
Inhaltsverzeichnis

Teil I Einleitung

1	Allgemeine Bahnproblematik	3
1.1	Entwicklungstendenzen	3
1.2	Grundbegriffe	4
1.3	Einige Daten aus der Geschichte (Stand 2005)	6
1.4	Verkehrstechnische Unterteilung	7
1.5	Der Zug im Bahnbetrieb	9
1.6	Die Stellung der Bahn als Verkehrssystem	10
1.7	Vergleich der Traktionsarten	12
1.8	Stromsysteme elektrischer Traktion	15
1.9	Erste Übersicht	17
	Literatur	19
2	Zugförderung	21
2.1	Der Zug auf der Strecke	21
2.2	Die Spurführung	25
2.3	Die Problematik der spezifischen Fahrwiderstände	27
2.4	Laufwiderstand	29
2.5	Bogenwiderstand	31
2.6	Neigungswiderstand	32
2.7	Beschleunigungswiderstand	34
2.8	Übertragung der Zugkraft durch Adhäsion (Kraftschluss)	36
2.9	Der Haftwert beim Kraftschluss	38
2.10	Leistung und Energieverbrauch	41
2.11	Die Zugbildung	43
2.12	Berechnungsbeispiele und Übungsaufgaben	46
	Literatur	50

Teil II Elektrische Triebfahrzeuge

3 Der Fahrmotor	55
3.1 Die Fahrmotoren des Triebfahrzeuges	55
3.2 Die Übersetzung	56
3.3 Der Elektromotor als Fahrmotor	59
3.4 Der Gleichstrom-Reihenschlussmotor	61
3.5 Die Kommutierungsvorgänge bei Gleich- und Wechselstrom	64
3.6 Der Einphasenwechselstrom-Reihenschlussmotor	69
3.7 Die Charakteristik des Kollektormotors	72
3.8 Die Charakteristik des Triebfahrzeuges	74
3.9 Der Mischstrommotor	77
3.10 Die gemischte Erregung	79
3.11 Die Drehstrommaschinen	80
3.12 Der Linearmotor (die Wanderfeldmaschine)	83
3.13 Berechnungsbeispiele und Übungsaufgaben	85
Literatur	88
4 Die Steuerung des Fahrmotors	89
4.1 Die Entwicklung der Steuerungstechnik	89
4.2 Die Methoden der Steuerungstechnik	90
4.3 Steuerung über Stufentransformator	91
4.4 Steuerung mit vorgeschalteten Stufenwiderständen	92
4.5 Umgruppierung der Fahrmotoren	94
4.6 Rotierende Umformergruppen	96
4.7 Stromrichter in Anschnittsteuerung	97
4.8 Der Gleichstromsteller	99
4.9 Die Feldschwächung	102
4.10 Die Steuerung des Drehstrommotors bei konstanter Frequenz	104
4.11 Die Frequenzsteuerung der Drehstrommaschinen	105
4.12 Übungsaufgaben	106
4.13 Aufgabe und Vorteile der elektrischen Bremse	108
4.14 Die fremderregte Bremse beim Kollektormotor	110
4.15 Die Selbsterregung mit Gleichstrom	114
4.16 Der Stromrichter im Bremsbetrieb beim Kollektormotor	118
4.17 Der Gleichstromsteller im Bremsbetrieb	119
4.18 Der Drehstrommotor im Bremsbetrieb	120
4.19 Übungsaufgaben	121
Literatur	122

5 Die Schaltungen der Steuerungstechnik	123
5.1 Wechselstrom-Stufenschaltungen	123
5.2 Das Schalten der Stufen am Transformator	126
5.3 Gleichstrom-Stufenschaltungen	128
5.4 Gruppierungswechsel	129
5.5 Selbsterregte Widerstandsbremse bei Gleichstromspeisung	131
5.6 Fremderregte Widerstandsbremse	133
5.7 Die Nutzbremse bei Gleichstromspeisung	133
5.8 Die Nutzbremse bei Wechselstromspeisung	134
5.9 Gegenstrombremsung	138
5.10 Grundformen der stufenlosen Wechselstrom-Steuerungen	138
5.11 Der Kommutierungsvorgang	142
5.12 Weiterentwickelte Wechselstrom-Steuerungen	143
5.13 Die Stromglättung	146
5.14 Stufenlose Gleichstrom-Steuerungen	148
5.15 Die Zwangslöschung des Stromes	151
5.16 Berechnungsbeispiele und Übungsaufgaben	153
5.17 Besonderheiten der Umrichtertechnik	154
5.18 Spannungsgeführter Umrichter mit Asynchronmotor	155
5.19 Der Vierquadrantensteller	160
5.20 Stromgeführter Umrichter mit Asynchronmotor	165
5.21 Umrichter mit Synchronmotor	167
5.22 Aktueller Stand (2005)	168
Literatur	171
6 Die elektrische Ausrüstung	173
6.1 Stromabnehmer	173
6.2 Der Leistungskreis der Fahrmotoren	175
6.3 Hilfsenergiequellen	178
6.4 Hilfsbetriebe	179
6.5 Die Energieversorgung der Hilfsbetriebe	180
6.6 Die Komfortausrüstungen	183
6.7 Die Schutzeinrichtungen	184
6.8 Die Sicherheitseinrichtungen	187
6.9 Von den Steuerstromkreisen zur Leittechnik	190
6.10 Mehrsystem-Triebfahrzeuge	193
Literatur	195
7 Erläuterungen zum mechanischen Teil	197
7.1 Grundsätzlicher Aufbau der Triebfahrzeuge	197
7.2 Einzelantrieb	199
7.3 Gruppenantrieb	203

7.4	Bezeichnung der Antriebsanordnung	205
7.5	Mechanische Bremsen	206
	Literatur	210
8	Zahnradbahnen	211
8.1	Zahnradbetrieb	211
8.2	Die Zahnstange	212
8.3	Die Zahnradantriebe	213
8.4	Bremsen und Sicherheitseinrichtungen	216
	Literatur	218
9	Das Betriebsverhalten	219
9.1	Der Bahnbetrieb	219
9.2	Das Fahrdiagramm	221
9.3	Die Erwärmung	224
9.4	Radsatz- und Drehgestellentlastung	226
9.5	Die Führung des Zuges	227
9.6	Die Anfahrt	228
9.7	Die Überbeanspruchung der Haftreibung	230
9.8	Die Problematik hoher Geschwindigkeiten	232
9.9	Interoperabilität	233
9.10	Der Unterhalt der Triebfahrzeuge	235
	Literatur	236
Teil III Benachbarte Traktionsgebiete		
10	Thermoelektrische Triebfahrzeuge	239
10.1	Thermische Triebfahrzeuge	239
10.2	Dieselektrischer Antrieb	240
10.3	Die Stromkreise	242
10.4	Dieselhydraulischer Antrieb	244
	Literatur	245
11	Sonder- und Strassenfahrzeuge	247
11.1	Strassenfahrzeuge mit Fahrleitung (Trolleybus)	247
11.2	Akkumulatoren-Triebfahrzeuge	248
11.3	Strassenfahrzeuge mit Akkumulator (Elektroauto)	249
11.4	Mechanische und elektrostatische Energiespeicher	250
11.5	Andere Bahnsysteme mit mechanischer Spurhaltung	251
11.6	Unkonventionelle Bahnsysteme	251
11.7	Magnetschwebbahn Transrapid	253
	Literatur	254

Teil IV Energieversorgung

12 Energieversorgung elektrischer Bahnen	257
12.1 Grundsätzlicher Aufbau	257
12.2 Hauptmerkmale	257
12.3 Kraftwerke und Unterwerke	260
12.4 Netzkupplung	262
12.5 Asymmetrische Belastung	264
12.6 Netzfrendlichkeit und elektromagnetische Verträglichkeit	266
12.7 Die Fahrleitung	268
Literatur	271
Anhang	273
A. Formeln für die Fahrwiderstände (Auswahl)	273
B. Beispiele ausgeführter Triebfahrzeuge	275
C. Schweizerische Bezeichnungen für Triebfahrzeuge	291
D. Regeln und Vorschriften	293
Literatur	295
Nachwort	299
Sachverzeichnis	309