



Kolejová vozidla III

Petr Heller



doc. Ing. Petr Heller, CSc., *1942

Absolvent Vysoké školy dopravní v Žilině, obor Kolejová vozidla (1965). Praxe: 7 let Vagonka Studénka, 29 let ŠKODA závod Elektrické lokomotivy, později ŠKODA Dopravní technika, s.r.o., od roku 2003 Západočeská univerzita v Plzni.

Kolejová vozidla III

Autor:

doc. Ing. Petr Heller, CSc.

Spoluautoři:

Kapitola 1. vznikla ve spolupráci s Ing. Jiřím Hofmanem.

Kapitola 5. zpracoval Dr. Ing. Ladislav Sobotka.

Kapitola 9. vznikla ve spolupráci s Mgr. Ivanem Borutou a Ing. Janem Hanušem.

Kapitola 11. vznikla ve spolupráci s Ing. Jiřím Schönem.

Kapitola 12. zpracovali Ing. Luděk Korejtko, Ph.D., Ing. Jan Korejtko a M. Eng.

Kapitola 13. vznikla ve spolupráci s Bc. Jiřím Šplíchalem.

Vydání publikace bylo schváleno Vědeckou redakcí Západočeské univerzity v Plzni.

Odborní recenzenti:

prof. Ing. Ladislav Rus, DrSc.

prof. Ing. Daniel Kalinčák, Ph.D.

Grafický návrh obálky:

MgA. Mgr. Petr Pelikán

Typografická úprava:

Jakub Pokorný

Vydala:

Západočeská univerzita v Plzni

Univerzitní 2732/8, 301 00 Plzeň

Vytiskl:

POLYPRESS s.r.o.

Truhlářská 486/15, 360 17 Karlovy Vary

První vydání, 504 stran

Pořadové číslo: 2365, ediční číslo: 55-047-21

Plzeň 2021

ISBN 978-80-261-1047-7

ISBN 978-80-261-0693-7 (1. svazek)

ISBN 978-80-261-0773-6 (2. svazek)

© doc. Ing. Petr Heller, CSc.

Západočeská univerzita v Plzni

OBSAH

PŘEDMLUVA	1
1 TRAMVAJOVÁ VOZIDLA	5
1.1 Rozdělení a charakteristiky kolejových vozidel městské hromadné dopravy	6
1.1.1 Tramvajová vozidla dvounápravová (rámová)	7
1.1.2 Tramvajová vozidla čtyřnápravová	8
1.1.3 Nízká podlaha, komplikace pro tramvajové vozidlo	9
1.1.4 Tramvajová vozidla čtyřnápravová, částečně nízkopodlažní	10
1.1.5 Tramvajová vozidla článková, vysokopodlažní, s kloubem nad podvozkem Jakobs	11
1.1.6 Tramvajová vozidla článková s kloubem mimo podvozek	12
1.1.7 Tramvajová vozidla kloubová, vysokopodlažní, se dvěma klouby	14
1.1.8 Tramvajová vozidla čtyřnápravová, plně nízkopodlažní	15
1.1.9 Tramvajová vozidla článková, nízkopodlažní	16
1.1.9.1 Nízká podlaha	17
1.1.9.2 Koncepte článkových nízkopodlažních tramvajových vozidel	18
1.2 Vlastnosti jednotlivých koncepcí	19
1.3 Modulární stavba tramvajových vozidel	51
1.4 Tramvaje vybavené alternativními systémy napájení	52
1.5 Tram-Train	54
1.5.1 Tram-Train Avanto	54
1.5.2 Tram-Train Vossloh España.....	57
1.6 Tramvaj na pneumatikách – Translohr	57
1.7 Vlečné vozy	60
1.7.1 Vlečný vůz B3D (ČKD Tatra).....	60
1.7.2 Vlečný vůz VV6OLF	60
1.8 Zhodnocení jednotlivých uspořádání tramvajových nízkopodlažních vozidel	61
1.8.1 Zhodnocení vlastností pojezdů	62
1.8.2 Úroveň příčných sil při jízdě obloukem	63
1.8.3 Vedení dvojkolí v kolejovém kanálu	65
1.9 Nízkopodlažní tramvaje, historické poznámky, rozlišení vozidel podle otočnosti podvozků ..	69
1.9.1 Úvodní historické poznámky	69
1.9.2 Rozlišení otočnosti podvozku pomocí rovnice rovnováhy tramvajového vozidla v příčném směru ..	70
1.9.3 Rozlišení podle počtu potřebných kloubů u skříně se dvěma podvozky	73
1.9.4 Rozlišení pomocí zastupitelnosti podvozků při vjezdu do oblouku a průjezdu obloukem	73
1.9.5 Shrnutí	73
2 VOZIDLA METRA A MĚSTSKÉ ŽELEZNICE	79
2.1 Úvod	79
2.1.1 Úvod pro vozidla metra	79

2.1.2	Úvod pro vozidla městské železnice (S-Bahn)	85
2.2	Koncepce jednotek metra	89
2.2.1	Koncepce samostatného funkčního vozu	89
2.2.2	Koncepce dvouvozové jednotky	90
2.2.2.1	Příklad dvouvozové jednotky pro metro města Norimberk	91
2.2.2.2	Příklad dvouvozové jednotky pro metro Rijád v Saudské Arábii	92
2.2.2.3	Dvouvozová jednotka Tren Urbano pro San Juan (Puerto Rico)	93
2.2.3	Koncepce vícevozových jednotek	93
2.2.3.1	Koncepce třívozové jednotky s vozy trakčními a netrakčními	93
2.2.3.2	Koncepce čtyřvozové jednotky	98
2.2.3.3	Koncepce pětivozové jednotky	102
2.2.4	Příklad koncepcí pětivozových jednotek metra	103
2.2.4.1	Jednotka pražského metra typ 81-71	103
2.2.4.2	Pětivozová jednotka pražského metra typ M1 (SIEMENS)	104
2.2.4.3	Pětivozová jednotka Minskij metropoliten (STADLER)	106
2.2.4.4	Pětivozová jednotka metra TUBELINK pro Valencii (STADLER)	106
2.2.5	Koncepce šestivozových jednotek	108
2.2.5.1	Šestivozová jednotka se všemi vozy trakčními	108
2.2.5.2	Koncepce šestivozové jednotky s vozy trakčními a netrakčními	109
2.2.5.3	Šestivozová jednotka s trakčními a netrakčními vozy	109
2.2.5.4	Koncepce šestivozových jednotek s čelními vozy netrakčními	113
2.2.5.5	Koncepce šestivozové jednotky s čelními vozy s netrakčními podvozky	114
2.2.6	Koncepce jednotek sedmi a vícevozových	116
2.2.6.1	Koncepce osmivozové jednotky s vozy trakčními i netrakčními	116
2.2.7	Příklad koncepcí sedmi a osmivozové jednotky MOVIA Metro Londýn (Bombardier)	116
2.2.8	Příklad koncepcí osmivozové a sedmivozové jednotky Moskva-2020 pro metro Moskva (Metrovagonmasch Mytišči)	116
2.2.9	Příklad koncepcí dvanáctivozové jednotky metra MECCA	120
2.2.10	Koncepce vozidel metra podle počtu dveří v bočnici a uspořádání sedadel	120
2.2.10.1	Koncepce vozů se třemi vstupními dveřmi v bočnici	121
2.2.10.2	Koncepce vozů se čtyřmi vstupními dveřmi v bočnici	122
2.2.10.3	Koncepce vozů s pěti vstupními dveřmi v bočnici	122
2.3	Metro s lineárním pohonem	123
2.4	Bezpečnost cestujících	124
2.5	Lehké metro	126
2.6	Vozidla městské rychlodráhy (S-Bahn)	127
2.6.1	Jednotka městské rychlodráhy řady ET 480	127
2.6.2	Jednotka městské rychlodráhy řady ET 481, ET 482	128
2.6.3	Jednotka městské rychlodráhy řady ET 483, ET 484	130
3	PODVOZKY TRAMVAJOVÝCH VOZIDEL	135
3.1	Podvozky otočné pro standardní vysokopodlažní vozidla	137
3.1.1	Podvozek ČKD Tatra	137
3.1.2	Modernizovaný podvozek pro vysokopodlažní tranvaj T6A5 ČKD TATRA	138
3.1.3	Modernizovaný podvozek pro úzkorozchodná vysokopodlažní vozidla (SKD TRADE)	140
3.1.4	Otočný podvozek KOMFORT pro standardní vysokopodlažní vozidla (Aliance TWT)	141
3.1.5	Otočný podvozek pro standardní vysokopodlažní vozidla SF 90 (SIEMENS)	142
3.2	Podvozky částečně nízkopodlažních tramvajových vozidel	143
3.2.1	Neotočný podvozek tramvaje Astra, Anitra (ŠKODA)	143
3.2.2	Neotočný podvozek tramvaje 29T, 30T (ŠKODA)	145
3.3	Otočné podvozky nízkopodlažních tramvají umístěné pod vysokou podlahou	145

3.3.1	Podvozek částečně nízkopodlažního vozidla AVANTO S70 (SIEMENS)	145
3.3.2	Otočný úzkorozchodný podvozek tramvaje 29T a 30T (ŠKODA)	147
3.3.3	Podvozek otočný pro Tram-Train Tango (STADLER)	147
3.3.4	Trakční a běžný otočný podvozek, NET2012 Citylink (Vossloh Španělsko)	148
3.3.5	Trakční podvozek otočný LRV pro Houston (CAF)	148
3.3.6	Trakční a běžný podvozek otočný Flexity Classics (Bombardier)	149
3.3.7	Otočný podvozek KOMFORT plus, tramvaje Vario LF 2+ (Alstom TWT)	149
3.3.8	Otočný podvozek tramvaje EVO 1 a 2 (Alstom TWT)	149
3.4	Neotočné podvozky plně nízkopodlažních tramvajových vozidel	151
3.4.1	Neotočné podvozky plně nízkopodlažních vozidel Combino (Siemens)	151
3.4.2	Neotočný podvozek Avenio (SIEMENS)	154
3.4.3	Neotočný podvozek Incentro	155
3.4.4	Neotočný podvozek Variobahn (Bombardier)	155
3.4.5	Neotočný podvozek Eurotram (Bombardier)	155
3.4.6	Neotočný podvozek S 1000 (Bombardier)	156
3.4.7	Neotočný podvozek Flexx Urban 3000 (Bombardier)	157
3.4.8	Neotočný podvozek 26T (ŠKODA)	158
3.4.9	Neotočný podvozek 28T (ŠKODA)	159
3.4.10	Neotočná podvozek 35T (ŠKODA)	159
3.4.11	Neotočný podvozek Flexity (Bombardier)	159
3.4.12	Neotočný podvozek Arpège (Alstom)	161
3.4.13	Neotočný podvozek Ixège (Alstom)	161
3.4.14	Neotočný podvozek SIRIO (Ansaldo Breda)	162
3.4.15	Neotočný podvozek DG 1000/DG1435 (Končar, Sames)	162
3.4.16	Neotočný podvozek tramvaje Tralink V3 (Vossloh)	164
3.4.17	Neotočný podvozek tramvaje Urbos 3 úzkorozchodný i normálně rozchodný (CAF)	165
3.4.18	Neotočný podvozek tramvaje Tramino S 105p (SOLARIS)	165
3.4.19	Neotočný podvozek tramvaje LT1 (Hyundai Rotem)	166
3.5	Otočné podvozky plně nízkopodlažních vozidel	168
3.5.1	Trakční podvozek otočný, Flexx URBAN 3000 (Bombardier)	168
3.5.2	Otočný podvozek tramvaje 15 T For City (ŠKODA)	168
3.5.3	Otočný podvozek tramvaje TWIST (Pesa)	169
3.5.4	Otočný podvozek tramvaje Lion a Lionet (PK Transportnyje sistemy Moskva)	170
3.5.5	Podvozek otočný, úzkorozchodný Artic rozchod 1 000 mm ŠKODA TRANSTECH Oy	171
3.5.6	Trakční podvozek otočný Urbos AXL (A35) CAF	172
3.5.7	Otočný podvozek Citadis Spirit a CIS (Alstom)	173
3.5.8	Trakční podvozek otočný, úzkorozchodný EVO 1000	174
4	PODVOZKY VOZIDEL METRA A MĚSTSKÉ ŽELEZNICE	179
4.1	Podvozky vozidel metra	179
4.1.1	Podvozek vozidel pražského metra typ 81-71	179
4.1.2	Podvozek vozidel pražského metra typ M1	182
4.1.3	Trakční a běžný podvozek pro lehké metro SF 1000 (Siemens)	185
4.1.4	Trakční a běžný podvozek pro lehké metro SF 1000 HS (Siemens)	186
4.1.5	Trakční a běžný podvozek pro těžké metro SF 2000 (Siemens)	187
4.1.6	Trakční a běžný podvozek pro těžké metro SF 2100 (Siemens)	189
4.1.7	Trakční a běžný podvozek pro těžké metro SF 2100 IB (Siemens)	189
4.1.8	Trakční a běžný podvozek pro těžké metro SF 3000 (Siemens)	190
4.1.9	Trakční a běžný podvozek pro metro C 20 (Bombardier)	190
4.1.10	Podvozek Flexible Frame Bogie (Bombardier)	191
4.1.11	Vývojový trakční podvozek pro metro typu Syntegra (Siemens)	191
4.1.12	Podvozky pro metro C2 Mnichov (SIEMENS)	195
4.1.13	Podvozky pro metro Glasgow (Stadler)	195
4.1.14	Podvozek metra model 68-7054 c (Krjukovskij vagonostrojitelnyj zavod)	195

4.1.15	Vývojový podvozek pro metro (CRRC)	196
4.1.16	Podvozek metra s lineárním motorem	197
4.2	Podvozky městské železnice	198
4.2.1	Trakční podvozek městské železnice (S-Bahn) řady 481	198
4.2.2	Trakční podvozek městské železnice (S-Bahn) řady 430	198
4.3	Podvozky Hyundai Rotem	201
4.3.1	Trakční a běžný podvozek pro vysokopodlažní LRV vozidla LV1 (Hyundai Rotem)	201
4.3.2	Trakční a běžný podvozek pro lehké metro EO1 (Hyundai Rotem)	203
4.3.3	Trakční a běžný podvozek pro těžké metro EO2 (Hyundai Rotem)	203
4.3.3	Trakční a běžný podvozek pro lehké metro EO3 (Hyundai Rotem)	204
4.3.4	Trakční a běžný podvozek pro úzký rozchod EO4 (Hyundai Rotem)	206
5	POHONY DVOJKOLÍ S VYSOKOU ÚČINNOSTÍ	211
5.1	Úvod	211
5.2	Přímé pohony s pomaloběžnými trakčními motory bez převodovky (Direct Drive)	213
5.3	Porovnání energetické náročnosti vlaků metra se standardní technologií trakčního pohonu (ATM, převodovka, IGBT střídač) a novou technologií (IPMSM, direct drive, SiC střídač)	215
5.4	Trakční výzbroj IPMSM soupravy	216
5.5	Návrh, výpočty, konstrukce IPMSM trakčního synchronního motoru HLR 3657 P/12 a mechanické uspořádání přímého pohonu	218
5.6	Montáž motoru	226
5.7	Trakční synchronní motor s permanentními magnety pro pohon elektrobuse	228
5.8	Rotor elektromotoru	229
5.8.1	Parametry elektromotoru	229
5.8.2	Mechanické uspořádání rotoru	231
5.9	Chlazení	231
5.10	D-Q model elektromotoru	232
6	SKŘÍNĚ TRAMVAJOVÝCH VOZIDEL	241
6.1	Nosná struktura skříně tramvajového vozidla T3	242
6.1.1	Nosná struktura skříně částečně nízkopodlažního tramvajového vozidla	243
6.1.2	Nosná struktura skříní nízkopodlažních vozidel	245
6.1.3	Příklady různých konstrukcí	247
6.1.4	Hliníková konstrukce skříně tramvaje COMBINO	259
6.1.5	Návrat k ocelové konstrukci AVENIO	261
7	SKŘÍNĚ VOZIDEL METRA A MĚSTSKÉ ŽELEZNICE	265
7.1	Úvod	265
7.2	Diferenciální ocelová hrubá stavba skříně	265
7.2.1	Diferenciální ocelová hrubá stavba skříně vozidel S-Bahn ET 480	265
7.2.2	Diferenciální ocelová hrubá stavba skříně vozidel S-Bahn ET 481 a 482	268
7.2.3	Diferenciální ocelová stavba skříně vozidel S-Bahn ET 483 a 484	268
7.2.4	Diferenciální nerezová stavba skříně vozidel pro Hong Kong MTR Corporation LTD	270
7.2.5	Diferenciální ocelová hrubá stavba skříně metra pro Petrohrad 18Mt (ŠKODA)	270
7.3	Hliníková integrální hrubá stavba skříně	271
7.3.1	Hliníková integrální stavba skříně vozidel metra M1 pro Prahu	271
7.3.2	Hliníková integrální stavba skříně vozidel metra pro město Mecca	273
7.3.3	Hliníková integrální stavba skříně vozidel metra pro město Gang ju, Subway Line No. 1	275
7.3.4	Hliníková integrální hrubá stavba skříně vozidel metra G1 pro Nürnberg (SIEMENS)	275
7.3.5	Kabina strojvedoucího	277
7.4	Hybridní hrubá stavba skříně	277

7.5	Kompozitní hrubá stavba skříně	278
7.6	Závěr pro hrubé stavby skříní metra a městské železnice	280
8	DVEŘE, OKNA	285
8.1	Úvod	285
8.2	Dveře	285
8.2.1	Základní součásti, rozměry, systémy, požadavky na vnější dveře	286
8.2.2	Bezpečnostní opatření proti sevření	288
8.2.3	Pohon dveří	289
8.2.4	Příklady vybraných konstrukcí	290
8.2.4.1	Výkyvné dveře	290
8.2.4.2	Předsuvné dvoukřídlové dveře s elektrickým motorem, převodem vřetenem a maticí	290
8.2.4.3	Předsuvné dvoukřídlové dveře s elektrickým pohonem a převodem ozubeným řemenem	295
8.2.4.4	Dvoukřídlové dveře s elektrickým pohonem, posuvné vně po bočnici	295
8.2.4.5	Posuvné kapsové dvoukřídlové dveře s pneumatickým pohonem a převodovým řetězem	296
8.2.4.6	Skládací dveře tramvají	297
8.2.4.7	Čelní evakuační dveře metra	298
8.3	Výklopné nebo výsuvné stupačky a nájezdni plošiny pro kočárky	301
8.3.1	Výsuvná stupačka	301
8.3.2	Výklopná nájezdová plošina (rampa)	302
8.3.3	Výsuvná a zvedací plošina	302
8.3.4	Dveře s výklopnou stupačkou	302
8.4	Čelní přechodové dveře	303
8.5	Vnitřní dveře	304
8.6	Srovnání pohonů dveří	306
8.7	Okna	307
8.7.1	Čelní okna lokomotiv, motorových vozů a elektrických jednotek	307
8.7.2	Boční okna osobních vozů, motorových a elektrických jednotek	307
8.7.2.1	Okna polospouštěcí	307
8.7.2.2	Okna pevná	310
8.7.2.3	Okna pevná v pryžovém profilu	310
8.7.2.4	Okna pevná, lepená do bočnice	311
8.7.2.5	Okna pevná, speciálně stavěná pro rychlou výměnu při poškození	311
8.7.2.6	Okna pevná s výklopnou horní částí	313
9	INTERIÉRY TRAMVAJOVÝCH VOZIDEL A VOZIDEL METRA	321
9.1	Požadavky protipožární bezpečnosti	321
9.1.1	Provozní a konstrukční kategorie drážních vozidel	321
9.1.1.1	Provozní kategorie	321
9.1.1.2	Konstrukční kategorie	322
9.1.2	Požadavky na požární vlastnosti materiálů a součástí	322
9.2	Stavební struktury interiéru	324
9.3	Podlaha	324
9.3.1	Podlaha tramvajových vozidel	324
9.3.2	Podlaha vozidel metra	324
9.3.3	Používané materiály na podlahu	325
9.4	Obložení a izolace bočnic a stropů	326
9.4.1	Izolační a obkladové materiály	327
9.4.2	Pultruze	328
9.5	Dělicí příčky, polopříčky, zástěnky	329
9.5.1	Dělicí příčky	329

9.5.2	Polopříčky, zástěnky, madla	331
9.5.2.1	Polopříčky, zástěnky	331
9.5.2.2	Madla	336
9.5.3	Obklady čelnic	339
9.6	Sedadla	340
9.6.1	Sedadla tramvajových vozidel a vozidel metra	340
9.6.1.1	Rozměry a provedení sedadel tramvajových a vozidel metra	341
9.6.1.2	Sedadla řidiče	344
9.6.2	Sedadla železničních vozidel	346
9.6.2.1	Úvod	346
9.6.2.2	Příměstská železnice a její charakteristika provozu v kontextu designu sedadla	347
9.6.2.3	Regionální železnice a její charakteristika provozu v kontextu designu sedadla	348
9.6.2.4	Dálková železnice a její charakteristika provozu v kontextu designu sedadla	350
9.7	Prostor pro kočárky a osoby na invalidním vozíku	352
9.8	Osvětlení, větrání a informační systém salonu pro cestující	354
9.8.1	Příklady provedení u tramvajových vozidel	354
9.8.2	Příklady provedení u vozidel metra	356
9.9	Přechodové měchy mezi články nebo vozy	357
10	KABINA STROJVEDOUČÍHO A ŘIDIČE	367
10.1	Úvod	367
10.2	Kabina strojvedoucího	367
10.2.1	Rozměry kabiny, výhledové poměry, pult strojvedoucího	369
10.2.2	Pult strojvedoucího	373
10.3	Kabina řidiče tramvaje	377
10.3.1	Výhledové poměry	377
10.3.2	Pult řidiče tramvaje	378
10.3.3	Pult strojvedoucího metra	382
11	VYTÁPĚNÍ A KLIMATIZACE V MĚSTSKÝCH A PŘÍMĚSTSKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDLECH ..	387
11.1	Úvod	387
11.2	Historická poznámka	387
11.3	Princip klimatizace	387
11.4	Klimatizační jednotka	388
11.4.1	Druhy jednotek	388
11.4.2	Popis klimatizační jednotky	388
11.5	Základní pojmy podle ČSN EN 14750-1	390
11.6	Všeobecné požadavky a předpisy	391
11.6.1	Zatřídění vozidel	392
11.6.2	Parametry pohodlí	392
11.6.3	Vnější podmínky	392
11.6.4	Výkonnost vytápěcího a chladicího zařízení	393
11.6.4.1	Vytápění	393
11.6.4.2	Chlazení	393
11.7	Regulace	393
11.7.1	Stanovené požadavky pohodlí	395
11.7.2	Tepelná emise sedící normálně oblečené osoby	396
11.7.3	Doplňkové požadavky	396
11.8	Výpočet výkonů klimatizační jednotky	397
11.8.1	Výpočet vytápěcího výkonu	397

11.8.1.1	Tepelná ztráta vzniklá prostupem tepla za klidu	397
11.8.1.2	Tepelná ztráta netěsností skříně a zhoršenými poměry při jízdě (infiltraci)	399
11.8.1.3	Tepelná ztráta větráním	399
11.8.1.4	Výpočet celkových tepelných ztrát	399
11.8.1.5	Výpočet tepelného zisku	400
11.8.1.6	Celkový příkon vytápění vozidla	400
11.8.1.7	Výkon chladicího zařízení	400
11.8.1.8	Výpočet tepelného zisku	400
11.8.1.9	Tepelný zisk od slunečního záření	400
11.8.1.10	Produkce tepla od cestujících ve vozidle	401
11.9	Řešení výpočtu výkonu klimatizačního zařízení tramvajového vozidla	401
11.9.1	Základní informace o tramvajovém vozidle	401
11.9.1.1	Základní rozměry tramvajového vozidla	401
11.9.2	Základní ztráta prostupu tepla za klidu	406
11.9.3	Tepelná ztráta netěsnostmi skříně a zhoršenými poměry při jízdě (infiltraci)	406
11.9.4	Tepelná ztráta větráním	407
11.9.5	Výpočet celkových tepelných ztrát	407
11.9.6	Výpočet celkových zisků	407
11.9.7	Celkový příkon vytápění vozidla	407
11.9.8	Závěr a vyhodnocení vytápěcího výkonu	407
11.10	Výpočet chladicího výkonu	407
11.10.1	Základní ztráta prostupu tepla za klidu	407
11.10.2	Tepelná ztráta netěsnostmi skříně a zhoršenými poměry při jízdě (infiltraci)	408
11.10.3	Tepelná ztráta větráním	408
11.10.4	Výpočet celkových tepelných zisků vedením tepla	408
11.10.5	Tepelný zisk od cestujících	408
11.10.6	Tepelný zisk od vnitřních zdrojů	408
11.10.7	Tepelný zisk od slunečního záření	408
11.10.7.1	Výpočet celkového tepelného zisk	409
11.10.7.2	Celkový výkon chladicího zařízení vozidla	409
11.11	Vyhodnocení, závěr a výběr klimatizační jednotky	409
12	BRZDA TRAMVAJOVÝCH VOZIDEL	415
12.1	Úvod	415
12.2	Základní sestava brzdového systému vozidla	415
12.2.1	Popis základních funkcí elektronického řídicího systému brzd	416
12.3	Základní legislativní požadavky na brzdění tramvají v Evropské unii	417
12.3.1	Norma ČSN EN 13452-1(2)	417
12.3.2	Vyhláška ministerstva dopravy ČR číslo 173/1995 Sb.	418
12.3.3	Norma ČSN 28 1300	419
12.3.4	Předpis o konstrukci a provozu tramvají z roku 1987	420
12.3.5	Polská norma ROZPORZADZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY-„RMI“	421
12.4	Základní rozdělení tramvajových brzd	421
12.4.1	Základní rozdělení brzdového systému	421
12.4.2	Rozdělení tramvajových brzd a brzdových jednotek	422
12.4.3	Rozdělení brzdových kotoučů	426
12.4.4	Materiál brzdových kotoučů	427
12.4.5	Umístění brzdových kotoučů	429
12.4.6	Třecí plochy brzdových kotoučů	430
12.4.7	Rozdělení brzdových destiček	430
12.4.8	Rozdělení brzdových destiček podle druhu brzdového obložení	432
12.4.9	Rozdělení řídicích agregátů tramvajové brzdy	433

12.4.9.1	Rozdělení hydraulických agregátů podle konstrukce	433
12.4.10	Základní rozdělení nouzových agregátů	434
12.4.11	Základní rozdělení kolejnicových brzd	436
12.5	Funkce základních komponent tramvajového brzdového systému	437
12.5.1	Elektrodynamická brzda – EDB	437
12.5.2	Pasivní brzdová jednotka	438
12.5.3	Aktivní brzdová jednotka	440
12.5.4	Elektromechanická brzdová jednotka	440
12.5.5	Hlavní řídicí agregáty	441
12.6	Základní podklady pro návrh brzdového systému	447
12.6.1	Statický součinitel tření	447
12.6.2	Adheze	447
12.6.2.1	Výpočet brzdného skluzu	447
12.6.2.2	Závislost součinitele adheze na rychlosti vozidla	448
12.6.3	Trakční odpory	449
12.6.4	Přechodové charakteristiky	450
12.6.5	Výpočet střední hodnoty EDB	451
12.6.6	Kolejnicová magnetická brzda	452
12.6.7	Třecí brzdy	454
12.6.8	Třecí brzdová jednotka	455
12.6.8.1	Brzdové obložení	457
12.6.8.2	Brzdový kotouč	457
12.7	Základní metody výpočtu kinematiky vozidla	459
12.7.1	Klasické metody	459
12.7.1.1	Zábrzděné dráhy tramvaje po rovině	459
12.7.1.2	Tramvaj na spádu	460
12.7.2	Simulační metody	461
12.8	Řízení brzdového systému tramvajového vozidla	462
12.8.1	Úvod	462
12.8.2	EBCU – Electronic Brake Control Unit	462
12.8.3	SIL – Safety Integrity Level	464
12.8.4	Topologie	466
12.8.5	Komunikační rozhraní	466
12.8.6	MDC	468
12.8.7	Řízení brzdy	468
12.8.7.1	Zajištění zásoby tlaku	468
12.8.7.2	Regulace tlaku brzdového systému	469
12.8.8	WSP – Wheel Slide Protection	470
12.8.9	Blending	472
13	TROLEJBUSY	477
13.1	Úvodní historická poznámka	477
13.2	Rozdělení nízkopodlažních trolejbusů	478
13.2.1	Dvounápravové trolejbusy (cca 12 m), též standardní	479
13.2.2	Třínápravové trolejbusy (cca 15 m)	481
13.2.3	Třínápravové dvoučláňkové trolejbusy (cca 18 m), kloubové	481
13.2.4	Čtyřnápravové tříčláňkové trolejbusy (cca 24 m), též dvoukloubové	484
13.3	Trakční elektrický motor a pohon nápravy	484
13.4	Řízení výkonu, rychlosti	484
13.5	Některé důležité části trolejbusu	485
13.6	Možnosti alternativních pohonů	486

13.7 Elektrobusy	488
14 ZÁVĚREČNÉ POZNÁMKY	491
14.1 Rozvoj výroby kolejových vozidel	491
14.2 Významní výrobci kolejových vozidel v Evropě	491
14.3 Výhledy kolejové dopravy v České republice	494
14.4 Nové technologické možnosti v nezávislé trakci	494
14.5 Závěrečné slovo ke knihám Kolejová vozidla I, II, III	497
SOUHRN / SUMMARY	499
REJSTŘÍK	501