

Zusammenfassung des Gutachtens
Zur Bewertung der Funktionalität eines Eiserkennungssystems zur
Verhinderung von Eisabwurf an NORDEX Windenergieanlagen

TÜV NORD Bericht Nr.: 8118 365 241 D Rev.0

Gegenstand der Prüfung: Untersuchung der Funktionalität und Zuverlässigkeit des in NORDEX Windenergieanlagen installierten Eiserkennungssystems IDD.Blade der Firma Wölfel

Anlagenhersteller: NORDEX Energy GmbH
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg
Germany

Aufsteller der Nachweise: TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG
Große Bahnstraße 31
22525 Hamburg
Germany

Diese Zusammenfassung umfasst 5 Seiten.

| Rev. | Datum | Änderungen |
|------|------------|---|
| 0 | 24.09.2020 | Neue Berichtsnummer, basierend auf Vorgängerdokument 8111 327 215 D Rev.1, Ergänzungen und redaktionelle Änderungen |

1 Einführung

Die Rotorblätter von Windenergieanlagen, die in Regionen mit Temperaturen unter 3°C aufgestellt werden, können bei ungünstigen Bedingungen Eis ansammeln. Aus der dann entstehenden Eisschicht können sich durch Abtauen oder Blattverformung Eisstücke ablösen, die im Betrieb der Anlage vom Rotorblatt abgeworfen werden (Eisabwurf) und zu Personen- oder Sachschäden im Wurfbereich der Anlage führen können. Durch die Integration von Eiserkennungssystemen, die bei Vereisung der Anlage für eine Abschaltung sorgen, soll diese Gefahr verhindert werden. Das ausführliche Gutachten /1/ befasst sich mit der Bewertung der Funktionsweise und der Eignung des IDD.BLADE Eiserkennungssystems der Firma Wölfel bezüglich der zuverlässigen Eiserkennung bei Einsatz auf den folgenden Windenergieanlagen:

Tabelle 1.1: NORDEX Windenergieanlagen, an denen das IDD.Blade Eiserkennungssystem zum Einsatz kommen soll

| Anlagentyp | Rotorblatt | Rotor-durchmesser [m] | Nabenhöhe [m] | Einschalt-Windgeschwindigkeit [m/s] | Abschalt-Windgeschwindigkeit [m/s] | Nenn-drehzahl [1/min] |
|---------------------|------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| N90/2500 Gamma | NR45, LM43.8P | 90 | 65, 70, 80 | 3 | 25 | 16,3 |
| N100/2500 Gamma | NR50 -1, LM48.8P | 100 | 75, 80, 100 | 3 | 25 | 14,98 |
| N117/2400 Gamma | NR58.5 -1 | 117 | 91, 120, 141 | 3 | 20 | 11,8 |
| N100/3300 Delta | NR50 -2 | 100 | 75, 85, 100 | 3 | 25 | 14,3 |
| N117/3000 Delta | NR58.5 -2 | 117 | 91, 120, 141 | 3 | 25 | 12,6 |
| N131/3000 Delta | NR65.5 | 131 | 99, 114, 134 | 2,5 | 20 | 10,27 |
| N131/3300 Delta | NR65.5 | 131 | 134, 164 | 3 | 20 | 10,9 |
| N117/3600 Delta | NR58.5 -2 | 117 | 91, 106, 120, 141 | 3 | 25 | 12,57 |
| N131/3600 Delta | NR65.5 | 131 | 84, 106, 112, 120, 134 | 3 | 20 | 12,57 |
| N131/3900 Delta | NR65.5 | 131 | 84, 120, 134 | 3 | 20 | 12,57 |
| N133/4800 Delta4000 | NR65.5 -3 | 133 | 83, 110, 125 | 3 | 22 | 12,2 |
| N149/4500 Delta4000 | NR74.5-1 | 149 | 105, 125, 164 | 3 | 26 | 11,02 |
| N149 5.X Delta4000 | NR74.5 | 149 | 105, 120, 125, 145, 155, 164 | 3 | 26 ¹⁾ | 10,7 ²⁾ |
| N163 5.X Delta4000 | NR81.5 | 163 | 108, 118, 120, 148, 164 | 3 | 26 ¹⁾ | 10,4 ²⁾ |

1) Maximalwert, die Abschaltwindgeschwindigkeit kann projektspezifisch zur Sicherstellung der Standsicherheit reduziert werden.

2) Maximalwert, Rotornennendrehzahl kann reduziert werden.

Das vorliegende Dokument stellt eine Zusammenfassung von /1/ dar.

2 Systembeschreibung

Das Eiserkennungssystem IDD.Blade der Firma Wölfel ist ein System zur Erfassung und Analyse von Messdaten, mit dem Eisansatz an Rotorblättern von WEA erkannt werden kann. Grundsätzlich detektiert IDD.Blade durch Vereisung verursachte Zustandsveränderungen, die das strukturdynamische Verhalten eines Rotorblattes über ein spezifisches Mindestmaß hinaus beeinflussen. Es beruht auf dem physikalischen Grundprinzip, dass messbare, bauteilcharakteristische Kennwerte wie die Eigenfrequenz eines Rotorblatts von einer Änderung der Bauteilsteifigkeit oder der Bauteilmasse, beispielsweise durch Eisansatz, beeinflusst werden.

Um die Veränderungen der bauteilcharakteristischen Kennwerte zu detektieren, werden beim Eiserkennungssystem IDD.Blade Beschleunigungen direkt in den Rotorblättern einer WEA erfasst und ausgewertet. Die Messung erfolgt mit sogenannten *Structural Noise Sensoren* (SNS), die neben den Beschleunigungen auch die aktuelle Bauteiltemperatur zur Verfügung stellen. Die Datenerfassung und Auswertung erfolgt kontinuierlich.

Nach erfolgreicher Referenzierung des Eiserkennungssystems, bei der ein Vergleich zwischen Blattzuständen mit fest hinterlegten Referenz-zuständen durchgeführt wird, werden im laufenden Betrieb Zustandsindikatoren bereitgestellt, anhand derer eine Beurteilung über den aktuellen Vereisungszustand der Rotorblätter vorgenommen werden kann.

Durch die Vorgabe von zwei Schwellwerten ist es möglich, automatische Warn- und Alarmmeldungen (Ampelfunktion grün, gelb, rot) zu generieren. Die Bestimmung der Schwellwerte selbst erfolgt mit statistischen Methoden im Rahmen eines Prototypentests sowie ggf. mit weiteren numerischen Untersuchungen im Rahmen der rotorblatt- und anlagenspezifischen Anpassung (Referenzierungsphase) und kann bei Bedarf kunden- bzw. standortspezifisch angepasst werden.

Auf Basis des ampelbasierten Alarmkonzeptes ist eine aktive Beeinflussung der WEA-Steuerung möglich. Im Falle von relevanten Vereisungen kann die WEA automatisch gestoppt bzw. nach Abtauen wieder gestartet werden.

Es gibt Betriebszustände, bei denen die Bereitstellung von Zustandsindikatoren nicht möglich ist. Dies ist der Fall bei

- Windgeschwindigkeiten < 2 bis 3 m/s
- Drehzahl- und Pitchwinkelveränderungen außerhalb des normalen Betriebsbereichs (Starten und Stoppen der WEA)
- Ggf. einzelne Betriebsdrehzahlen, bei denen eine Auswertung nicht möglich ist (anlagenspezifisch)

In diesen Fällen wird vom IDD.Blade Eiserkennungssystem eine entsprechende Meldung ausgegeben, sodass die sicherheitstechnische Steuerung der WEA darauf reagieren und die Anlage ggf. nach verstreichen einer kritischen Zeit abschalten kann um den Abwurf von unerkanntem Eisansatz zu verhindern.

3 Prüfbeschreibung

Im Gutachten /1/ wurde die kritische Eisdicke und damit einhergehend die kritische Detektionszeit für verschiedene NORDEX Anlagen ermittelt. Die geringste kritische Eisdicke stellt sich bei der NORDEX N100/2500 Gamma (Nabenhöhe 75,0) zu 1,4 cm ein. Damit einhergehend ergibt sich eine kritische Detektionszeit von etwa 14 Minuten. Diese Eisdicke und Detektionszeit wurde konservativ für die weitere Bewertung als Maßstab herangezogen.

Die grundsätzliche, anlagenunabhängige Eignung der vom IDD.Blade System verwendeten Sensorik und Auswerteeinheiten sowie die allgemeine Funktionsfähigkeit des Systemaufbaus bezüglich der zuverlässigen Detektion von globalen, strukturdynamischen Zustandsveränderungen wurde bereits im Rahmen einer früheren Begutachtung durch die Zertifizierungsstelle des Germanischen Lloyd, unter anderem auf Basis eines experimentellen Nachweises im Rotorblatttestprüfstand, geprüft und bestätigt. Darüber hinausgehend wurde in der hier vorliegenden Begutachtung durch genauere, quantitative Untersuchungen überprüft, ob das Eiserkennungssystem hinsichtlich der Schwellwerte und Parameter korrekt auf die Anlagen eingestellt ist und die ermittelten kritischen Eisdicken innerhalb der ermittelten kritischen Detektionszeiten zuverlässig erkennen und melden kann.

Im Rahmen der Testprozedur wurde das IDD.Blade Eiserkennungssystem anhand von numerischen Simulationsmodellen, welche auf den zwei repräsentativ ausgewählten Windenergieanlagen N100/2500 Gamma und N117/3000 Delta basieren, referenziert. Anschließend wurden verschiedene, maßgeblich auf den ermittelten kritischen Eisdicken basierende Vereisungsszenarien mittels Massen-manipulation der Anlagenmodelle simuliert und vom IDD.Blade Eiserkennungssystem ausgewertet. Im Zuge der Begutachtung des IDD.Blade Eiserkennungssystem wurden auf diese Weise 60 Testblöcke abgeprüft, welche Testszenarien als repräsentative Kombinationen von Wind-, Vereisungs- und Betriebsbedingungen der betrachteten Windenergieanlagen darstellen.

4 Prüfergebnisse

Auf Grundlage dieser Auswertungen wurde stark indiziert, dass das IDD.Blade Eiserkennungssystem ohne Einschränkungen in der Lage ist, die festgelegten kritischen Eisdicken in der kritischen Zeit zuverlässig und reproduzierbar in der Testumgebung und an den repräsentativ ausgewählten Windenergieanlagen zu detektieren. Auf Basis der Ergebnisse wird in der Verwendung der Eiswarnung als Abschaltkriterium der Windenergieanlagen das Potential gesehen, die Zuverlässigkeit der Eisdetektion bezüglich der kritischen Detektionszeit weiter zu erhöhen.

Das Eiserkennungssystem ist für die untersuchten Anlagen kompatibel mit den vorhandenen NORDEX Betriebsführungs- und Sicherheitssystemen und erfüllt das für diese Systeme maßgebliche Einzelfehlerkriterium. Die Parametrisierung der Anlage erfolgt im Rahmen der geregelten Inbetriebnahme und darf nur von autorisierten und dafür ausgebildeten Mitarbeitern vorgenommen werden. Die Prüfergebnisse sind auf die in Tabelle 1.1 genannten Anlagen der K08 Gamma, K08 Delta und Delta4000

Serien übertragbar. Die möglichen Verfahren zur Vermeidung des Wiederanfahrens nach Vereisung werden als ausreichend sicher bewertet.

5 Fazit

Das Gutachten /1/ kommt zusammenfassend zu dem Schluss, dass die untersuchten NORDEX Windenergieanlagen in Verbindung mit dem Eiserkennungssystem IDD.Blade der Firma Wölfel hinsichtlich der Eiserkennung dem Stand der Technik entsprechen und alle Ergebnisse dafür sprechen, dass unter den genannten Bedingungen eine Eisdicke erkannt wird, die geringer ist als die individuelle kritische Eisdicke.

Erstellt

Geprüft

Dipl.-Ing. O. Raupach

Dipl.-Ing. L. Klüppel

Referenz

- /1/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
Gutachten zur Bewertung der Funktionalität eines Eiserkennungssystems zur
Verhinderung von Eisabwurf an NORDEX Windenergieanlagen
Bericht Nr.: 8111 327 215 D Rev.5
Datum: 23.09.2020