DIN 45667-2:2025-12 (D)

Klassierverfahren für das Erfassen regelloser Schwingungen - Teil 2: Rainflow-Zählverfahren

Inhalt

Seite

Vorwort . . . 6
Einleitung . . . 7
1 Anwendungsbereich . . . 8
2 Normative Verweisungen . . . 8
3 Begriffe . . . 8
4 Symbole und Abkürzungen . . . 8
5 Rainflow-Zählverfahren . . . 9
5.1 Allgemeines . . . 9
5.2 Zählalgorithmus . . . 9
5.3 Berücksichtigung des Residuums . . . 15
5.4 Verbinden von Umkehrpunktfolgen . . . 20
5.5 Darstellung des Ergebnisses des Rainflow-Zählverfahrens . . . 21
5.5.1 Allgemeines . . . 21
5.5.2 Rainflow-Matrix „Startklasse – Zielklasse“ . . . 22
5.5.3 Rainflow-Halbmatrix „Maximum – Minimum“ . . . 23
5.5.4 Rainflow-Matrix „Mittelwert – Schwingweite“ . . . 24
5.6 Ableitung von weiteren Zählverfahren aus dem Ergebnis des Rainflow-Zählverfahrens . . . 25
5.6.1 Allgemeines . . . 25
5.6.2 Ableitung der Klassengrenzenüberschreitungszählung (KGÜZ) . . . 25
5.6.3 Ableitung der Bereichspaarzählung . . . 29
5.7 Unregelmäßigkeitsfaktor . . . 32
Anhang A (informativ) **Beispiel für die Anwendung des Rainflow-Zählverfahrens** . . . 33
A.1 Allgemeines . . . 33
A.2 Umkehrpunktfolge . . . 33
A.3 Anwendung des Rainflow-Zählverfahrens . . . 35
A.3.1 Allgemeines . . . 35
A.3.2 Schritt 1 . . . 36
A.3.3 Schritt 2 . . . 37
A.3.4 Schritt 3 . . . 39
A.3.5 Schritt 4 . . . 40
A.3.6 Schritt 5 . . . 41
A.3.7 Schritt 6 . . . 43
A.3.8 Schritt 7 . . . 44
A.3.9 Schritt 8 . . . 46
A.3.10 Schritt 9 . . . 48
A.3.11 Schritt 10 . . . 49
A.3.12 Schritt 11 . . . 51
A.3.13 Schritt 12 . . . 52
A.3.14 Schritt 13 . . . 54
A.3.15 Schritt 14 . . . 55
A.4 Berücksichtigung des Residuums . . . 57
A.4.1 Allgemeines . . . 57
A.4.2 Schritt 1 . . . 59
A.4.3 Schritt 2 . . . 61
A.4.4 Schritt 3 . . . 62
A.4.5 Schritt 4 . . . 64
A.4.6 Schritt 5 . . . 65
A.5 Erzeugen einer Rainflow-Matrix . . . 67
A.6 Ableiten einparametrischer Zählverfahren aus der Rainflow-Matrix . . . 69
A.6.1 Allgemeines . . . 69
A.6.2 Ableiten der Klassengrenzenüberschreitungszählung . . . 69

A.6.3 Ableiten der Bereichspaarzählung 71
A.7 Unregelmäßigkeitsfaktor 74
Literaturhinweise 75

Bilder

Bild 1 — Fälle bei der mit dem Rainflow-Zählverfahren ein Schwingspiel (Hysterese) erkannt wird [5] 11
Bild 2 — Algorithmus des Rainflow-Zählverfahrens [5] 12
Bild 3 — Halbschwingspiele, in denen aufsteigendes bzw. fallendes Halbschwingspiel einer Hysterese vorkommen, die nicht direkt aufeinander folgen müssen 14
Bild 4 — Residuum — Halbschwingspiele (die nicht geschlossen werden können) 16
Bild 5 — Schließen der Halbschwingspiele durch Duplizieren des Residuums 18
Bild 6 — Vorgehensweise beim Verbinden von 2 Umkehrpunktfolgen [5] 21
Bild 7 — Rainflow-Matrix „Startklasse — Zielklasse“, Residuum nicht in der Matrix enthalten . . 23
Bild 8 — Rainflow-Halbmatrix „Maximum — Minimum“, Residuum nicht in der Matrix enthalten 24
Bild 9 — Rainflow-Matrix „Mittelwert — Schwingweite“, Residuum nicht in der Matrix enthalten 25
Bild 10 — Klassengrenzenüberschreitungszählung (KGÜZ) 26
Bild 11 — KGÜZ-Ableitung der aus der Rainflow-Halbmatrix „Maximum — Minimum“ einschließlich Residuum 29
Bild 12 — Bereichspaarzählung 30
Bild 13 — Rainflow-Matrix „Mittelwert — Schwingweite“ mit Zählergebnis für die Häufigkeit derselben Schwingweiten 31
Bild 14 — Rainflow-Halbmatrix „Maximum — Minimum“ mit Zählergebnis für die Häufigkeit derselben Schwingweiten 32
Bild A.1 — Eingangswerte für Rainflow-Klassierung 35
Bild A.2 — Schritt 1 im Rainflow-Zählverfahren 36
Bild A.3 — Schritt 2 im Rainflow-Zählverfahren 38
Bild A.4 — Schritt 3 im Rainflow-Zählverfahren 39
Bild A.5 — Schritt 4 im Rainflow-Zählverfahren 41
Bild A.6 — Schritt 5 im Rainflow-Zählverfahren 42
Bild A.7 — Schritt 6 im Rainflow-Zählverfahren 44
Bild A.8 — Schritt 7 im Rainflow-Zählverfahren 45
Bild A.9 —Schritt 8 im Rainflow-Zählverfahren 47
Bild A.10 — Schritt 9 im Rainflow-Zählverfahren 48
Bild A.11 —Schritt 10 im Rainflow-Zählverfahren 50
Bild A.12 — Schritt 11 im Rainflow-Zählverfahren 51
Bild A.13 — Schritt 12 im Rainflow-Zählverfahren 53
Bild A.14 — Schritt 13 im Rainflow-Zählverfahren 54
Bild A.15 — Schritt 14 im Rainflow-Zählverfahren 56
Bild A.16 — Umkehrpunktfolge des Residuums 57
Bild A.17 — Umkehrpunktfolge des duplizierten Residuums 58
Bild A.18 — Schritt 1 im Rainflow-Zählverfahren 60
Bild A.19 — Schritt 2 im Rainflow-Zählverfahren 61
Bild A.20 — Schritt 3 im Rainflow-Zählverfahren 63
Bild A.21 — Schritt 4 im Rainflow-Zählverfahren 64
Bild A.22 — Schritt 5 im Rainflow-Zählverfahren 66
Bild A.23 — Rainflow-Matrix „Startklasse — Zielklasse“, Residuum in der Matrix enthalten 68
Bild A.24 — Rainflow-Halbmatrix „Maximum — Minimum“, Residuum in der Matrix enthalten . . 68
Bild A.25 — Rainflow-Matrix „Mittelwert — Schwingweite“, Residuum in der Matrix enthalten . . 69
Bild A.26 — Ableiten der Klassengrenzenüberschreitungszählung aus der Rainflow-Halbmatrix „Maximum — Minimum“ 70
Bild A.27 — Klassengrenzenüberschreitungszählung 71
Bild A.28 — Ableiten der Bereichspaarzählung aus der Rainflow-Halbmatrix „Maximum — Minimum“ 72

Bild A.29 — Bereichspaarzählung 73

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen 8
Tabelle 2 — Ablauf für den Zählalgorithmus der Umkehrpunktfolge aus Bild 3 14
Tabelle 3 — Ergebnis der Anwendung des Zählalgorithmus auf die Umkehrpunktfolge aus Bild 4, die keine geschlossene Hysterese enthalten 17
Tabelle 4 — Ablauf des Zählalgorithmus für das duplizierte Residuum aus Bild 5 18
Tabelle 5 — Verbinden von Umkehrpunktfolgen 20
Tabelle 6 — Aufbereitung des Zählergebnisses für die Umkehrpunktfolge in Bild 3 zum Eintrag in eine Matrize 22
Tabelle A.1 — Umkehrpunktfolge [5] 33
Tabelle A.2 — Aus der Umkehrpunktfolge extrahierte Hysteresen und Umkehrpunktfolge des Residuums 35
Tabelle A.3 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 37
Tabelle A.4 — Extrahierte Hysterese 37
Tabelle A.5 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 38
Tabelle A.6 — Extrahierte Hysterese 38
Tabelle A.7 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 40
Tabelle A.8 — Extrahierte Hysterese 40
Tabelle A.9 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 41
Tabelle A.10 — Extrahierte Hysterese 41
Tabelle A.11 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 43
Tabelle A.12 — Extrahierte Hysterese 43
Tabelle A.13 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 44
Tabelle A.14 — Extrahierte Hysterese 44
Tabelle A.15 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 46
Tabelle A.16 — Extrahierte Hysterese 46
Tabelle A.17 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 47
Tabelle A.18 — Extrahierte Hysterese 47
Tabelle A.19 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 49
Tabelle A.20 — Extrahierte Hysterese 49
Tabelle A.21 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 50
Tabelle A.22 — Extrahierte Hysterese 50
Tabelle A.23 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 52
Tabelle A.24 — Extrahierte Hysterese 52
Tabelle A.25 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 53
Tabelle A.26 — Extrahierte Hysterese 53
Tabelle A.27 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 55
Tabelle A.28 — Extrahierte Hysterese 55
Tabelle A.29 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 56
Tabelle A.30 — Extrahierte Hysterese 56
Tabelle A.31 — Umkehrpunktfolge dupliziertes Residuum 57
Tabelle A.32 — Aus dem duplizierten Residuum extrahierte Hysteresen 59
Tabelle A.33 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 60
Tabelle A.34 — Extrahierte Hysterese 60
Tabelle A.35 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 62
Tabelle A.36 — Extrahierte Hysterese 62
Tabelle A.37 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 63
Tabelle A.38 — Extrahierte Hysterese 63
Tabelle A.39 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 65
Tabelle A.40 — Extrahierte Hysterese 65
Tabelle A.41 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist 66
Tabelle A.42 — Extrahierte Hysterese 66
Tabelle A.43 — Aufbereitung des Zählergebnisses für den Eintrag in eine Matrize 67