

Technische Beschreibung

ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E2

Herausgeber

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
 Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
 E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
 Geschäftsführer: Hans-Dieter Kettwig, Jost Backhaus, Dr. Thomas Cobet,
 Momme Janssen, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
 Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
 Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

Urheberrechtshinweis

Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

Geschützte Marken

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

Änderungsvorbehalt

Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

Dokumentinformation

Dokument-ID	D0918234-3		
Datum	Sprache	DCC	Werk/Abteilung
2020-05-13	de	DA	WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion

Inhaltsverzeichnis

1	Übersicht ENERCON Windenergieanlage	4
2	Komponenten der ENERCON Windenergieanlage	5
2.1	Rotorblätter	5
2.2	Gondel	5
2.3	Generator	5
2.4	Turm	5
2.5	Umrichter	6
3	Steuer- und Sicherheitssystem	7
3.1	Sensorsystem	7
3.1.1	Redundante Sensoren	7
3.1.2	Kontrolle der Sensoren	7
3.1.3	Drehzahlüberwachung	7
3.1.4	Temperaturüberwachung	7
3.1.5	Überwachung der Kabelverdrillung	8
3.2	Drehmomentregelung	8
3.3	Rotorblattverstellung	8
3.4	Windnachführung	8
3.5	Erdung und Blitzschutz	9
4	Fernüberwachung	10
5	Wartung	11
6	Technische Daten ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E2	12

1 Übersicht ENERCON Windenergieanlage

Die ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E2 ist eine direktgetriebene Windenergieanlage mit Dreiblattrotor, aktiver Rotorblattverstellung, drehzahlvariabler Betriebsweise und einer Nennleistung von 5500 kW. Sie hat einen Rotordurchmesser von 160 m und ist mit Nabenhöhen von 119,9 m bis 166,6 m lieferbar.

2 Komponenten der ENERCON Windenergieanlage

2.1 Rotorblätter

Die Rotorblätter aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) haben wesentlichen Einfluss auf den Ertrag der Windenergieanlage sowie auf ihre Geräuschemission. Form und Profil der Rotorblätter wurden gemäß den folgenden Vorgaben entwickelt:

- hoher Leistungsbeiwert
- lange Lebensdauer
- geringe Geräuschemissionen
- niedrige mechanische Lasten
- effizienter Materialeinsatz

Die Rotorblätter der Windenergieanlage sind speziell für den Betrieb mit variabler Rotorblattverstellung und variabler Drehzahl ausgelegt.

Optional oder teilweise auch serienmäßig sind die Rotorblätter mit einem Zackenprofil in einem Teilbereich der Rotorblatthinterkante ausgestattet. Dieser Hinterkantenkamm (Trailing Edge Serration) verkleinert die Turbulenzen an der Rotorblatthinterkante und mindert damit die Schallemission der Windenergieanlage.

2.2 Gondel

Die tragende Struktur des Maschinenhauses besteht aus Gusseisen (EN-GJS-400-LT). Die Gondelverkleidung besteht aus GFK. Die Gondel ist durch ein Azimutlager mit dem Turmkopf verbunden.

Mit den Azimutantrieben kann die gesamte Gondel gedreht werden, damit der Rotor stets optimal zum Wind ausgerichtet ist.

2.3 Generator

Der direktgetriebene Generator ist ein mehrpoliger Generator. Die Erregung erfolgt durch Permanentmagnete am Generator-Rotor. Der Generator ist luftgekühlt, mit einer passiven äußeren Luftkühlung durch den Luftstrom und einer aktiven inneren Luftspaltkühlung. Der Generator ist für eine Nennleistung von 5,5 MW ausgelegt. Für die Wartung verfügt der Generator über eine Rotorarretierung und eine Rotorhaltebremse.

2.4 Turm

Für die Windenergieanlage wird ein modularer Stahlturm (MST) verwendet. Der MST besteht aus Stahlsektionen und einem Turmfußflansch. Er ist durch einen Fundamentkorb im Stahlbetonfundament verankert. Die Stahlsektionen bestehen aus mehreren gekanteten Blechen, die auf der Baustelle verschraubt werden. Die Sektionen werden miteinander und mit dem Fußflansch verschraubt. Die oberste Sektion ist geschweißt und bildet den Übergang zwischen den geschraubten Sektionen und dem Turmkopfflansch.

Der MST verfügt über eine leitergeführte Aufstiegshilfe.

Der Transformator und die Mittelspannungsschaltanlage sind im Turmfuß untergebracht. Es ist möglich, den Turm mit einem Climbing Crane aufzubauen.

2.5 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.

3 Steuer- und Sicherheitssystem

Die Windenergieanlage verfügt über eine Vielzahl von sicherheitstechnischen Einrichtungen, die dazu dienen, die Windenergieanlage dauerhaft in einem sicheren Betriebsbereich zu halten. Hierzu zählen Komponenten, die ein sicheres Anhalten der Windenergieanlage ermöglichen und ein komplexes Sensorsystem, das darüber hinaus weitere Funktionen erfüllt.

Bewegen sich sicherheitsrelevante Betriebsparameter außerhalb eines zulässigen Bereichs, wird die Windenergieanlage mit reduzierter Leistung weiterbetrieben oder angehalten.

3.1 Sensorsystem

Eine Vielzahl von Sensoren erfasst laufend den aktuellen Zustand der Windenergieanlage und die relevanten Umgebungsparameter. Die entsprechenden Informationen stellt das Sensorsystem über das Fernüberwachungssystem ENERCON SCADA bereit. Die Steuerung wertet die Signale aus und steuert die Windenergieanlage so, dass die aktuell verfügbare Windenergie optimal ausgenutzt wird und dabei die Sicherheit des Betriebs gewährleistet ist.

3.1.1 Redundante Sensoren

Um eine Plausibilitätsprüfung durch Vergleich der gemeldeten Werte zu ermöglichen, sind für einige Betriebszustände redundante Sensoren eingebaut. Dies gilt z. B. für die Messung der Temperatur im Generator, die Messung der Windgeschwindigkeit oder die Messung des aktuellen Rotorblattwinkels. Ein defekter Sensor wird zuverlässig erkannt und kann durch die Aktivierung eines Reservesensors ersetzt werden. Die Windenergieanlage kann dadurch in der Regel ohne sofortigen Serviceeinsatz sicher weiter betrieben werden.

3.1.2 Kontrolle der Sensoren

Die Funktionstüchtigkeit aller Sensoren wird entweder im laufenden Betrieb regelmäßig durch die Steuerung selbst oder, wo dies nicht möglich ist, im Zuge der Wartung kontrolliert.

3.1.3 Drehzahlüberwachung

Die Steuerung der Windenergieanlage regelt durch Verstellung des Blattwinkels die Rotordrehzahl so, dass die Nenndrehzahl auch bei sehr starkem Wind nicht nennenswert überschritten wird. Auf plötzlich eintretende Ereignisse, wie z. B. eine starke Windbö oder eine schlagartige Verringerung der Generatorlast, kann die Rotorblattverstellung jedoch unter Umständen nicht schnell genug reagieren. Wenn die Nenndrehzahl um einen festgelegten Wert überschritten wird, hält die Steuerung die Windenergieanlage an. Die Windenergieanlage kann über das Fernüberwachungssystem neu gestartet werden.

Wenn ein Fehler vorliegt, wird die Windenergieanlage durch eine Notverstellung angehalten.

3.1.4 Temperaturüberwachung

Einige Komponenten der Windenergieanlage werden gekühlt. Zudem messen Temperatursensoren kontinuierlich die Temperatur an Komponenten, die vor hohen Temperaturen geschützt werden müssen.

Bei zu hohen Temperaturen wird die Leistung der Windenergieanlage reduziert, gegebenenfalls wird die Windenergieanlage angehalten. Die Windenergieanlage kühlt ab und läuft im Allgemeinen automatisch wieder an, sobald eine vorgegebene Grenztemperatur unterschritten wird.

Einige Messpunkte sind zusätzlich mit Übertemperaturschaltern ausgerüstet. Diese veranlassen ebenfalls ein Anhalten der Windenergieanlage, in bestimmten Fällen ohne automatischen Wiederanlauf nach Abkühlung, wenn die Temperatur einen bestimmten Grenzwert überschreitet.

Einige Baugruppen, z. B. die Energiespeicher der Gefahrenbefreiung und der Generator, werden bei zu niedrigen Temperaturen gewärmt, um sie betriebsbereit zu halten.

3.1.5 Überwachung der Kabelverdrillung

Die Turmkabel haben im oberen Turmbereich so viel Bewegungsspielraum, dass die Gondel um 1,5 Umdrehungen nach links und rechts gedreht werden kann, ohne dass die Turmkabel dabei beschädigt werden und/oder überhitzen. Je nach Grad der Verdrillung und Höhe der Windgeschwindigkeit entscheidet die Steuerung der Windenergieanlage, wann die Turmkabel entdrillt werden müssen.

Die Überwachung der Kabelverdrillung verfügt über eine Sensorik, die bei einer Überschreitung des zulässigen Stellbereichs die Stromversorgung der Azimutmotoren unterbricht.

3.2 Drehmomentregelung

Die Windenergieanlage ist drehzahl geregelt. Die Differenz zwischen dem aerodynamischen und dem elektromechanischen Drehmoment bestimmt die Rotordrehzahl bei Teillast. Das Gegendrehmoment wird entsprechend der Windgeschwindigkeit und dem ankommenden Drehmoment optimiert und folgt einer optimalen Schnelllaufzahl. Unter Vollastbedingungen wird die Ausgangsleistung durch die Drehmomentregelung konstant gehalten. Das vom Generator erzeugte Gegendrehmoment wird vom Umrichter gesteuert.

3.3 Rotorblattverstellung

Die Rotorblattverstellung ändert die Position der Rotorblätter und damit den Anstellwinkel, mit dem die Luft das Rotorblattprofil anströmt. Mit dem Rotorblattwinkel ändert sich der Auftrieb des Rotorblatts und damit auch die Kraft, mit der der Rotor gedreht wird.

Im Automatikbetrieb (Normalbetrieb) wird der Rotorblattwinkel so eingestellt, dass einerseits die im Wind enthaltene Energie optimal ausgenutzt wird und andererseits keine Überlastung der Windenergieanlage eintritt; dabei werden auch Randbedingungen wie Schalloptimierung eingehalten. Außerdem ermöglicht die Rotorblattverstellung das aerodynamische Abbremsen des Rotors.

Erreicht die Windenergieanlage ihre Nennleistung, dreht die Rotorblattverstellung die Rotorblätter bei weiter steigender Windgeschwindigkeit gerade so weit aus dem Wind, dass die Rotordrehzahl und die vom Wind aufgenommene und vom Generator umzusetzende Leistung die Nennwerte nicht oder nur unwesentlich übersteigen.

3.4 Windnachführung

Auf dem Turmkopf befindet sich das Azimutlager mit einem außenverzahnten Zahnkranz. Das Azimutlager ermöglicht die Drehung und somit die Windnachführung der Gondel.

Ist die Abweichung zwischen der Windrichtung und der Richtung der Rotorachse größer als der vorgegebene zulässige Maximalwert, werden die Azimutantriebe eingeschaltet, die die Gondel dem Wind nachführen. Die Steuerung der Azimutmotoren gewährleistet ein sanftes Anlaufen und Bremsen. Die Steuerung überwacht die Windnachführung. Erkennt die Steuerung Unregelmäßigkeiten, wird die Windnachführung deaktiviert und die Windenergieanlage angehalten.

3.5 Erdung und Blitzschutz

Der Haupterdungsstrang führt von den Blitzfangeinrichtungen in den Rotorblättern durch den drehungsfreien Generatorträger zu Gondel und Turm und anschließend in die Fundamenterder. Die Fundamentbewehrung und die Erdungselektroden bilden zusammen den zentralen Erdungspunkt der Windenergieanlage, an den alle Erdungsanschlüsse angeschlossen sind. Die Windmessstation und die Gondel verfügen ebenfalls über Blitzfangeinrichtungen, die mit der tragenden Struktur des Maschinenhauses verbunden sind.

Das GFK der Gondelverkleidung hat eine spezielle Netzstruktur auf der Innenseite. Dadurch funktioniert das GFK wie ein faradayscher Käfig und schützt die Komponenten in der Gondel vor Blitzeinschlägen, gefährlichen elektrischen Feldern und Magnetfeldern. Die Metallkomponenten in der Gondel sind durch den Haupterdungsstrang geerdet.

4 Fernüberwachung

Standardmäßig sind alle ENERCON Windenergieanlagen über das ENERCON SCADA System mit der regionalen Serviceniederlassung verbunden. Die regionale Serviceniederlassung kann jederzeit die Betriebsdaten von jeder Windenergieanlage abrufen und ggf. sofort auf Auffälligkeiten und Störungen reagieren.

Auch alle Statusmeldungen werden über das ENERCON SCADA System an eine Serviceniederlassung gesendet und dort dauerhaft gespeichert. Nur so ist gewährleistet, dass alle Erfahrungen aus dem praktischen Langzeitbetrieb in die Weiterentwicklung der ENERCON Windenergieanlagen einfließen können.

Die Anbindung der einzelnen Windenergieanlagen läuft über den ENERCON SCADA Server, der üblicherweise in der Übergabestation oder in dem Umspannwerk eines Windparks aufgestellt wird. In jedem Windpark ist ein ENERCON SCADA Server installiert.

Auf Wunsch des Betreibers kann die Überwachung der Windenergieanlagen von einer anderen Stelle übernommen werden.

5 **Wartung**

Um den dauerhaft sicheren und optimalen Betrieb der Windenergieanlage sicherzustellen, muss die Windenergieanlage in regelmäßigen Abständen gewartet werden.

Die Windenergieanlage wird regelmäßig, je nach Anforderung mindestens einmal jährlich, gewartet.

Bei der Wartung werden alle sicherheitsrelevanten Komponenten und Funktionen geprüft, z. B. die Rotorblattverstellung, die Windnachführung, die Sicherheitssysteme, das Blitzschutzsystem, die Anschlagpunkte zur Personensicherung und die Sicherheitssteigleiter. Die Schraubverbindungen an den tragenden Verbindungen (Hauptstrang) werden geprüft. Alle weiteren Komponenten werden einer Sichtprüfung unterzogen, bei der Auffälligkeiten und Schäden festgestellt werden. Verbrauchte Schmierstoffe werden nachgefüllt.

Die Wartungsintervalle und Wartungsumfänge können je nach regionalen Richtlinien und Normen abweichen.

6 Technische Daten ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E2

Allgemein	
Hersteller	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich
Typenbezeichnung	E-160 EP5 E2
Nennleistung	5500 kW
Auslegungslebensdauer	20 Jahre
Rotordurchmesser	160 m
IEC-Windklasse (ed. 3)	IIIA
DIBt-Windzone/Geländekategorie	WZ S GK S
Extrem-Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (10-min-Mittelwert)	37,5 m/s entspricht einem Lastäquivalent von circa 52,5 m/s (3-s-Bö)
Konstruktionsstandards	gemäß IEC 61400-1 Ausgabe 3

Rotor mit Rotorblattverstellung	
Typ	Luvläufer mit aktiver Rotorblattverstellung
Drehrichtung	Uhrzeigersinn
Rotorblattanzahl	3
Rotorblattlänge	78,3 m
überstrichene Rotorfläche	20 106 m ²
Rotorblattmaterial	Glasfaser + Polyester
minimale Betriebsdrehzahl	2,8 U/min
Nennzahl	9,3 U/min
Solldrehzahl	9,4 U/min
Ausschaltwindgeschwindigkeit	22 m/s (10-Minuten-Mittel)
Konuswinkel	≤5°
Neigung der Rotorachse	6°
Rotorblattverstellung	je Rotorblatt ein autarkes elektrisches Stellsystem mit zugeordneter Notversorgung

Antriebsstrang mit Generator

Anlagenkonzept	getriebelos, variable Drehzahl, Vollumrichter
Nabe	starr
Lagerung	2 Kegelrollenlager
Generator	direktgetriebener permanenterregter Synchron-generator
Schutzart/Isolationsklasse	IP 54/F

Bremssystem

aerodynamische Bremse	drei autarke Rotorblattverstelleinheiten mit Notversorgung
Rotorhaltebremse	hydraulisch
Rotorarretierung	in 30°-Stufen rastend

Windnachführung

Azimuthverstellung	elektromechanisches Stellsystem
Azimuthbremse	hydraulisch

Steuerung

Typ	Mikroprozessor
Netzeinspeisung	Vollumrichter mit hoher Taktfrequenz und sinusförmigem Strom
Fernüberwachung	ENERCON SCADA
unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)	integriert

Turmvarianten

Nabenhöhe	Gesamthöhe	Bauart	Windklasse	Windzone
119,9 m	199,9 m	modularer Stahlturm	IEC IIIA ¹	DIBt WZ S GK S ²
140,0 m	220,0 m	modularer Stahlturm	IEC IIIA ¹	DIBt WZ S GK S ²
166,6 m	246,6 m	modularer Stahlturm	IEC IIIA ¹	DIBt WZ S GK S ²

¹ Ausgabe der Richtlinie Edition 3

² Ausgabe der Richtlinie 2012