

Úvod .....	3
1. Zásobení energií .....	5
1.1. Primární energetické zdroje a výroba elektrické energie ve světovém měřítku .....	5
1.2. Primární energetické zdroje a výroba a spotřeba elektrické energie v ČSSR .....	8
1.2.1. Struktura primárních energetických zdrojů .....	8
1.2.2. Výroba a spotřeba elektrické energie .....	8
1.3. Spojená elektrizační soustava států RVHP .....	13
1.4. Železniční doprava a spotřeba energie v železniční dopravě v ČSSR .....	15
1.4.1. Železniční doprava .....	15
1.4.2. Měrná spotřeba energie .....	16
1.5. Jaderná energetika .....	17
1.6. Nekonvenční zdroje energie .....	18
1.6.1. Fotovoltaické měniče .....	18
1.6.2. Termoelektrické měniče .....	19
1.6.3. Termoemisní (termoelektronové) měniče .....	19
1.6.4. Magnetohydrodynamické (MHD) měniče .....	19
1.6.5. Elektrochemické zdroje proudu .....	19
1.6.6. Využití sluneční energie .....	20
1.6.7. Geotermická energie .....	20
2. Elektrické parametry venkovních vedení .....	21
2.1. Činný odpor (rezistance) R .....	22
2.1.1. Vliv teploty na velikost činného odporu .....	22
2.1.2. Vliv skin efektu na velikost činného odporu .....	23
2.1.3. Vliv ztrát v železe na velikost činného odporu .....	24
2.1.4. Vliv slanění na velikost činného odporu .....	25
2.1.5. Ohmický odpor země .....	25
2.2. Indukčnost L .....	25
2.2.1. Výpočet indukčnosti 1 vodiče dvou vodičového vedení .....	26
2.2.2. Indukčnost jedné fáze trojfázového, trojvodičového vedení .....	29
2.2.3. Indukčnost u vedení se svazkovými vodiči .....	34
2.3. Činný svod G .....	34
2.4. Kapacita C .....	37
2.4.1. Výpočet potenciálových součinitelů .....	39

2.4.2.	Kapacita třífázového, třívodičového vedení bez zemnicího lana .....	42
2.4.3.	Kapacita třífázového transponovaného vedení bez zemnicího lana .....	46
2.4.4.	Vyjádření provozní kapacity a dílčích kapacit pomocí potenciálových součinitelů u transponovaného vedení ...	49
2.4.5.	Zjednodušené vyjádření provozní kapacity a dílčích kapacit .....	49
3.	Přenos a rozvod elektrické energie .....	51
3.1.	Přenosové rovnice pro napětí a proud .....	55
3.1.1.	Řešení přenosu exaktní metodou .....	55
3.1.2.	Řešení přenosu náhradními články .....	57
3.2.	Přenosové rovnice pro výkon .....	64
3.3.	Některé zvláštní případy přenosu .....	66
3.3.1.	Vedení zakončené vlnovou impedancí $Z_2 = Z_V$ .....	66
3.3.2.	Vedení naprázdno ( $Z_2 \rightarrow \infty$ ), Ferrantiho efekt .....	67
3.3.3.	Vedení nakrátko $Z_2 = 0$ .....	69
3.4.	Sériová kompenzace .....	70
3.5.	Paralelní kompenzace .....	73
3.6.	Napěťové poměry na vedení .....	75
3.7.	Přenosová schopnost elektrických vedení .....	76
3.7.1.	Oteplení jako kritérium přenosové schopnosti .....	79
3.7.2.	Úbytek napětí jako kritérium přenosové schopnosti .....	80
4.	Přechodové jevy v elektrizačních soustavách .....	83
4.1.	Zkratky v elektrických rozvodech .....	83
4.1.1.	Druhy zkratů .....	83
4.1.2.	Příčiny vzniku a účinky zkratů .....	85
4.1.3.	Průběh zkratového proudu .....	87
4.1.4.	Časový průběh zkratových proudů se zřetelem na vývin stejnosměrné složky .....	90
4.1.5.	Výpočet zkratových proudů pomocí složkových soustav ...	96
4.1.6.	Zemní spojení .....	102
4.1.7.	Výpočet zkratů pomocí procentních hodnot impedancí ....	105
4.1.8.	Příklad výpočtu zkratu v elektrizační soustavě .....	109
4.2.	Přepětí .....	113
4.2.1.	Elektrická pevnost zařízení .....	114
4.2.2.	Dočasná přepětí .....	115
4.2.3.	Spínací přepětí .....	115
4.2.4.	Atmosférická přepětí .....	117
4.2.5.	Ochrana před přepětím .....	117
4.2.6.	Koordinace izolace .....	118
5.	Elektrická instalace drážních objektů .....	120
5.1.	Dělení dokumentace staveb .....	120
5.2.	Výchozí podklady pro vypracování projektu elektroinstalace ...	122
5.3.	Rozvod elektrické energie .....	124
5.4.	Návrh světelných a zásuvkových obvodů .....	125

5.4.1. Hlavní zásady při projektování osvětlení .....	125
5.4.2. Výpočet vnitřního osvětlení .....	128
5.4.3. Údržba osvětlovací soustavy .....	129
5.5. Dimenzování elektroinstalačních součástí .....	129
5.5.1. Výpočtové zatížení .....	129
5.5.2. Dimenzování vodičů a kabelů .....	130
5.6. Jištění .....	132
5.6.1. Umisťování jisticích přístrojů .....	132
5.6.2. Řazení jisticích přístrojů z hlediska selektivity ....	133
5.6.3. Jištění vodičů a kabelů před přetížením a zkraty .....	133
5.6.4. Jištění spotřebičů .....	134
5.6.5. Jištění rozvodných přístrojů .....	134
5.6.6. Jištění motorů .....	134
5.7. Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím .....	135
5.8. Ochrana objektu před úderem blesku .....	141
6. Elektrická trakce a elektrická vozba .....	142
6.1. Druhy vozby, trakce, vozidel; elektrická trakce závislá a nezávislá .....	142
6.1.1. Elektrická trakce závislá - elektrická vozba .....	143
6.2. Význam elektrické vozby na železnicích pro dopravu a energetiku .....	143
6.2.1. Elektrizace drah v Evropě .....	145
7. Napájení elektrizovaných drah .....	147
7.1. Trakční napájecí proudové soustavy (TNPS) .....	147
7.1.1. Stejnoseměrné trakční napájecí soustavy .....	149
7.1.2. Jednofázové soustavy průmyslového kmitočtu .....	150
7.1.3. Jednofázové trakční napájecí soustavy sníženého kmitočtu .....	152
7.1.4. Trakční napájecí proudová soustava 2 x 25 kV, 50 Hz ..	154
7.1.5. TNPS užívané v ČSSR a v zahraničí .....	154
8. Pevná elektrická trakční zařízení .....	156
8.1. Způsoby napájení drah elektrizovaných stejnosměrnými TNPS ...	156
8.1.1. Jednostranné napájení .....	156
8.1.2. Dvoustranné napájení .....	158
8.1.3. Čtyřstranné napájení .....	160
8.2. Trakční napájecí stanice (TNS) .....	161
8.2.1. TNS pro soustavu 3 kV ss - trakční měničrny .....	161
8.2.2. TNS pro soustavu 25 kV, 50 Hz - trakční transformovny	163
8.2.3. Paralelní spolupráce trakčních transformoven 25 kV, 50 Hz .....	167
8.3. Trakční vedení .....	169
8.3.1. Druhy trolejového vedení .....	169
8.3.2. Sestavy trakčního vedení užívané na ČSD .....	171
8.4. Napájení zabezpečovacích zařízení .....	173
8.4.1. Napájení TZZ pracujícího s frekvencí 50 Hz - obr.8.15	174
8.4.2. Napájení TZZ pracujícího s frekvencí 75 Hz s rozvodem 3 x 6 kV, 75 Hz .....	175

8.4.3. Napájení TZZ pracujícího s frekvencí 75 Hz s rozvodem 3 x 6 kV, 50 Hz .....	178
8.4.4. Ovládání napájení TZZ .....	179
8.4.5. Příkony zabezpečovacího zařízení .....	180
8.4.6. Požadavky na napájení TZZ .....	180
8.4.7. Napájení staničního reléového zabezpečovacího zařízení	
9. Pohon vozidel s nezávislou elektrickou trakcí .....	181
9.1. Deselelektrická hnací vozidla .....	181
9.1.1. Provozní vlastnosti deselelektrických vozidel .....	183
9.1.2. Energetické vlastnosti DE vozidel kolejových .....	183
9.2. Turboelektrická hnací vozidla .....	186
9.3. Elektrická akumulátorová (EA) hnací vozidla .....	188
9.3.1. Trakční obvod a vlastnosti EA vozidel .....	189
9.3.2. Vlastnosti akumulátorů .....	191
10. Dynamika a energetika jízdy vozidel s elektrickou trakcí .....	194
10.1. Značení veličin, ukazatelů a jednotky v elektrické trakci ...	194
10.2. Vozidlo (vlak) jako hmotný bod .....	196
10.2.1. Síly působící při jízdě vlaku .....	196
10.2.2. Jízdní odpor vozidla (vlaku) $F_0$ .....	196
10.2.3. Odpor ze setrvačnosti hmoty vozidla (vlaku) $F_a$ .....	197
10.2.4. Brzdná síla $F_b$ .....	199
10.2.5. Odpor ze stoupání $F_g$ .....	199
10.2.6. Přídavný odpor z oblouku $F_r$ , redukované stoupání ....	200
10.3. Tažná síla a trakční charakteristiky elektrických hnacích vo- zidel .....	201
10.3.1. Charakteristiky ss sériových trakčních motorů (TM) při jejich největší výkonnosti .....	201
10.3.2. Adheze, tažná síla na mezi adheze .....	203
10.4. Rovnice jízdy vlaku .....	205
10.5. Fáze jízdy vlaku .....	206
10.5.1. Rozjezd .....	207
10.5.2. Jízda konstantní rychlostí .....	207
10.5.3. Výběh .....	207
10.5.4. Brzdění .....	208
10.6. Diferenciální rovnice jízdy vlaku .....	208
10.6.1. Princip grafické derivace a integrace .....	209
10.6.2. Řešení DR jízdy vlaku na analogových počítačích .....	211
10.6.3. Řešení DR jízdy vlaku na číslicových počítačích .....	214
10.7. Výkony a spotřeba energie při jízdě vlaku .....	214
10.7.1. Pohybová energie vlaku .....	215
10.7.2. Spotřeba elektrické energie pro jízdu vlaku .....	217
11. Elektrický trakční motor .....	219
11.1. Druhy elektrických trakčních motorů .....	219
11.2. Konstrukční uspořádání stejnosměrného točivého stroje .....	221
11.3. Základní jevy ve stejnosměrném stroji .....	224
11.3.1. Magnetizační charakteristika stejnosměrného stroje ..	224

11.3.2. Indukované napětí v kotvě ss stroje .....	226
11.3.3. Točivý moment stejnosměrného stroje .....	226
11.4. Elektromechanické charakteristiky ss sériového motoru .....	227
11.5. Způsoby regulace otáček a momentu ss sériového motoru .....	230
12. Klasické způsoby regulace výkonu trakčních motorů .....	231
12.1. Druhy kontaktní regulace u hnacích vozidel pro stejnosměrné TNPS .....	231
12.1.1. Skupinové spínání trakčních motorů .....	231
12.1.2. Regulace napětí předřadným odporníkem .....	233
12.1.3. Zeslabování buzení trakčního motoru .....	236
12.1.4. Charakteristiky stejnosměrného hnacího vozidla s klasickou regulací .....	239
12.1.5. Přejchod ze sériového na sérioparalelní řazení TM ..	242
12.1.6. Charakteristika trakční výkonnosti ss hnacího vozidla .....	244
12.1.7. Měrný (hmotný) výkon hnacího vozidla. Adhezně využitelný výkon .....	247
12.1.8. Účinnost ss hnacích vozidel s klasickou regulací při rozjezdu .....	249
12.2. Kontaktní regulace u hnacích vozidel pro TNPS 25 kV, 50 Hz.	252
12.2.1. Vysokonapěťová regulace u čs. lokomotiv 25 kV, 50 Hz .....	252
12.2.2. Indukované napětí a charakteristiky TM vozidla 25 kV, 50 Hz s kontaktní regulací .....	254
12.2.3. Trakční charakteristika hnacího vozidla 25 kV, 50 Hz s klasickou regulací .....	255
13. Regulace výkonu trakčních motorů polovodičovými statickými měniči	257
13.1. Tyristorové pulsní měniče výkonu stejnosměrného proudu ....	260
13.1.1. Snižovací zapojení pulsních měničů .....	260
13.1.2. Zvyšovací zapojení pulsního měniče .....	263
13.1.3. Řízení pulsních měničů .....	265
13.1.4. Plynulé zeslabování buzení pomocí tyristorů .....	268
13.1.5. Vliv vozidel s pulsními měniči na stejnosměrnou TNPS	270
13.1.6. Energetická hospodárnost pulsní regulace .....	271
13.2. Bezkontaktní regulace napětí hnacích vozidel 25 kV, 50 Hz ..	273
13.2.1. Polořízený usměrňovací můstek .....	276
13.2.2. Jalový výkon a vlivy na napájecí soustavu při tyristorové regulaci jednofázových vozidel .....	277
13.2.3. Účinník první harmonické proudu vozidla a faktor výkonu .....	279
13.3. Hnací vozidla s troj- a vícefázovými trakčními motory .....	280
14. Elektrodynamické brzdění .....	282
14.1. Elektrodynamická odporová brzda .....	283
14.1.1. Vícemotorová brzdná spojení .....	286
14.1.2. Cize buzená a pulsně řízená odporová brzda .....	287

15. Jmenovitý výkon, oteplování a ochlazování trakčního motoru .....	291
15.1. Dovolené oteplení a třídy izolace .....	293
15.2. Ztráty energie v trakčním motoru .....	294
15.3. Rovnice oteplování a ochlazování trakčního motoru .....	295
15.4. Způsoby chlazení a časová konstanta trakčního motoru .....	298
15.5. Stanovení průběhu oteplení TM při proměnlivém zatěžování ..	299
16. Elektrická trakční vozidla .....	303
16.1. Typy elektrických trakčních vozidel .....	303
16.2. Výpočty elektrických trakčních vozidel .....	305
16.3. Elektrická část elektrických trakčních vozidel .....	317
16.4. Mechanická část elektrických trakčních vozidel .....	319
16.5. Výroba elektrických trakčních vozidel .....	319
17. Elektrické městské dráhy .....	323
17.1. Tramvajové dráhy .....	324
17.1.1. Tramvajové tratě .....	325
17.1.2. Dynamika a energetika tramvajové dopravy .....	326
17.1.3. Napájení tramvajových drah .....	327
17.1.4. Tramvajové vozy .....	331
17.2. Trolejbusové dráhy .....	335
17.2.1. Dynamika a energetika trolejbusové dopravy .....	336
17.2.2. Napájení trolejbusových drah .....	337
17.2.3. Trolejbusy .....	337
17.3. Metro .....	341
17.3.1. Dynamika a energetika podzemních drah .....	341
17.3.2. Napájení metra .....	345
17.3.3. Vozy metra .....	346
18. Nepříznivé účinky elektrické trakce .....	349
18.1. Vliv zemních proudových polí na korozi kovových zařízení uložených v zemi .....	349
18.1.1. Umělá zemní proudová pole .....	350
18.1.2. Měření zemních proudových polí .....	351
18.1.3. Měření na stávajícím zařízení .....	355
18.1.4. Ochrana úložných zařízení proti korozi bludnými proudy .....	356
18.2. Vliv jednofázových drah na symetrii sítě vvn .....	359
18.2.1. Jednofázové připojení .....	360
18.2.2. V-spojení .....	361
18.2.3. Možnosti omezení nesymetrie .....	363
19. Vzájemné vlivy elektrických zařízení .....	365
19.1. Přístup ke stanovení přímé interakce odběru (spotřebiče) a energetické sítě .....	366
19.2. Přístup ke stanovení kapacitních vlivů .....	367
19.3. Přístup ke stanovení indukčních vlivů .....	368
19.4. Přístup ke stanovení galvanického vlivu .....	371
19.5. Ochranná opatření proti "vlivům" .....	372

Literatura .....	373
Obsah .....	376