

Restricted
Dokumentennr.: 0068-3752 V00
21. Juni 2017

Allgemeine Beschreibung Eissturz- und Eisabwurfisiko - sowie Risikominderung - V105/V112/V117/V126/V136/V150



History of this document

Version no.	Date	Description of changes
0	21.06.2017	Initial version

Inhaltsverzeichnis

1	Referenzen	2
2	Allgemeine Beschreibung	3
3	Vereisungsrisiko	3
4	Minderung des Vereisungsrisikos	4
4.1	Management der Windenergieanlagenstandorte	4
4.2	Anbringung von Schutzeinrichtungen und optischen Warnungen	5
4.3	Sicherheitskonzept für das Bedienpersonal	5
4.4	Vestas Ice Detection™ System (Vestas Eiserkennungssystem)	6
5	Auswirkungen kalter klimatischer Bedingungen auf die Windenergieanlage	8
6	Vestas De-icing™ System (VDS – Vestas Enteisungssystem)	9
7	Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse	12

Siehe allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse (einschl. Abschnitt 7 Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse) der vorliegenden allgemeinen Spezifikation.

1 Referenzen

Ref.-	Dokumententitel
[1]	<i>Vereisung von Windenergieanlagen und öffentliche Sicherheit – ein quantifizierbares Risiko?</i> Colin Morgan und Ervin Bossanyi, Garrad Hassan, 1996.
[2]	<i>Risikoanalyse für den Eiswurf von Windenergieanlagen.</i> Henry Seifert, Annette Westerhellweg und Jürgen Kröning, DEWI, 2003.
[3]	<i>Windenergieprojekte in kalten Klimagebieten.</i> IEA Wind – Studie der Expertengruppe zu empfohlenen Maßnahmen, 22. Mai 2012
[4]	<i>Windenergieprojekte in kalten Klimagebieten.</i> Tammelin, Cavaliere, Holttinen, Hannele, Morgan, Seifert und Sääntti, 1997.
[5]	<i>Allgemeine Spezifikation VID.</i> Vestas Wind Systems A/S, DMS 0049-7921.
[6]	<i>Allgemeine Spezifikation VDS.</i> Vestas Wind Systems A/S, DMS 0060-8398.

2 Allgemeine Beschreibung

Moderne Windenergieanlagen sind große Strukturen mit großen Oberflächenbereichen, an denen sich unter bestimmten atmosphärischen Bedingungen, wie bei Umgebungstemperaturen nahe 0 °C in Kombination mit einer hohen relativen Feuchte und Niederschlägen, Eis bilden und ansammeln kann. Dieser Vorgang unterscheidet sich nicht von dem bei anderen großen Strukturen, wie Übertragungsleitungen, Brücken, Gebäude usw. Die Adhäsion von Eis auf der Oberfläche der Windenergieanlage ändert sich je nach Bildungsbedingungen und Oberflächenzustand. Weil aber Turm, Maschinenhaus, Nabe und Blattoberflächen glatt sind, kann angesammeltes Eis von der Windenergieanlage abgeworfen werden und infolge der Gravitationskraft zu Boden fallen.

Zusätzlich dazu und insbesondere bei den Blättern der Windenergieanlage wird die Eisansammlung beschleunigt, wenn die erforderlichen atmosphärischen Bedingungen vorliegen und die Windenergieanlage sich in Betrieb befindet (z. B. wenn sich der Rotor dreht). Dies geschieht infolge der erhöhten Windkühlung der Blätter während der Drehung. Zusätzlich zur Eisablösung kann eine Eisansammlung an den Blättern auch zum Eiswurf führen, bei dem das Eis nicht nur, je nach Windgeschwindigkeit, näherungsweise vertikal von der Windenergieanlage herabfällt, sondern wegen der Rotationskräfte von den rotierenden Blättern rutscht und in einiger Entfernung von der Windenergieanlage abgeworfen wird. Diese Entfernung hängt von der Rotorgeschwindigkeit, der Windgeschwindigkeit und von der Konstitution der Eisansammlung ab.

Die entsprechenden Sicherheitsaspekte von Eisablösung und Eiswurf müssen während Projektentwicklung, Standortbetrieb und Service berücksichtigt werden.

Der Zweck dieser allgemeinen Beschreibung besteht darin, Informationen über die Risiken zu präsentieren, Empfehlungen dafür anzubieten, wie sich das Risiko mindern lässt, sowie unter anderem zu erklären, welche Optionen für die Windenergieanlagen zur Beeinflussung der Eisleistung und zur Minderung des Eisrisikos zur Verfügung stehen.

3 Vereisungsrisiko

Die Bildung und Ansammlung von Eis auf der Struktur der Windenergieanlage ist von den atmosphärischen Bedingungen am Installationsort der Windenergieanlage und vom Betriebsmodus der Windenergieanlage abhängig. Das Herabstürzen akkumulierten Eises von einer Windenergieanlage im Stillstand oder der Eiswurf von einer Windenergieanlage im Betrieb kann durch plötzliche Änderungen der atmosphärischen Bedingungen, beispielsweise von Umgebungstemperatur, Niederschlag, Wind oder Sonneneinstrahlung, verursacht werden.

Außerdem kann er durch eine mechanische Bewegung der Struktur der Windenergieanlage infolge von Vibrationen, Statusänderungen des Betriebsmodus, wie Beschleunigung/Verzögerung, Notstopps usw. hervorgerufen werden, und es ist unmöglich vorherzusagen, wann das diskrete Einzelereignis eines Eissturzes oder Eiswurfs auftritt. Eisstücke, -blöcke, -schichten oder -zapfen können sich lösen und von der Windenergieanlage stürzen oder

herabgleiten, wodurch sie den Bereich direkt unter dem Maschinenhaus und dem Rotor zur Zone des höchsten Risikos machen [1].

Die Zone mit dem zweithöchsten Risiko ist ein kreisförmiger Umgebungsbereich um die Windenergieanlage herum, in dem ein Eiswurf Eisstücke von der Windenergieanlage wegschleudern kann. Obwohl die Windenergieanlage 360 Grad rund um die Vertikalachse des Turms giert, gibt es normalerweise eine vorherrschende Windrichtung für eine gegebene Baustelle und Montagestellfläche, so dass sich das Eiswurfisiko nicht gleichmäßig über die 360 Grad rund um die Windenergieanlage verteilt, sondern in einigen Windsektoren höher als in anderen ist. Eine allgemeine Orientierungshilfe zur Risikoverteilung ist unmöglich, weil sie von den lokalen Bedingungen des jeweiligen Projekts abhängt.

Je nach Voraussetzungen kann die Entfernung, über die Eisstücke von der Windenergieanlage weggeschleudert werden können, bis zu mehreren hundert Metern betragen [1,2]. Alle Personen (die allgemeine Öffentlichkeit oder das Baustellenpersonal), Gebäude, Installationen, Infrastrukturen, Transportausrüstung usw., die von herabstürzenden Eisstücken getroffen werden, können Personen- beziehungsweise Sachschäden erleiden, wenn keine angemessene Schutzmaßnahmen gewährleistet werden.

4 Minderung des Vereisungsrisikos

Das Eissturz- und Eiswurfisiko muss während der Projektierung, Projektplanung und Projektgenehmigung sowie während des Windenergieanlagenbetriebs und beim Service berücksichtigt werden. Hierzu gehören insbesondere Windparks, die in dicht besiedelten Gebieten, Erholungsgebieten, in der Nähe von Straßen, Gewerbegebieten usw. errichtet werden.

Vestas hat in den letzten 30 Jahren (bis Juni 2017) mehr als 60.000 Windenergieanlagen in mehr als 40 Ländern errichtet, von denen viele für eine bedeutende Zeitspanne des Jahres Vereisungsbedingungen unterliegen. Aufgrund dieser Praxiserfahrung in Kombination mit den Leitlinien aus bewährten Verfahren der Industriepraxis [3] schlägt Vestas die folgenden Maßnahmen zur Minimierung des Risikos und der Auswirkungen von Eissturz und Eiswurf für frostgefährdete Windparks vor:

4.1 Management der Windenergieanlagenstandorte

In der Phase der Standortwahl und des Genehmigungsverfahrens für ein Projekt muss sichergestellt werden, dass sich die einzelnen Windenergieanlagen in einem sicherem Abstand von Bereichen der allgemeinen Öffentlichkeit, Erholungsgebieten bzw. gewerblich genutzten Bereichen, Straßen, Gebäuden, Installationen, Infrastrukturen usw. befinden. Vestas empfiehlt immer eine standortspezifische Risikobeurteilung zum Vereisungsrisiko; sollte dies jedoch nicht möglich sein, dann können allgemeine Richtlinien hierzu nützlich sein.

Die Zertifizierungsstellen DNVGL und DEWI empfehlen die Verwendung der Referenzquelle „Windenergieerzeugung unter kalten klimatischen Bedingungen“ [4], welche folgende Regeln zur Berechnung eines Sicherheitsabstands „d“ für Eissturz beziehungsweise für Eiswurf vorschlägt:

$$\text{Eissturz: } d = v \cdot (D/2 + H) / 15 \text{ und}$$

$$\text{Eiswurf: } d = (D + H) \cdot 1,5;$$

wobei d = radialer, horizontaler Sicherheitsabstand vom Turm der Windenergieanlage in m, D = Rotordurchmesser in m, v = Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe in m/s und H = Nabenhöhe in m entspricht.

Die standortspezifischen Sicherheitsabstände können von dieser allgemeinen Regel abweichen, je nach Bauweise der Windenergieanlage, Windgeschwindigkeit, Rotorgeschwindigkeit, Blattoberflächenzustand, atmosphärischen Bedingungen und vielen anderen Faktoren. Die Standortwahlbeschränkungen, die sich durch eine Gefährdungsbeurteilung zur Vereisung oder durch diese allgemeine Regel ableiten lassen, können durch den Einsatz eines Eiserkennungssystems an der Windenergieanlage reduziert werden, das ein Abschalten der Windenergieanlage ermöglicht, falls an bestimmten Stellen an der Struktur der Windenergieanlage eine Eisbildung erkannt wird. Der Umfang einer solchen Reduzierung hängt von den örtlichen Bedingungen am betreffenden Ort ab.

4.2 Anbringung von Schutzeinrichtungen und optischen Warnungen

Die Abschirmung einer Windenergieanlage oder eines Windparks mit Schutzgittern und Warnschildern kann ein Mittel zur Bereitstellung eines angemessenen Schutzes für das Baustellenpersonal und die allgemeine Öffentlichkeit darstellen [3]. Nur eine volle Zugangsbeschränkung mit einem umgebenden Schutzgitter bietet einen physikalischen Schutz, ist aber für bestimmte Baustellen möglicherweise nicht durchführbar bzw. praktikabel. Daher müssen stets standortspezifische Gefährdungsbeurteilungen mit angemessen skalierten Risikominderungsmaßnahmen durchgeführt werden.

4.3 Sicherheitskonzept für das Bedienpersonal

Zugang und Arbeiten in einer Windenergieanlage und ihrer Umgebung unter Vereisungsbedingungen müssen stets auf Basis einer Gefährdungsbeurteilung erfolgen und sollten in ihrem Umfang so weit wie möglich eingeschränkt werden, um das Risiko zu minimieren. Die Verwendung der persönlichen Schutzausrüstung (PSA) ist auch unter Vereisungsbedingungen Pflicht. Angemessene Sicherheitsvorkehrungen für den Zugang zu einer Windenergieanlage unter Vereisungsbedingungen umfassen unter anderem:

- Fernabschaltung der Windenergieanlage
- Windnachführung des Maschinenhauses zur Positionierung des Rotors auf der Seite des Turms, die der Seite mit der Turmtür gegenüber liegt
- Parken von Service-Fahrzeugen und Ablegen von Werkzeugen in einem Abstand von $d = v \cdot (D/2 + H) / 15$ Metern Entfernung zum Turm
- Fernstarten der Windenergieanlage nach Abschluss der Arbeiten.

4.4 Vestas Ice Detection™ System (Vestas Eiserkennungssystem)

Zur Reduzierung des Risikos von Eiswurf (jedoch nicht von Eissturz) kann die Windenergieanlage fernabgeschaltet werden, wenn das Baustellenpersonal Vereisungsbedingungen und Eisbildung an der Windenergieanlage beobachtet. In der Praxis unterliegen Windenergieanlagen keiner Vor-Ort-Überwachung, weshalb Vestas auch automatische Erkennungs- und Abschloptionen durch Montage eines der herkömmlichen Eisdetektoren auf Maschinenhausbasis, wie dem Goodrich- oder Labkotec-Eiserkennungssystem oder dem Vestas Ice Detection™ System (VID) für Windenergieanlagen, anbietet.

Das Vestas Ice Detection™ System (VID) setzt eine hochmoderne DNV-GL-zertifizierte Sensortechnologie ein, einschließlich einer Vollintegration mit VestasOnline® SCADA für den Betrieb und die Alarmierung. Eine Master-Slave-Funktion wird so angeboten, dass ein einziges Eiserkennungssystem das automatische Abschalten und Wiederanfahren aller Windenergieanlagen in einem Windpark steuern kann. Die Master-Slave-Funktion ist zur Verwendung in jenen Regionen erhältlich, in denen die Vorschriften sie zulassen.

Die Eiserkennung wird in folgenden zwei Varianten angeboten: Ein Maschinenhaus-basiertes System und ein Blatt-basiertes System: Vestas Ice Detection™ System (VID). Obwohl das Maschinenhaus-basierte System einfach ist, bietet es nicht dasselbe Erkennungsniveau wie ein Blatt-basiertes System, weil die Korrelation zwischen der Eisbildung am Maschinenhaus und der am Rotorblatt schwach ist. Aus diesem Grund wird die Maschinenhaus-basierte Eiserkennung nur in einigen Ländern anerkannt. Außerdem verfügt die Maschinenhaus-basierte Eiserkennung nicht über dieselbe DNVGL-Zertifizierung wie das Vestas Ice Detection™ System (VID).

Die Blatt-basierte Eiserkennung ist komplexer. Sie besteht aus einem Beschleunigungsmesser in jedem Rotorblatt, der mit einem in der Nabe angeordneten Steuerschrank (Schaltschrank der Eiserkennung) verbunden ist, welcher wiederum mit der Nabensteuerung der Windenergieanlage verbunden ist. Das System liefert Daten zum Eisansatz am gesamten Rotorblatt und unterbricht den Anlagenbetrieb (Stromerzeugung), sobald bestimmte Bedingungen erfüllt sind. In erster Linie muss ein einstellbarer Schwellenwert für den Eisansatz überschritten sein und die Temperatur weniger als 5 °C betragen.

Zur Eiserkennung am Rotorblatt wird eine Massezunahme des Blattes gemessen. Masseänderungen führen zu Abweichungen bei den Eigenfrequenzen der unteren Modi am Rotorblatt. Durch die Anbringung von Beschleunigungsmessern in allen Rotorblättern überwacht das System kontinuierlich und automatisch die spezifischen Eigenfrequenzen der Rotorblätter. Wenn die erkannten Frequenzabweichungen die vordefinierten Schwellenwerte überschreiten, werden Warn- und Alarmsignale an die Steuerung der Windenergieanlage gesendet.

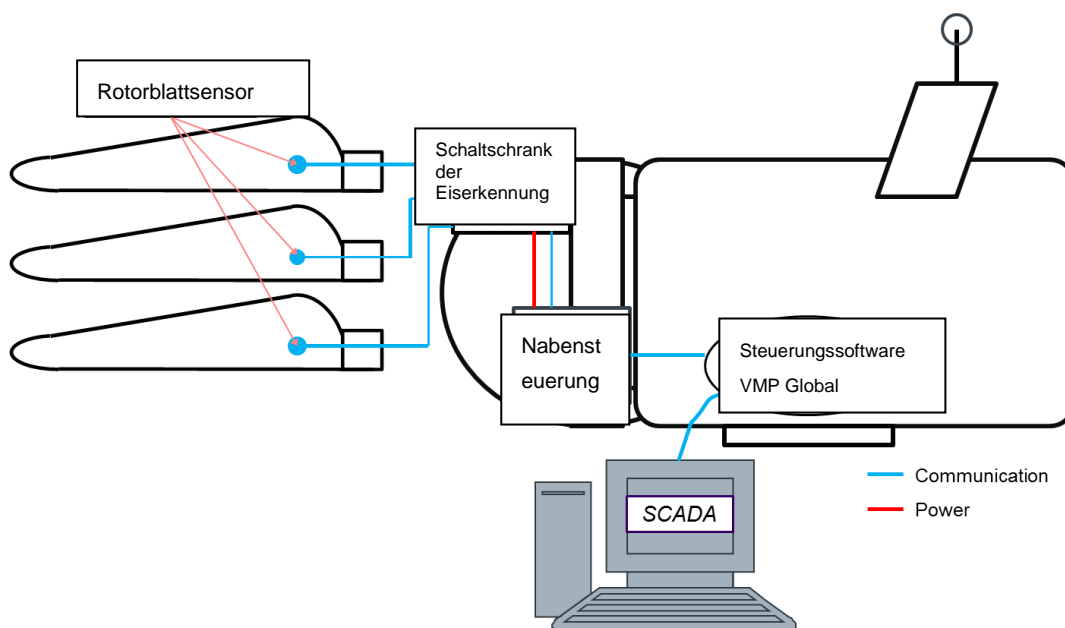
Die Eiserkennungsschwellenwerte auf Basis der erzielbaren Frequenzauflösung des Systems sind auf Standardwerte eingestellt, können jedoch an die örtlichen Klimateigenschaften und Vorschriften angepasst werden, um das Eiswurfisiko weiter zu reduzieren.

Die Eiserkennung wird bei in Betrieb/Stromerzeugung befindlicher Windenergieanlage und im Stillstand kontinuierlich durchgeführt, was zu einer Echtzeiterkennung der Eisbildung an den Rotorblättern führt.

Das Blatt-basierte Eiserkennungssystem sendet kontinuierlich Signale zum Vereisungszustand der Rotorblätter sowie seinen eigenen Systemstatus an die Steuerung der Windenergieanlage. Gemäß diesen Signalen kann die Steuerung die Windenergieanlage im Falle eines Eiswarnungssignals automatisch herunterfahren und auch automatisch wiederhochfahren, nachdem die Eiswarnung aufgehoben wurde. Über die bereitgestellten Signale kann die Steuerung außerdem die Gültigkeit des empfangenen Eisstatussignals überprüfen und entsprechend reagieren.

Nach der Abschaltung der Windenergieanlage wegen einer erkannten Eisbildung setzt das System seine Messungen im Stillstand fort. Daher kann die Abwesenheit von Eis (bzw. das Verbleiben eines unkritischen Eisrests) vor einem Wiederhochlauf der Windenergieanlage bestätigt werden und die Steuerung kann anschließend die Windenergieanlage hochfahren.

Das Layout des Rotorblatt-basierten Eiserkennungssystems wird in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.



Daneben gibt es andere Mittel zur Eiserkennung, beispielsweise die Überwachung des Leistungskurvenabfalls oder die Erkennung von durch die Eisbildung verursachten Rotorblatt-Unwuchten über einen Hauptwellen-Vibrationssensor; da sich ein Eisansatz auf symmetrische Weise bilden kann, löst der Sensor in einer solchen Situation aber keine Warnung aus. Da das Blatt-basierte Eiserkennungssystem von Vestas in jedem Rotorblatt über einen Einzelsensor verfügt, wird eine symmetrische Eisbildung dennoch erkannt.

WICHTIG Die Technologie zur Eiserkennung ist immer noch neu und relativ unausgereift, das heißt, dass Eiserkennungssysteme, die eine Abschaltung der Windenergieanlage verursachen, keinen Erkennungsgrad von 100 % gewährleisten können, auch wenn sie eine Zertifizierung haben. Daher darf die Ausrüstung einer Windenergieanlage mit einem Eiserkennungssystem nicht als Garantiemittel zur Verhinderung von Eiswurf betrachtet werden. Sie wird jedoch das Eiswurfisiko reduzieren, was auch von den Behörden in verschiedenen Ländern anerkannt wird.

Wenn eine Eisbildung erkannt und die Auslösungsniveaus überschritten werden, führt die Windenergieanlage folgende Aktionen durch:

1. Eiswarnung an die Steuerung der Windenergieanlage und an VestasOnline® SCADA, jedoch keine Änderung des Betriebsmodus der Windenergieanlage.
2. Eisalarm an die Steuerung der Windenergieanlage und an VestasOnline® SCADA, eine Abschaltung der Windenergieanlage auslösend.
3. Widerruf des Eisalarmstatus, wenn die Vereisungsbedingungen wegfallen und die Masse des Rotorblatts unter den Auslösungsschwellwert abfällt, sowie automatisches oder manuelles Wiederhochlaufen der Windenergieanlage je nach Steuerungseinstellungen.
4. Optional und sofern das Vestas De-Icing™ System (Vestas Enteisungssystem) angeschlossen ist, kann das Eiserkennungssystem die Aktivierung des Enteisungssystems auslösen.

Das Eiserkennungssystem signalisiert der Nabensteuerung, die Windenergieanlage abzuschalten. Wenn das Eiserkennungssystem nicht zur Messung des Eisansatzes in der Lage ist (zum Beispiel aufgrund eines Sensorausfalls), wird die Windenergieanlage automatisch abgeschaltet, sobald die Umgebungstemperatur unter 5 °C sinkt.

In der Steuerung im Turmfuß steht ein 24-V-DC-Ausgang für den Anschluss vom Kunden installierter, externer Einrichtungen (Warnton, Warnleuchte usw.) bereit, um bei Abschaltung der Windenergieanlage durch das Eiserkennungssystem einen entsprechenden Alarm auszugeben.

Zu weiteren Einzelheiten über das Vestas Ice Detection™ System (Vestas Eiserkennungssystem) konsultieren Sie bitte die Allgemeine Spezifikation [5] oder nehmen Sie Kontakt zu Vestas auf.

5 Auswirkungen kalter klimatischer Bedingungen auf die Windenergieanlage

Die in dieser allgemeinen Beschreibung erörterten Windenergieanlagen sind alle so konzipiert, dass sie Überlebenstemperaturen von bis zu -40 °C Kälte und Betriebstemperaturen von bis zu -20 °C Kälte widerstehen können. Ein Niedrigtemperatur-Paket, das einen Betrieb der Windenergieanlage bei bis zu -30 °C Kälte erlaubt, ist als Option erhältlich. Diese Temperaturbereiche gelten unabhängig von Vereisungen.

Eislasten werden in der Bauweise der Windenergieanlage bei den Bemessungslasten gemäß DIBt 2012 berücksichtigt und sind im Lastengutachten widergespiegelt. Die Eislastfälle gemäß DIBt 2012 werden auch auf die IEC-Bemessungslasten angewendet.

Die Windenergieanlage ist standardmäßig mit einem Turmspitzen-Beschleunigungsmesser ausgerüstet, der die Struktur vor Überlasten schützt. Auf ähnliche Weise ist jedes Rotorblatt mit Lastsensoren ausgerüstet, welche die Windenergieanlage stoppen, wenn die Lastverteilung oder das Rotorgleichgewicht nicht innerhalb der Schwellwertgrenzen liegt. Obwohl diese Schutzfunktionen in Kraft sind und die Windenergieanlage vor allen Lastereignissen, einschließlich der Vereisung, schützen, ist nicht zu erwarten, dass diese von Vereisungsereignissen ausgelöst werden, weil es sehr unwahrscheinlich ist, dass der Eisansatz stark genug ist, um die Auslösungsniveaus der Turm- und Rotorblatt-Lastsensoren zu erreichen.

Eine Vereisung an den Windsensoren oder Rotorblättern beeinträchtigt die Energieerzeugung. Die Vereisung der Windsensoren führt zu einer falschen Messung und zu einer dementsprechend falschen Betriebsantwort von der Windenergieanlage, welche die Energieerzeugung negativ beeinflusst. Der Eisansatz an den Rotorblättern beeinträchtigt die Auftriebs- und Luftwiderstandskoeffizienten der Rotorblätter und reduziert die Energieerzeugung.

Um einer Verschlechterung der Energieerzeugung wegen einer Vereisung der Windsensoren entgegenzuwirken, setzt Vestas Heizelemente in den Ultraschall-Windsensoren ein.

Zur Minderung einer Verschlechterung der Energieerzeugung wegen einer Vereisung an den Rotorblättern bietet Vestas das Vestas De-icing™ System (VDS – Vestas Enteisungssystem) an, das im nächsten Abschnitt detaillierter erläutert wird.

6 Vestas De-icing™ System (VDS – Vestas Enteisungssystem)

Das Vestas De-icing™ system (VDS) maximiert die Energieproduktion unter eisigen Bedingungen, indem es Luftheizelemente dazu einsetzt, warme Luft durch das Innenvolumen der Rotorblätter zu drücken und so die Oberfläche der Rotorblätter zu erwärmen. Das System mit voller VestasOnline® Scada Integration überwacht fortlaufend die Leistung gemäß Leistungskurve der Windenergieanlage. Über die automatische Steuerung des Systems aktiviert die Windenergieanlage die Enteisung nur dann, wenn sich daraus ein Gewinn in der Netto-Energieerzeugung erzielen lässt.

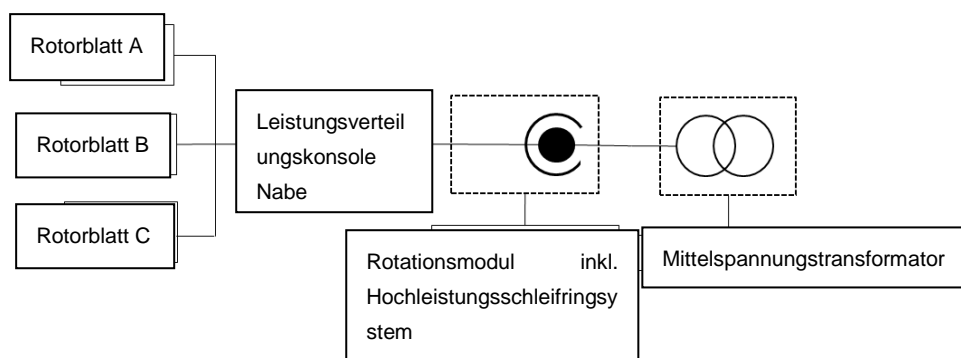
Grundlage für ein Enteisungsrotorblatt ist ein Standard-Rotorblatt, an dem Änderungen vorgenommen werden, die ein Zirkulieren der warmen Luft im Inneren der Rotorblatthohlräume ermöglichen. Darüber hinaus wird eine Heißluftsystem-Einheit (Hot Air Installation, HAI) in die Blattwurzel jedes Rotorblatts integriert. Die HAI-Einheit besteht aus Leitungen, einem Gebläseaggregat und Heizelementen. Luftein- und -auslass des HAI sind über eine flexible Leitung mit den Blatthohlräumen in den Enteisungsblättern verbunden. Um optimale Effizienz sicherzustellen, ist das Vestas De-Icing™ System zur Enteisung des äußeren Drittels der gesamten Profildicke des Windenergieanlagenblatts und der verbleibenden zwei Drittel der Vorderkante in Richtung Spitze konzipiert.

WICHTIG

Das Vestas De-icing™ System ist zur Verbesserung der Energieproduktion der Windenergieanlage unter kalten klimatischen Bedingungen konzipiert und stellt eine Maßnahme zur Leistungsverbesserung dar. Es ist nicht zur Beseitigung oder Reduzierung der Eissturz- und Eiswurfisiken vorgesehen.

Alle mechanischen und elektrischen Bauteile des Systems sind von der Nabe der Windenergieanlage und von den Blattwurzeln selbst zugänglich, was es aus der Serviceperspektive gesehen erleichtert, das System zu warten. Bei dem Gebläse und den Heizelementen handelt es sich um Teile, die gewartet werden müssen und die sich einzeln von dem HAI entfernen lassen. Der Service kann in den jährlichen Serviceplan für die Windenergieanlage gebündelt werden.

Das Enteisungssystem entnimmt seine Stromversorgung direkt aus dem Mittelspannungstransformator. Die Anordnung des VDS-Stromversorgungssystems ist in der Abbildung unten dargestellt:



Das VDS kann über VestasOnline® SCADA für eine automatische Aktivierung konfiguriert werden, wobei die zusätzliche Option einer manuellen Aktivierung durch einen VestasOnline®-SCADA-Benutzer besteht. Die automatische Aktivierung basiert auf einem Leistungskurvenabfall-Algorithmus, in dem die aktuelle Stromleistung der Windenergieanlage mit einer zuvor definierten WEA-spezifischen Referenzkurve verglichen wird, die von Vestas bereitgestellt wird. Wird ein Abfall der WEA-Leistung gegenüber der Referenzkurve festgestellt, wird ein Enteisungsbefehl an die Windenergieanlage gesendet, vorausgesetzt, dass sämtliche Sicherheitsprüfungen und Prüfungen des Betriebsbereichs der Windenergieanlage positiv ausgefallen sind.

Die Referenzkurve kann so konfiguriert werden, dass sie der individuellen Leistung der Windenergieanlage entspricht; sie beruht auf Daten aus eisfreien Perioden.

Das Niveau eines Leistungskurvenabfalls, bei dem im System ein Enteisungsbefehl ausgelöst wird, lässt sich einstellen. Das Gleiche gilt für die Windgeschwindigkeit und die maximale Umgebungstemperatur, bei der eine automatische Auslösung erfolgen kann. Das Niveau des Abfalls kann für individuelle Windgeschwindigkeitsintervalle konfiguriert werden, um niedrigere Auslösewerte bei geringen Windgeschwindigkeiten zuzulassen und auf diese Weise die erhöhte statistische Varianz in der Leistungskurve auszugleichen.

Zusätzlich zur Aktivierung über VestasOnline® SCADA kann das VDS auch lokal in der Windenergieanlage über das Bedienfeld der Windenergieanlage aktiviert werden.

Die Windenergieanlage wird während eines Enteisungszyklus angehalten, und der Rotor wird zum Stillstand gebracht. Alle drei Rotorblätter werden gleichzeitig beheizt.

Der Betriebsablauf des VDS gestaltet sich wie folgt:

1. Durch die auf der Leistungskurve basierende Eiserkennung (Power Curve based Ice Detection, PCID), die über das VestasOnline®-SCADA-System betrieben wird, wird ein Abfall der WEA-Leistung auf ein Niveau unterhalb einer festgelegten Grenze festgestellt.
2. Das VestasOnline®-SCADA-System auf Parkebene sendet einen Enteisungsbefehl an die Windenergieanlage.
3. Aufgrund des Enteisungsbefehls startet die Windenergieanlage ihren Enteisungszyklus.
4. Nach Abschluss des Enteisungszyklus kann die Windenergieanlage manuell oder automatisch wieder in Betrieb gesetzt werden (Kundeneinstellung).

Das Enteisungssystem kann nur aktiviert werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Umgebungstemperatur zwischen -15 °C und +7 °C.
- Windgeschwindigkeit unter 13 m/s.

Eine automatische Aktivierung des Enteisungssystems lässt innerhalb von 24 Stunden nur drei Enteisungszyklen zu; eine manuelle Aktivierung kann jedoch öfter vorgenommen werden.

Zu weiteren Angaben über das Vestas De-icing™ System und den Betriebsbereich konsultieren Sie bitte die Allgemeine Spezifikation [6] oder nehmen Sie Kontakt zu Vestas auf.

7 Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse

- © 2017 Vestas Wind Systems A/S. Das vorliegende Dokument wurde von Vestas Wind Systems A/S und/oder einer seiner Tochtergesellschaften (Vestas) erstellt und enthält urheberrechtlich geschütztes Material, Markenzeichen und andere geschützte Informationen. Alle Rechte vorbehalten. Das Dokument darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis durch Vestas Wind Systems A/S weder als Ganzes noch in Teilen reproduziert oder in irgendeiner Weise oder Form – sei es grafisch, elektronisch oder mechanisch, einschließlich Fotokopien, Bandaufzeichnungen oder mittels Datenspeicherungs- und Datenzugriffssystemen – vervielfältigt werden. Die Nutzung dieses Dokuments über den ausdrücklich von Vestas Wind Systems A/S gestatteten Umfang hinaus ist untersagt. Marken-, Urheberrechts- oder sonstige Vermerke im Dokument dürfen nicht geändert oder entfernt werden.
- Das vorliegende Dokument – die allgemeine Beschreibung – stellt kein Verkaufsangebot dar und enthält keinerlei ausdrückliche oder stillschweigende Gewährleistungen, Garantien, Versprechen, Verpflichtungen und/oder Zusicherungen von Vestas in Bezug auf die Auswirkungen von Vereisungsereignissen auf die Leistung und strukturelle Integrität der Windenergieanlage. Solche werden hiermit ausdrücklich von Vestas abgelehnt.
- Bilder und Illustrationen im vorliegenden Dokument können vom tatsächlichen Design abweichen.
- Das VID-System trägt zur Minderung der Gefahr von Eiswurf bei, ist jedoch nicht für die Minderung der Gefahr von Eissturz oder Eisabfall und/oder Eissturz vorgesehen. Sollte der Empfänger das System für solche Zwecke benutzen oder sich diesbezüglich darauf verlassen, tut er dies auf eigene Gefahr. Der Kunde trägt die alleinige Verantwortung in Bezug auf durch den Betrieb der Windenergieanlage und den Betrieb des VDS verursachten Eiswurf, Eisabfall und/oder Eissturz.
- Das VDS dient nicht zur Minderung des Risikos von Eiswurf, Eisabfall und/oder Eissturz. Sollte der Empfänger das System für solche Zwecke benutzen oder sich diesbezüglich darauf verlassen, tut er dies auf eigene Gefahr. Der Kunde trägt die alleinige Verantwortung in Bezug auf das Risiko von durch den Betrieb der Windenergieanlage und den Betrieb des VDS verursachtem Eiswurf, Eisabfall und/oder Eissturz.
- Für das VID-System weisen die tatsächlichen Vereisungs- und Standortbedingungen viele Variablen auf (zum Beispiel Eisstürme oder Eis infolge von Reifablagerungen) und diese Unterschiede können beim Vergleich mit dem Schwellenniveau im VID-System eine Auswirkung auf die Leistung des VID-Systems haben.
- Für das VDS-System weisen die tatsächlichen Klima- und Standortbedingungen viele Variablen auf und müssen bei der Bewertung der VDS-Leistung berücksichtigt werden. Die Auslegungs- und Betriebsparameter sowie das geschätzte Leistungskurvenniveau stellen keine Garantien, Gewährleistungen und Zusicherungen bezüglich der VDS-Leistung an tatsächlichen Standorten dar.