ICS 27.180

VDI-RICHTLINIEN

Januar 2020
January 2020

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Strukturüberwachung und -beurteilung von Windenergieanlagen und Offshorestationen

Structure monitoring and assessment of wind turbines and offshore stations

VDI 4551

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt Seite

Vorbemerkung ... 2
Einleitung ... 3
1 Anwendungsbereich ... 4
2 Abkürzungen ... 5
3 Ziele und Aufgaben der Strukturüberwachung (SHM) ... 5
3.1 Aufgaben der Strukturüberwachung ... 6
3.2 Management der Strukturüberwachung ... 7
3.3 Planungsgrundlagen und empfohlene Vorgehensweise ... 10
4 Inspektionsstrategien und Lebensdauerprognosen ... 12
4.1 Risikobasierte Inspektionsstrategien ... 12
4.2 Prognosemodelle und Lebensdauermanagement ... 13
4.3 Steuerungsoptimierung ... 16
5 Tragstrukturen und Modelle von Windenergieanlagen und Plattformen ... 17
5.1 Tragstrukturen von Windenergieanlagen ... 17
5.2 Tragstrukturen von Plattformen für Offshorewindparks ... 18
5.3 Grundsätze der Modellierung ... 21
5.4 Referenzgrößen der Tragstruktur ... 23
5.5 Grenzzustände und Zustandskenngrößen ... 27
6 Wiederkehrende Prüfungen ... 29
6.1 Structural Health Monitoring im Rahmen der wiederkehrenden Prüfung ... 29
6.2 Untersuchungen und Messungen im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen ... 30
7 Einwirkungen und Beanspruchungen ... 35
7.1 Lastermittlung ... 36
7.2 Lastanalyse ... 37

Contents Page

Preliminary note ... 2
Introduction ... 3
1 Scope ... 4
2 Abbreviations ... 5
3 Objectives and tasks of structural health monitoring (SHM) ... 5
3.1 Tasks of structural health monitoring ... 6
3.2 Management of structural health monitoring ... 7
3.3 Planning criteria and recommended approach ... 10
4 Inspection strategies and service life forecasts ... 12
4.1 Risk-based inspection strategies ... 12
4.2 Prognostic models and life cycle management ... 13
4.3 Control optimisation ... 16
5 Supporting structures and models of wind turbines and platforms ... 17
5.1 Supporting structures of wind turbines ... 17
5.2 Supporting structures of platforms for offshore wind farms ... 18
5.3 Fundamentals of modelling ... 21
5.4 Supporting structure reference quantities ... 23
5.5 Limit states and state characteristics ... 27
6 Periodic inspections ... 29
6.1 Structural health monitoring as part of periodic inspection ... 29
6.2 Investigations and measurements as part of periodic inspections ... 30
7 Impacts and loads ... 35
7.1 Load determination ... 36
7.2 Load analysis ... 37

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)
Fachbereich Schwingungstechnik

VDI-Handbuch Schwingungstechnik

Frühere Ausgabe: 10.18 Entwurf deutsch; Former edition: 10/18 Draft, in German only

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved (a) © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2020

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2020

Inhalt Seite

8 Designüberprüfung, Zustandsüberwachung und Schadenserfassung ... 38
8.1 Designüberprüfung ... 38
8.2 Zustandsüberwachung, Betriebsüberwachung ... 39
8.3 Schadenserfassung ... 47
9 Messkonzept ... 50
9.1 Allgemeines ... 50
9.2 Messgrößen und Sensoren ... 52
9.3 Datenerfassung ... 55
9.4 Trassenführung/Messkabel ... 58
9.5 Installation und Wartung ... 58
9.6 Dokumentation ... 59
10 Anforderungen an das Structural Health Management ... 59
10.1 Notwendige Dokumente und Unterlagen ... 59
10.2 Verantwortlichkeiten und Qualifikation der Beteiligten ... 60
Anhang A Fehlertypen ... 63
Anhang B Lastüberwachung ... 66
Anhang C Zustandsüberwachung ... 69
C1 Grenzwerte im Grenzzustand der Tragfähigkeit ... 70
C2 Grenzwerte im Grenzzustand der Ermüdung ... 74
C3 Grenzwerte im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ... 77
Anhang D Rissdetektion und -fortschrittsüberwachung ... 79
Schrifttum ... 81

Contents Page

8 Design test, condition monitoring and damage assessment ... 38
8.1 Design test ... 38
8.2 Condition monitoring, operation monitoring ... 39
8.3 Damage assessment ... 47
9 Measuring concept ... 50
9.1 General ... 50
9.2 Measured variables and sensors ... 52
9.3 Data acquisition ... 55
9.4 Routing/measurement cables ... 58
9.5 Installation and maintenance ... 58
9.6 Documentation ... 59
10 Requirements for structural health management ... 59
10.1 Necessary documents and records ... 59
10.2 Responsibilities and qualification of parties involved ... 60
Annex A Types of defects/errors ... 63
Annex B Load monitoring ... 66
Annex C Condition monitoring ... 69
C1 Limit values in load-bearing capacity's limit state ... 70
C2 Limit values in fatigue's limit state ... 74
C3 Limit values in serviceability's limit state ... 77
Annex D Crack detection and propagation monitoring ... 79
Bibliography ... 81