



Allgemeine Spezifikation Lagerwey L147-4.3MW Windenergieanlage

Dokumentnummer: SD299ENR0

Dieses Dokument beschreibt die allgemeinen Spezifikationen der Lagerwey L147-4.3MW Windenergieanlage.

	Name	Department	Signature	Date
Author	M. van Doorn	Sales		26-07-2018
Revised by				
Checked by	C. van Rekum	R&D		26-07-2018
Approved by	A. Waaijberg	R&D		31-7-2018

Inhalt

1	Beschreibung der Windenergieanlage	3
1.1	Generator	3
1.2	Passive Kühlung	3
1.3	Rotor	3
1.4	Nabe	4
1.5	Rotorlager	4
1.6	Gondel	4
1.7	Steuer- und Sicherheitssystem	4
1.8	Stromwandler	4
1.9	Lagerwey Turmlösungen	4
2	Technische Komponentendaten	5
2.1	Allgemeines	5
2.2	Betriebs- und Bemessungsdaten	5
2.3	Rotorblatt	5
2.4	Rotor	5
2.5	Generator	6
2.6	Gondel	6
2.7	Turm	6
2.8	Erdung	6
3	Elektrische und Regelungsdaten	7
3.1	Regelprozesse	7
3.1.1	Drehmomentregelung	7
3.1.2	Rotorblattverstellung	7
3.1.3	Azimutsteuerung	7
3.1.4	Feststell- und Arretiersteuerung	7
3.2	WEA-Steuerung und Sicherheitssystem	7
3.3	Netzanbindung	8
3.4	Umrichter	8
3.5	Blattverstelleinheit	8
3.6	Regelungssystem	8
3.7	Fundamenterdung	9
3.8	Blitzschutz	9
4	Personensicherheit	9
5	Optionen	9
5.1	Eisdetektor	9
5.2	Hinterkantenkämme	9
5.3	Lagerwey Monitoring System (LMS)	9
5.4	Befeuerung	9
5.5	System zur Schattenwurfreduzierung	9

1 Beschreibung der Windenergieanlage

Die L147-4.3MW ist mit einem 147-Meter-Rotor ausgestattet und für Windklasse IEC S ausgelegt. Die Stromerzeugung erfolgt getriebelos mit einem direkt angetriebenen Permanentmagneten und einem vollständigen IGBT-Leistungswandler. Die Windenergieanlage (WEA) liefert 4,3 Megawatt Nennleistung und hat bei hohen Windgeschwindigkeiten einen hohen Wirkungsgrad. Dank dem passiven Kühlkonzept eignet sie sich besonders für raue klimatische Bedingungen. Die in den Komponentenspezifikationen enthaltenen Informationen haben stets Vorrang vor diesem Dokument.

1.1 Generator

Der Direktantriebsgenerator verfügt über eine Struktur bestehend aus Außenstator und Innenrotor, die nur die Drehmoment- und „internen“ Generatorlasten trägt, nicht die Kräfte von den Rotorblättern. Die Permanentmagnete im Generator-Rotor und das Kupferspulenpaket im Stator sind mit hochwertigem Harz vakuumimprägniert, was eine hohe Lebensdauer der Maschine garantiert.

1.2 Passive Kühlung

Die L147-4.3MW wird durch den natürlichen Luftstrom um den Stator gekühlt (passive Kühlung). Wärme wird von den Kupferspulen des Stators direkt über die Kühlrippen an der Außenfläche abgeführt. Bei höheren Lasten werden zusätzliche Kühlerlüfter zugeschaltet, um zum Wärmeaustausch des Innenteils beizutragen.

1.3 Rotor

Die Rotorblätter bestehen aus glasfaserverstärktem Epoxidharz. Die Rotorblätter haben einen internen Holm, der die Kräfte in die gusseiserne Rotornabe überträgt. Das Rotorblatt ist mit einem 4-Punkt-Kugellager mit innenliegender Verzahnung um ihre Achse gelagert. Alle Lager und Verzahnungen sind mit einem automatischen Schmiersystem ausgestattet, das softwaregesteuert ist.



Lagerwey L147-4,3MW Plattform, Gondel intern

1.4 Nabe

Die spezielle Hohlwassnabe überträgt die Blattkräfte und das Drehmoment durch ein steifes Doppelrotorlager in die Haupthohlwelle. Die Welle ist direkt mit dem Hauptrahmen verbunden und gewährleistet eine optimale Lastübertragung in den Turm. Die Rotornabe kann durch die Hohlwelle leicht betreten werden, was die Wartung erleichtert. Die Nabe beherbergt 3 elektrische Blattverstellmotoren.

1.5 Rotorlager

Die Lagerwey Rotorlager-Konstruktion besteht aus zwei Reihen von Kegelrollenlagern. Das kompakte Lager hat eine hohe Steifigkeit und ist ölgeschmiert, was einen reibungslosen Betrieb unter verschiedensten Bedingungen gewährleistet. Das Rotorlager wurde von Lagerwey in Zusammenarbeit mit namhaften Lagerherstellern entwickelt.

1.6 Gondel

Die Glasfaser-Gondelabdeckung schützt alle Komponenten in der Gondel vor der Umwelt. Die Gondel verfügt über zwei Luken mit transparenter Abdeckung, um Tageslicht in die Gondel zu lassen. Eine Luke oben ermöglicht den Zugang zu den Sensoren der Windstation, eine Luke auf der Rückseite ermöglicht Hebearbeiten durch einen internen 500 kg starken Servicekran. Die Lastenwinde eignet sich zum Heben von Standardteilen wie Azimut- und Blattverstellgetrieben.

Die Gondel enthält 12 Azimutmotoren und 12 hydraulische Bremssättel.

1.7 Steuer- und Sicherheitssystem

Alle Funktionen und Sensoren der WEA werden vom Lagerwey WEA-Regler rund um die Uhr überwacht und gesteuert. Die Hauptregelung befindet sich in der Gondel und ist über ein optisches Glasfaserkabel mit den Regelungen am Turmfuß verbunden.

Die Lagerwey Rotordrehzahlregelung überwacht und regelt automatisch die Rotordrehzahl und die Blattverstellung für einen optimalen und sicheren Betrieb. Das System arbeitet rotorblattspezifisch und ist vollständig synchronisiert. Für einen sicheren Betrieb wird das zweite Sicherheitsstopp-System von drei unabhängigen Batterieeinheiten gehandhabt. Eine zusätzliche Feststellbremse steuert die doppelten Sicherungstifte, die zum Blockieren des Rotors verwendet werden.

1.8 Stromwandler

Die Stromwandlung befindet sich im unteren Teil des Turms und besteht aus einem wassergekühlten Back-to-Back-Wandler, der mit IGBTs ausgestattet ist.

1.9 Lagerwey Turmlösungen

Für die L147 verwendet Lagerwey einen modularen Stahlrohrturm (MST). MST ist eine kostengünstige, leichte und einfach zu transportierende Lösung, um höhere Nabenhöhen zu erreichen. Die Bausteine des MST sind vorgebogene Stahlbleche, die jeweils etwa 11 Meter hoch sind. Der Turm wird in Kisten mit gestapelten Blechen auf Standard-LKWs transportiert.

Eine Zugangstür ist am Turmfuß verbaut und eine Innenleiter mit Steigsperre und ein Serviceaufzug sind innen angebracht. Jedes Turmsegment verfügt über eine Notbeleuchtung. Die Generatorkabel, Gondelstromkabel und Kommunikationsleitungen werden über Kabelhalterungen zur Turmspitze geführt.

2 Technische Komponentendaten

2.1 Allgemeines

Konstruktionsstandards	Gemäß IEC 61400-1 Ausgabe 3
Bemessungslebensdauer	20 Jahre
Komponentenfarbe	RAL 7035

2.2 Betriebs- und Bemessungsdaten

Einschaltwindgeschwindigkeit	2,5 m/s
Ausschaltwindgeschwindigkeit	25,0 m/s (10-Minuten-Durchschnitt)
Windgeschwindigkeit bei Nennleistung	11,2 m/s
Bemessungswindklasse	S IEC 61400-1 Ausgabe 3
Überlebenswindgeschwindigkeit $V_{e50} = 1,4 \times V_{ref}$	59,5 m/s (IEC-Windklasse S)
Schräganströmung von unten	8° gemäß IEC 61400-1
Temperaturbereich Betrieb	Standard -10 °C, +40 °C (Herabsetzung zwischen -10 °C und -20 °C und über +30 °C)
Temperaturbereich Standby	Standard -20 °C, +50 °C
Geräuschentwicklung bei 7 m/s in 10 m Höhe (mit Kämmen)	Berechnet 106,7 dB(A)

2.3 Rotorblatt

Rotorblattlänge	71,8 m
Radius Rotorblatt (Naben-)befestigungssockel	3,2 m
Drehrichtung	Im Uhrzeigersinn
Masse	22.954 kg
Material	Glasfaser und Epoxidharz

2.4 Rotor

Typ	3-blättrig, horizontale Achse
Position	Aufwind
Durchmesser	147 m
Überstrichene Rotorfläche	16.972 m ²
Rotordrehzahl	Variable Drehzahl
Rotordrehzahl bei Nennleistung	10,4 U/min
Rotordrehzahl bei Einschaltstrom	3,9 U/min
Geschwindigkeitsregulierung	Rotorblattverstellung
Nabenmaterial	Gusseisen (EN-GJS-400-18-LT)
Nabenmasse	48.300 kg

2.5 Generator

Typ	Mehrpole synchron
Nennzahl	10,4 U/min
Spannung	Niederspannung
Felderregung	Permanentmagnet
Generatormasse	115.000 kg
Schutzart	IP54
Kühlung	Natürliche Luftströmung (Kühlrippen)
Durchmesser	5,5 m
Temperatursensoren	PT-100
Betriebsbremse	Hydraulisches Bremssystem
WEA-Hauptwelle	Hohlwelle + Rotorlagereinheit
Verbindungen zu Gondel und Nabe	Hochfeste Schrauben

2.6 Gondel

Tragkonstruktionsmaterial	Gusseisen (EN-GJS-400-18-LT)
Gondel-Gesamtmasse	48.000 kg (ohne Generator)
Azimutlager	Drehkranz
Azimutantrieb	Elektromotoren und Getriebeantriebe
Azimutbremse	Aktive Bremssättel
Azimutrate	0,3 °/s
Windgeschwindigkeit und Flügelsensoren	Beheizte Windfahne und Schalenanemometer
Verbindungen zu Turm und Gondel	Hochfeste Schrauben
Wartungsausrüstung	Lastenwinde 500 kg

2.7 Turm

Typ	Modularer Stahlturm (MST)
Nabenhöhe	126 m 132 m/155 m
Unterer Durchmesser	10 m/11 m/12 m
Oberer Durchmesser	3,2 m
Verbindungen	Flansche verschraubt mit hochfesten Schrauben
Korrosionsschutz	C4 lang

2.8 Erdung

Maximaler Erdungswiderstand	Gemäß IEC 61024
Tiefenelektroden	Minimal 2x 50 mm ² Kupfer oder Stahläquivalent Maximaler Widerstand 2,5 Ohm
Ringelektroden	Minimum 1x 50 mm ²
Fundamentbewehrung	Verbunden mit Erdungselektroden

3 Elektrische und Regelungsdaten

Die Lagerwey WEA wird über den Regler der Lagerwey WEA überwacht und gesteuert. Die Soft- und Hardware der WEA-Regelung wurde von Lagerwey entwickelt und gewährleistet einen sicheren und effektiven Betrieb.

3.1 Regelprozesse

3.1.1 Drehmomentregelung

Die WEA ist drehzahl geregelt. Der Unterschied zwischen dem aerodynamischen und dem elektromechanischen Drehmoment bestimmt die Rotordrehzahl bei Teillast. Das Gegenmoment wird entsprechend der Windgeschwindigkeit und dem ankommenden Drehmoment optimiert und folgt einer optimalen Schnelllaufzahl. Während Vollastbedingungen wird die Ausgangsleistung mittels Drehmomentregelung konstant gehalten. Das vom Generator erzeugte Gegendrehmoment wird vom Umrichter gesteuert.

3.1.2 Rotorblattverstellung

Die WEA verfügt über drei unabhängige Blattverstelleinheiten zur Regelung der Blattwinkel. Die Blattregelung stellt sicher, dass die WEA-Drehzahl und die Lasten innerhalb der Bemessungsgrenzen liegen. Unterhalb der Rotorendrehzahl ist der Blattwinkel die meiste Zeit in der Arbeitsposition fixiert. Dies gewährleistet eine optimale Blattspitzengeschwindigkeit, um das Produktionsverhältnis zu halten.

3.1.3 Azimutsteuerung

Der Azimutmechanismus enthält ein Azimut-Drehkranzlager und 12 Azimutantriebe. Um ein Durchrutschen des Systems zu vermeiden, wenn der Rotor in Position ist, wird eine aktiv betätigte Azimutbremse angewendet. Diese Bremse wird während der Azimutbewegung gelöst. Die WEA-Steuerung übernimmt die Azimutbewegung, wobei Wind- und Drehsensoreingaben berücksichtigt werden. Die Steuerung minimiert Azimutbelastungen und Azimutbewegungen.

3.1.4 Feststell- und Arretiersteuerung

Die WEA verfügt über eine hydraulische Betriebsbremse, um die WEA in einer Stillstandsposition anzuhalten. Der Rotor sollte immer arretiert sein, wenn die Nabe betreten wird. Die Arretierung der WEA kann über die beiden im Generator integrierten und manuell betätigten Arretiereinrichtungen erfolgen. Die Arretiervorrichtungen sind über Sensoren mit der Steuerung verbunden. Sobald die Sensoren feststellen, dass die Sicherungsstifte platziert sind, kann die Sicherheitsluke geöffnet werden, die den Zugang zur Nabe ermöglicht.

3.2 WEA-Steuerung und Sicherheitssystem

Der Lagerwey Regler überwacht und steuert den Betrieb der WEA. Das System ist modular aufgebaut. Die Steuerungs- und Sicherheitsfunktionen erfolgen lokal in der Nähe der Prozesse. Feldbusse erleichtern die Kommunikation zwischen der lokalen Intelligenz und den Regelsystemen. Dies gewährleistet unter allen Bedingungen eine direkte Regelung und einen sicheren Betrieb.

Die Hauptfunktion der Rotorregelung besteht darin, die Rotordrehzahl innerhalb eines bestimmten Bereichs zu steuern. Diese Funktion wird mit 3 unabhängigen Rotorblattmotoren und -antrieben realisiert. Die Winkel der drei Rotorblätter sind während des Betriebs synchronisiert.

Das Sicherheitssystem (Not-/Schutzsystem) ist um die gleichen drei unabhängigen Blattverstelleinheiten aufgebaut. AC-Blattverstellmotoren, gespeist von Supercap-Energiequellen, stellen die Rotorblätter unabhängig voneinander in eine sichere Position.

Fällt eine Blattverstelleinheit aus, übernehmen die anderen beiden die Regelung. Die Supercaps werden während des Betriebs kontinuierlich auf Verschleiß überwacht. Vor jeder Inbetriebnahme wird das Sicherheitssystem überprüft, indem die Rotorblätter mit Hilfe des AC-Blattverstellmotors und des Supercaps verstellt werden, um sicherzustellen, dass das System funktioniert. Die Systemhardware befindet sich in den Hauptsteuerschränken, die in der Rotornabe, der Gondel und dem Turmfuß untergebracht sind. Die Regler sind gegenseitig durch eine Kommunikationsleitung verbunden.

3.3 Netzanbindung

Netzseitige WEA-Spannung	690 V
Spannungspegel	Mittelspannung, nominal $\pm 10\%$
Spannungsabweichungen	Verhältnis von negativer zu positiver Sequenz max. 2 %
Frequenzniveau	50 oder 60 Hz $\pm 2\%$
Maximale harmonische Spannungsverzerrung am Netzanschlusspunkt (PCC) ohne WEA	Gemäß IEC 61400-1

3.4 Umrichter

Die Generatorleistung mit variabler Frequenz wird gleichgerichtet und in eine konstante Frequenz von 50 Hz oder 60 Hz umgewandelt (AC-DC-AC-Wandlung) und in das Netz eingespeist. Ein Vollumrichter wird verwendet, um die Qualität der elektrischen Leistung zu optimieren, um Oberschwingungen, Flicker und andere unerwünschte Phänomene zu minimieren. Der Umrichter gewährleistet maximale Flexibilität für alle unterschiedlichen Netzumstände. Der Umrichter regelt die Leistung in Abhängigkeit von der Drehzahl der WEA und hält sie konstant auf Nennleistung.

Typ	IGBT
Kühlung	Wasser-/Luftgekühlt
Netzanbindung	AC-DC-AC
Netzseitiger Typ	3 Phasen
Netzseitige Anbindung	Motorbetriebener Hauptleistungsschalter
Netzfiltertopologie	LCL
Regelungsbetrieb	Drehmomentreferenz
Leistungsfaktorstandard	Steuerbar zwischen 0,92 und 1,00, voreilend oder nacheilend
Stromqualität	THD $< 4\%$
Strommessung	+ und – kWh
Schutz	Überspannungsableiter 10 kA
Schutzart	IP54
Einschaltstrom beim Start	Kein Einschaltstromstoß
Netzseitige Spannung	690 V

3.5 Blattverstelleinheit

Typ	Elektrisch betätigt
Prinzip	3 unabhängige Blattverstelleinheiten
Blattwinkelbereich	0 bis 90°
Notfall	AC-Motoren + Supercap-Stromversorgung

3.6 Regelungssystem

Hauptregelungstyp	SPS
Rotorregelung	Blattverstellantriebsregelung und Übergeschwindigkeitsschutz
Gondelsteuerung	Rotorgeschwindigkeitsregelung/Alarmbehandlung/Azimutsteuerung/Wind, Temperatur, Beschleunigung, Kabelverdrehung und andere Messungen/Datenprotokollierung
Turmfußsteuerung	Bedienpanel MMS

3.7 Fundamenterdung

Der Haupterdungsstrang beginnt mit Überspannungsableitern und führt durch den drehungsfreien Generatorträger zu Gondel und Turm und schließlich in die Fundamenterder. Die Fundamentbewehrung und die Erdungselektroden bilden zusammen den zentralen Erdungspunkt der Windenergieanlage, an den alle Erdungsanschlüsse angeschlossen sind. Die Erdung des Fundamentes hängt von den örtlichen Bodenverhältnissen ab. Der Erdungswiderstand entspricht den Anforderungen der örtlichen Behörden. Der maximale Widerstand sollte nicht höher als 2,5 Ohm sein.

Leiterrings: Die Außenbewehrung ist in 1 m Höhe als erste Stufe des Ringleiters galvanisch miteinander verbunden (entsprechend 50 mm² Kupfer). Der zweite Ring besteht aus einem geschlossenen Kupferleiterrings von 50 mm² in einem Abstand von 1 Meter vom Fundament und 1 Meter unter dem Boden. Dieser Ring ist mit dem ersten Bewehrungsring verbunden. Der Kupferringleiter ist mit mindestens 2 kupferbeschichteten Erdungselektroden verbunden. Die Länge des Stabs hängt vom Widerstand ab, der erreicht werden kann.

3.8 Blitzschutz

Alle wichtigen Komponenten wie Rotorblätter, Lager und Elektronik sind blitzgeschützt. Der Blitzschutz der Rotorblätter ist mit der Hauptstahlkonstruktion verbunden, um die Lager über 3 Kupferbürstenableiter zu umgehen. Die Anemometer- und Befuerungsmasten/-stangen haben ebenfalls Blitzableiter, die alle an die Gondel, den Turm und das Fundament angeschlossen sind. Die elektronischen Geräte und Sensoren sind ordnungsgemäß mit der Erdungsanlage verbunden und durch Stahlgehäuse geschützt.

4 Personensicherheit

Die WEA wird von geschulten Personen installiert und gewartet. Installation und Wartung werden gemäß den Lagerwey Anforderungen durchgeführt. Das Installations- und Wartungshandbuch beschreibt alle Sicherheitseinrichtungen der WEA sowie die persönliche Schutzausrüstung und Sicherheitsregeln. Während der Installation und im Betrieb werden lokale Arbeits- und Gesundheitsschutzvorschriften der lokalen Behörden eingehalten.

5 Optionen

Lagerwey bietet folgende Optionen (weitere Optionen auf Anfrage erhältlich).

5.1 Eisdetektor

Optional kann ein Eisdetektor installiert werden. Ein spezieller Eisdetektor, der auf der Gondeloberseite platziert ist, kann Eisbildung erkennen. Dies bringt die WEA in einen normalen Stoppzustand, wodurch das Risiko eines Eiswurfs vermieden wird. Dies kann von den Behörden gemäß den lokalen Vorschriften in Gebieten mit Vereisungsgefahr verlangt werden.

5.2 Hinterkantenkämme

In geräuschempfindlichen Bereichen sind optional Hinterkantenkämme an den Rotorblättern erhältlich, die das Rauschen an der Endkante zu reduzieren.

5.3 Lagerwey Monitoring System (LMS)

Optional ist die Fernsteuerungssoftware LMS (Lagerwey Monitoring System) für Kunden lieferbar. Dieses System ist über das Internet zugänglich und kann verschiedene Informationsebenen und/oder die Funktion der WEA steuern. Die WEA bietet auch OPC-Verbindungen zu Drittsystemen.

5.4 Befuerung

Um sicherzustellen, dass die lokalen Anforderungen erfüllt werden, kann optional eine Befuerung hinzugefügt werden. Die Befuerung kann an der Spitze des Generators platziert werden. In Windparks kann die Befuerung synchronisiert werden.

5.5 System zur Schattenwurfreduzierung

Lagerwey bietet ein eigenes flexibles und wirksames System zur Reduzierung des Schattenwurfs an. Das System kann gemäß spezifischen Kundenanforderungen und/oder lokalen Vorschriften konfiguriert werden.