- Pitchwinkelregelung

- Blindleistungsregelung und Betrieb mit variabler Drehzahl
- Überwachung der Umgebungsbedingungen
- Stromnetzüberwachung

3.9 Notstromversorgung der Notbeleuchtung

Die Notstromversorgung der Notbeleuchtung besteht aus Batterien in Maschinenhaus und Turm. Diese werden im Normalbetrieb netzseitig aufgeladen. Die Innenbeleuchtung in Turm, Maschinenhaus und Nabe bleibt bei einem Netzausfall für eine Stunde erhalten.

3.10 Power Backup System (Reservespannungsversorgungssystem)

Das Reservespannungsversorgungssystem besteht aus einem Satz Batterien im PCM. Dieser wird im Normalbetrieb netzseitig aufgeladen, bei einem Netzausfall von der alternativen Stromquelle (siehe Anhang „Zusatzoptionen“) oder von einem Schiff, sofern eine Verbindung besteht. Mit der Reservestromversorgung kann die Windenergieanlage auch bei einem Netzausfall in den Wind gedreht werden und der Windrichtung folgen. Sie liefert auch den Strom für die Nasssumpfschmierung des Triebstrangs und den planmäßigen Ölwechsel im Nassumpf.

3.11 Condition Monitoring System (Zustandsüberwachungssystem)

Die Windenergieanlage ist mit einem Zustandsüberwachungssystem (CSM) ausgestattet, das in erster Linie zur Überwachung des Triebstrangs dient. Die Hauptlager, die Getriebe- und -zahnradlager sowie die Generatorlager werden anhand von Schwingungs- und Temperaturmessungen überwacht. Darüber hinaus wird der Verschmutzungsgrad des aus den Hauptlagern und dem Getriebe auslaufenden Öls überwacht.

4 WEA-Schutzsysteme

4.1 Bremskonzept

Die Hauptbremse der Windenergieanlage ist aerodynamischer Art. Das Bremsen der Windenergieanlage erfolgt durch volle Fahnenstellung der drei Rotorblätter (einzelnes Drehen der einzelnen Rotorblätter). Jedes Rotorblatt verfügt über einen eigenen hydraulischen Druckspeicher als Energieversorgung zum Drehen des Rotorblatts.

Auf der Rückseite des Generators ist eine mechanische Scheibenbremse angebracht. Die mechanische Bremse wird ausschließlich als Feststellbremse und beim Betätigen der Not-Stopp-Taster verwendet. Bei einem Notstopp wird der Rotor mit der Scheibenbremse zum vollständigen Stillstand gebracht.

4.2 Kurzschlusschutz

Trennschalter	Schaltanlagen-sicherung/ Lasttrenner	Trennschalter für Eigenbedarfsniederspannung
Lasttrennertyp und Bemessungswert	Lasttrenner	Kompaktlasttrenner

Tabelle 4-1: Daten des Kurzschluss-schutzes.

4.3 Überdrehzahlschutz

Die Windenergieanlage ist mit einem Überdrehzahlschutz ausgestattet, der unabhängig von der

Anlagensteuerung funktioniert.

Das Überdrehzahlschutzsystem überwacht kontinuierlich die Drehzahl der langsam laufenden Rotorwelle, und im Falle einer Überdrehzahlsituation bringt das Schutzsystem den Rotor unabhängig von der Anlagensteuerung in Fahnenstellung.

Diese Schutzfunktion entspricht der Norm IEC 61400-1.

4.4 Lichtbogenerkennung und Brandbekämpfung

Die Windenergieanlage ist mit einem Lichtbogen-Nachweissystem ausgestattet, das in drei Teilsysteme in den Mittelspannungs- und Niederspannungsabschnitten des Leistungsflusses unterteilt ist. Teilsystem 1 (Niederspannung) befindet sich im MSI-Schaltschrank im Umrichter, Teilsystem 2 (Niederspannung) befindet sich im LSI-Schaltschrank und Teilsystem 3 (Mittelspannung) befindet sich am Mittelspannungstransformatorraum und an der Mittelspannungsschaltanlage. Jedes Teilsystem umfasst mehrere optische Lichtbogendetektoren. Das Lichtbogen-Nachweissystem ist an das Sicherheitssystem der Windenergieanlage angeschlossen und sorgt für eine sofortige Reaktion, wenn ein Lichtbogen erkannt wird: Die Teilsysteme 1 und 2 öffnen die Hauptlasttrenner des Umrichters und unterbrechen den Leistungsfluss, um eine weitere Einspeisung in den Lichtbogen zu vermeiden. Teilsystem 3 öffnet sofort die Mittelspannungsschaltanlage und unterbricht die gesamte Stromversorgung der WEA.

Die Windenergieanlage ist mit einem Feuerlöschsystem ausgestattet, das die Netzfilterabschnitte (Oberwellenfilter) des netzseitigen Umrichters abdeckt. Das Löschesystem wird unabhängig von der Anlagensteuerung ausgelöst, die Anlagensteuerung überwacht jedoch den Status des Löschesystems. Das Feuerlöschsystem erfüllt die maßgeblichen MGN- (Marine Guidance Note) und BS/EN-Normen.

4.5 Rauchmeldesystem

Die Windenergieanlage ist mit einem Rauchmeldesystem ausgestattet, das mehrere Rauchmeldesensoren umfasst, die in der Nähe der Mittelspannungsschaltanlage, im Haupttransformatorraum, in den Schaltschränken der netzseitigen Umrichter sowie in den Haupthilfsschränken angeordnet sind. Im Maschinenhaus befinden sich Rauchmelder am Triebstrang, in den MSI-Schränken und im Hilfsschrank. Das Rauchmeldesystem ist an das Sicherheitssystem der Windenergieanlage angeschlossen, wodurch sichergestellt ist, dass sich die Mittelspannungsschaltanlage bei Rauchererkennung sofort öffnet.

Das Meldesystem besteht aus intelligenten Rauchmeldern mit optischen und temperaturempfindlichen Sensoren. Angeschlossen an die Brandschutzsteuerung und in die Anlagensteuerung integriert sind zwei akustische Signalanlagen, je eine im Maschinenhaus und eine im Turm.

4.6 Blitzschutz von Rotorblättern, Maschinenhaus, Rotorblattnabe und Turm

Die Blitzschutzanlage (BSA) schützt die Windenergieanlage vor Sachschäden durch Blitzschläge. Das LPS besteht aus fünf Hauptteilen.

- Blitzrezeptoren.
- Ableitungssystem. Ein System, um den Blitzstrom nach unten durch die Windenergieanlage abzuleiten, um Schäden am LPS selbst oder anderen Teilen der Windenergieanlage zu vermeiden oder zu reduzieren.
- Schutz vor Überspannung und Überstrom
- Abschirmung gegen magnetische und elektrische Felder
- Erdungssystem.

4.7 Erdung

Das Erdungssystem entspricht den lokalen und nationalen Anforderungen und Normen.

4.8 EMV

Die Windenergieanlage und die zugehörige Ausrüstung erfüllen die EMV-Gesetzgebung der EU.

4.9 Korrosionsschutz

Die Einstufung des Korrosionsschutzes folgt der EN ISO 12944-2.

Korrosionsschutz	
Außenbereiche	C5-M – High
Ausrüstung im Maschinenhaus	C3 – High
Ausrüstung in der Nabe	C4 – High
Turmwand, innen	C4 – High
Ausrüstung im Turm	C3 – High

Tabelle 4-2: Daten zum Korrosionsschutz für Maschinenhaus, Nabe und Turm.

5 Sicherheit

Die Sicherheitspezifikationen in Abschnitt 5 enthalten eingeschränkte allgemeine Informationen zur Sicherheitsausstattung der Windenergieanlage. Sie entbinden den Käufer und seine Vertreter nicht von der Notwendigkeit, alle erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, zu denen u. a. Folgendes zählt: (a) Erfüllen aller geltenden Vereinbarungen, Anweisungen und Anforderungen bezüglich Sicherheit, Betrieb, Instandhaltung und Wartung, (b) Erfüllen aller sicherheitsrelevanten Gesetze, Vorschriften und Verordnungen und (c) Durchführen aller erforderlichen Sicherheitsschulungen und -fortbildungen.

5.1 Zugangswege

Der primäre Zugang zur Windenergieanlage erfolgt durch die Tür im unteren Teil des Turms oder im verlängerten Übergangsteil, falls vorhanden. Ein sekundärer Zugang ist optional über die Hubschrauberplattform möglich. Die Zugangswege sind nach Normenreihe EN ISO 14122 und nach EN 50308 ausgelegt.

Die Turmzugangstür ist verriegelbar.

Die Windenergieanlage ist mit einem Transportaufzug ausgestattet, der als primärer Zugang zu den verschiedenen Ebenen im Turm und zum Maschinenhaus dient. Die Turmleiter ist als sekundärer Zugang definiert. Kletteraktivitäten beschränken sich auf den oberen Teil des letzten Turmsegments und den Zugang zum Maschinenhaus. In bestimmten Abständen stehen Ruheplattformen zur Verfügung. Es gibt keine Rückenschutzkörbe in der Windenergieanlage.

Das Maschinenhaus ist mit Laufstegen um die Komponenten herum ausgestattet, die den Zugang für Routinearbeiten erleichtern.

In der Vorderwand des Maschinenhauses befinden sich Zugangsluken, die je nach Stellung der Rotorblätter das Betreten der Nabe ermöglichen. Der sichere Zugang ist gewährleistet, wenn sich das Rotorblatt in horizontaler oder vertikaler Stellung befindet. Von der Nabe aus ermöglichen Luken im Blattlager den Zugang zu den Rotorblättern.

Der Zugang zu Arbeitsbereichen wie der Rotorblattplattform oder den Oberseiten von

Hauptkomponenten erfolgt über einzelne Leitern, die entweder an den Komponenten befestigt oder tragbar sind.

An verschiedenen Stellen im Turm, im Maschinenhaus und in der Nabe befinden sich Anschlagpunkte für das Sicherheitsgeschirr. Die Anschlagpunkte für das Sicherheitsgeschirr sind zertifiziert und gemäß EN 795 ausgeführt.

Für Routineaufgaben stehen in der gesamten Windenergieanlage entsprechende Arbeitsbereiche zur Verfügung.

Plattformen, Böden und Arbeitsbereiche sind soweit möglich nach EN ISO 14122 und EN 50308 gestaltet.

Für nicht-routinemäßige Aufgaben stehen spezielle Plattformen zur Verfügung, die den Zugang und die Arbeitshaltung erleichtern. In allen Turmsegmenten sind Plattformen für Turmflanschverbindungen vorhanden.

Turm und Maschinenhaus sind mit Stromanschlüssen für Elektrowerkzeuge zur Wartung und Instandhaltung der Windenergieanlage ausgestattet.

Arbeitsbühnen und Zugangswege sind mit rutschfesten Oberflächen versehen.

5.2 Notfälle

Die Zugangswege sind als Hauptevakuierungswege definiert und folgen dem Grundsatz „immer nach unten und innen“. Neben den normalen Zugangswegen sind auch alternative Fluchtwege und Notausgänge vorhanden. Die Rettungswege sind nach EN ISO 14122 und EN 50308 ausgelegt.

Die Notfall-Grundausrüstung ist strategisch günstig gelegen, um Evakuierung, Flucht und Rettung zu erleichtern.

Insgesamt sind fünf Feuerlöscher und fünf Feuerlöschdecken in der Windenergieanlage installiert. Zwei Feuerlöscher und zwei Feuerlöschdecken befinden sich im Maschinenhaus. Zwei Feuerlöscher und zwei Feuerlöschdecken befinden sich im PCM. Ein Feuerlöscher und eine Feuerlöschdecke befinden sich auf der Eingangsplattform.

Ein Erste-Hilfe-Kasten wird im Maschinenhaus und einer im Turm (auf der Eingangsplattform) installiert.

Im Maschinenhaus sind vier Abstiegsvorrichtungen installiert. Drei Abstiegsvorrichtungen befinden sich im Maschinenhaus und eine im PCM.

Auf der oberen Plattform des PCM werden sechs Überlebensausrüstungspakete installiert. Die Überlebensausrüstung (sechs Pakete) ist für sechs Personen für drei Tage vorgesehen, die Hauptbestandteile sind Schlafsäcke sowie Lebensmittel- und Wasserrationen.

Der Turm bietet Zuflucht bei Gewitter.

5.3 Bewegliche Teile, Schutzeinrichtungen und Sperrvorrichtungen

Bewegliche Teile im Maschinenhaus, von denen eine Gefährdung für das Personal ausgeht, sind mit Schutzvorrichtungen versehen.

Die Windenergieanlage ist mit einer Rotorarretierung zur Sperrung von Rotor und Triebstrang ausgestattet. Diese wird vom vorderen Teil des Maschinenhauses aus bedient und besteht aus Sicherungsstiften, die hydraulisch betätigt werden und von der Gussfrontplatte in ein passendes Lochbild im Nabenguss eingreifen.

Das Azimutsystem wird durch Reibung an unkontrollierten Bewegungen gehindert.

5.4 Beleuchtung

Die Windenergieanlage ist im Turm, im Maschinenhaus und in der Nabe beleuchtet. Für den Fall eines Stromausfalls ist eine Notbeleuchtung vorhanden, siehe Kapitel 3.9.

5.5 Notstopp

An strategischen Stellen in der gesamten Windenergieanlage befinden sich Not-Stop-Taster. Es gibt Not-Stop-Taster im Maschinenhaus, in der Nabe und im Turmfuß.

5.6 Unterbrechung der Stromversorgung

Die Windenergieanlage ist mit Trennschaltern ausgestattet, um ein Abschalten der gesamten Stromzufuhr bei Inspektions- oder Wartungsmaßnahmen zu ermöglichen. Die Schalter sind beschildert und befinden sich im Maschinenhaus und im untersten Turmsegment. Um ein sicheres Arbeiten in den Systemen durch Wartungssicherung (Lockout/Tagout, LOTO) zu ermöglichen, sind abschließbare Vorrichtungen vorhanden.

5.7 Warnschilder

In der Windenergieanlage sind entsprechende Schilder mit relevanten Hinweisen auf Notausgänge, Gefährdungen usw. angebracht.

5.8 Handbücher

Handbücher für Betrieb, Wartung und Service der Windenergieanlage sind mit Informationen und Warnungen versehen, die den sicheren Betrieb und die sichere Wartung der Anlage gewährleisten.

6 Umgebung

6.1 Chemikalien

In der Windenergieanlage verwendete Chemikalien werden gemäß dem Umweltsystem von MHI Vestas Offshore Wind A/S beurteilt, das nach ISO 14001 zertifiziert ist. Innerhalb der Windenergieanlage kommen die folgenden Chemikalien zum Einsatz:

- Kühlflüssigkeit zum Vermeiden des Einfrierens der Kühlung.
- Getriebeöl zum Schmieren des Getriebes.
- Hydrauliköl zum Pitchen der Rotorblätter und Betätigen der Bremse.
- Fett zum Schmieren der Lager.
- Unterschiedliche Reinigungsmittel und -chemikalien zur Wartung der Windenergieanlage.
- Öl im Mittelspannungstransformator
- Gas in der Schaltanlage
- Inertgas im Feuerlöschsystem

6.2 Leckagemanagement

Maschinenhaus und Nabe

- Getriebeöl, Pitch-Hydrauliköl und Kühlflüssigkeit, die im Maschinenhaus austreten, werden unten in der Maschinenhausverkleidung aufgefangen.
- Pitch-Hydrauliköl, das in der Nabe austritt, wird in der Nabe aufgefangen.
- Pitch-Hydrauliköl, das außerhalb der Nabenplatte austritt, wird in der Blattwurzel aufgefangen.
- Aus dem CoolerTop austretende Kühlflüssigkeit kann ungehindert in die Umwelt gelangen.

Aus diesem Grund wird ein umweltfreundliches Kühlmittel verwendet.

Turm

- Aus der passiven Turmdämpfung (optional) ausgetretenes Öl wird an der Turmplattform unterhalb der Kabelschleife aufgefangen.

Leistungswandlermodul (PCM)

- Mittelspannungstransformatoröl und PCM-Kühlmittel, die aus dem PCM austreten, werden an der Transformatorplattform aufgefangen.
- Aus den außen angebrachten Kühlpaneelen des PCM austretende Kühlflüssigkeit kann ungehindert in die Umwelt gelangen. Aus diesem Grund wird ein umweltfreundliches Kühlmittel verwendet.

7 Genehmigungen und Auslegungskriterien

7.1 Typenprüfungen

Die Windenergieanlage ist nach folgenden Zertifizierungsrichtlinien typengeprüft:

Standard	Bedingungen	Nabenhöhe
IEC 61400-22	IEC Klasse S (siehe Kapitel 9.1)	projektspezifisch

Tabelle 7-1: Typenprüfungsdaten.

7.2 Auslegungsrichtlinien

Die Konstruktion der Windenergieanlage wurde u. a. gemäß den folgenden Normen entwickelt:

Auslegungsrichtlinien	
Windenergieanlagen: Auslegungsanforderungen	IEC 61400-1:2006 Ausgabe 3
Auslegungsanforderungen für Windenergieanlagen auf offener See	IEC 61400-3: 2009
Mittelspannungstransformator	IEC 60076-1, IEC 60076-16, IEC 61936-1 ECO-Option: Verordnung (EU) Nr. 548/2014
Mittelspannungsschaltanlage	IEC 62271-200 oder 62271-203
Sicherheitsanforderungen an Leistungshalbleiter-Umrichtersysteme und -Betriebsmittel	IEC 62477-1:2012

Windenergieanlagen: Blitzschutz	IEC 61400-24: 2010
---------------------------------	--------------------

Tabelle 7-2: Auslegungsrichtlinien.

HINWEIS Die Windenergieanlage ist nach der Normenreihe IEC/EN 61400 für eine Lebensdauer von 25 Jahren ausgelegt.

8 Farben

8.1 Farbe des Maschinenhauses

Farbe des Maschinenhauses	
Standard-Maschinenhausfarbe	RAL 7035 (Lichtgrau)
Standard-Logo	MHI Vestas Offshore Wind
Glanzgrad	< 30 DS/EN ISO 2813 bei 60° Messwinkel

Tabelle 8-1: Farbe Maschinenhaus.

8.2 Turmfarbe

Farbe von Vestas-Turmsegmenten		
	Außen	Innen
Standard-Turmfarbe	RAL 7035 (Lichtgrau)	RAL 9001 (Cremeweiß)
Glanzgrad	50 – 70 % DS/EN ISO 2813 bei 60° Messwinkel	30 – 50 % DS/EN ISO 2813 bei 60° Messwinkel

Tabelle 8-2: Farbe Turm.

8.3 Blattoberflächenbehandlung

Farbe der Rotorblätter	
Standard-Rotorblattfarbe	RAL 7035 (Lichtgrau) Die Rotorblätter werden mit unlackierter Massivmetallspitze (Solid Metal Tip, SMT) geliefert.
Farboptionen für Markierungen (z. B. Punkte)	RAL 2009 (Verkehrsorange), RAL 3020 (Verkehrsrot)
Glanzgrad	< 30 % DS/EN ISO 2813

Tabelle 8-3: Farbe, Rotorblätter.

9 Leitfaden für Betriebsbereichsbedingungen und Leistungsmerkmale

Die tatsächlichen Klima- und Standortbedingungen weisen viele Variablen auf und müssen bei der Bewertung der tatsächlichen Windenergieanlagenleistung berücksichtigt werden. Die Auslegungs- und Betriebsparameter in diesem Abschnitt stellen keine Garantien, Gewährleistungen und

Zusicherungen bezüglich der Windenergieanlagenleistung an tatsächlichen Standorten dar.

HINWEIS Die Bewertung von Klima- und Standortbedingungen ist komplex. MHI Vestas Offshore Wind ist daher bei jedem Projekt zurate zu ziehen. MHI Vestas Offshore Wind wird die Positionierung jeder einzelnen Windenergieanlage überprüfen.

9.1 Betriebsbereich – Temperatur und Wind

Die Werte beziehen sich auf die Nabenhöhe und hängen von den Sensoren und der Steuerung der Windenergieanlage ab.

Betriebsbereich – Temperatur und Wind	
Umgebungstemperaturbereich	-15 bis +35 °C Bei hohen Umgebungstemperaturen ab ~25 °C kann die Windenergieanlage, abhängig von den gemessenen kritischen Betriebstemperaturen in der Anlage, die Leistung reduzieren. Da das Kühlsystem auf passiven Luftkühlern basiert, nimmt die Leistungsreduzierung bei höheren Windgeschwindigkeiten ab. Für Installationen in heißen Klimazonen bietet MHI Vestas Offshore Wind eine Hochtemperatur-Kühloption an, mit der die Kühlleistung erhöht wird.

Tabelle 9-1: Betriebsbereich – Temperatur und Wind.

9.2 Betriebsumgebung - Netzanschluss

HINWEIS Über die Lebensdauer der Windenergieanlage gemittelt sollten innerhalb eines Jahres nicht mehr als 50 Netzausfälle auftreten.

Betriebsbereich – Netzanschluss			
Nennfrequenz	[f _{nom}]	50 Hz	60 Hz
Nennnetzspannung	[U _{P, nom}]	33 – 35 kV / 66 kV	66 kV

Tabelle 9-2: Betriebsbereich – Netzanschluss.

9.3 Leistungsmerkmal – Durchfahren von Netzfehlern

Die Windenergieanlage ist mit einem vollständigen Umrichtersystem ausgestattet, damit die Windenergieanlage bei Stromnetzstörungen besser geregelt werden kann. Die Steuerung der Windenergieanlage ist auch bei Netzstörungen voll funktionsfähig.

Die Windenergieanlage ist so ausgelegt, dass es bei Netzstörungen, die sich innerhalb der Spannungstoleranzkurve bewegen, nicht zu einer Trennung vom Stromnetz kommt.

Bei Stromnetzstörungen außerhalb der Schutzkurve wird die Windenergieanlage vom Stromnetz getrennt.

Die Windenergieanlage ist in der Lage, aufeinanderfolgende ein- oder zweiphasige Fehler zu durchfahren (gilt für die fehlerhaften Phasen).

Die Windenergieanlage ist in der Lage, aufeinanderfolgende einphasige Fehler zu durchfahren (gilt für die fehlerhafte Phase).

Die Windenergieanlage ist in der Lage, aufeinanderfolgende zwei- oder dreiphasige Fehler zu durchfahren (gilt für die fehlerhaften Phasen).

Die Fähigkeit der Windenergieanlage, mehrere aufeinanderfolgende Fehlerzustände zu durchfahren, hängt ab vom ausgewählten Gradienten der Wirkleistungssteigerung nach Fehlerklärung.

Der Gradient der Wirkleistungssteigerung nach Fehlerklärung kann angepasst werden.

9.4 Leistung – Blindstrombeitrag

Der Blindstrombeitrag hängt davon ab, ob die auf die Windenergieanlage einwirkende Störung symmetrischer oder asymmetrischer Art ist.

9.4.1 Symmetrischer Blindstrombeitrag

Während symmetrischer Spannungsabfälle speist der Windpark zur Stützung der Stromnetzspannung Blindstrom ein. Der eingespeiste Blindstrom ist eine Funktion der gemessenen Stromnetzspannung.

Der Kurvenverlauf kann über die Koordinaten der fünf Punkte und den k-Faktor angepasst werden.

9.4.2 Asymmetrischer Blindstrombeitrag

Der Blindstrom beruht auf der gemessenen positiven Sequenzspannung und dem verwendeten k-Faktor. Während asymmetrischer Spannungsabfälle wird die Blindstromeinspeisung beschränkt, um einen möglichen Spannungsanstieg auf die gesunden Phasen zu begrenzen.

9.5 Leistung – Regelung von Wirk- und Blindleistung

Die Windenergieanlage kann Wirk- und Blindleistung über das VestasOnline[®]-SCADA-System regeln.

Zum Schutz der Windenergieanlage lässt sich die Wirkleistung nicht auf Werte unterhalb 10 % der Nennleistung für die jeweilige Windgeschwindigkeit regeln.

9.6 Leistungsmerkmal – Spannungsregelung

Die Windenergieanlage ist für eine Integration in die Spannungsregelung VestasOnline[®] durch Ausnutzung der Blindleistungskapazität der Anlage konzipiert.

9.7 Leistung – Frequenzregelung

Die Windenergieanlage ist für eine Integration in die Frequenzregelung VestasOnline[®] unter Ausnutzung der Wirkleistungskapazität der Anlage konzipiert.

9.8 Hauptbeitragende zum Eigenverbrauch

Der Eigenverbrauch der Windenergieanlage ist definiert als die von der Windenergieanlage verbrauchte elektrische Leistung. Die in *Tabelle 9-3* aufgeführten Komponenten wirken sich am stärksten auf den Eigenverbrauch der Windenergieanlage aus.

Wenn die Windenergieanlage Strom erzeugt, hängt der Eigenverbrauch an elektrischer Leistung seitens der in *Tabelle 9-3* aufgeführten Verbraucher von der Betriebsart und dem Klima ab.

Hauptbeitragende zum Eigenbedarf
Hydraulikmotoren
Azimutmotoren
Aufbereitung
Maschinenhaus-Wasserkühlung
Maschinenhaus-Wasserheizelement
PCM-Wasserkühlung
PCM-Wasserheizelement
Maschinenhaus-Heizgebläse
Getriebschmierpumpen
Hauptlager- und Generatorlagerschmierpumpen
Schmierölheizelement
Kühlerlüfter des Generators
Steuerungssystem

Tabelle 9-3: Hauptverbraucher im Eigenverbrauch.

10 Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse

- Diese allgemeine Beschreibung gilt für die aufgeführten Versionen der 9-MW-Plattform-Windenergieanlagen, siehe Tabelle 1-1. Für neuere Versionen dieser Windenergieanlagen, die ggf. in der Zukunft hergestellt werden, können abweichende allgemeine Beschreibungen gelten. Falls MHI Vestas Offshore Wind eine modernisierte Version einer der aufgeführten Windenergieanlagen liefern sollte, wird das Unternehmen für die betreffende modernisierte Windenergieanlage eine aktualisierte allgemeine Beschreibung vorlegen.
- Im Anschluss an einen Stromnetzausfall und/oder an Zeiträume mit sehr geringer Umgebungstemperatur muss ein gewisser Zeitraum für das Aufwärmen der Windenergieanlage eingeplant werden.
- Für alle angegebenen Start/Stop-Parameter (z. B. Windgeschwindigkeiten und Temperaturen) ist eine Hysterese-Steuerung vorhanden. Dadurch kann es in bestimmten Grenzsituationen dazu kommen, dass die Windenergieanlage angehalten wird, obwohl unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen die angegebenen Betriebsparametergrenzwerte nicht überschritten worden sind.
- Die vorliegende allgemeine Beschreibung stellt kein Verkaufsangebot dar; sie beinhaltet keine Garantie oder Zusage und auch keine Prüfung der Leistungskurve und Geräusche (einschließlich und ohne Einschränkung Prüfverfahren für Leistungskurve und Geräusche). Garantien, Zusagen und/oder Prüfungen von Leistungskurve und Geräuschen (einschließlich und ohne Einschränkung Prüfverfahren für Leistungskurve und Geräusche) müssen separat schriftlich vereinbart werden.

MHI Vestas Offshore Wind lehnt alle Gewährleistungsansprüche ab, sofern sie nicht ausdrücklich durch schriftliche Vereinbarung gewährt werden, und haftet nicht für eine unbefugte Nutzung. Das Dokument wird „wie gegeben“ vorgehalten. MHI Vestas Offshore Wind A/S übernimmt keine Verantwortung und keinerlei Haftung für die Folgen, die durch die Nutzung des Dokuments entstehen.

11 Anlage – Zusatzoptionen

Zusätzlich zu den anderen in dieser Allgemeinen Beschreibung genannten Optionen bietet MHI Vestas Offshore Wind eine Reihe verschiedener Optionen an, die von jedem Kunden individuell ausgewählt werden können.

Option	Beschreibung
SMART Damper (aktiver Turmschwingungsdämpfer)	Der aktive Turmschwingungsdämpfer (Side-Side Tower Damper, SSTD) ist eine Steuerungsfunktion, die den Schwingungsbewegungen des Turms entgegenwirkt. Die erhöhte Dämpfung führt zu geringeren Turm- und Fundamentkosten. Der SSTD kann zusammen mit passiven Turmdämpfern eingesetzt werden, wobei sich die Dämpfungseffekte beider Systeme nachweislich ergänzen. Das aktive Turmschwingungsdämpferkonzept wurde von DNV GL zertifiziert. Die SMART-Damper-Lösung ist Teil des SMART-Turbine-Produktfolios.
Gefahrenfeueranlage	Es ist eine Reihe von Gefahrenfeuerlösungen und verwandten Produkten erhältlich, mit denen die Erfüllung der internationalen und nationalen Anforderungen an die Kennzeichnungen von Windenergieanlagen gewährleistet wird. Abhängig von den marktspezifischen Anforderungen sind die Gefahrenfeuer in unterschiedlichen Konfigurationen mit verschiedenen Farben (Rot oder Weiß), Blinkraten und Intensitäten erhältlich.
Blattmarkierungen	Kontrastierende Farbstreifen oder Punkte auf den Rotorblättern, farbcodiert nach länderspezifischen Anforderungen, machen die Windenergieanlagen für den Flugverkehr besser sichtbar.
Davitkran	Für die Montage auf den Fundamentplattformen ist ein Davitkran lieferbar.
Hubschrauberplattform	Die Hubschrauberplattform ermöglicht den Einsatz eines Hubschraubers, um Personal, Werkzeuge und Ersatzteile sicher zur Windenergieanlage zu bringen oder von dort abzuholen. Die Hubschrauberplattform wurde gemäß den in Dänemark, Großbritannien und Deutschland geltenden Vorschriften für die zivile Luftfahrt konstruiert.
MAX Storm (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)	Mit MAX Storm wird die Leistung der Windenergieanlage bei hohen Windgeschwindigkeiten reduziert, anstatt den Betrieb der Anlage einzustellen. Diese Funktion unterliegt in einigen Ländern den Anforderungen an die Netzkonformität. Der Vorteil für den Netzbetreiber liegt neben der zusätzlichen Produktion auch darin, dass MAX Storm einen plötzlichen großen Rückgang der Windparkleistung aufgrund von windbedingten Abschaltungen vermeidet. Weniger Verschleiß aufgrund seltenerer Unterbrechungen und geringere Ermüdungsbelastungen von Türmen und Fundamenten sind weitere Vorteile.

MAX Flow (windparkoptimierte Leistungskurve)	Die Leistungsspezifikationen aller 9-MW-Plattformvarianten enthalten entsprechende Leistungskurven, die einem guten Gleichgewicht von C_p und C_t Vorrang geben. Optional bietet MHI Vestas Offshore Wind für die Berechnung der Energieproduktion des gesamten Windparks die Software MAX Flow an, wobei der Schwerpunkt auf der Optimierung der Energieproduktion liegt. Dies geschieht durch Optimierung von Drehzahl und Pitchwinkel zur Steigerung der jährlichen Energieproduktion des Windparks.
Leerlauf- Notstromversorgung	Während eines Netzausfalls ist eine Notstromversorgung erforderlich, um die Reservebatterien für die Anlagensteuerung, das Azimutsystem und die Triebstrangschmierung während des Netzausfalls aufzuladen. Die Windenergieanlage ist für den Anschluss an eine solche Notstromversorgung vorbereitet. Bei dieser Option ist diese Notstromversorgung eine Lösung, welche die elektrische Leistung des Permanentmagnetgenerators aufnimmt, wenn sich die Windenergieanlage im Leerlauf befindet.
Blitzsensor- registrierte Karte	Magnetische Karten, die in jedem Rotorblatt zur Registrierung von Blitzströmen installiert werden können. Die Karten befinden sich am Blattwurzelende, damit sie für Inspektion und Austausch leicht zugänglich sind.
Blitzmesssystem	Zur Messung der Blitzstromparameter von Blitzeinschlägen in die Rotorblätter kann ein Blitzmesssystem installiert werden. Die Blitzstromparameter werden zusammen mit Datum und Uhrzeit des Blitzeinschlags erfasst.
Lastmodus	Für Standorte mit Windverhältnissen, die über die Auslegungsparameter hinausgehen, kann eine Option zum Betreiben der Anlage in einem Lastmodus mit einer niedrigeren Nennleistung vorgesehen werden.
Wartungsreduzierte Turmschrauben	Turmschraubentechnologie, die größere Gewissheit über die tatsächliche Vorspannung bietet und damit eine Verringerung des Wartungsaufwands ermöglicht.
Sicherheitskennzeichnung für den Schiffsverkehr	Es ist eine Reihe von Lösungen erhältlich, mit denen die Erfüllung der internationalen und nationalen Anforderungen an die Sicherheitskennzeichnung von Windenergieanlagen gewährleistet wird. Dazu gehören z. B. Nebelhorn, Sichtweitenmessgerät und Positionslichter.
Passiver Turm- schwingungsdämpfer	Der Dämpfer dient dazu, dem Tragwerk (Turm + Fundament) der Anlage eine zusätzliche Dämpfung zu verleihen und dadurch die Ermüdungsbelastung und die Kosten des Tragwerks zu reduzieren.
Leistungszähler	Die Windenergieanlage kann mit einem sogenannten „Green Metering“-System ausgestattet werden. Bei dieser Option wird die von der Windenergieanlage erzeugte Leistung abzüglich des Eigenverbrauchs der Anlagenhilfsfunktionen gemessen.
Farbige Sicherheits- lackierungen	Lackierung von Turm oder Maschinenhaus mit Streifen in verschiedenen Farben zur Erfüllung nationaler Rechtsvorschriften.
Rettungsleuchtsysteme (SAR)	Es ist eine Reihe von Rettungsleuchtsystemen in unterschiedlichen Konfigurationen mit verschiedenen Farben und Intensitäten erhältlich, mit denen die Erfüllung internationaler und nationaler

	Vorschriften gewährleistet wird.
Trage und/oder Spineboard	Trage und/oder Spineboard sind erhältlich.
Turm-Hindernisfeueranlage	Es ist eine Reihe von Turm-Hindernisfeueranlagen erhältlich, mit denen die Erfüllung internationaler und nationaler Vorschriften gewährleistet wird. Abhängig von den marktspezifischen Anforderungen sind diese Lösungen in unterschiedlichen Konfigurationen mit verschiedenen Farben, Intensitäten und Batteriekapazitäten erhältlich.
WEA-Kennzeichnung auf dem Maschinenhausdach	Ermöglicht die eindeutige Identifikation jeder Windenergieanlage vom Hubschrauber aus.

Tabelle 11-1: Für die Windenergieanlagen der 9-MW-Plattform verfügbare Zusatzoptionen.