

Technische Dokumentation Windenergieanlagen Alle Onshore Anlagentypen



Selbsteinschätzung zur Anwendung der Störfall-
Verordnung nach 12. BImSchV für
Windenergieanlagen von GE Wind Energy GmbH



imagination at work

Selbsteinschätzung zur Anwendung der Störfall-Verordnung nach 12. BImSchV für Windenergieanlagen von GE Wind Energy GmbH

Alle technischen Daten unterliegen der möglichen Änderung durch fortschreitende technische Entwicklung!

Klassifizierung: öffentliches Dokument

Urheber- und Verwertungsrechte

Alle Unterlagen sind im Sinne des Urheberrechtgesetzes geschützt. Zuwiderhandlungen sind strafbar und verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte zur Ausübung von gewerblichen Schutzrechten behalten wir uns vor.

2018 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.

GE und  sind Warenzeichen und Dienstleistungsmarken der General Electric Company.

Andere, in diesem Dokument genannte Unternehmens- oder Produktnamen sind ggf. Warenzeichen bzw. eingetragene Warenzeichen ihrer jeweiligen Unternehmen.



imagination at work

Table of Contents

1 Definiertes Anwendungsbereich und Selbsteinschätzung.....5

1 Definiertes Anwendungsbereich und Selbsteinschätzung

Die Störfallverordnung (12. BImSchV) definiert in § 1 den Anwendungsbereich:

Demnach gilt für Betriebsbereiche, in welchen gefährliche Stoffe in den Mengen vorhanden sind, welche die im Anhang I zur 12. BImSchV genannten Mengenschwellen erreichen oder überschreiten, die Störfallverordnung.

Im Anhang I werden 39 gefährliche Stoffe aufgeführt, die zum größten Teil in GE Windenergieanlagen nicht eingesetzt werden. Die übrigen Stoffe erreichen die angegebenen Mengenschwellen nicht.

Demnach unterliegen GE Windenergieanlagen nicht der Störfallverordnung.

Technische Dokumentation Windenergieanlagen Alle Anlagentypen



Sicherheitskonzept

Beschreibung der Sicherheitssysteme



imagination at work

Besuchen Sie uns unter
www.gerenewableenergy.com

Alle technischen Daten unterliegen der möglichen Änderung durch fortschreitende technische Entwicklung!

Die Angaben im Dokument beziehen sich ausschließlich auf Windenergieanlagen die in Deutschland installiert werden, gleichwohl können sie auch für Anlagen außerhalb Deutschlands zutreffend sein.

Klassifizierung: öffentliches Dokument

Urheber- und Verwertungsrechte

Alle Unterlagen sind im Sinne des Urheberrechtsgesetzes geschützt. Zuwiderhandlungen sind strafbar und verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte zur Ausübung von gewerblichen Schutzrechten behalten wir uns vor.

© 2017 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.

GE und  sind Warenzeichen und Dienstleistungsmarken der General Electric Company.

Andere, in diesem Dokument genannte Unternehmens- oder Produktnamen sind ggf. Warenzeichen bzw. eingetragene Warenzeichen ihrer jeweiligen Unternehmen.



imagination at work

Inhaltsverzeichnis

Beschreibung der Sicherheitssysteme.....	5
1 Bremsystem.....	5
2 Blitzschutz.....	5
3 Azimutantrieb.....	5
4 Überwachungssystem.....	5

Beschreibung der Sicherheitssysteme

Die Beschreibung der nachfolgenden Sicherheitssysteme soll einen Überblick über die Sicherheitsstandards einer Windenergieanlage (WEA) geben. Aus Gründen der Geheimhaltung kann diese Beschreibung aber nur einen generellen Charakter haben.

Die Sicherheitskette beinhaltet eine serielle Verkettung von Sensoren und Trennkontakten. Diese überwachen eine große Anzahl von Funktionen wie Rotordrehzahl, Ausgangsleitung, Temperaturen, Vibrationen und andere Signale. Im Falle einer Störung wird die Anlage entsprechend heruntergefahren.

1 Bremssystem

Beim Bremsvorgang der WEA werden die Rotorblätter in einer „Rampe“ in die Fahnenstellung in Richtung von 90° gefahren. Wenn der Rotor dadurch bis auf eine Sollgeschwindigkeit abgebremst wurde, wird zusätzlich eine Scheibenbremse auf der „schnellen“ Welle aktiviert. Bei Ausfall des Netzes können die Rotorblätter über einen Batteriebuffer in Fahnenstellung gefahren werden.

Bei einer Störung reicht es aus, wenn zwei der drei Rotorblätter in Fahnenstellung gefahren werden, um die Anlage aus jeder Situation herunterzufahren.

2 Blitzschutz

Die Rotorblätter, das Maschinenhaus und der Turm sind mit einem entsprechenden Blitzschutzsystem ausgestattet (siehe separates Dokument).

3 Azimutantrieb

Der Azimutantrieb kontrolliert die Ausrichtung des Maschinenhauses und stellt sicher, dass die Anlage jederzeit richtig zum Wind ausgerichtet wird. Zum Schutz der Leistungskabel vor zu starker Verdrillung, ist im Turm unterhalb des Maschinenhauses ein Twistschalter montiert, der die Relativbewegung zwischen Maschinenhaus und Turm auf mechanischem Wege registriert. Wird die maximal zulässige Drehung des Maschinenhauses erreicht, löst der Twistschalter aus und schaltet die Azimutantriebe ab. Über die zentrale Steuerung wird die gesamte Anlage kurzzeitig abgeschaltet und das Maschinenhaus wird wieder in die Nulllage zurückgefahren.

4 Überwachungssystem

Parallel zur Sicherheitskette überwacht die eigentliche Anlagensteuerung alle anlagenspezifischen Variablen und Parameter. Die WEA wird kontrolliert heruntergefahren, oder in den Not Aus, falls spezifizierte Ereignisse eintreten oder Parameter dem festgelegten Sollbereich verlassen. Alle für den Betrieb der Anlage wichtigen Parameter werden aus Sicherheitsgründen mindestens redundant erfasst.

Technische Dokumentation Windenergieanlagen Cypress Plattform - 50 Hz



Blitzschutzsystem Blitzschutzkonzept

Rev. 06a - Doc-0073537- DE 23/04/2020



imagination at work

Besuchen Sie uns unter
www.gerenewableenergy.com

Alle technischen Daten unterliegen der möglichen Änderung durch fortschreitende technische Entwicklung!

Klassifizierung: öffentliches Dokument

Urheber- und Verwertungsrechte

Alle Unterlagen sind im Sinne des Urheberrechtgesetzes geschützt. Zuwiderhandlungen sind strafbar und verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte zur Ausübung von gewerblichen Schutzrechten behalten wir uns vor.

© 2020 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.

GE und das GE Monogramm sind Warenzeichen und Dienstleistungsmarken der General Electric Company.

Andere, in diesem Dokument genannte Unternehmens- oder Produktnamen sind ggf. Warenzeichen bzw. eingetragene Warenzeichen ihrer jeweiligen Unternehmen.



imagination at work

Inhaltsverzeichnis

Document Revision Table	4
1 Allgemeines.....	5
1.1 Anforderungen	5
1.2 Festlegung der Schutzzonen	6
1.3 Umsetzung.....	6
2 Fundamenterder.....	7
3 Schutz des Turms.....	8
4 Schutz der Steuerkabel	8
5 Kabel und Leitungen an den Schnittstellen der Blitzschutzzonen	8
6 Überspannungsschutz des elektrischen Systems.....	9
7 Rotor.....	10
7.1 Ableitung von Blitzeinschlägen in die Rotorblätter	10
7.2 Schutz der Rotorblattverstellereinrichtung.....	10
7.3 HubAbleitung von Blitzeinschlägen in die Rotornabe	10
8 Schutz des Maschinenhauses vor Direkteinschlag	11
8.1 Verkleidung des Maschinenhauses	11
8.2 Erdungssystem des Grundrahmens.....	11
8.3 Erdungssystem des Generators und des Getriebes.....	11
8.4 Windmesseinrichtung.....	11
Ableitung von Windmessgebern.....	11
9 Schutz aller Komponenten in der WEA vor Beschädigungen	11
10 Potentialausgleich	12
11 Ableitung der Blitzströme	12
12 Angewandte Normen.....	12

Document Revision Table

Rev.	Date (DD/MM/YYYY)	Affected Pages	Change Description	
06	16/04/2020	9	Ergänzung in Abbildung 1, Abgang auf 400 V hinzugefügt	
		10	BEARBEITETER Text in Abschnitt 7.3 Blitzeinschlägen in die Rotornabe	Ableitung von
		11	BEARBEITETER Text in Abschnitt 8.2 Grundrahmens	Erdungssystem des
		11	BEARBEITETER Text in Abschnitt 8.3 Generators und des Getriebes	Erdungssystem des
06a	23/04/2020	-	Cypress 6.0-164 hinzugefügt	
		9	Geändert: Abschnitt 7.1 zweiter Absatz	

1 Allgemeines

Das Blitzschutzsystem der Cypress Windenergieanlagen wurde für die Schutzklasse I gemäß IEC 61400 24 konzipiert.

Der MS-seitige Schutz durch Überspannungsableiter oder andere Vorrichtungen fällt allein in den Lieferumfang des Kunden, da die Netzauslegung des Windparks die erforderliche Ausrüstung bestimmt.

Dieses Dokument ist anwendbar für alle Cypress Windenergieanlagen.

1.1 Anforderungen

Es wurde ein EMV-Blitzschutzzonenkonzept erarbeitet, um die Blitzschutzmaßnahmen für die WEA zu spezifizieren. Die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen wurde ausgehend von einer Risikobewertung untersucht, die folgende Schadensursachen berücksichtigt:

- Elektrischer Schlag
- Physikalische Schäden
- Ausfälle elektrischer oder elektronischer Systeme durch Überspannungen

Außerdem wurden verschiedene potentielle Schadensarten berücksichtigt, d. h.:

- Der Verlust von Menschenleben
- Der Verlust von Dienstleistungen
- Der Verlust von unersetzlichem Kulturgut und
- Wirtschaftliche Verluste

1.2 Festlegung der Schutzzonen

Die Blitzschutzmaßnahmen an der Windenergieanlage wurden auf der Basis eines EMV-orientierten Blitzschutzkonzeptes geplant und ausgeführt. Dies bedeutet, dass nach Festlegung der Blitzschutzklasse eine Aufteilung der gesamten WEA in unterschiedliche **Schutzzonen** erfolgte. Diese Zonen haben die Aufgabe, leitungsgebundene Störgrößen und Störfelder auf festgelegte Grenzwerte zu reduzieren. An den Grenzen zwischen zwei Schutzzonen sind die Anforderungen der höheren Schutzzone zu erfüllen.

1.3 Umsetzung

Bereiche, in denen Gegenstände durch direkte Blitzeinschläge und durch das volle elektromagnetische Feld des Blitzes gefährdet sind, fallen in die **Blitzschutzzone 0_A**. Zu diesen Bereichen zählen:

- Rotorblätter
- Rotornabe
- Maschinenhausverkleidung
- Turmaußenbereich

Bereiche, in denen Gegenstände gegen direkte Blitzeinschläge geschützt, aber durch das volle elektromagnetische Feld des Blitzes gefährdet sind, werden als **Blitzschutzzone 0_B** klassifiziert. Dieses sind z. B. die auf dem Maschinenhaus befindlichen Windmesseinrichtungen.

Die **Blitzschutzzone 1** gilt für Bereiche, in denen Gegenstände vor direkten Blitzeinschlägen geschützt sind und in denen Stoßströme an allen Teilen innerhalb dieser Zone gegenüber den Zonen 0_A und 0_B begrenzt werden. Durch räumliche Schirmung kann auch das elektromagnetische Feld des Blitzes in dieser Zone abgeschwächt sein. Diese Bereiche sind:

- Innenbereich des Turms
- Innenbereich von Schaltschränken im Maschinenhaus

Die **Blitzschutzzone 2** stellt eine Zone dar, in der ergänzende Schirmungsmaßnahmen zur weiteren Reduzierung der Störpegel vorgenommen worden sind. Hierbei handelt es sich um Bereiche in Schaltschränken, die im Stahlrohrturm aufgestellt sind.

Die Blitzschutzeinrichtungen der Anlage haben die Aufgabe, bei unvermeidlich auftretenden Blitzeinschlägen Blitzströme und die im Blitz enthaltene Energie gezielt ins Erdreich abzuleiten.

Die Einkoppelwirkungen des hohen und frequenzmäßig extrem breitbandigen Stromes werden durch Schirmungen auf die geforderten Pegel abgeschwächt. Die an den elektrischen Betriebsmitteln auftretenden Überspannungen werden durch Blitzstromableiter bzw. Überspannungsableiter unschädlich gemacht.

2 Fundamenterder

Der Fundamenterder hat die Funktion, den Blitzstrom auf möglichst großer Fläche in den Erdboden abzuleiten. Je höher der Übergangswiderstand zwischen dem Fundamenterder und dem umgebenden Erdboden ist, umso höher ist die Spannung des Fundamenterders gegen das umgebende Erdepotential und damit gegen die in den Turm eintretenden Zuleitungen.

Von besonderer Bedeutung während eines Blitzeinschlags ist nicht nur der Widerstand des Erdungssystems, sondern auch seine Induktivität. Da der Blitzstrom viele Hochfrequenzanteile enthält, treten diese in Wechselwirkung mit der Induktivität der Erdungsanlage und erzeugen sehr hohe Übergangsimpedanzen. Daher kann z. B. ein Erdungssystem, das mittels horizontaler Erder über eine Länge von ca. 50 m installiert worden ist, einen sehr niedrigen Erdungswiderstand, aber eine hohe Übergangsimpedanz aufweisen. Wenn beispielsweise ein zusätzlicher Horizontalerder von 60 m Länge erforderlich sein sollte, wäre es besser, mehrere kürzere Erder anstelle eines langen Leiters zu verwenden.

Ist die Spannung zwischen den Zuleitungen und dem Turmpotential infolge eines zu großen Erdungswiderstandes zu hoch, kann es zu einem Überschlag bzw. Lichtbogen zwischen den Zuleitungen und den mit dem Turm verbundenen Anlagenteilen, wie z. B. Schaltschrankgehäusen, kommen.

Der Kunde ist verantwortlich für die Planung und die Installation des Erdungssystems, wobei die in den separaten Dokumenten dargelegten Mindestanforderungen für das Fundamentdesign und die detaillierten Empfehlungen beachtet werden müssen.

3 Schutz des Turms

Türme, die als reiner Stahlrohr-, als Hybridturm oder als Stahlrohrturm mit stahlbewehrtem Betonfußsegment ausgeführt sind, sind in der Lage, den Blitzstrom abzuleiten. Die im Turm installierten elektrischen Betriebsmittel befinden sich innerhalb eines faradayschen Käfigs und sind somit vor direkten Blitzeinschlägen abgeschirmt.

4 Schutz der Steuerkabel

Die verwendeten Steuerkabel zur Übertragung serieller Daten sind paarweise verdreht. Steuersignalleitungen 24 V DC bis 1 A sind in 24-adrigen Kabeln mit Gesamtschirm verdrahtet.

5 Kabel und Leitungen an den Schnittstellen der Blitzschutzzonen

Die Kabel und Leitungen werden mit Überspannungsschutz- und Überstromschutzkomponenten an den Schnittstellen der Blitzschutzzonen ausgerüstet.

6 Überspannungsschutz des elektrischen Systems

Durch den Einbau des Überspannungsschutzes und des Transformators innerhalb des Energieverteilungsschranks ist ein Potentialausgleich bei einem Blitzeinschlag gewährleistet. An der Niederspannungssammelschiene werden blitzstromleitfähige Ableiter mit einer Schutzpegelcharakteristik I_B (10/350): 50 kA eingesetzt.

Der Überspannungsschutz in der MSSA ist grundsätzlich erforderlich, gehört jedoch nicht zum Lieferumfang von GE. Abbildung 1 liefert ein Beispiel einer 3-feldrigen MSSA. Die MSSA könnte auch eine andere Konfiguration aufweisen und z. B. als 2-feldrige Version ausgeführt sein.

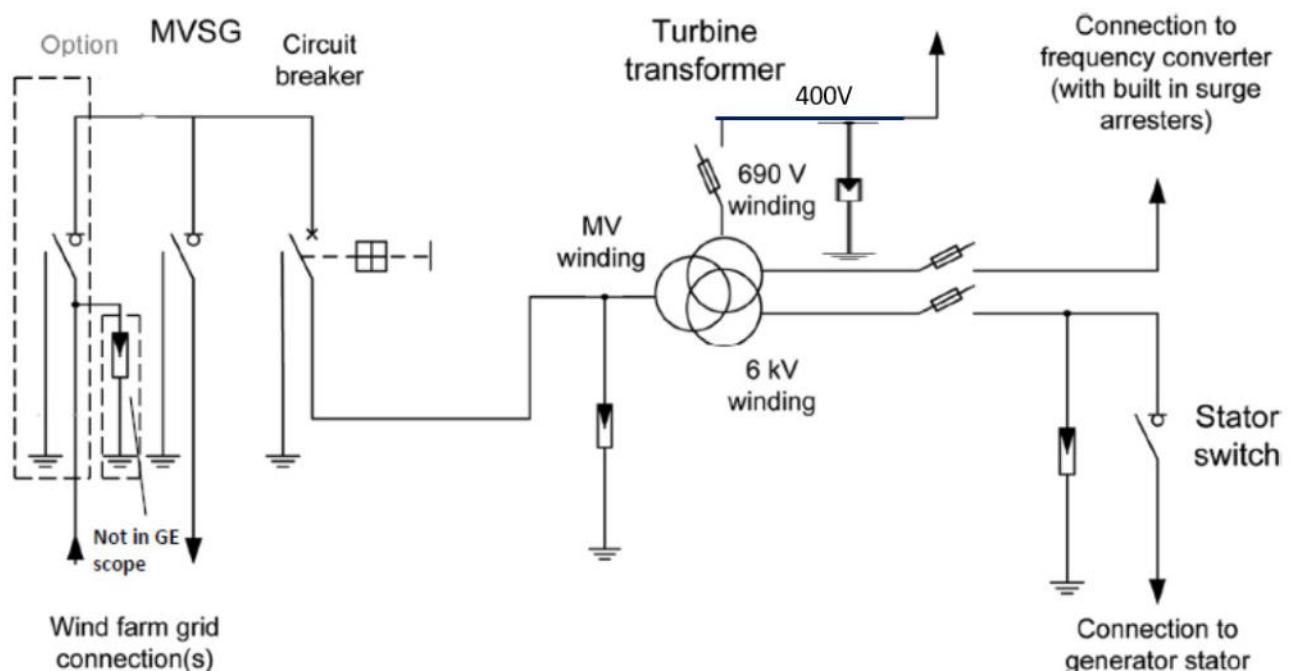


Abbildung 1: Überspannungsschutz des elektrischen Systems

7 Rotor

7.1 Ableitung von Blitzeinschlägen in die Rotorblätter

Die Rotorblätter sind für Blitzschutzklasse I (LPL) und zum Schutz vor Blitzschlägen von 10 MJ/Ohm und 300 Coulombs ausgelegt. Auf der Blattoberfläche angebrachte Fangeinrichtungen sind so angeordnet, dass sie Schäden durch Blitzschläge in Übereinstimmung mit der IEC61400-24, Ausgabe 2010, minimieren.

Das Fangeinrichtungsnetz ist mit einem mittig verlaufenden Ableiterseil verbunden, das sich von der Blattspitze bis zur Blattwurzel erstreckt. Das Blitzschutzsystem (LPS) ist mit einem Rezeptor an der Blattspitze und vier Rezeptorpaaren, je zwei auf der Druck- bzw. der Saugseite ausgerüstet, da die Wahrscheinlichkeit eines Blitzeinschlags in diesen Bereichen am größten ist.

7.2 Schutz der Rotorblattverstelleinrichtung

Die Rotornabe ist aus Gussmaterial, das den größten Teil der Abschirmung ausmacht und die Einbauten vor Direkteinschlag und Magnetfeldern durch Blitzströme abschirmt, die im Rotorblatt eingefangen wurden. Die Öffnungen zu den Rotorblättern sind durch die Edelstahlgehäuse der Achsverstellschaltschränke verschlossen, die ebenfalls eine Abschirmung bilden. Die Gehäuse sind großflächig durch U-Träger leitend mit der Rotornabe verbunden, bilden also für hochfrequente Ströme keinen nennenswerten Widerstand.

7.3 Ableitung von Blitzeinschlägen in die Rotornabe

Die Nabe besteht aus duktilem Gusseisen und stellt für sich selbst einen blitzstromtragfähigen Ableiter dar. Von der Nabe wird der Blitzstrom über die Rotorwelle und an der Rotorwelle montierte Kohlebürsten-Funkenstrecken (geprüft nach Blitzschutzklasse I) in den Grundrahmen abgeleitet. Vom Grundrahmen erfolgt die Entladung über Erdungsleitungen oder parallel über das blitzstromtragfähige Azimutlager in den Turm. Die Erdungskabel sind nicht der Haupt Blitzableitungspfad.

8 Schutz des Maschinenhauses vor Direkteinschlag

8.1 Verkleidung des Maschinenhauses

Das Maschinenhaus ist aus GFK hergestellt.

8.2 Erdungssystem des Grundrahmens

Der Grundrahmen ist über Erdungsleitungen und Potentialausgleichsschienen mit dem Turmfuß verbunden. Der Hauptpfad für Blitzströme ist der Turm über das Azimutlager, welches Blitzströme durchleiten kann.

8.3 Erdungssystem des Generators und des Getriebes

Generator u. Getriebe sind über eine isolierende Kupplung voneinander getrennt. Die Erdung erfolgt über Erdungsbänder aus Kupfer.

8.4 Windmesseinrichtung

Ableitung von Windmessgebern

Die Windmesseinrichtung auf dem Maschinenhaus wird mit einer Blitzfangstange geschützt. Diese Fangstange wird mit dem Grundrahmen des Maschinenhauses verbunden.

9 Schutz aller Komponenten in der WEA vor Beschädigungen

Sämtliche elektrischen Betriebsmittel in der WEA sind vor direkter Blitzeinwirkung geschützt und befinden sich daher innerhalb der Blitzschutzzonen 1, 2 bzw. 3.

Der Übergang von Blitzschutzzone 0 (Direkteinwirkung des Blitzes) zu Blitzschutzzone 1 befindet sich am Eintritt der Zuleitungskabel von der Trafostation in die Niederspannungsverteilung im Turm.

An dieser Stelle sind blitzstromleitfähige Ableiter eingesetzt mit einer Schutzpegelcharakteristik I_B (10/350): 50 kA. Diese Ableiter sind in der Lage, Überspannungen innerhalb des Schaltschranke auf eine Spannung von 1,5 kV zu begrenzen. Dies reicht nicht für alle elektrischen Betriebsmittel im Niederspannungsteil aus.

Deshalb sind Überspannungsableiter mit einer Schutzpegelcharakteristik von I_B (8/20) bei 15 kA entkoppelt zu den Blitzstromableitern eingebaut. Diese sind in der Lage, die auftretende Stoßspannung auf 1 kV zu begrenzen. Diese Überspannung gegen Erde wird von allen eingesetzten Bauteilen entsprechend Herstellerspezifikationen verkraftet. Die hinter diesen Überspannungsableitern angeordneten Bauteile befinden sich in Blitzschutzzone 2.

Empfindliche elektronische Bauteile befinden sich in den eingesetzten Geräten (SPS oder USV) im Schaltschrank. Sie sind durch entsprechende Eingangsbeschaltungen, durch galvanische Entkopplung induktiver oder optischer Art oder durch Überspannungsableiter in den jeweiligen Netzteilen vor Überspannungen geschützt (Blitzschutzzone 3). Induktive, kapazitive Einkoppelungen werden durch Potentialtrennungen und Abschirmung der Zuleitungen und Signalleitungen verhindert. SPS und USV sind zum Schutz vor Einkoppelung mit einem Metallgehäuse ausgestattet.

10 Potentialausgleich

Der Mittelspannungstransformator, der Hauptschrank, die Niederspannungsverteilung und der Mittelspannungsschalter sowie der Umrichter und die Generatorbox sind mit dem Rahmen verbunden.

Ein Potentialausgleich wird über mehrere Potentialausgleichsschienen vorgenommen. Der Transformator, der Mittelspannungsschalterschrank und der Umrichter sind an Potentialausgleichsschienen angeschlossen. Grundsätzlich werden alle Schränke an das Gesamterdungssystem angeschlossen.

Die Potentialausgleichsschienen werden wieder potentialmäßig auf das Potential des Maschinenrahmens zusammengeführt.

11 Ableitung der Blitzströme

Findet eine Blitzentladung über ein Rotorblatt der Windenergieanlage statt, so fließt der Blitzstrom über einen Rezeptor des Blattes weiter über den Ableiter im Rotorblatt zur Blattwurzel. Hier fließt der Strom über die vorgespannten Lager in die blitzstromtragfähige Nabe.

Der Blitzstrom wird von der Rotorwelle über blitzstromtragfähige Kohlebürsten auf den Grundrahmen der Turbine geleitet. Hierdurch ist das Hauptlager gegen die hohen Blitzströme geschützt.

Vom Grundrahmen fließt der Blitzstrom über das ebenfalls vorgespannte und blitzstromtragfähige Azimutlager in den Turm. Teilblitzströme können parallel über die PE-Kabel des Generators, die über den Potentialausgleich im Maschinenhaus mit dem Grundrahmen verbunden sind, zum Turmfuß abgeleitet werden.

Der Stahlturm ist im Bereich des Turmfußes mit der Potentialausgleichsschiene verbunden. Von hier fließt der Blitzstrom zum Fundament- bzw. Ringerder der Windenergieanlage.

Blitzentladungen, die über die Fangstange stattfinden, werden auf den Grundrahmen geleitet. Der Strom nimmt von hier den gleichen Weg wie bei der Entladung in ein Rotorblatt.

12 Angewandte Normen

Bei der Auslegung des Blitzschutzes der Windenergieanlage wurden folgende Normen und Richtlinien zugrunde gelegt:

IEC 62305-1:2010	Blitzschutz - Teil 1: Allgemeine Grundsätze
IEC 62305-2:2010	Blitzschutz - Teil 2: Risiko-Management
IEC 62305-3:2010	Blitzschutz - Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen
IEC 62305-4:2010	Blitzschutz - Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen
IEC 61400-24, Ausgabe 1.0 2010 06	Windenergieanlagen, Blitzschutz für Windenergieanlagen

6.6 Angaben zum Eisabwurf und -abfall

Gemäß niedersächsischem Windenergieerlass Abschnitt 3.4.4.3 vom 24.02.2016 kann von einem ausreichenden Abstand einer Windenergieanlage von Verkehrswegen und Gebäuden in Bezug auf die Gefahr von Eisabwurf ausgegangen werden, wenn diese ein Entfernung von mindestens $1,5 \times$ (Rotordurchmesser + Nabenhöhe), gemessen vom Turmmittelpunkt, einhält. Für den beantragten WEA-Typ GE 5.5 ergibt sich damit gemäß Windenergieerlass ein Abstand von $1,5 \times (158\text{m} + 161\text{m}) = 478,5\text{m}$.

Dieser Abstand kann laut Windenergieerlass gleichwohl unterschritten werden, wenn in den betreffenden Windenergieanlagen Einrichtungen installiert werden, durch die ein Betrieb der Windenergieanlagen bei Eisansatz ausgeschlossen werden kann. Am Standort Gyhum-Hesedorf wird daher das Eiserkennungssystem „BLADEcontrol“ von der Firma Weidmüller in den beantragten Windenergieanlagen WEA 1, WEA 2 und WEA 5 zum Einsatz kommen. Diese drei WEA-Standorte unterschreiten den durch den Windenergieerlass 2016 vorgesehenen Abstand von 478,5m zur Autobahn BAB 1 bzw. einer Eisenbahntrasse im Süd-Westen des Windvorranggebietes.

Weitere Details zu Abständen im beantragten Windpark Gyhum-Hesedorf und der Funktionsweise des BLADEcontrol-Systems, können den weiteren Unterlagen in diesem Kapitel entnommen werden.

Außerdem ist in diesem Kapitel eine Karte mit den Standorten beigefügt, an denen für die Betriebsdauer der beantragten Windenergieanlagen Schilder aufgestellt werden sollen, die auf die potenzielle Gefahr von Eiswurf hinweisen. Ein Muster für die Gestaltung der Warnschilder ist ebenfalls beigefügt.

ACHTUNG!

Bei kalter Witterung
Gefahr durch
Eisfall
von Windenergieanlagen



Das Betreten des Betriebsgeländes (geschotterte Zufahrten und Stellflächen vor den Windenergieanlagen) erfolgt auf eigene Gefahr. Auffälligkeiten an den Anlagen und Zuwegungen bitte melden bei

Technische Betriebsführung:

Windwärts Energie GmbH

Telefon: +49 (0)163 573 00 99

E-Mail: notfall@windwaerts.de

~~Betreiber:~~

~~MVV Windenergie GmbH~~

~~Luisenring 49 | 68159 Mannheim~~

~~E-Mail: wed@mvv.de~~

Gutachten

Ice Detection System BLADEcontrol Ice Detector BID

Report Nr.: 75138, Rev. 4

Datum: 08.02.2017

DNV GL - Energy Renewables Certification

Hersteller	Weidmüller Monitoring Systems GmbH Else-Sander-Str. 8 01099 Dresden Germany
GL Renewables Auftragsnr.	4800/14/462712/256
Sachverständiger	Dr. Karl Steingröver
Revision 4	Änderung Hersteller
Adresse	DNV GL - Energy Renewables Certification Brooktorkai 18 20457 Hamburg Germany

1 MITGELTENDE DOKUMENTATION

- 1.1 Type Certificate "BLADEcontrol Ice Detector BID", TC-GL-IV-4-02381-0, ausgestellt am 09.12.2016
- 1.2 Certification Report for the Ice Detection System "BLADEcontrol Ice Detector BID", CR-CMS-GL-IV-4-02381-0, ausgestellt am 09.12.2016

2 PRÜFKRITERIUM / STAND DER TECHNIK

Im Bereich von Windenergieanlagen (WEA) existiert nur eine Richtlinie, in der der Stand der Technik zur Eiserkennung auf Rotorblättern dargestellt ist:

Germanischer Lloyd: GL Rules and Guidelines – IV Industrial Services – Guideline for the Certification of Condition Monitoring Systems for Wind Turbines, Edition 2013

Auf Basis dieser Richtlinie kann die Fähigkeit von Condition Monitoring Systemen hinsichtlich Detektierung von relevanten Zustandsänderungen, die Abweichungen vom normalen Betriebsverhalten darstellen, beurteilt werden. Das Eiserkennungssystem „BLADEcontrol Ice Detector BID“ gehört zur Kategorie der Condition Monitoring Systeme für Rotorblätter; Eisansatz stellt eine Abweichung vom normalen Betriebsverhalten dar. Der Personenschutz ist hierbei der Hauptaspekt zur Beurteilung. Diese Richtlinie ist somit das maßgebliche Prüfkriterium für dieses Gutachten. Sie enthält aktuell allerdings noch keine Grenzwerte für Eisdicken, die als unkritisch angesehen werden können.

Die Form im Betrieb abgeworfener Eisstücke sowie deren Abmessungen hängt von vielen Faktoren ab. Diese sind z.B. Abwurfgeschwindigkeit, Windwiderstand, mögliche Flugbahn und Windgeschwindigkeit. Der aktuelle Wissensstand ist, dass Eisstücke umso eher durch den Einfluss des Windes im Flug vor dem Auftreffen auf dem Boden aufgrund ihrer größeren relativen Oberfläche in unkritische kleinere Stücke und damit unkritische impulsgebende Massen zerbrechen, je dünner sie sind und je niedriger die Dichte der Eisanhaftung ist. Als konservativer Wert wird hier eine Eisdicke von 1,5 cm bis max. 2 cm angesehen, unterhalb dessen keine Gefahr für die Umgebung angesehen wird.

3 SACHVERSTÄNDIGER

Dieses Gutachten wurde durch den Sachverständigen Dr. Karl Steingröver, Senior Principal Engineer bei DNV GL – Energy, Renewables Certification erstellt.

4 SYSTEMBESCHREIBUNG

Bei dem Eiserkennungssystem (BID) handelt es sich um ein in sich geschlossenes System, welches sowohl beim WEA-Hersteller als auch nachträglich in einer WEA aufgebaut werden kann. Das Messverfahren ermittelt die aktuelle Vereisungssituation direkt an den Rotorblättern. Der BID besteht im Wesentlichen aus Sensoren, die in die Rotorblätter appliziert werden, sowie einer Auswerteeinheit, die in einem Gehäuse in der Gondel der WEA an geeigneter Stelle angebracht wird. Die in den Rotorblättern installierten Beschleunigungssensoren nehmen dabei die Eigenschwingungen des elastischen Rotorblattes auf. Von der Auswerteeinheit wird aus den Schwingungssignalen ein Frequenzspektrum gebildet, aus dem Rotorblatttyp-spezifische Schwingungsmodi gezielt analysiert werden. Bei Eisansatz auf dem Rotorblatt verlangsamt das Eis die Eigenschwingung des Rotorblattes, was sich in einen messbaren Frequenzabfall zeigt. Diese relative Frequenzänderung ist dabei umgekehrt proportional zur relativen Masseänderung. Nach erfolgreicher Installation und Inbetriebnahme liefert der BID elektrische Signale, welche den Zustand der Rotorblätter mit „Eisfrei“ oder „Eisansatz“ charakterisieren. Die Bestimmung der Empfindlichkeit des Systems ist in 5 beschrieben. Das Signal „Eisansatz“ wird gegeben, wenn die Frequenzabweichung ein eingestelltes Maß überschreitet. Dieses eingestellte Maß ist dabei so festgelegt, dass eine Gefährdung der Umgebung durch Eisabwurf im laufenden Betrieb sowie im Leerlauf nicht erfolgt. Eine Herleitung dieses Maßes ist in 6 dargestellt. Der BID gibt zudem ein Signal aus, dass seine Funktionsfähigkeit anzeigt („watch dog“) sowie ein Signal, ob eine Eisauswertung beim aktuellen Anlagenzustand ein verwertbares Ergebnis liefert. Diese Signale können vom WEA-Betriebssystem oder vom SCADA-System der WEA zum Ein- und Ausschalten der WEA verwendet werden. Da WEA-Betriebs- und SCADA-Systeme Hersteller-spezifisch sind, ist das Ein- und Ausschalten der WEA jedoch nicht Gegenstand dieses Gutachtens. Dieses muss für jede Anlagensteuerung in einem separaten Gutachten beurteilt werden. In den separaten Gutachten wird dargelegt, wie die WEA auf die unterschiedlichen Signalkombinationen des BID reagiert, um eine Gefährdung für die Umgebung durch Eisabwurf auszuschließen.

5 PRÜFUNG

Der BID inklusive der Sensoren und Software sowie der Betriebsmethode wurden im Rahmen der in 1 angeführten Zertifizierung des Eiserkennungssystems im Hinblick auf zuverlässige Eiserkennung und sicheren Betrieb auf Basis der in 2 angegebenen Richtlinie geprüft. Dabei wurden die Anforderungen der DIN EN ISO 13849-1 erfüllt. Die Eiserkennung wurde erfolgreich in einem beim Hersteller in Dresden durchgeführten Systemtest am 18.03.2008 nachgewiesen. Hier wurde gezeigt, dass eine Zusatzmasse, welche 0,1 % der Rotorblattmasse entsprach, eine Frequenzabweichung in vierfacher Höhe der Messauflösung erzeugt. Für eine sichere Detektion ist eine Abweichung in Höhe der zweifachen Messauflösung ausreichend, der BID erreicht somit eine Empfindlichkeit von 0,5 ‰ der Rotorblattmasse. Bei Eisansatz vereist zumindest ein 10 cm breiter Bereich an der Vorderkante des Blattes welcher sich über mindestens der äußeren Hälfte der Blattlänge erstreckt. Für ein 55 Meter langes Rotorblatt ergibt

sich somit ein vereister Bereich von 2,75 m². Ein derartiges Rotorblatt hat eine Masse von 12 Tonnen. Die Empfindlichkeit des BID beträgt somit für dieses Rotorblatt 6 kg. Bei einer gegebenen Dichte für Eis von 910 kg/m³ ergibt sich so für dieses Beispiel eine detektierbare Eisdicke von 2,4 Millimetern. Der BID ist somit zur Eiserkennung entsprechend dem Stand der Technik hinreichend sensibel.

Die Installation des BID auf einer WEA wurde in Bremerhaven am 14.11.2008 gemäß der in 2 angegebenen Richtlinie geprüft. Der Einbau des BID in die WEA beeinflusst nicht das Systemverhalten der WEA. Die unabhängige Funktion des Betriebssystems der WEA sowie des BID wurde dabei durch einen Systemtest geprüft. Der BID entspricht somit den Anforderungen der in 2 angegebenen Richtlinie, was durch das in 1.1 angeführte Zertifikat bescheinigt wurde. Der Einbau des BID in eine WEA beeinflusst in keiner Weise das Typenzertifikat der jeweiligen WEA.

6 WEA-BEZOGENE EINSTELLUNGEN

Aufgrund unterschiedlicher Rotorblattmassen und Rotorblattabmessungen wird der BID bei Inbetriebnahme WEA-Typ spezifisch eingestellt. Dies betrifft einerseits die Festlegung der auszuwertenden Schwingungsmodi (Frequenzpeaks) und andererseits die Festlegung der zulässigen Frequenzabweichung, ab der ein Signal für Eisansatz ausgegeben wird. Diese Einstellungen und Justierungen werden in dem jeweiligen Installationsprotokoll vermerkt.

7 STANDORTBEZOGENE / ORTSSPEZIFISCHE EINSTELLUNGEN UND ABNAHMEN

WEA-Typ spezifische Einstellungen und Justierungen des BID (siehe 6) werden im Rahmen der Installation getätigt. Die in 1.2 sowie in 5 beschriebene Prüfung der Installation des BID auf einer WEA hat gezeigt, dass keine standortbezogenen Abnahmen notwendig und nach der Installation keine ortsspezifischen Einstellungen und Justierungen durchzuführen sind. Aufgrund der in 4 beschriebenen „watch dog“-Funktion (Funktionsanzeige) sind keinerlei wiederkehrende Prüfungen oder Nachjustierungen zu einem späteren Zeitpunkt erforderlich.

Generell ist es möglich, die Abschaltgrenzen, die auf die in 2 erläuterten unkritischen Eisdicken abgestimmt sind, zu ändern. Diese Änderungen können aber weder vom WEA-Betreiber noch vom WEA-Hersteller vorgenommen werden, sondern aus Gründen der Betriebssicherheit ausschließlich vom Hersteller des BID. Dabei kann ein Wunsch nach Veränderung hin zu früheren Signalisierungen, d.h. bereits bei geringerem Eisansatz, vom Betreiber formlos dem Hersteller des Eiserkennungssystems mitgeteilt werden, der dann entsprechende Anpassungen vornimmt. Eine Veränderung hin zu späteren Abschaltungen wird nur umgesetzt, wenn die Unbedenklichkeit der Maßnahme nachgewiesen und behördlicherseits akzeptiert ist. Dies ist dem Hersteller des BID entsprechend zu belegen.

8 ABSCHALTEN / ANFAHREN DER WEA BEI EISANSATZ

Bei Erkennen von Eisansatz bei laufender WEA stellt das BID elektrische Signale zur Verfügung, mit deren Hilfe die WEA vom Betriebssystem abgeschaltet werden kann. Nach Stillsetzung der Anlage ist das Eiserkennungssystem in der Lage, auch im Stillstand zu messen. Der aktuelle Eisstatus wird der Anlage somit auch vor einem beabsichtigten Wiederanlauf mitgeteilt. Die Ausführung der Abschaltung der WEA bei Eisansatz bzw. das Anfahren der WEA bei Eisfreiheit unter Berücksichtigung der Signalisierung des Eiserkennungssystems ist nicht Gegenstand dieses Gutachtens. Dieses muss für jede Anlagensteuerung in einem separaten Gutachten beurteilt werden.

9 ZUSAMMENFASSUNG

Die Prüfung des BID hat ergeben, dass der BID die Gefahr von Eisabwurf im laufenden Betrieb als „sonstige Gefahr“ im Sinne des § 5 BImSchG durch Detektion der durch Eisansatz auf den Rotorblättern entstehenden Zusatzmasse aufgrund von Messungen der Blatt-Eigenfrequenzen mit einer Empfindlichkeit erkennt, die das mindestens notwendige Maß deutlich überschreitet. Das System entspricht damit dem Stand der Technik. Der BID ist auch unter konservativen Annahmen als zur Gefahrenabwehr geeignet einzustufen. Der Hersteller der WEA hat durch ein entsprechendes Gutachten die zweckmäßige und sicherheitstechnisch vollständige Einbindung der Signalisierung des BID in die Anlagensteuerung, entweder direkt oder über eine Einbindung in das SCADA, zu belegen, damit diese Aussage für den mit dem BID ausgestatteten WEA-Typ Gültigkeit hat. Dieses Gutachten behält seine Gültigkeit, so lange ein gültiges Typenzertifikat für den BID vorliegt.

Stgr

DNV GL - Energy
Renewables Certification



Dr. Karl Steingröver
Expert in Charge

Gutachten zur Einbindung eines Eiserkennungssystems in GE Windenergieanlagen

TÜV NORD Bericht Nr.: 8111 327 215 D Rev.3

Gegenstand der Prüfung: BLADEControl Eiserkennungssystem der Firma Weidmüller an GE Windenergieanlagen

Dieser Bericht umfasst 17 Seiten.

Rev.	Datum	Änderungen
0	05.11.2014	Erste Fassung
1	02.02.2015	Satzlöschung in Kap. 1.2
2	17.12.2015	Änderung der Bezeichnung von GE 1.x und GE 2.x Windenergieanlagen in GE 1.x und GE 2.x (alte Bezeichnung) und GE 1-2 MW Plattform und 3 MW Plattform (neue Bezeichnung) Windenergieanlagen
3	05.06.2018	Einbindung der GE 5 MW Plattform, Änderung von Bosch Rexroth auf Weidmüller, Revision von Unterlagen

Inhalt

1	Einleitung	3
1.1	Ausgangssituation.....	3
1.2	Aufgabenstellung	4
1.3	Windenergieanlagen	5
1.4	Eiserkennungssystem BLADEcontrol.....	5
2	Sicherheitstechnik der GE Windenergieanlagen.....	8
2.1	Betriebsführungs- und Sicherheitssystem.....	8
2.2	Einbindung des Eiserkennungssystems in die GE-Anlagensteuerung.....	8
2.3	Einbauverfahren und Inbetriebnahme	12
2.4	Parametrierung	12
2.5	Wiederkehrende Prüfungen	13
2.6	Vermeidung des Anfahrens bei Vereisung.....	14
3	Bewertung.....	15
4	Dokumente und Literaturverzeichnis.....	16
4.1	Bewertete Dokumente.....	16
4.2	Literatur & Quellen	17

Abbildungen

Abbildung 1:	Systemarchitektur von BLADEcontrol	6
Abbildung 2:	Kommunikation ECU und Betriebsführung.....	9
Abbildung 3:	Logik Eiserkennung im BFS	11
Abbildung 4:	Freigabelogik nach Abschaltung durch Eisansatz.....	14

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Die Rotorblätter von Windenergieanlagen (WEA), die in Regionen mit Temperaturen unter 3°C aufgestellt werden, können bei ungünstigen Bedingungen Eis ansammeln. Aus der dann entstehenden Eisschicht können sich beispielsweise durch Abtauen oder Blattverformung Eisbrocken ablösen, die im Betrieb der Anlage vom Rotorblatt abgeworfen werden und zu Personen- oder Sachschäden im Wurfbereich der Anlage führen können. Ab einer bestimmten Masse der abgeworfenen Brocken besteht damit eine potentielle Gefahr. Beobachtungen zeigen abgeworfene Brocken mit einer Masse von mehreren kg, jedoch sind dem TÜV NORD bisher keine Personenschäden bekannt geworden.

An den WEA installierte Eiserkennungssysteme dienen dem Zweck, dass die Anlage bei erkannter Vereisung der Rotorblätter abgeschaltet wird und somit keine Gefahr durch Eisabwurf mehr besteht. Das Eis wird dann von den Blättern der stehenden / trudelnden WEA abfallen, bevor die WEA wieder manuell oder automatisch in Betrieb genommen wird. Eisabfall von abgeschalteten WEA ist nicht vermeidbar und vergleichbar mit Eisabfall von Strommasten oder Brücken.

Eiserkennungssysteme verfügen generell über einen Sensor und eine Auswerteeinheit. Das Sensorsignal wird durch vereiste Rotorblätter beeinflusst und kann beispielsweise die Leistung der Anlage oder die Blattbeschleunigung sein. Die Auswerteeinheit übernimmt die Aufgabe, aus dem Sensorsignal einen Indikator für Vereisung zu generieren. Üblicherweise gibt es einen Schwellwert, bei dessen Überschreitung das Eiserkennungssystem ein Abschalten der Anlage initiiert. Oft ist dieser Schwellwert spezifisch für jeden Anlagentyp oder gar jede Anlage einzustellen.

Die Bewertung von Eiserkennungssystemen erfolgte bisher in Gutachterlichen Stellungnahmen über Plausibilitätsprüfungen. Es wurde Stellung bezogen zum physikalischen Prinzip der Erkennung bzw. zu der Frage, ob die durch den Eisansatz hervorgerufene Veränderung der Anlageneigenschaften zu einer detektierbaren Veränderung des Sensorsignals führt. Außerdem wurde Stellung bezogen zu auftretenden Lücken der Messung im Betriebsbereich der Anlage. Die Bewertung beschränkte sich jedoch auf eine rein qualitative Bewertung bzw. Plausibilitätsprüfung.

Gerade vor dem Hintergrund, dass ein Eiserkennungssystem immer im Zusammenhang mit der Anlage und der vorliegenden Vereisung zu bewerten ist, wurden seitens der Genehmigungsbehörden die Anforderungen an die Bewertung von Eiserkennungssystemen in den letzten Monaten erhöht. Es ist durch genauere, teilweise quantitative Untersuchungen zu indizieren, dass das Eiserkennungssystem

- die kritische Eismasse zuverlässig detektiert,
- hinsichtlich der Schwellwerte und Parameter korrekt auf die Anlage eingestellt ist und
- sicherheitstechnisch zuverlässig funktioniert.

Die Bewertung soll in Bezug auf das sichere Abschalten der WEA bei kritischem Eisansatz an den Rotorblättern erfolgen. Anhaltspunkte zur Bewertung liefern die von der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord herausgegebenen Papiere „Anforderungsprofil für ein Gutachten gemäß Merkblatt Sicherheitsnachweise hinsichtlich Eisabwurf – Rheinland-Pfalz“ – Arbeitsentwurf 09.08.2013 sowie „Sicherheitsnachweise hinsichtlich Eisabwurf“ – Arbeitsentwurf Stand 09.08.2013.

Auf Wunsch des Auftraggebers erfolgt eine Trennung der Aufgabenstellungen. Die Aspekte der zuverlässigen Detektion der kritischen Eismasse sollen in einem separaten Gutachten für das verwendete Eiserkennungssystem vom Typ „BLADEcontrol“ bewertet werden. Im vorliegenden Gutachten sollen ausschließlich die weiteren sicherheitstechnischen Fragestellungen in Bezug auf die Einbindung des Systems in GE 1.x und GE 2.x (alte Bezeichnung) und GE 1-2 MW Plattform und 3 MW Plattform (neue Bezeichnung) sowie der 5 MW Plattform WEA bewertet werden.

1.2 Aufgabenstellung

Es sollen die folgenden sicherheitstechnischen Kriterien für die GE 1-2 MW Plattform, 3 MW Plattform und 5 MW Plattform WEA bewertet werden:

1. Die logische Einbindung des Systems in die Betriebsführung der WEA
2. Das praktische Einbauverfahren
3. Die Möglichkeiten der Parametrierung
4. Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen
5. Die Vermeidung des (wieder-) Anfahrens bei Vereisung

Die Bewertung bezieht sich ausschließlich auf *Eisabwurf*. Eine Bewertung bezüglich Eisabfall erfolgt hier nicht, denn Eisabfall von einer stehenden / trudelnden Anlage kann nicht verhindert werden.

Zur Zuverlässigkeit der Detektion einer kritischen Eismasse durch das System BLADE-control bzw. zur Sensibilität der Eiserkennung werden im Rahmen dieses Gutachtens keine Aussagen gemacht.

Die Bewertung erfolgt in Bezug auf das sichere Abschalten der WEA bei anstehendem Signal „Eis-Alarm“.

1.3 Windenergieanlagen

Die hier dargestellten grundsätzlichen Verfahren zur Einbindung des Eiserkennungssystems in GE WEA sind unabhängig vom WEA Typ. Sie können sowohl für alle GE 1.x als auch für alle GE 2.x Varianten (alte Bezeichnung) bzw. für alle Varianten der GE 1-2 MW Plattform als auch alle Varianten der 3 MW Plattform (neue Bezeichnung) und 5 MW Plattform angewandt werden. Eine ausführliche Aufzählung aller gültigen Anlagentypen findet sich in Dokument /6/. Die unterschiedlichen Eigenschaften von verschiedenen Rotorblättern sind jedoch vorab im Rahmen der Kalibrierung des Eiserkennungssystems zu berücksichtigen. Diese Aspekte werden im Rahmen des vorliegenden Gutachtens nicht bewertet.

1.4 Eiserkennungssystem BLADEcontrol

Folgende Systemkomponenten des Eiserkennungssystems BLADEcontrol werden auf der WEA installiert:

- Zweidimensional messende Beschleunigungssensoren in jedem einzelnen Rotorblatt
- Ein zusätzlicher Beschleunigungssensor in der Nabe zur Messung von Anlagenschwingungen in Nick-Richtung
- Messerfassungseinheit in der Nabe, Hub Measurement Unit (HMU)
- Messdatenauswertungs- und Kommunikationseinheit (ECU)
- Datenkommunikationsverbindung von der WEA zum Monitoring Center, idR. über das Internet

Ergänzend kommen weitere Komponenten für die Spannungsversorgung und Datenübertragung hinzu.

Die art- und ortstypischen Details der Installation der Komponenten sind in Installationsanweisungen festgelegt, welche für die einzelnen WEA-Typen bestehen. Diese Anweisungen wurden in Abstimmung mit den jeweiligen Herstellern der Anlagen erstellt (s. Kap. 2.2).

Die Systemarchitektur von BLADEcontrol ist in Abbildung 1 dargestellt.

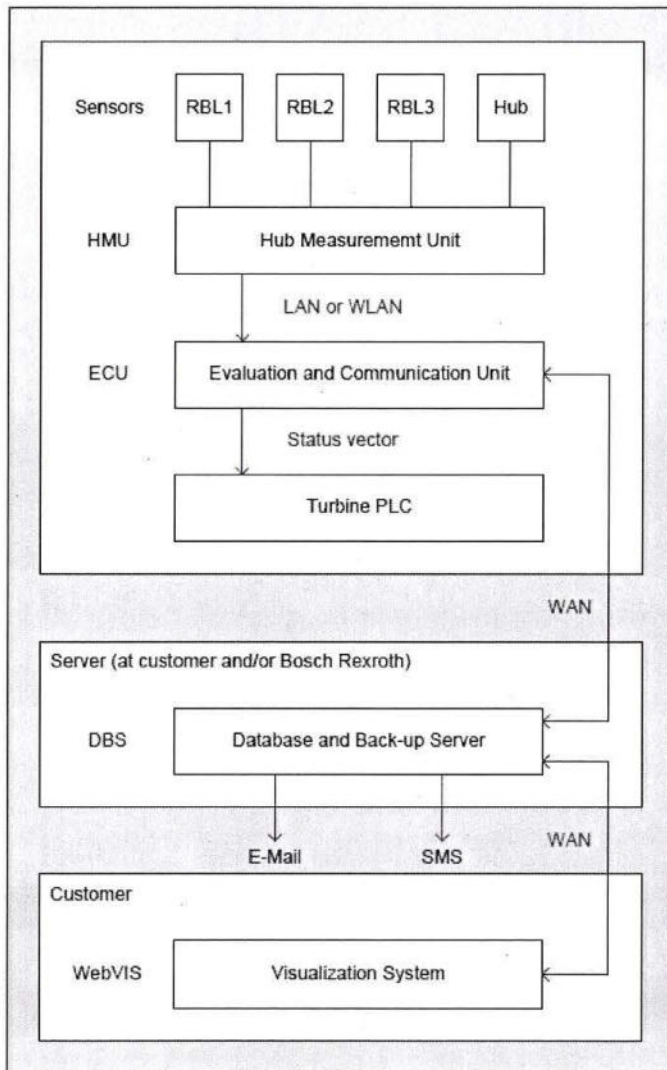


Abbildung 1: Systemarchitektur von BLADEcontrol

Die einzelnen Systemgruppen werden in /1/ wie folgt beschrieben.

Sensoren

Die Schwingungen der einzelnen Rotorblätter sowie die Nickschwingungen der WEA insgesamt werden über Beschleunigungssensoren aufgenommen. Neben den Beschleunigungssensoren verfügt jedes Messmodul über einen Temperatursensor, der die jeweilige Rotorblatttemperatur erfasst.

Die signaltechnische Anbindung der Sensoren an die HMU in der Nabe erfolgt zur Unterdrückung elektromagnetischer Einflüsse über je ein geschirmtes Signalkabel.

Hub Measurement Unit (HMU)

In der HMU werden die Sensorsignale in der Nabe erfasst, kalibriert und gefiltert. Anschließend werden die so aufbereiteten Signale als kontinuierlicher Datenstrom über WLAN an die ECU weiter geleitet.

Evaluation and Communication Unit (ECU)

In der ECU werden die durch die HMU bereitgestellten Messdaten in Spektren umgewandelt und mit definierten Algorithmen analysiert. Die Messdaten wie auch die Spektren werden auf der ECU für eine definierte Zeit gespeichert. Die ECU baut selbsttätig eine Kommunikation zum Datenbankserver (DBS) im Monitoring Center auf und sendet dabei periodisch eine definierte Auswahl an Daten an den DBS.

Einen weiteren Kommunikationspfad unterhält die ECU mit der Anlagensteuerung (s. Kap. 2.2). Von dort bekommt sie zeitaktuelle Daten zum aktuellen Betriebspunkt der Anlage (z.B. Leistung, Pitchwinkel, Windgeschwindigkeit), welche für eine Ermittlung der momentanen Blattlast notwendig sind. Zurück an die Steuerung sendet die ECU einen Statusvektor, der neben Informationen zur momentanen eigenen Betriebsfähigkeit auch Warn- und Alarmrückmeldungen an die Anlagensteuerung enthält.

Das System startet bei Anschalten an die Spannungsversorgung bzw. bei Wiederherstellung der Versorgung nach einem Ausfall automatisch. Dabei bleiben alle relevanten Informationen im remanenten Speicher erhalten.

2 Sicherheitstechnik der GE Windenergieanlagen

2.1 Betriebsführungs- und Sicherheitssystem

Das Betriebsführungs- und Sicherheitssystem GE 1-2 MW Plattform und 3 MW Plattform wurde vom Verfasser im Rahmen der Anlagenzertifizierung auf Übereinstimmung mit den Anforderungen der IEC 61400-1 ed.3 von 2005 geprüft. Die 5 MW Plattform befindet sich derzeit in der Prüfung. Die relevanten Prüfunterlagen wurden bereits begutachtet. Mit Vorliegen der Gutachterlichen Stellungnahme 8115542742-2 D zur Typenprüfung der Anlage erledigt sich dieser Vorbehalt. Die Anforderungen an das Betriebsführungs- und Sicherheitssystem werden erfüllt. Als übergeordnete Anforderung wird in der Richtlinie für sicherheitsrelevante Funktionen eine Einzelfehlersicherheit gefordert. D.h., ein beliebiger Fehler darf nicht zum Versagen der Sicherheitsfunktion führen. Dieser Maßstab ist auch in Bezug auf die sichere Abschaltung der WEA bei kritischem Eisansatz anzusetzen. Im Folgenden wird dieses jedoch erst ab Signalausgang des Eiserkennungssystems, also nicht für das eigentliche Eiserkennungssystem, sondern für die Weiterverarbeitung des Signals im WEA-Betriebsführungssystem bewertet.

2.2 Einbindung des Eiserkennungssystems in die GE-Anlagensteuerung

Die vom Eiserkennungssystem generierten Signale werden in das Betriebsführungssystem der WEA eingelesen. Der Statusvektor von der ECU fasst die aktuellen Analyseergebnisse und den Zustand von BLADEcontrol in binärer Form (0/1) zusammen und wird über eine Schnittstelle als Antwort auf Anfrage dem Betriebsführungssystem mitgeteilt. Die Alarmierung erfolgt somit in jedem Fall direkt und nicht, wie ebenfalls möglich, nur indirekt über Email / SMS an Personen.

In der Anlagensteuerung werden die in Abbildung 2 dargestellten Analyseergebnisse von der ECU im Sekundentakt abgefragt und in Form von Bits zur Verfügung gestellt. Es werden die in Bezug auf die Eiserkennung wesentlichen Bits abgefragt.

Folgende externe Größen müssen dem Messsystem zur Verfügung stehen:

- grundsätzlich erforderlich:

- (a) die aktuell erzeugte Leistung der WEA
- (b) der Pitch-Winkel

- optional:

- (c) die Windstärke,
- (d) der Betriebsstatus der WEA (z.B. bei Wartungsarbeiten),
- (e) die Außentemperatur,
- (f) der Azimutwinkel der WEA

Die optionalen Werte, die von der GE WEA Steuerung an die ECU übergeben werden, verbessern die Funktionsweise dahingehend, dass Tests auf Plausibilität möglich sind. Insbesondere die Einbeziehung des Betriebsstatus der WEA verhindert Fehlalarme z.B. bei Maschinenstopp oder „Notaus“.

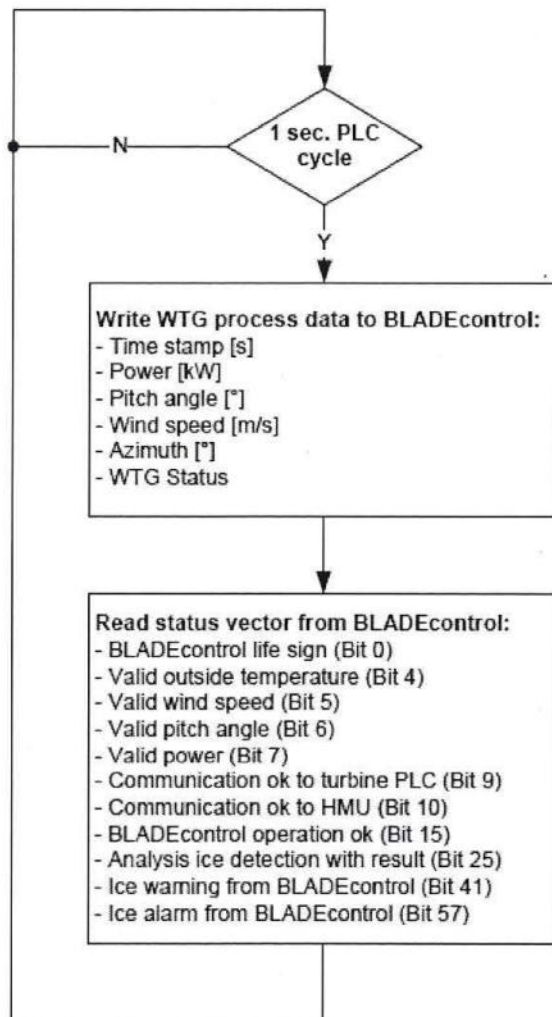


Abbildung 2: Kommunikation ECU und Betriebsführung

Die Funktion des Eiserkennungssystems, d.h. die Betriebs- und Kommunikationsfähigkeit, wird vom System selbst ständig überwacht. Sofern diese nicht bestätigt werden kann, wird über die Status Meldung SM489 („BLADEcontrol icing analysis missing“) ein Betrieb der WEA verhindert. Die WEA verbleibt dann abgeschaltet im Trudelbetrieb bzw. wird mit dem für derartige Fehler bei GE WEA üblichen Bremsprogramm 2 (kontrollierter WEA-Stop) abgeschaltet.

Status Messages				
No	Description	Reset-Type	Braking Procedure	Priority
489	BLADEcontrol icing analysis missing	A	2	Information
490	BLADEcontrol ice detection warning	L/R	0	Warning
491	BLADEcontrol ice detection alarm	L/A	2	Information
492	BLADEcontrol communication warning	L/R/A	0	Warning
493	BLADEcontrol communication alarm	L/R/A	2	Fault

Tabelle 2.1 Status Messages

In Bezug auf die Meldung der Vereisung und die Kommunikationsbereitschaft gibt es drei Zustände:

1. Kein Alarm
2. Voralarm / Warnung (Warnschwelle überschritten)
3. Alarm (Alarmschwelle überschritten).

Eine Abschaltung der WEA mit Bremsprogramm 2 erfolgt erst bei anstehendem Signal „ice detection alarm“ oder „communication alarm“. Bei den jeweiligen Warnungen erfolgt hingegen keine Abschaltung, die WEA verbleibt mit einer entsprechenden Statusmeldung im Betrieb bzw. in Bereitschaft.

Die Stufe „communication warning“ bzw. Statusmeldung SM492 ist ausschließlich bei Außentemperaturen oberhalb der parametrierbaren Eiserkennungstemperatur (P48.18) möglich, sobald die Temperatur darunter sinkt, wird aus der Warnung automatisch ein Alarm.

In Abbildung 3 ist die Logik des Betriebsführungssystems in Bezug auf die Abschaltung bei Eiserkennung dargestellt.

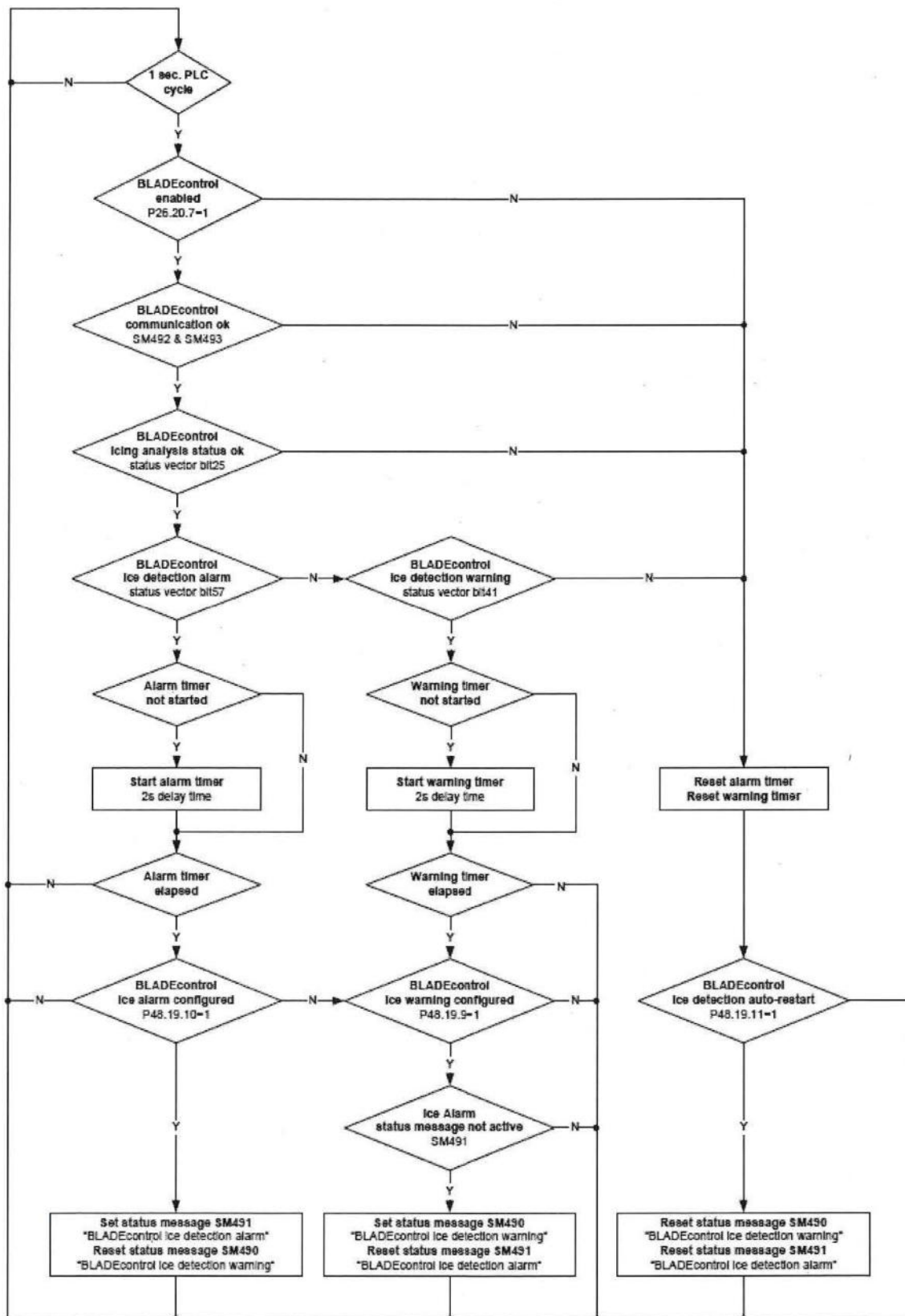


Abbildung 3: Logik Eiserkennung im BFS

Die Funktion der Anlagensteuerung selbst wird wiederum vom unabhängigen Sicherheitssystem der WEA überwacht („Watchdog“). Bei einem Ausfall des Betriebsführungssystems schaltet das hierarchisch übergeordnete Sicherheitssystem die WEA sicher ab.

2.3 Einbauverfahren und Inbetriebnahme

Die Montage von BLADEcontrol erfolgt entweder durch den Hersteller der Windenergieanlage, einen autorisierten Fachbetrieb oder durch die Weidmüller Monitoring Systems GmbH. Der finale Einbau des BLADEcontrol Eiserkennungssystems erfolgt vor Ort an der vollständig errichteten WEA. Zum Teil erfolgt eine Montage bspw. der Sensoren in den Blättern schon vorab, um den Aufwand vor Ort zu reduzieren. Das Einbauverfahren ist für alle Komponenten des Systems detailliert in der generischen Installationsanleitung /7/ beschrieben. Die Randbedingungen und Montagevoraussetzungen sind definiert.

Nach Installation und Anschluss aller Komponenten erfolgt im Rahmen der Inbetriebnahme des Systems eine systematische Funktionsprüfung /7/. Die ordnungsgemäße Funktion des Gesamtsystems wird mit Hilfe eines Testprogramms auf einem Laptop geprüft und dokumentiert. Die Signalerfassung und Weiterverarbeitung im BLADEcontrol System wird durch Anregung der Sensoren mit einem Hammer geprüft.

Dieses Testverfahren prüft nur die Funktion des Eiserkennungssystems und nicht die ordnungsgemäße Reaktion der WEA. Im Rahmen der Inbetriebnahme der WEA wird daher zusätzlich die Anbindung und Reaktion des Betriebsführungssystems geprüft. Die Funktionalität der Meldekette wird durch einen erfolgreich durchgeführten Abschalttest und ein entsprechendes Inbetriebnahmeprotokoll nachgewiesen /9/.

2.4 Parametrierung

BLADEcontrol bietet hinsichtlich der Alarmierung die Möglichkeit voreingestellte Grenzwerte auf die einzelnen WEA anzupassen. Die Parameter können nur von authentifiziertem und dafür autorisiertem Personal verändert werden. Dazu muss sich der Mitarbeiter auf dem Datenbackupserver mit seinem Login anmelden. Sämtliche Anpassungen werden hinsichtlich Login, Datum und Uhrzeit und Veränderung geloggt. Die veränderten Parameter werden daraufhin auf die ECU übertragen.

Für die folgenden von GE vorgesehenen Kombinationsmöglichkeiten sind die Parameter wie folgt einzustellen /8/:

1. Kombination
 - a. BLADEcontrol aktiv
 - b. Eisalarm mit Abschaltung der Turbine (SM491)
 - c. BLADEcontrol Kommunikationsfehler führt zur Abschaltung der Turbine (SM493)
 - d. Kein automatischer Wiederanlauf

Parameter			
No.	Description	Unit	Value
26.20 Bit 7	Enable BLADEcontrol	-	1
26.20 Bit 8	Turbine shutdown due to BLADEcontrol communication alarm	-	1
48.19 Bit 10	BLADEcontrol CBM system ice detection alarm	-	1
48.19 Bit 11	BLADEcontrol CBM system ice detection auto-restart	-	0

Tabelle 2.2 Parametereinstellungen 1

2. Kombination

- a. BLADEcontrol aktiv
- b. Eisalarm mit Abschaltung der Turbine (SM491)
- c. BLADEcontrol Kommunikationsfehler führt zur Abschaltung der Turbine (SM493)
- d. Automatischer Wiederanlauf

Parameter			
No	Description	Unit	Value
26.20 Bit 7	Enable BLADEcontrol	-	1
26.20 Bit 8	Turbine shutdown due to BLADEcontrol communication alarm	-	1
48.19 Bit 10	BLADEcontrol CBM system ice detection alarm	-	1
48.19 Bit 11	BLADEcontrol CBM system ice detection auto-restart	-	1

Tabelle 2.3 Parametereinstellungen 2

Der Parameter 48.18 bestimmt die max. Temperatur für die Eiserkennungsfunktion. Dieser Wert ist nach /6/ auf 3°C einzustellen. Sofern erforderlich, lässt sich dieser Wert auch auf bspw. 5°C einstellen. Oberhalb dieser Temperatur erfolgt keine Abschaltung bei anstehendem Signal „Eisalarm“, da von einer Fehldetektion ausgegangen wird.

2.5 Wiederkehrende Prüfungen

Das Eiserkennungssystem BLADEcontrol ist aufgrund seiner Systemgestaltung sowie der Eigendiagnosefunktionen wartungsfrei. Störungen des Systems werden mittels seiner Eigendiagnosefunktionen der WEA-Steuerung über die jeweilige Schnittstelle und dem Monitoring-Center über die jeweilige Datenanbindung automatisch angezeigt. Aus

dem Monitoring Center heraus kann über die bestehende Datenanbindung eine detaillierte Fehlereingrenzung und Maßnahmenableitung erfolgen.

2.6 Vermeidung des Anfahrens bei Vereisung

Das Wiederaufstarten der WEA nach Abschaltung aufgrund von Vereisung darf nur unter der Voraussetzung der Eisfreiheit geschehen. Grundsätzlich sind hierzu je nach Parametrierung (vgl. Kap. 2.4) zwei verschiedene Verfahren möglich:

1. Local Reset; Wiederaufstarten nur nach Freigabe durch eine autorisierte Person vor Ort
2. Auto Reset / restart; das automatische Wiederaufstarten der WEA erfolgt bei Signal „Eisfrei“

Ein Wiederaufstarten nach einem Remote Reset über das Netzwerk ist dagegen nicht möglich, s. Abbildung 4.

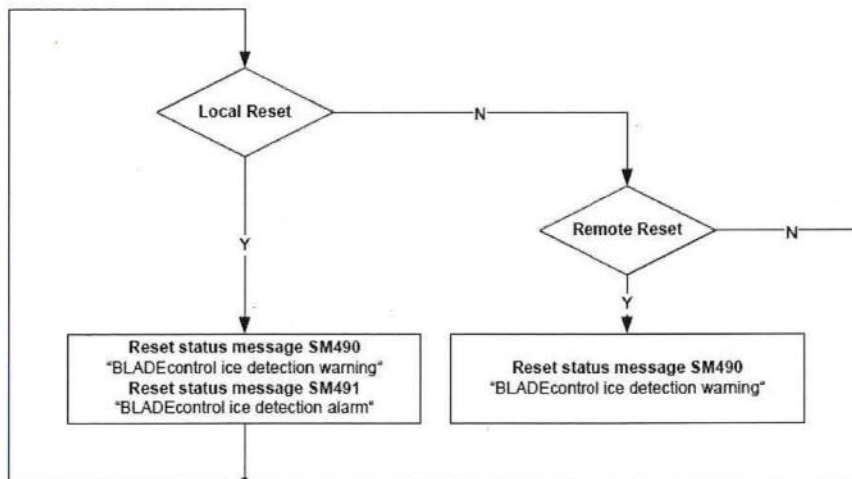


Abbildung 4: Freigabelogik nach Abschaltung durch Eisansatz

Die manuelle Freigabe nach Sichtprüfung auf Eisfreiheit durch eine geschulte und autorisierte Person vor Ort ist übliche Praxis und als ausreichend sicher zu bewerten.

Unter der Voraussetzung, dass das BLADEcontrol Eiserkennungssystem kritischen Eisansatz zuverlässig erkennt, ist ein automatisches Wiederaufstarten als sicher zu bewerten. Die Zuverlässigkeit des Eiserkennungssystems ist nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

3 Bewertung

Bei anstehendem Signal „Eisalarm“ wird die WEA automatisch vom Betriebsführungssystem abgeschaltet. Das Eiserkennungssystem BLADEcontrol ist für die untersuchten GE WEA kompatibel mit dem Konzept des Betriebsführungs- und Sicherheitssystems und die Einbindung in das Betriebsführungssystem erfolgt unter Berücksichtigung der definierten erforderlichen Schnittstellen.

Das Eiserkennungssystem erfüllt das für diese Systeme maßgebliche Einzelfehlerkriterium insofern, als dass bei einer Störung oder nicht bestätigter Bereitschaft des Eiserkennungssystems die WEA unterhalb von 3°C (parametrierbar) automatisch abgeschaltet wird. Die Frage der zuverlässigen Erkennung von kritischem Eisansatz am Rotorblatt wurde an dieser Stelle nicht bewertet.

Die Parametrierung der Anlage erfolgt im Rahmen der geregelten Inbetriebnahme und darf nur von autorisierten und dafür ausgebildeten Mitarbeitern vorgenommen werden.

Als Teil der Inbetriebnahme des Eiserkennungssystems in GE WEA werden die Signale des BLADEcontrol Systems (wie BLADEcontrol Ready, Eis-Voralarm, Eis-Alarm) im BLADEcontrol System simuliert und die Reaktion der WEA geprüft.

Das vorgesehene Verfahren des Wiederanfahrens nach Vereisung durch Sichtprüfung vor Ort wird als ausreichend sicher bewertet. Unter der Voraussetzung, dass das BLADEcontrol Eiserkennungssystem kritischen Eisansatz zuverlässig erkennt, ist ein automatisches Wiederanfahren ebenfalls als sicher zu bewerten.

Erstellt

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "L. Klüppel".

Dipl.-Ing. L. Klüppel

Freigabe

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "O. Raupach".

Dipl.-Ing. O. Raupach

4 Dokumente und Literaturverzeichnis

4.1 Bewertete Dokumente

- /1/ Weidmüller Monitoring Systems GmbH
BLADEcontrol Rotorblatt Condition Monitoring System
Dokumentation zur Zertifizierung, Teil 1: Systembeschreibung, Rev. 6
- /2/ Weidmüller Monitoring Systems GmbH
BLADEcontrol Rotorblatt Condition Monitoring System
Dokumentation zur Zertifizierung
Teil 2: Funktionsbeschreibung zur Zustandsüberwachung, Rev. 4,
- /3/ Weidmüller Monitoring Systems GmbH
BLADEcontrol Rotorblattüberwachung für Windenergieanlagen
Betriebsanleitung, WTD-21751-001_Betriebsanleitung_N_DE_161111
- /4/ BLADEcontrol Eisdetektor
Dokumentation zur Zertifizierung des Systems BLADEcontrol durch den Germanischen Lloyd, TD-21690-011_N_DE_121114, Rev. 3
- /5/ Weidmüller Monitoring Systems GmbH
Inbetriebnahme BLADEcontrol
WAA-21750-003, 2016-11-25
- /6/ GE Energy
Ice Detection Features; Control Logic
Ice Detection Control Logic, Rev03, Date: 2018-05-30
- /7/ Rexroth Bosch Group
BLADEcontrol, Installation and Commissioning,
generic version, V1.1_2014-07-09
- /8/ GE Power & Water
Email von Christoph Schulten an Oliver Raupach, 2014-10-24
- /9/ GE Power & Water
Email von Martin Essing an Oliver Raupach, 2014-10-24

4.2 Literatur & Quellen

- /10/ DIN 1055-5. Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten. Juli 2005.
- /11/ DIBt. Muster – Liste der Technischen Baubestimmungen. Berlin. Fassung September 2013.
- /12/ VTT Technical Research Centre of Finland. State-of-the-art of wind energy in cold climates. VTT WORKING PAPERS 152. ISBN 978-951-38-7493-3. 2010.
- /13/ COST-727. Atmospheric Icing on Structures. Measurements and data collection on icing: State of the Art Publication of MeteoSwiss, 75, 110 pp. Zürich. 2006.
- /14/ DIN 1055-5. Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten. Juli 2005.
- /15/ Seifert, H. Technische Ausrüstung von Windenergieanlagen an extremen Standorten. Wilhelmshaven. 2002.
- /16/ Seifert, H., Richert, F. A recipe to estimate aerodynamics and loads on iced rotor blades, Boreas IV. Hetta, Finland, 1998.
- /17/ Seifert, H. Technical requirements for rotor blades operating in cold climates Boreas VI. Pyhä, Finland, 2003.
- /18/ Seifert, H. et al. Risk analysis of ice throw from wind turbines, BOREAS VI. Pyhä, Finland. 2003.
- /19/ DIBt. Richtlinie für Windenergieanlagen – Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung. Berlin. Fassung Oktober 2012.
- /20/ Germanischer Lloyd. Vorschriften und Richtlinien. IV Industriedienste. Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen. Hamburg. Ausgabe 2010.

Technische Dokumentation

Windenergieanlagen

Alle Anlagentypen

Eisdetektion



imagination at work

Visit us at
www.gerenewableenergy.com

Alle technischen Daten unterliegen der möglichen Änderung durch fortschreitende technische Entwicklung!

Die Angaben im Dokument beziehen sich ausschließlich auf Windenergieanlagen, die in Deutschland installiert werden, gleichwohl können sie auch für Anlagen außerhalb Deutschlands zutreffend sein.

Klassifizierung: öffentliches Dokument

Urheber- und Verwertungsrechte

Alle Unterlagen sind im Sinne des Urheberrechtgesetzes geschützt. Zuwiderhandlungen sind strafbar und verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte zur Ausübung von gewerblichen Schutzrechten behalten wir uns vor.

© 2018 General Electric Company. Alle Rechte vorbehalten.

GE und das GE Monogramm sind Warenzeichen und Dienstleistungsmarken der General Electric Company.

Andere, in diesem Dokument genannte Unternehmens- oder Produktnamen sind ggf. Warenzeichen bzw. eingetragene Warenzeichen ihrer jeweiligen Unternehmen.



imagination at work

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	5
1.1	GE IceCONTROL.....	5
1.2	BLADEcontrol® System.....	6
1.3	Labkotec „LID-3300IP“	6

1 Allgemeines

GE bietet unterschiedliche Möglichkeiten, um Eisansatz an den Rotorblättern zu erkennen und die Anlage im Betrieb einzuschränken oder ggf. abzuschalten. Es wird bei der Auswertung zwischen der anlageneigenen Sensorik (1.) und externen Sensoren (2. & 3.) unterschieden.

1. GE IceCONTROL
2. Rotorblattsensorik BLADEcontrol® (Weidmüller)
3. Eisansatzsensor „LID-3300IP“ (Labkotec)

GE Wind Energy behält sich vor, ähnliche Sensoren anderer Hersteller zu liefern, die den gleichen Funktionsumfang bieten. Für Anlagen in Mittelgebirgslagen an Standorten im Bundesland Rheinland Pfalz wird ein Gutachten zur Eiserkennung gefordert. Für das System zu 2. liegt das Gutachten vor, es ist gegliedert in zwei Bestandteile, die beide diesem Dokument beigelegt sind.

Wird Eisansatz erkannt, führt die Anlagensteuerung abhängig von der festgelegten Programmierung folgende Aktionen durch:

- I. Eiswarnung, keine Änderung der Betriebsweise, Info über Fernüberwachung an Anlagenhersteller und/oder Betreiber,
- II. Reduzierung der Rotordrehzahl mit dem Ziel, die Reichweite des Eisabwurfes zu reduzieren,
- III. Eisalarm, Abschaltung der Anlage,
- IV. Weiterbetrieb der Anlage in einem Betriebsmodus, der es ermöglicht, einen erhöhten Energieertrag (im Vergleich zu I.) zu erreichen, nur wenn kein Eiswafrisiko an dem betreffenden Standort gegeben ist.

Die detektierten Zustände werden im GE SCADA gespeichert, es werden folgenden Zustände unterschieden:

1. Eisansatz/kein Eisansatz
2. System o.k./System Fehler
3. Kommunikation zwischen BLADEcontrol® und Anlagensteuerung o.k./Kommunikationsfehler (nur im Fall von BLADEcontrol®).

1.1 GE IceCONTROL

Beim Leistungskurvenverfahren und der Schwingungsüberwachung werden Signale der Anlage ausgewertet, um Rotorblattvereisung zu erkennen. Diese Überwachung ist in der Lage sowohl symmetrischen und unsymmetrischen Eisansatz an den Rotorblättern zu detektieren. Werden bestimmte Parameterkombinationen festgestellt, wird ein Eisalarm ausgelöst. Für den Start der Anlage bedarf es einer visuellen Kontrolle der Rotorblätter. Der Start kann über die Fernüberwachung ausgeführt werden, wenn die Rückmeldung der Vor-Ort-Kontrolle vorliegt.

Bei der Überwachung des „Tip Speed Ratio“ („TSR“, deutsch auch „Schnelllaufzahl“ genannt) wird unter anderem die Rotordrehzahl überwacht. Abweichungen der im Betrieb gemessenen Werte von in der Anlagensteuerung

hinterlegten Sollkurven sind ein Hinweis auf veränderte aerodynamische Verhältnisse und führen wiederum in Verbindung mit einer niedrigen Außentemperatur zu einer entsprechenden Meldung an die Anlagensteuerung.

GE IceCONTROL arbeitet im Windgeschwindigkeitsbereich von etwa 5 m/s bis zum Erreichen der Nennwindgeschwindigkeit. Außerhalb dieses Windgeschwindigkeitsbereichs kann die Anlagensteuerung so eingestellt werden, dass die Anlage im Fall geringer Umgebungstemperaturen entweder im Normalbetrieb bleibt oder abgeschaltet wird. Der Auftraggeber muss seine Auswahl dem Auftragnehmer mitteilen.

1.2 BLADEcontrol® System







Das BLADEcontrol® System von Weidmüller ist ein Messsystem, das kontinuierlich die Eigenfrequenz der Rotorblätter überwacht und diese mit historischen Werten vergleicht. Im Falle von Eisansatz vergrößert sich die Masse der Rotorblätter und die Eigenfrequenzen verschieben sich zu kleineren Werten. Für die Messung ist in jedem der 3 Rotorblätter ein unabhängig arbeitender Sensor installiert. Sobald Eisansatz erkannt wird und bestimmte Auslöseschwellen überschritten werden, sendet BLADEcontrol® entsprechende Warn- oder Alarmmeldungen an die Anlagensteuerung. Diese sorgt dann abhängig von der Programmierung für die Reaktionen I – IV. Das System kann bei Anlagenstillstand sowie im Betrieb der WEA Eisansatz messen. Eine automatische Wiederinbetriebnahme der Anlage ist möglich, wenn sich der Status des Sensors von „Eisansatz“ auf „kein Eisansatz“ ändert. Das BLADEcontrol® System wird nur zur Erkennung von Eisansatz eingesetzt.

1.3 Labkotec „LID-3300IP“

Dieser Eissensor wird auf dem Maschinenhaus der Anlage installiert. Der Sensor hat eine Größe von etwa 10 x 35 cm und kann z. B. in der Nähe der Sensoren zur Messung der Windgeschwindigkeit installiert werden. Der Sensor nutzt einen Draht, der einem Ultraschallsignal ausgesetzt wird. Veränderungen im Ultraschallsignal werden genutzt, um Eisansatz zu detektieren. Die Auslöseschwelle, bei der Eisansätze zum Auslösen des Eisalarms an die Anlagensteuerung führen soll, ist einstellbar. Für den Neustart der Anlage bedarf es einer visuellen Kontrolle der Rotorblätter und Freigabe der Wiederinbetriebnahme.



Legende

-  Standort Eisabwurfschild (geplant)
-  WEA Standorte (geplant)
-  Rotorkreisfläche
-  Grenzabstand
-  gepl. Zuwegung (dauerhaft)
-  Abstand (in m)

Windenergieprojekt Gyhum



Lageplan

Standorte Warnschild Eisabwurf

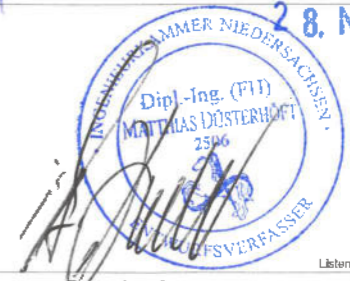
2 8. Nov. 2020

Antragsteller & Bauherr:

WINDWÄRTS

ENERGIE AUS DEM NORDEN
Windwärts Energie GmbH | www.windwaerts.de
Hanomagshof 1 | 30449 Hannover | +49 (0)511 123 573-0


2 8. Nov. 2020

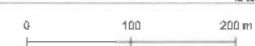


Hannover, Listen - Nr.: 32508

Entwurfsverfasser

Maßstab: 1:7.000 Format: DIN A3 Stand: 24.11.2020

Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2020  Bearbeitung: Jen-philip.deck



AK5 2020