E DIN EN 17997-1:2023-10 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2023-09-01

Bahnanwendungen - Bremsen - Bestimmung der ETCS-Bremskurvenparameter für Gamma-Züge - Teil 1: Schnellbremskurvenparameter; Deutsche und Englische Fassung prEN 17997-1:2023

Railway applications - Braking - Definition of ETCS brake curve parameters for Gamma trains - Part 1: Emergency brake curve parameters; German and English version prEN 17997-1:2023

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 6

Einleitung 7

1 Anwendungsbereich 8

2 Normative Verweisungen 8

3 Begriffe, Definitionen, Symbole und Abkürzungen 8
3.1 Begriffe 8
3.2 Symbole und Abkürzungen 9

4 Fahrzeugspezifische Parameter des ETCS-Bremsmodells 11
4.1 Fahrzeugspezifische Parameter des ETCS-Schnellbremsmodells 11
4.1.1 Nominale Schnellbremsverzögerung $A_{nominal}$ 11
4.1.2 Korrekturfaktor K_{dry}(C, V, EBCL) 11
4.1.3 Korrekturfaktor K_{wet}(C, V) 11
4.1.4 Ansprechzeit bei Schnellbremsung 12
4.1.5 Abschaltzeit der Traktion 12
4.2 Fahrzeugspezifische Parameter des ETCS-Betriebsbremsmodells 12
4.2.1 Allgemeines 12
4.2.2 Nominale Vollbremsverzögerung $A_{nominalSB}$ 12
4.2.3 Ansprechzeit bei Vollbremsung 12
4.2.4 Normale Betriebsbremsverzögerung und Korrekturfaktoren K_n 12

5 Bremssystemarchitekturmodell 12
5.1 Allgemeines 12
5.2 Allgemeine Verfahrensbeschreibung für die Bestimmung von K_{dry}(C, V, EBCL) 14
5.2.1 Allgemeines 14
5.2.2 Schritt 1: Bottom-up-Funktionsanalyse 14
5.2.3 Schritt 2: Top-Down-Wirkungsanalyse 16
5.2.4 Schritt 3: Modellvereinfachung 17
5.3 Mathematische Modellbildung basierend auf Schritt 1-3 18

6 Eingangsgrößen 20
6.1 Allgemeines 20
6.2 Herkunft der statistischen Definition der Eingangsgrößen 21
6.3 Gültigkeit der Eingangsgrößen 21

7 Bestimmung der Parameter des ETCS-Schnellbremsmodells 22
7.1 Parameter 22
7.1.1 Allgemeines 22
7.1.2 ETCS-Bremsparametersätze 24
7.1.3 Abhängigkeit des Ansatzes 25
7.1.4 Genauigkeit der ETCS-Bremsparameter 26
7.2 Nominale Verzögerung für Schnellbremsungen 26

7.2.1 Allgemeines ... 26
7.2.2 Ermittlung durch dynamische Bremsversuche ... 27
7.2.3 Ermittlung durch Berechnung ... 33
7.2.4 Ermittlung für Betrieb unter eingeschränkten Bedingungen ... 35
7.2.5 Ermittlung für den Mehrfachtraktionsbetrieb ... 35
7.3 Korrekturfaktor K_{dry}(C, V, EBCL) ... 36
7.3.1 Allgemeines ... 36
7.3.2 Bestimmung der Gewichtungsfaktoren α_j(C,V) ... 37
7.3.3 Bestimmung der Faktoren β_j(i, C, V) ... 38
7.3.4 Bestimmung der Faktoren α'_k(C,V) und β'_k(C,V) ... 40
7.3.5 Korrekturfaktor K_{dry}(C, V, EBCL) mit Monte-Carlo-Methode ... 40
7.4 Korrekturfaktor K_{wet}(C, V) ... 41
7.4.1 Bestimmung des Korrekturfaktors K_{wet}(C,V) ... 41
7.4.2 Ermittlung des Korrekturfaktors K_{wet}(C,V) falls vom Kraftschluss Rad/Schiene unabhängige Bremseinheiten zum Einsatz kommen ... 42
7.5 Aufbauzeit der Schnellbremsung ... 42
7.5.1 Allgemeines ... 42
7.5.2 Mehrfachtraktion ... 43
7.6 Abschaltzeit der Traktion ... 43
7.6.1 Allgemeines ... 43
7.6.2 Mehrfachtraktion ... 44

8 Bestimmung der Parameter des ETCS-Betriebsbremsmodells ... 45
8.1 Allgemeines ... 45
8.2 Nominale Verzögerung für Vollbremsungen ... 45
8.3 Ansprechzeit bei Vollbremsungen ... 45
8.4 Normale Betriebsbremsverzögerung und Korrekturfaktoren K_n ... 45

9 Gemeinsamer Parametersatz ... 46

10 Validierung des Berechnungstools ... 46
10.1 Allgemeines ... 46
10.2 Verifizierung anhand eines vereinfachten Modells ... 47
10.3 Validierung durch Beispielrechnungen ... 47

11 Dokumentation ... 48
11.1 Allgemeines ... 48
11.2 Modell der Bremssystemarchitektur ... 48
11.3 Eingangsgrößen ... 48
11.4 Nominale Werte ... 48
11.5 Korrekturfaktoren ... 49
11.6 Quellenverzeichnis ... 49
11.7 Quellenverzeichnis ... 49

Anhang A (informativ) Grundgleichungen für die gebräuchlichsten Arten von Bremseinheiten ... 50
A.1 Allgemeines ... 50
A.2 Faktor β_j(i, C, V) ... 50
A.2.1 Interne und externe Parameter für die Klotzbremseinheit ... 50
A.2.2 Interne und externe Parameter für die Scheibenbremseinheit ... 52
A.2.3 Interne und externe Parameter für die Magnetschienenbremseinheit ... 54
A.2.4 Interne und externe Parameter für die Wirbelstrombremse ... 55
A.2.5 Interne und externe Parameter für die elektrodynamische Bremse ... 57
A.3 Faktor $\beta j'$(i, C, V) ... 59

Anhang B (informativ) Herleitung der Gleichungen für K_{dry}(C, V, EBCL) ... 60
B.1 Allgemeines ... 60
B.2 Lineare und nichtlineare Eingangsvariablen ... 60
B.3 Betrachtung des kompletten Zuges ... 62
B.4 Berücksichtigung der Struktur des Zuges und der Teilsysteme ... 63
B.4.1 Allgemeines ... 63
B.4.2 Übergeordnete Struktur des Zuges und der Teilsysteme ... 63

B.4.3 Struktur der Bremssteuerung ohne Redundanzen ... 65
B.4.4 Berücksichtigung von Redundanzen ... 66
B.4.5 Systemübergreifende Variablen ... 68

Anhang C (informativ) Beispiel für die Anwendung der Gleichung für K_{dry}(C, V, EBCL) ... 70
C.1 Allgemeines ... 70
C.2 Beispiel 1: Elektrischer Triebzug mit drei Fahrzeugen ... 71
C.2.1 Beschreibung des Zuges zum Beispiel 1 ... 71
C.2.2 Bremsarchitekturmodell ... 75
C.2.3 Gewichtungsfaktor ... 75
C.2.4 Bestimmung der Faktoren βj(i,C,V) ... 75
C.2.5 K_i(C,V) Gleichungen ... 79
C.2.6 Ergebnisse ... 80
C.3 Beispiel 2: Architektur definiert in EN 14531-1 ... 80
C.3.1 Beschreibung des Zuges zum Beispiel 2 ... 80
C.3.2 Bremsarchitekturmodell ... 83
C.3.3 Gewichtungsfaktor ... 85
C.3.4 Bestimmung der Faktoren β_j(i, C, V) ... 86
C.3.5 K_i Gleichungen ... 87
C.3.6 Ergebnisse ... 89

Anhang D (informativ) Gleichung zur Bestimmung von K_{dry}(C,V,EBCL) unter Verwendung der Monte-Carlo-Methode in Abhängigkeit von der Anzahl der Monte-Carlo-Iterationen ... 90
D.1 Definitionen ... 90
D.2 Bestimmung von K_{dry}(C, V, EBCL) in Abhängigkeit von der Anzahl derMonte-Carlo-Iterationen ... 90
D.3 Beispiele ... 91

Anhang E (informativ) Methoden zur Vereinfachung des Bremssystemarchitekturmodells ... 93
E.1 Allgemeines ... 93
E.2 Strukturgruppierung ... 94
E.2.1 Serielle Struktur ... 94
E.2.2 Parallel-redundante Struktur ... 95
E.2.3 Parallel verzweigte Struktur ... 96
E.2.4 Doppelter Fehler in parallel verzweigter Struktur ... 97
E.3 Vereinfachungsbeispiel ... 98
E.3.1 Beispielsystem ... 98
E.3.2 Doppelfehlerprüfung ... 99
E.3.3 Gruppierung parallel verzweigter Struktur ... 100
E.3.4 Gruppierung parallel redundanter Struktur ... 101
E.3.5 Gruppierung von Serienkonstruktionen ... 103
E.4 Erweiterte Beschreibung der in 5.2.4 genannten Methoden ... 104
E.4.1 S-1 Gruppierung von Komponenten und technischen Funktionen ... 104
E.4.2 S-2 Betrachtung des ungünstigsten Falls (en: Worst Case) ... 105
E.4.3 S-3 Ausschluss eines sehr unwahrscheinlichen Ausfallsreignisses ... 106
E.4.4 S-4 Reduzierung von Modellebenen ... 107
E.4.5 S-5 Annahme dauerhaft ausgefallener Komponenten ... 107

Anhang F (informativ) Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit mittels FIT-Ratenanalyse ... 108
F.1 Allgemeines ... 108
F.2 Umrechnung von FIT-Raten in Ausfallwahrscheinlichkeiten ... 108

Anhang G (informativ) Vereinfachtes Modell zur Validierung eines Berechnungstools ... 109
G.1 Allgemeines ... 109
G.2 Zugmodell ... 109
G.2.1 Allgemeines ... 109
G.2.2 Statistische Daten für Druckluftremse C11111 - C23222 ... 112
G.2.3 Statistische Daten für Magnetschienenbremse MTB112 – MTB222 ... 113
G.2.4 Statistische Daten für elektrodynamische Bremse ED111 – ED232 ... 113
G.2.5 Statistische Daten für Traktionseinheiten TU111 – TU232 ... 114

G.3 Beispiele für Validierung der korrekten Verwendung von Parameterinformationen 114
G.3.1 Massestreuungen 114
G.3.2 Koeffizient des Raddurchmessers 114
G.3.3 Streuung der MTB-Bremskraft 115
G.3.4 Streuung der ED-Bremskraft 115
G.3.5 Ausfallwahrscheinlichkeit der Traktionsabschaltung 116
G.4 Beispiel für die Verifizierung der korrekten Verwendung von Strukturinformationen 116
G.4.1 Ausfallwahrscheinlichkeit auf Drehgestellebene für PB 116
G.4.2 Ausfallwahrscheinlichkeit auf Fahrzeugtypebene für MTB 117

Literaturhinweise 118