

Elektrische Triebfahrzeuge

Ein Handbuch für die Praxis sowie für Studierende
in drei Bänden

von

Dr. techn. Karl Sachs

emer. Professor der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich
Honorarprofessor der Technischen Hochschule Wien

Zweite, neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Zweiter Band: Elektrischer Teil und Spezialfahrzeuge

Mit 1276 Abbildungen

Herausgegeben vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein

1973

Springer-Verlag

Wien New York



2.142.72.	Rein elektrische Schützensteuerungen nur für Fahren . . .	126
2.142.73.	Rein elektrische Schaltwerksteuerungen nur für Fahren . . .	128
2.142.74.	Elektropneumatische Schaltwerksteuerungen nur für Fahren	130
2.142.75.	Rein elektrische Schützensteuerungen für Fahren und Bremsen	131
2.142.8.	Viel- und feinstufige Steuerungen	131
2.143.	Die Apparate der Steuerung	143
2.143.1.	Primäres Trennschütz	143
2.143.2.	Steuerorgane zur Ausführung der Fahr- und Bremsstufen	144
2.143.21.	Stufenschalter mit runder (zylindrischer oder flacher) Kontaktbahn	144
2.143.22.	Einzelschalter	148
2.143.221.	Allgemeines	148
2.143.222.	Schützensteuerung	150
2.143.223.	Nockenschaltwerke und deren Betätigung	156
2.143.3.	Elektronische Ausrüstungen für Steuerung der Starkstrom-Steuerorgane	173
2.143.4.	Elektronische Gleichstromsteller	188
2.143.5.	Anfahr- und Bremswiderstand	197
2.15.	Elektrische Bremsung	208
2.151.	Widerstandsbremung	209
2.151.1.	Mit selbsterregten Motoren	209
2.151.2.	Mit fremderregten Motoren	224
2.151.3.	Mit impulsgesteuerten Motoren	230
2.152.	Schienen- und Solenoidbremsen	234
2.153.	Wirbelstrombremsen	246
2.154.	Kupplungen für die Bremsstromkreise	247
2.155.	Nutzbremung	249
2.155.1.	Schaltungen unter Beibehaltung des Reihenschlußmotors	249
2.155.2.	Schaltungen unter Verwendung von Compoundmotoren	263
2.155.3.	Schaltungen unter Verwendung von Nebenschlußmotoren	269
2.155.31.	Mit Fremderregung	269
2.155.32.	Mit Selbsterregung	274
2.155.4.	Mit Impulssteuerung	276
2.16.	Triebmotoren	278
2.161.	Mechanischer Aufbau	278
2.161.1.	Tatzenlagermotor	278
2.161.2.	Fest im Rahmen gelagerte Motoren	290
2.162.	Elektrischer Aufbau	292
2.17.	Fahrtwendeschalter	298
2.18.	Motorschalter	300
2.19.	Erdleitung und Erdung	300
2.2.	Nebenstromkreise	301
2.21.	Vom Fahrleitungsstrom gespeiste Nebenstromkreise	301
2.211.	Kompressormotor	302
2.212.	Vakuumpumpenmotor	302
2.213.	Ventilatormotoren	302
2.214.	Führerstandheizung	303
2.215.	Meßleitungen	303
2.216.	Lichtstromkreis	303
2.22.	Die Umformeranlage und die von ihr gespeisten Nebenstromkreise	304
2.221.	Gleichstrom-Gleichstrom-Umformergruppe	305
2.222.	Gleichstrom-Drehstrom-Umformergruppe	310
2.223.	Turbowechselrichter	314
2.224.	Ruhender Umformer mit Thyristoren	315
2.23.	Sonderschaltungen	322
2.24.	Optische und akustische Signaleinrichtungen	325
2.3.	Zugheizungsstromkreis	328

3. Triebfahrzeuge für Einphasenwechselstrom mit Direktmotoren	330
Einleitung	330
3.1. Hauptstromkreise	342
3.11. Oberspannungsseitige Ausrüstung	342
3.111. Stromabnehmer	342
3.112. Trennschalter	342
3.113. Erdungsschalter	343
3.114. Primärer Überstromschutz	343
3.114.1. Hauptschalter	343
3.114.11. Ölschalter	343
3.114.12. Expansionschalter	344
3.114.13. Druckluftschalter	344
3.114.2. Hochspannungssicherungen	351
3.115. Überspannungsschutz	352
3.12. Haupttransformator	353
3.121. Lufttransformator	353
3.122. Transformator mit Öl- oder Gasisolation	353
3.13. Steuerung	364
3.131. Einzelschalter	364
3.131.1. Allgemeines	364
3.131.2. Konstruktive Ausbildung	382
3.131.21. Schütze	382
3.131.22. Nockenschaltwerke	390
3.132. Stufenschalter	394
3.133. Stufenlose Steuerungen	419
3.134. Arten der Steuerungsbetätigung	422
3.134.1. Leistungssteuerung	422
3.134.2. Übertragungssteuerung	423
3.14. Sekundärer Überstromschutz	441
3.15. Fahrtwendeschalter	441
3.16. Triebmotoren	443
3.17. Schaltungen für elektrische Bremsung	467
3.171. Widerstandsbremsung	467
3.171.1. Mit selbsterregten Motoren	467
3.171.2. Mit fremderregten Motoren	470
3.171.3. Mit eigen- und fremderregten Motoren	483
3.171.4. Bremswiderstände	485
3.172. Nutzbremsung	487
3.18. Übrige Zweige des Hauptstromkreises	517
3.181. Zugheizungsstromkreis	517
3.182. Erdleitung und Erdung	521
3.19. Schaltungen für Sonderzwecke	523
3.191. Anfahrsperrn gegen feste Bremsen	523
3.192. Drehbewegungsanzeiger	525
3.193. Schleuderanzeigen und Schleuderschutz	526
3.193.1. Schleuderanzeigen	527
3.193.2. Schleuderschutz	528
3.193.3. Schaltungen für Achslastausgleich auf elektrischem Wege	534
3.193.4. Schaltungen zur Vermeidung der von den Stromabnehmern verursachten Radioempfangsstörungen	537
3.2. Nebenstromkreise	537
3.21. Stromkreise der Hilfsbetriebe	538
3.22. Umformerstromkreis	547
3.23. Steuerstromkreise	548
3.24. Beleuchtungsstromkreise	551
3.3. Gesamtanordnung	552
4. Triebfahrzeuge für Dreiphasenwechselstrom	559

5. Umformertriebfahrzeuge	561
5.1. Wechselstrom-Drehstrom-Triebfahrzeuge	561
5.2. Wechselstrom-Gleichstrom-Triebfahrzeuge	571
5.21. Wechselstrom-Gleichstrom-Triebfahrzeuge mit rotierender Umformerguppe	572
5.22. Wechselstrom-Gleichstrom-Triebfahrzeuge mit ruhenden Stromrichtern	581
5.221. Allgemeines	581
5.222. Hauptstromkreis	586
5.222.1. Stromabnehmer	588
5.222.2. Trennschalter	588
5.222.3. Erdungsschalter	588
5.222.4. Hauptschalter	588
5.222.5. Transformator	588
5.222.6. Stromrichter	588
5.222.61. Quecksilberdampfventile	588
5.222.611. Excitronstromrichter	588
5.222.612. Ignitronstromrichter	590
5.222.62. Halbleiterstromrichter	591
5.222.7. Steuerung	597
5.222.8. Mischstrommotor	630
5.222.81. Wellenstrommotor	631
5.222.82. Wellenspannungsmotor	635
5.222.9. Schaltungen für elektrische Bremsung	636
5.223. Neben- und Hilfsstromkreise	642
5.3. Mehrsystemtriebfahrzeuge	645
5.31. Zweistromtriebfahrzeuge	645
5.32. Dreistromtriebfahrzeuge	650
5.33. Vierstromtriebfahrzeuge	653
5.4. Drehstrom-Gleichstrom-Triebfahrzeuge	667
5.5. Gleichstrom-Gleichstrom-Triebfahrzeuge	668
5.6. Gleichstrom-Drehstrom-Fahrzeuge	682

Vierter Abschnitt

6. Triebfahrzeuge für Zahnstangenstrecken

6.1. Grundlagen	683
6.11. Allgemeines	684
6.12. Die Fahrwiderstände	684
6.13. Arten der Zahnradbahnen	685
6.14. Zahnstangensysteme	686
6.15. Theorie des Zahnstangenbetriebs	690
6.151. Eingriffsverhältnisse	690
6.152. Zahndruck und Auftrieb	694
6.153. Standsicherheit	695
6.154. Die Längsstabilität beim Bremsvorgang	695
6.2. Gesamtaufbau	704
6.21. Allgemeines	704
6.22. Triebwerk und Laufwerk	713
6.221. Triebfahrzeuge für reinen Zahnstangenbetrieb	713
6.222. Triebfahrzeuge für Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb	721
6.23. Bremsen	738
6.231. Allgemeines	738
6.232. Die mechanischen Bremsen	739
6.232.1. Die Sicherheits- oder Haltebremsen	739
6.232.2. Die automatische Bremse	741
6.232.3. Die durchgehenden Luftbremsen	745

6.3. Elektrische Ausrüstung	749
6.31. Einleitung	749
6.32. Triebfahrzeuge für Drehstrom	750
6.33. Triebfahrzeuge für Gleichstrom	751
6.34. Triebfahrzeuge für Einphasenwechselstrom	761
6.341. Fahrzeuge für Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb mit kombiniertem Antrieb	761
6.342. Fahrzeuge für Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb unter Verwendung von Adhäsionskupplungen	763
6.343. Fahrzeuge mit getrennten Antrieben für Zahnstangen- und Adhäsionsbetrieb.	767

Fünfter Abschnitt

7. Der Trolleybus

7.1. Allgemeines und Gesamtaufbau	769
7.2. Der mechanische Teil	782
7.3. Die elektrische Ausrüstung	790
7.31. Hauptstromkreis	790
7.311. Stromabnehmer	791
7.312. Störschutz	799
7.313. Hauptschalter und Überstromschutz	800
7.314. Steuerung	801
7.314.1. Allgemeines	801
7.314.2. Starkstromsteuerungen durch fußbetätigten Fahrschalter.	805
7.314.3. Schützensteuerungen.	812
7.314.4. Schaltwerke	816
7.314.5. Elektronische Steuerungen	820
7.315. Triebmotoren	824
7.32. Nebenstromkreis	825
7.33. Sonderschaltungen.	826
7.331. Schutzschaltungen.	827
7.332. Prüfschaltungen	830

Sechster Abschnitt

Speichertriebfahrzeuge

8. Akkulatorentriebfahrzeuge	835
8.1. Die Akkulatorenbatterie	835
8.2. Gesamtanordnung.	847
8.21. Schienenfahrzeuge	847
8.211. Triebwagen	847
8.212. Lokomotiven	849
8.22. Straßenfahrzeuge	854
8.221. Gabelstapler	854
8.222. Elektrokarren und Elektroschlepper	862
8.222.1. Allgemeines	862
8.222.2. Konstruktion und Schaltung	865
8.223. Elektromobile	874
8.3. Elektronische Schaltung	876
8.4. Brennstoffzelle	885

9. Thermoelektrische Triebfahrzeuge	887
9.1. Dieselelektrische Triebfahrzeuge	892
9.11. Grundlagen der Leistungsübertragung	893
9.111. Allgemeines	893
9.112. Die Gleichstrom-Leistungsübertragung	895
9.112.1. Der Dieselmotor und seine Charakteristiken	895
9.112.2. Der Generator und seine Charakteristiken	899
9.112.3. Der Triebmotor und seine Charakteristiken	902
9.112.4. Die Zusammenarbeit zwischen Dieselmotor und Generator	904
9.112.5. Die Zusammenarbeit zwischen Generator und Triebmotor	907
9.112.6. Die Abstufung der Leistung	909
9.112.7. Die Dimensionierung der verschiedenen Maschinen; Einfluß der Feldschwächung und der Serie-Parallel-Schaltung	910
9.112.8. Die Steuerungssysteme	912
9.112.81. Reine Charakteristiksteuerungen	913
9.112.82. Komplexe Charakteristiksteuerungen	915
9.112.83. Steuerungen mit aktiver Mitwirkung des Dieselmotors	921
9.112.9. Haupt- und Hilfsgenerator	951
9.112.91. Allgemeines	951
9.112.92. Entwurf und Betriebsverhalten	954
9.113. Die Leistungsübertragung mit Drehstromgeneratoren	957
9.113.1. Mit Gleichstrom-Triebmotoren	957
9.113.2. Mit Drehstrom-Triebmotoren	965
9.12. Der Dieselmotor	967
9.13. Die Steuerapparatur	975
9.14. Triebmotoren und Antriebe	979
9.15. Hilfseinrichtungen	979
9.16. Gesamtanordnung dieselelektrischer Triebfahrzeuge	982
9.17. Dieselelektrische Spezialfahrzeuge	996
9.171. Straßenfahrzeuge	996
9.171.1. Dieselelektrischer Omnibus	996
9.171.2. Straßenschneesleuder	998
9.171.3. Baufahrzeuge	1000
9.171.4. Dieseltrolleybus	1005
9.172. Schienenfahrzeuge	1007
9.172.1. Zweikrafttriebfahrzeuge für Fahrleitungs- oder Dieselmotorbetrieb	1007
9.172.2. Schneesleudern	1013
9.2. Dampfturboelektrische Triebfahrzeuge	1015
9.3. Gasturboelektrische Triebfahrzeuge	1018
 Ausblick	 1027
 Autorenverzeichnis	 1030
 Sachverzeichnis	 1036