

Technische Beschreibung

ENERCON Windenergieanlagen
Schattenabschaltung

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, Simon-Hermann Wobben
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	D0229982-3
Vermerk	Originaldokument

Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2017-05-11	de	DA	WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion

Allgemeines

Periodischer Schattenwurf ist die wiederkehrende Verschattung des direkten Sonnenlichts durch die Bewegung der Rotorblätter einer Windenergieanlage. Das Auftreten dieses Effekts ist abhängig von der aktuellen lokalen Wetterlage, der Ausrichtung der Gondel entsprechend der Windrichtung, dem Sonnenstand und den Betriebszeiten der Windenergieanlage.

Ziel der bei ENERCON Windenergieanlagen eingesetzten Schattenabschaltung ist es, die einzelne Windenergieanlage unter Berücksichtigung der meteorologischen Situation zielgerichtet abzuschalten und so Immissionen durch periodischen Schattenwurf an relevanten Orten, wie z. B. Wohnräumen, Schlafräumen, Arbeitsstätten, Schulen und Terrassen, sicher zu vermeiden oder zu verringern.

Funktionsweise

Die Schattenabschaltung ist eine Funktion, die in der Steuerung der Windenergieanlage integriert ist. Sie wird anlagenbezogen in der Windenergieanlage aktiviert, für die eine Schattenabschaltung erforderlich ist. Dabei wird jede Windenergieanlage autark geregelt. Eine Abschaltung mehrerer Windenergieanlagen über ein System, wie z. B. eine Parkregelung, ist nicht möglich. Die Programmierung und Einstellung der Parameter der Schattenabschaltung erfolgt über das Display im Steuerschrank der Windenergieanlage.

Bestimmung der potentiellen Schattenabschaltzeit

Der Schattenabschaltung liegt ein kalendarisches System zugrunde. Die Zeiten des astronomisch maximal möglichen Schattenwurfs für betroffene Immissionsorte werden unter Berücksichtigung der standortspezifischen Parameter wie Nabenhöhe, Rotordurchmesser und Koordinaten der Windenergieanlage sowie der Lage des Immissionsorts und dessen Topografie berechnet.

Die Ergebnisse umfassen die Schattenwurfperioden an maßgeblichen Immissionsorten unter Angabe der täglichen Anfangs- und Endzeit des periodischen Schattenwurfs. Die daraus ermittelten Abschaltzeiten werden in Form einer Tabelle in die Steuerung der Windenergieanlage programmiert. Ein Feinabgleich dieser Abschaltzeiten ist für jeden Immissionsort und Zeitraum jederzeit durchführbar.

Messung der Beleuchtungsstärke

Die Erzeugung periodischen Schattenwurfs durch die Bewegung der Rotorblätter der Windenergieanlage ist abhängig von der Sonneneinstrahlung. Gemäß der Aussagen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) ist Schattenwurf zu erwarten, wenn die Sonnenstrahlung auf der zur Einfallrichtung normalen Ebene mehr als 120 W/m^2 beträgt.

Die Höhe der Beleuchtungsstärke auf einer waagerechten Messfläche wird vom Einfallswinkel der Sonne (Sonnenstand) sowie dem fotometrischen Strahlungsäquivalent beeinflusst. Dieses wird von der Lichtbrechung und der Lufttrübung bestimmt und ist ebenfalls vom Sonnenstand abhängig. Für die Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit zum Sonnenstand können somit nur näherungsweise Werte bestimmt werden. Zudem ist der Anlagensteuerung der aktuelle Sonnenstand nicht bekannt.

Für die Schattenabschaltung von ENERCON Windenergieanlagen wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem das Auftreten von Schattenwurf jederzeit genau beurteilt werden kann. Zur Messung der Beleuchtungsstärke werden 3 Sensoren im Winkel von 120° im unteren Bereich des Turms der Windenergieanlage montiert. Durch diese Anordnung befinden sich mindestens ein Sensor an der

Sonnenseite und ein Sensor an der Schattenseite des Turms. Die Steuerung der Windenergieanlage ermittelt aus den Messwerten der 3 Sensoren die höchste und die niedrigste Beleuchtungsstärke, also die Licht- bzw. die Schattenintensität.

Die Beurteilung, ob Schattenwurf möglich ist, erfolgt somit nicht über eine mit Toleranzen behaftete Messung der Beleuchtungsstärke, sondern über das Verhältnis von Schatten- zu Lichtintensität und der daraus ermittelten Abschaltintensität.

Für eine Beleuchtungsstärke von 120 W/m^2 beträgt die ermittelte Abschaltintensität 36 %. Dieser Wert ist weitestgehend unabhängig vom Sonnenstand. Sinkt nun das Verhältnis von Schatten- zu Lichtintensität unter 36 %, liegt eine Beleuchtungsstärke von mehr als 120 W/m^2 vor. Es kommt zu Schattenwurf.

Dieser Wert wurde im Rahmen eines 2-jährigen Praxistests von Schattenabschaltmodulen validiert. Die Abschaltintensität kann bei Bedarf individuell verändert werden.

Abschaltautomatik

Sobald innerhalb des programmierten Zeitfensters der eingestellte Wert der Abschaltintensität unterschritten ist, wird die Schattenabschaltung aktiviert.

Eine Mittelwertbildung für die gemessene Beleuchtungsstärke erfolgt nicht. Die Abschaltautomatik reagiert somit auch bei einer kurzzeitigen Unterschreitung des eingestellten Werts der Abschaltintensität. Eine Verzögerungszeit für das Ansprechen der Schattenabschaltung kann über Filterzeiten definiert werden. Der Parameter *Filterzeit ein* legt fest, wie lange im Mittel die Schattenintensität unterhalb der Abschaltintensität liegen muss, damit die Schattenabschaltung aktiviert wird.

Ändern sich die Lichtverhältnisse so, dass Schattenwurf nicht mehr möglich ist, bleibt die Schattenabschaltung zunächst aktiv. Die Schattenabschaltung wird deaktiviert und die Windenergieanlage nimmt den Betrieb wieder auf, wenn das programmierte Zeitfenster abgelaufen ist oder wenn über einen vorgegebenen Zeitraum der Wert der Abschaltintensität dauerhaft überschritten wird. Der Parameter *Filterzeit aus* legt fest, wie lange im Mittel die Schattenintensität oberhalb der Abschaltintensität liegen muss, damit die Schattenabschaltung deaktiviert wird.

Toleranzen und Sicherheit

Der für die Messung der Beleuchtungsstärke verwendete Sensortyp weist in der Regel eine Toleranz von $\pm 10 \%$ auf. Nach Überprüfung der Sensoren werden im Rahmen der Qualitätssicherung werksseitig jeweils 3 Sensoren ausgewählt, die zueinander eine Toleranz von maximal $\pm 1 \%$ aufweisen. Da keine absoluten Messwerte für die Auswertung der Signale von Bedeutung sind, sondern nur das Verhältnis der Beleuchtungsstärken, wird so eine sehr hohe Genauigkeit erzielt.

Zudem wird die Funktion der Lichtsensorik während des Betriebs 2-mal täglich automatisch auf Plausibilität geprüft. Hierzu werden die Spannungen an den 3 Lichtsensoren um 0 Uhr und um 13 Uhr gemessen. Sind die gemessenen Werte nicht plausibel, wird eine Meldung generiert und eine Überprüfung der Sensoren vor Ort veranlasst.

Durch den Ausfall eines Sensors, z. B. durch Kabelbruch oder Kurzschluss, fällt das Verhältnis von Schatten- zu Lichtintensität unter den Wert der Abschaltintensität. Die Windenergieanlage hält innerhalb des programmierten Zeitfensters an. Die Anlagensteuerung generiert eine Meldung, die angibt, welcher der 3 Sensoren ausgefallen ist.

Protokollierung und Verfügbarkeit

Die Aktivierung der Schattenabschaltung wird von der Datenfernübertragung als Statusmeldung mit Datum, Uhrzeit und Dauer protokolliert und über mehrere Jahre gespeichert.

Bei Bedarf erfolgt eine Protokollierung der gemessenen Daten der Lichtsensorik. Dabei wird das Verhältnis von Schatten- und Lichtintensität als Minutenmittelwert sowie das Minimum und das Maximum des Minutenintervalls und die definierte Abschaltintensität protokolliert.

Die Schattenabschaltung ist für alle Windenergieanlagen der aktuellen ENERCON Produktpalette verfügbar. Für Windenergieanlagen, die an Standorten stehen, an denen die Sensoren durch Bäume oder Gebäude verdeckt werden könnten, wird gegebenenfalls die Option *Schattenabschaltung Wald* angeboten, bei der die Sensoren erhöht angebracht sind.