DIN EN ISO 24656:2022-09 (D)

Kathodischer Korrosionsschutz von Offshore-Windparkbauwerken (ISO 24656:2022); Deutsche Fassung EN ISO 24656:2022

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 6

Vorwort 7

Einleitung 8

1 Anwendungsbereich 9

2 Normative Verweisungen 9

3 Begriffe 9

4 Symbole und Abkürzungen 15
4.1 Symbole 15
4.2 Abkürzungen 16

5 Qualifikation des Personals 18

6 Bautechnische Betrachtungen 18
6.1 Zu schützende Bauwerke 18
6.2 Werkstoffe 20
6.3 Korrosionsschutzstrategie 20

7 Kriterien für den kathodischen Korrosionsschutz 25
7.1 Vorübergehender Schutz 25
7.2 Stahlkonstruktionen 26
7.3 Stahlbetonbauwerke 28

8 Planung des kathodischen Korrosionsschutzes 28
8.1 Ziele 28
8.2 Betrachtungen zur Auslegung 28
8.2.1 Allgemeines 28
8.2.2 Äußerer kathodischer Korrosionsschutz 29
8.2.3 Innerer kathodischer Korrosionsschutz 30
8.3 CP-Entwurfslebensdauer 31
8.4 Betrachtungen zur Oberfläche 31
8.4.1 Allgemeines 31
8.4.2 Unterteilung des Bauwerks 32
8.5 Umgebungsfaktoren 32
8.5.1 Allgemeines 32
8.5.2 Fließgeschwindigkeit des Meerwassers 33
8.5.3 Spezifischer Widerstand von Elektrolyten 33
8.5.4 Temperatur des Meerwassers 34
8.5.5 Kalkhaltige Ablagerungen 34
8.6 Schutzstrombedarf 34
8.6.1 Allgemeines 34
8.6.2 Berechnung des Strombedarfs, äußere Oberflächen 35
8.6.3 Berechnung des Strombedarfs, innere Oberflächen 38
8.7 Stromdurchgang und elektrisch leitende Verbindungen 38
8.8 Stromableitung und Wechselwirkungen 39
8.9 Betrachtungen zur Montage während der Planung 39

9 Systeme mit galvanischen Anoden 40

9.1 Allgemeines ... 40
9.2 Verfügbarkeit des Anodenstroms ... 41
9.3 Legierungen für galvanische Anoden ... 41
9.4 Auswahl der Anode ... 42
9.5 Anforderungen an Anoden ... 43
9.6 Verteilung der Anoden ... 44

10 Fremdstromsysteme ... 46
10.1 Allgemeines ... 46
10.2 Betrachtungen zur Auslegung ... 47
10.2.1 Allgemeines ... 47
10.2.2 Belastbarkeit von Fremdstrom-CP-Systemen durch die Auslegung ... 47
10.2.3 Strombedarf von Fremdstrom-CP-Systemen ... 48
10.2.4 Bauteile von Fremdstrom-CP-Systemen ... 48
10.2.5 Gleichstromquelle ... 49
10.2.6 Fremdstromanoden ... 50
10.2.7 Bezugselektroden ... 52
10.2.8 Dielektrische Schutzschilde ... 52
10.3 Montage von Fremdstrom-CP-Systemen ... 53
10.4 Hybridsysteme und temporäre Stromversorgung für Fremdstromsysteme ... 54
10.5 Elektrisch leitende Verbindungen ... 54

11 Kabelsysteme ... 55
11.1 Allgemeines ... 55
11.2 Gleichstromkabel für kathodischen Korrosionsschutz ... 55
11.3 Inter-Array- und AC-Exportkabel ... 57

12 Inbetriebnahme und Begutachtungen ... 59
12.1 Ziele ... 59
12.2 Systeme mit galvanischen Anoden ... 60
12.2.1 Allgemeines ... 60
12.2.2 Detaillierte äußere Untersuchungen ... 61
12.2.3 Detaillierte innere Untersuchungen ... 61
12.3 Dauerhafte CP-Überwachungssysteme ... 61
12.4 Fremdstromsysteme ... 61

13 Untersuchung und Überwachung des CP ... 63
13.1 Ziele ... 63
13.2 Allgemeine Betrachtungen ... 63
13.3 Bezugselektroden ... 66
13.4 Häufigkeit von Untersuchungen und Überwachung ... 66

14 Nachrüstung kathodischer Korrosionsschutzsysteme ... 67
14.1 Allgemeine Betrachtungen ... 67
14.2 Untersuchung vor einer Nachrüstung ... 67
14.3 Nachrüstung bei unzureichendem Schutz ... 68
14.4 Nachrüstung zur Verlängerung der Lebensdauer des Bauwerks ... 69
14.5 Alle Nachrüstungen ... 69
14.6 Betrachtungen zur Ausrüstung ... 71

15 Dokumentation ... 71
15.1 Allgemeines ... 71
15.2 Entwurfsbericht ... 72
15.2.1 Allgemeines ... 72
15.3 Anforderungen an die Festlegung der Werkstoffe ... 75
15.3.1 Allgemeines ... 75
15.3.2 Galvanische Anoden ... 75
15.3.3 Werkstoffe für Fremdstrom-CP ... 76
15.4 Zeichnungen und Spezifikationen bezüglich der Montage ... 79
15.5 Anforderungen an den Bestandsbericht über die Montage und Inbetriebnahme ... 80
15.6 Anforderungen an Betrieb und Instandhaltung ... 80

16 Sicherheit und kathodischer Korrosionsschutz 81
16.1 Ziele 81
16.2 Physische Hindernisse 81
16.3 Schutz vor elektrischem Schlag 82
16.4 Entwicklung von Gasen 82
16.4.1 Entwicklung von Wasserstoff 82
16.4.2 Entwicklung von Chlorgas 82

Anhang A (informativ) Umwelt-Checkliste 83

Anhang B (normativ) Verfahren zur Nutzung meteorologisch-ozeanographischer Daten für die Berechnung der beaufschlagten Fließgeschwindigkeit des Meerwassers 85
B.1 Abkürzungen 85
B.2 Einleitung 86
B.3 Meteorologisch-ozeanographische Bedingungen 87
B.4 Häufig benetzte Zone 89
B.5 Fließgeschwindigkeit des Meerwassers 91
B.5.1 Allgemeines 91
B.5.2 Strömungsgeschwindigkeit 91
B.6 Wellenbewegung 93
B.7 Durch das Bauwerk erzeugte Strömungsverstärkung und Verwirbelung 95
B.8 Analyse des Auflaufs einzelner Wellen (IWR) 97
B.9 Unregelmäßiges Wellenorbitalgeschwindigkeitsprofil 98
B.10 Daten, die CP-Planern von Fachleuten für Meteorologie und Ozeanographie zur Verfügung gestellt werden 98

Anhang C (informativ) Leitlinie zum Stromdichtebedarf für den kathodischen Korrosionsschutz von Offshore-Windparkbauwerken 99
C.1 Allgemeines 99
C.2 Orientierungswerte zur Auslegung von CP-Stromdichten zum Schutz von blankem Stahl in äußeren Unterwasserzonen und häufig benetzten Zonen 100
C.3 Orientierungswerte zur Auslegung von CP-Stromdichten zum Schutz von blankem Stahl in inneren Unterwasserzonen 102
C.4 Orientierungswerte zur Auslegung von Stromdichten zum Schutz von blankem Stahl im Meeresboden (Umgebungstemperatur) 106
C.5 Orientierungswerte zur Auslegung von Stromdichten (mA/m^2 Oberfläche der Bewehrung) zum Schutz von Bewehrungsstahl in Schwerkraftfundamenten 107

Anhang D (informativ) Beschichtungen und Beschichtungsreduktion für die CP-Auslegung 109
D.1 Allgemeines: Beschichtungssysteme 109
D.2 Beschichtungsreduktion 111

Anhang E (normativ) Berechnung des Widerstands und der Lebensdauer von Anoden 114
E.1 Gleichungen für den Anodenwiderstand 114
E.1.1 Lange schlanke Anoden, die mindestens 0,3 m von der Stahloberfläche des Bauwerks entfernt montiert sind 114
E.1.2 Kurze schlanke Anoden, die mindestens 0,3 m von der Stahloberfläche des Bauwerks entfernt montiert sind 114
E.1.3 Lange bündig mit der Stahloberfläche des Bauwerks montierte Anoden mit einer Länge $\geq 4 \times$ Breite und einer Länge $\geq 4 \times$ Dicke 115
E.1.4 Kurze bündig mit der Oberfläche des Bauwerks montierte Platten- oder Manschettenanoden 115
E.1.5 Kreisförmige Platte (aus 43) 116
E.1.6 Maße am Ende der Lebensdauer von langen schlanken Abstandsanoden und langen bündig montierten Anoden 116
E.1.7 Maße am Ende der Lebensdauer von langen bündig montierten Anoden 117
E.1.8 Maße am Ende der Lebensdauer von kurzen bündig montierten Anoden oder Manschettenanoden 117
E.1.9 Auswirkungen von eng beieinander liegenden Anodenarrays 118
E.2 Spezifischer Widerstand des Elektrolyts 118

E.3 Stromabgabe von Anoden ... 120
E.4 Lebensdauer der Anode ... 120
E.5 Anforderung an die Mindestnettomasse ... 121

Anhang F (normativ) Berechnung des Spannungsabfalls von Verbindungskabeln ... 122
F.1 Allgemeines ... 122
F.2 Auswirkung der Temperatur auf den spezifischen Widerstand des Leiters ... 123
F.3 Beispiel ... 124

Anhang G (normativ) Typische elektrochemische Eigenschaften von häufig verwendeten Fremdstromanoden ... 125

Anhang H (informativ) Entwurfsverfahren des dauerhaften Überwachungssystems ... 127
H.1 Allgemeine Anforderungen ... 127
H.2 Bezugselektroden ... 127
H.3 Überwachte galvanische Anoden ... 128
H.4 Verfahren zur Überwachung von Korrosion mit ER-Sensorverfahren ... 128
H.5 Kabelkanalsysteme und Kabel ... 128
H.6 Anschlusskästen ... 129
H.7 Datenübertragungssystem(e): mit Kabel- oder akustischer Verbindung ... 129
H.8 Potentialmessungen ... 129
H.9 Lage der Bezugselektroden ... 129
H.10 Arten von Bezugselektroden ... 130
H.11 Mechanische Unversehrtheit ... 130

Anhang I (informativ) Modellierung des kathodischen Korrosionsschutzes ... 131
I.1 Einleitung ... 131
I.2 Anforderungen vor der Modellierung ... 133
I.3 Modellspezifikation ... 134

Literaturhinweise ... 135