

Technische Beschreibung

Sturmregelung

ENERCON Windenergieanlagen EP1, EP2, EP3, EP4

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	D0178786-10
Vermerk	Originaldokument

Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2020-07-16	de	DB	WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion

Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in (). Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments.

Dokument-ID	Titel
-	Datenblatt General Design Conditions

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	5
2	Verhalten der Windenergieanlage	6
3	Ertragssteigerung	8

1 Allgemeines

ENERCON Windenergieanlagen werden mit einer speziellen Sturmregelung betrieben. Diese ermöglicht einen abgeregelten Anlagenbetrieb bei sehr hohen Windgeschwindigkeiten ohne übliche Haltevorgänge, die zu beträchtlichen Ertragsverlusten führen würden.

Zudem hat die Sturmregelung einen positiven Einfluss auf die Stabilität des elektrischen Netzes, da die Windenergieanlagen die Leistungseinspeisung allmählich reduzieren und nicht abrupt einstellen.

2 Verhalten der Windenergieanlage

Bei der Sturmregelung wird ab einer für jeden Windenergieanlagentyp definierten Windgeschwindigkeit die Drehzahl linear reduziert, bis sie auf die Mindestdrehzahl bei Sturm abgefallen oder die Abschaltwindgeschwindigkeit erreicht ist.

Windenergieanlagentyp	Minstdrehzahl bei Sturm
E-44, E-48, E-53	5,0 U/min
E-70 E4, E-82 E2, E-82 E4, E-92, E-103 EP2	3,5 U/min
E-101, E-101 E2, E-115, E-115 E2	3,0 U/min
E-126 EP4, E-141 EP4	2,5 U/min
E-115 EP3 E3, E-126 EP3, E-138 EP3, E-138 EP3 E2	3,0 U/min

Bei Windenergieanlagen mit Schalenanemometer wird die Sturmregelung bei einer Außentemperatur von $<3\text{ }^{\circ}\text{C}$ automatisch deaktiviert.

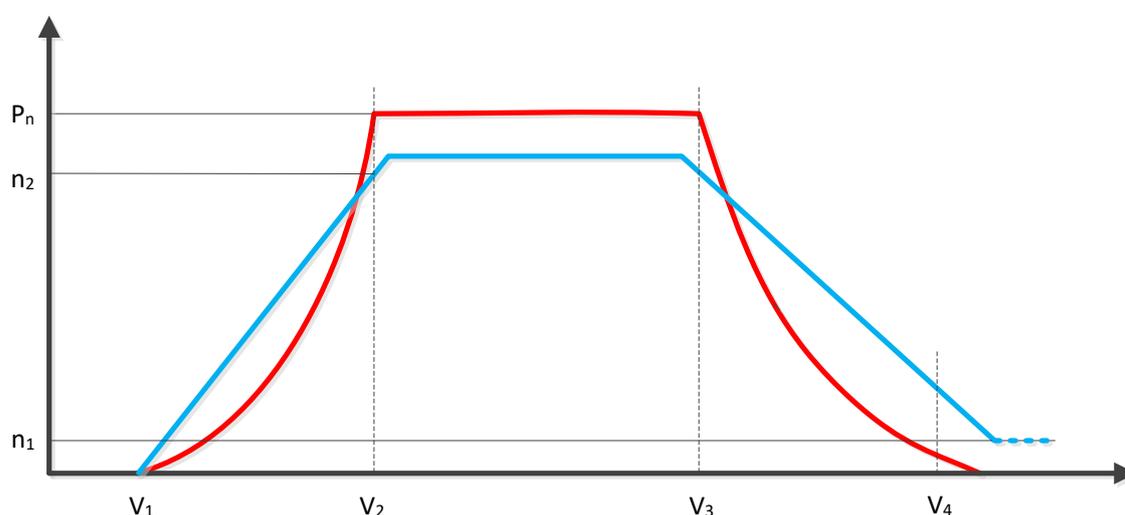


Abb. 1: Kennlinie bei aktivierter Sturmregelung (Beispiel)

—	Drehzahl n	—	Wirkleistung P
V_1	Einschaltwindgeschwindigkeit	V_2	Nennwindgeschwindigkeit
V_3	Beginn der Sturmregelung (12-s-Mittelwert)	V_4	Abschaltwindgeschwindigkeit (10-min-Mittelwert)
n_1	Minstdrehzahl bei Sturm	n_2	Nennzahl bei Nennleistung
P_n	Nennleistung		

Die Werte für den Beginn der Sturmregelung (V_3) und die Abschaltwindgeschwindigkeit (V_4) sind im anlagenspezifischen „Datenblatt General Design Conditions“ im Kapitel *Technische Daten der Windenergieanlage* hinterlegt.

Aufgrund des Einflusses von Turbulenzen und durch schwankende Windgeschwindigkeiten kann sich für 10-min-Mittelwerte abhängig vom Standort und von den vorherrschenden Windverhältnissen ein anderes Bild ergeben, wie aus nachfolgendem Beispiel ersichtlich wird:

Bei einer über 10 min konstanten Windgeschwindigkeit von 28 m/s erzeugt die Windenergieanlage über den gesamten Zeitraum permanent 100 % der Nennleistung. Für den 10-min-Mittelwert ergibt sich somit eine Leistungsausbeute von 100 % der Nennleistung.

Liegt dagegen für 5 min eine Windgeschwindigkeit von 32 m/s an, wird die Leistung für diesen Zeitraum auf etwa $\frac{1}{3}$ der Nennleistung reduziert. Wenn für weitere 5 min eine Windgeschwindigkeit von 24 m/s anliegt, liefert die Windenergieanlage über diesen Zeitraum 100 % der Nennleistung. Für den gesamten Mittelungszeitraum von 10 min ergibt sich somit eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit von 28 m/s. Die über 10 min gemittelte Leistungsausbeute beträgt etwa 66 % der Nennleistung.

3 Ertragssteigerung

An Standorten mit hohen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten, die an vielen Tagen pro Jahr und mehreren Stunden am Tag Werte über 25 m/s erreichen, kann der Ertrag durch den Einsatz der Sturmregelung erhöht werden.

Der tatsächliche zusätzliche Ertrag hängt stark von den Standortbedingungen, z. B. Turbulenzintensität und Windhäufigkeitsverteilung, sowie dem Windenergieanlagentyp ab und sollte unter Berücksichtigung dieser Faktoren standortspezifisch ermittelt werden. Die Abteilung ENERCON Wind Farm Engineering kann standortspezifische Auswertungen durchführen, um den erwarteten Mehrertrag mithilfe des Storm Control Yield Gain Estimator (SCYGE) Tools zu bestimmen.

Die Berechnung des möglichen zusätzlichen Ertrags vom jährlichen Ertrag erfolgt auf Grundlage der garantierten Leistungskurve.

Das folgende Beispiel zeigt eine E-70 E4 an einem Standort mit einer durchschnittlichen Turbulenzintensität von 10 %.

Tab. 1: Beispiel: Möglicher zusätzlicher Ertrag einer E-70 E4 (Betriebsmodus 0, 1,225 kg/m³)

Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (Jahresdurchschnitt)	Möglicher zusätzlicher Ertrag vom jährlichen Ertrag in Prozent für verschiedene Windgeschwindigkeitsverteilungen		
	Weibull k-Faktor 2,5	Weibull k-Faktor 2,0	Weibull k-Faktor 1,5
8 m/s	0,0 %	0,1 %	1,5 %
9 m/s	0,0 %	0,3 %	2,7 %
10 m/s	0,1 %	0,9 %	4,1 %
11 m/s	0,3 %	2,0 %	5,6 %