

Žarko Filipović

Elektrische Bahnen

Grundlagen, Triebfahrzeuge,
Stromversorgung

4, überarbeitete Auflage
mit 150 Abbildungen

 Springer

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1. Allgemeine Bahnproblematik	1
1.1 Entwicklungstendenzen	1
1.2 Grundbegriffe	2
1.3 Einige Daten aus der Geschichte	4
1.4 Verkehrstechnische Unterteilung	5
1.5 Der Zug im Bahnbetrieb	7
1.6 Die Stellung der Bahn als Verkehrssystem	8
1.7 Vergleich der Traktionsarten	10
1.8 Stromsysteme elektrischer Traktion	13
1.9 Erste Übersicht	15
2. Zugförderung	17
2.1 Der Zug auf der Strecke	17
2.2 Die Spurführung	21
2.3 Die Problematik der spezifischen Fahrwiderstände	23
2.4 Laufwiderstand	25
2.5 Bogenwiderstand	27
2.6 Neigungswiderstand	28
2.7 Beschleunigungswiderstand	30
2.8 Übertragung der Zugkraft durch Adhäsion (Kraftschluss)	32
2.9 Der Haftwert beim Kraftschluss	33
2.10 Leistung und Energieverbrauch	36
2.11 Die Zugbildung	38
2.12 Berechnungsbeispiele und Übungsaufgaben	41
Elektrische Triebfahrzeuge	45
3. Der Fahrmotor	45
3.1 Die Fahrmotoren des Triebfahrzeuges	45
3.2 Die Übersetzung	46
3.3 Der Elektromotor als Fahrmotor	49

3.4	Der Gleichstrom-Reihenschlussmotor	52
3.5	Die Kommutierungsvorgänge bei Gleich- und Wechselstrom	55
3.6	Der Einphasenwechselstrom-Reihenschlussmotor	60
3.7	Die Charakteristik des Kollektormotors	64
3.8	Die Charakteristik des Triebfahrzeuges	66
3.9	Der Mischstrommotor	69
3.10	Die gemischte Erregung	70
3.11	Die Drehstrommaschinen	71
3.12	Der Linearmotor (die Wanderfeldmaschine)	75
3.13	Berechnungsbeispiele und Übungsaufgaben	77
4.	Die Steuerung des Fahrmotors	81
Grundlagen		81
4.1	Die Entwicklung der Steuerungstechnik	81
4.2	Die Methoden der Steuerungstechnik	82
4.3	Steuerung über Stufentransformator	83
4.4	Steuerung mit vorgeschalteten Stufenwiderständen	84
4.5	Umgruppierung der Fahrmotoren	86
4.6	Rotierende Umformergruppen	88
4.7	Stromrichter in Anschnittsteuerung	89
4.8	Der Gleichstromsteller	91
4.9	Die Feldschwächung	95
4.10	Die Steuerung des Drehstrommotors bei konstanter Frequenz	97
4.11	Die Frequenzsteuerung der Drehstrommaschinen.	98
4.12	Übungsaufgaben	99
Elektrische Bremsung		101
4.13	Aufgabe und Vorteile der elektrischen Bremse	101
4.14	Die fremderregte Bremse beim Kollektormotor	103
4.15	Die Selbsterregung mit Gleichstrom	107
4.16	Der Stromrichter im Bremsbetrieb beim Kollektormotor	111
4.17	Der Gleichstromsteller im Bremsbetrieb	112
4.18	Der Drehstrommotor im Bremsbetrieb	114
4.19	Übungsaufgaben	115
5.	Die Schaltungen der Steuerungstechnik	117
Stufensteuerungen		117
5.1	Wechselstrom-Stufenschaltungen	117
5.2	Das Schalten der Stufen am Transformator	120
5.3	Gleichstrom-Stufenschaltungen	122
5.4	Gruppierungswechsel	124
5.5	Selbsterregte Widerstandsbremse bei Gleichstromspeisung	125
5.6	Fremderregte Widerstandsbremse	126
5.7	Die Nutzbremse bei Gleichstromspeisung	128
5.8	Die Nutzbremse bei Wechselstromspeisung	128
5.9	Gegenstrombremsung	132

Stufenlose Steuerungen	134
5.10 Grundformen der stufenlosen Wechselstrom-Steuerungen	134
5.11 Der Kommutierungsvorgang	138
5.12 Weiterentwickelte Wechselstrom-Steuerungen	139
5.13 Die Stromglättung	141
5.14 Stufenlose Gleichstrom-Steuerungen	144
5.15 Die Zwangslösung des Stromes	147
5.16 Berechnungsbeispiele und Übungsaufgaben	149
Umrichtertechnik	151
5.17 Besonderheiten der Umrichtertechnik	151
5.18 Spannungsgeführter Umrichter mit Asynchronmotor	152
5.19 Der Vierquadrantensteller	157
5.20 Stromgeführter Umrichter mit Asynchronmotor	162
5.21 Umrichter mit Synchronmotor	164
5.22 Aktueller Stand	166
6. Die elektrische Ausrüstung	169
6.1 Stromabnehmer	169
6.2 Der Leistungskreis der Fahrmotoren	171
6.3 Hilfsenergiequellen	174
6.4 Hilfsbetriebe	175
6.5 Die Energieversorgung der Hilfsbetriebe	176
6.6 Die Komfortausrüstungen	178
6.7 Die Schutzeinrichtungen	180
6.8 Die Sicherheitseinrichtungen	183
6.9 Von den Steuerstromkreisen zur Leittechnik	187
6.10 Mehrsystem-Triebfahrzeuge	189
7. Erläuterungen zum mechanischen Teil	191
7.1 Grundsätzlicher Aufbau der Triebfahrzeuge	191
7.2 Einzelantrieb	193
7.3 Gruppenantrieb	197
7.4 Bezeichnungen der Antriebsanordnung	199
7.5 Mechanische Bremsen	200
8. Zahnradbahnen	205
8.1 Zahnradbetrieb	205
8.2 Die Zahnstange	206
8.3 Die Zahnradantriebe	207
8.4 Bremsen und Sicherheitseinrichtungen	210
9. Das Betriebsverhalten	213
9.1 Der Bahnbetrieb	213
9.2 Das Fahrdiagramm	215
9.3 Die Erwärmung	217

9.4 Radsatz- und Drehgestellentlastung	219
9.5 Die Führung des Zuges	221
9.6 Die Anfahrt	222
9.7 Die Überbeanspruchung der Haftreibung	224
9.8 Die Problematik hoher Geschwindigkeiten	226
9.9 Interoperabilität	227
9.10 Der Unterhalt der Triebfahrzeuge	229
Benachbarte Traktionsgebiete	231
10. Thermoelektrische Triebfahrzeuge	231
10.1 Thermische Triebfahrzeuge	231
10.2 Dieselelektrischer Antrieb	232
10.3 Die Stromkreise	234
10.4 Dieselhydraulischer Antrieb	236
11. Sonder- und Strassenfahrzeuge	237
11.1 Strassenfahrzeuge mit Fahrleitung (Trolleybus)	237
11.2 Akkumulatoren-Triebfahrzeuge	238
11.3 Strassenfahrzeuge mit Akkumulator (Elektroauto)	239
11.4 Mechanische und elektrostatische Energiespeicher	240
11.5 Andere Bahnsysteme mit mechanischer Spurhaltung	240
11.6 Unkonventionelle Bahnsysteme	241
11.7 Magnetschwebebahn Transrapid	242
Energieversorgung	245
12. Energieversorgung elektrischer Bahnen	245
12.1 Grundsätzlicher Aufbau	245
12.2 Hauptmerkmale	246
12.3 Kraftwerke und Unterwerke	248
12.4 Netzkupplung	250
12.5 Asymmetrische Belastung	252
12.6 Netzfreundlichkeit und elektromagnetische Verträglichkeit	254
12.7 Die Fahrleitung	256
Anhang	261
A. Formeln für die Fahrwiderstände (Auswahl)	261
B. Beispiele ausgeführter Triebfahrzeuge	263
C. Schweizerische Bezeichnungen für Triebfahrzeuge	279
D. Regeln und Vorschriften	281
Literaturverzeichnis	283
Sachverzeichnis	291