

Úvod.....	7
1 Součástky pro výkonovou elektroniku	9
1.1 Neřízené součástky	9
1.1.1 Diody pro průmyslové použití	9
1.2 Součástky s řízeným zapínáním.....	12
1.2.1 Triodový zpětně závěrný tyristor.....	12
1.2.2 Rychlé tyristory	17
1.2.3 Frekvenční tyristory	17
1.2.4 Tyristory typu GATT.....	17
1.2.5 Asymetrické tyristory.....	17
1.2.6 RCT - zpětně propustné tyristory.....	18
1.2.7 Fototyristory	18
1.2.8 Triak	18
1.3 Vypínatelné součástky.....	18
1.3.1 Bipolární tranzistor.....	18
1.3.2 Unipolární tranzistor.....	25
1.3.3 Bipolární tranzistory s izolovaným hradlem - IGBT	25
1.3.4 GTO tyristory	25
1.3.5 GCT (IGCT) tyristor	27
1.3.6 MCT tyristor	27
1.4 Konstrukční provedení součástek	27
1.5 Chlazení polovodičových součástek.....	29
1.6 Chladiče pro výkonové polovodičové součástky	30
1.6.1 Vzduchové chladiče.....	31
1.6.2 Tepelné trubice.....	31
1.6.3 Kapalinové chladiče.....	31
1.6.4 Speciální chladiče.....	31
2 Usměrňovače se síťovou komutací	32
2.1 Jednofázový jednopulzní usměrňovač	33
2.1.1 Jednofázový jednopulzní neřízený usměrňovač zatížený ohmickým odporem R	33
2.1.2 Jednofázový jednopulzní neřízený usměrňovač zatížený ohmickým odporem R a indukčností L 34	
2.1.3 Jednofázový jednopulzní řízený (tyristorový) usměrňovač zatížený ohmickým odporem R , indukčností L a napětím U_i - aktivní zátěž.....	35
2.1.4 Jednofázový jednopulzní neřízený (diodový) usměrňovač s nulovou diodou zatížený ohmickým odporem R , indukčností L a napětím U_i - aktivní zátěž.....	39
2.2 Dvoupulzní uzlový usměrňovač	40
2.2.1 Dvoupulzní uzlový usměrňovač zatížený odporem R	40
2.2.2 Dvoupulzní uzlový usměrňovač zatížený odporem R a indukčností L	42
2.2.3 Dvoupulzní uzlový usměrňovač zatížený odporem R , indukčností L a napětím $U_i > 0$	45
2.2.4 Dvoupulzní uzlový usměrňovač zatížený odporem R , indukčností L a napětím $U_i < 0$. Invertorový chod. 46	
2.2.5 Charakteristiky dvoupulzního uzlového usměrňovače	47
2.2.6 Příklady.....	49
2.3 Řídicí obvody usměrňovače	49
2.4 Třípulzní třífázový uzlový usměrňovač	50
2.4.1 Charakteristiky třípulzního uzlového usměrňovače.....	54
2.4.2 Vliv rozptylové reaktance napájecího transformátoru na komutační úbytky napětí usměrňovače 55	
2.5 Šestipulzní uzlový usměrňovač	59
2.6 Třífázový můstkový usměrňovač.	60
2.6.1 Třífázový můstek s pasivní zátěží	64
2.6.2 Třífázový můstek s aktivní zátěží	68
2.6.3 Vliv rozptylové reaktance napájecího transformátoru na komutační úbytky třífázového můstkového usměrňovače	72
2.6.4 Charakteristiky třífázového můstkového usměrňovače	73
2.6.5 Polořízený třífázový můstek.....	74
2.6.6 Návrh třífázového můstku.....	76
2.6.7 Příklady.....	78
2.7 Jednofázový můstkový usměrňovač.....	79
2.7.1 Jednofázový můstkový usměrňovač s nulovou diodou	81

2.7.2	Polořízený jednofázový můstkový usměrňovač.....	82
2.8	Zapojení více usměrňovačů	85
2.8.1	Dvanáctipulzní sériové zapojení třífázových můstkových usměrňovačů	85
2.9	Reversační usměrňovač.....	85
2.10	Přehled převodů usměrňovačů a jejich nároků na zdánlivý výkon transformátoru	87
2.10.1	Hledisko napětového namáhání součástek	88
2.10.2	Hledisko proudového namáhání součástek.....	88
2.10.3	Hledisko nároků usměrňovače na zdánlivý výkon transformátoru	88
3	Dimenzování polovodičových součástek	89
3.1	Napětové dimenzování	89
3.2	Proudové dimenzování	90
3.2.1	Trvalé zatížení	91
3.2.2	Opakované krátkodobé zatížení.....	92
3.2.3	Jednorázové krátkodobé zatížení.....	92
3.2.4	Impulzní zatížení.....	93
3.3	Paralelní řazení výkonových polovodičových součástek	93
3.3.1	Opatření pro zlepšení dělení proudu	94
3.3.2	Dimenzování při paralelním řazení	95
3.3.3	Dimenzování $n + 1$	95
3.4	Sériové řazení diod a tyristorů	95
3.4.1	Připojení paralelních odporů R_p	96
3.4.2	Připojení paralelních R-C obvodů.....	96
3.4.3	Použití BOD diod	97
4	Střídavé měniče napětí.....	98
4.1	Jednofázový střídavý měnič napětí	98
4.1.1	Odporová zátěž	98
4.1.2	Induktivní zátěž.....	99
4.1.3	Zátěž RL	100
4.2	Třífázový plně řízený střídavý měnič napětí	102
4.2.1	Odporová zátěž	102
4.2.2	Čistě induktní zatížení při spojení zátěže do hvězdy.....	105
4.2.3	Zatížení diodovým usměrňovačem.....	106
4.2.4	Časové průběhy napětí na zátěži a proudu zátěží třífázového měniče napětí	107
5	Stejnoseměrné měniče napětí	111
5.1	Základní princip činnosti stejnosměrného měniče napětí	111
5.1.1	Stejnoseměrný měnič s čistě odporovou zátěží	111
5.1.2	Stejnoseměrný měnič napětí s R-L zátěží.....	112
5.1.3	Stejnoseměrný měnič napětí s aktivní zátěží	114
5.1.4	Stejnoseměrný měnič napětí pro zvyšování napětí.....	117
5.1.5	Řízení odporu spínačem S	119
5.2	Způsoby řízení stejnosměrných měničů napětí	120
5.2.1	Řízení s konstantní spínací frekvencí.....	121
5.2.2	Řízení s konstantní dobou sepnutí	121
5.2.3	Řízení při konstantním zvlnění	121
5.3	Realizace spínače pomocí polovodičových součástek	121
5.3.1	Spínač S pomocí vypínatelné součástky	122
5.3.2	Vypínatelná součástka s odlehčovací sítí - snubberem	122
5.3.3	Vypínatelná součástka s rezonančním obvodem	122
5.3.4	Tyristor s komutačním obvodem.....	125
5.3.5	Vícefázové stejnosměrné měniče napětí.....	129
5.3.6	Vícekvadrantové stejnosměrné měniče napětí.....	130
6	Střídače a usměrňovače s šířkově pulzní modulací	131
6.1	Napětové střídače	132
6.1.1	Jednofázový napětový střídač.....	132
6.1.2	Třífázový napětový střídač	135
6.1.3	Komutační obvody napětových střídačů	140
6.2	Proudové střídače	142
6.2.1	Jednofázový proudový střídač se závislou komutací	142
6.2.2	Třífázový proudový střídač se závislou komutací.....	143
6.3	Střídače pro velké výkony	144

6.3.1	Víceúrovňové střídače.....	144
6.3.2	Napájení vícevinutových motorů ze sériově zapojených střídačů	146
6.4	Porovnání vlastností napěťového a proudového střídače	146
6.4.1	Napěťové střídače	147
6.4.2	Proudové střídače.....	147
6.5	Rezonanční střídače.....	147
6.5.1	Rezonanční jednofázový střídač se sériovým rezonančním obvodem	148
6.5.2	Rezonanční jednofázový střídač s paralelním rezonančním obvodem	150
6.6	Usměrňovače s šířkově pulzní modulací.....	150
6.6.1	Proudové usměrňovače s šířkově pulzní modulací.....	151
6.6.2	Napěťové usměrňovače s šířkově pulzní modulací.....	155
6.6.3	Dualita proudového a napěťového usměrňovače s šířkově pulzní modulací.....	158
6.7	Příklady.....	160
7	Měniče frekvence	162
7.1	Přímé měniče frekvence	162
7.1.1	Základní princip	162
7.1.2	Způsoby řízení přímých měničů frekvence.....	164
7.1.3	Třífázové přímé měniče frekvence	166
7.2	Nepřímé měniče kmitočtu.....	167
7.2.1	Měniče frekvence s napěťovým meziobvodem	168
7.2.2	Měniče frekvence se stejnosměrným proudovým meziobvodem.....	169
8	Maticové měniče	170
8.1	Základní princip	170
8.2	Metody šířkově pulsní modulace maticového měniče	172
8.2.1	Nepřímá modulace prostorového vektoru	173
8.2.2	Modulace prostorového vektoru na straně střídače	175
8.2.3	Modulace prostorového vektoru na straně usměrňovače	179
8.2.4	Nepřímá modulace pro celý maticový měnič.....	183
8.3	Komparační a kompenzační modulační strategie	187
8.3.1	Aktivní kombinace (A).....	187
8.3.2	Proporcionální komparace.....	188
8.3.3	Integrální kompenzace	188
8.3.4	Proporcionálně integrální kompenzace	189
8.3.5	Kompenzační algoritmus s negativní zpětnou vazbou řídicího systému	189
9	Elektromagnetická kompatibilita	190
9.1	Zpětné účinky polovodičových měničů na střídavou napájecí síť.....	190
9.1.1	Činná a jalová složka příkonu usměrňovače.....	191
9.1.2	Činná a jalová složka proudu střídavého měniče napětí.....	194
9.1.3	Kompenzace jalového výkonu měniče	194
9.1.4	Vyšší harmonické proudu a deformace křivky napětí.....	198
9.1.5	Filtrace vyšších harmonických.....	200
9.1.6	Filtračně - kompenzační zařízení.....	202
9.2	Aktivní filtry	202
9.2.1	Paralelní aktivní filtr	203
9.2.2	Sériový aktivní filtr.....	204
9.2.3	Hybridní aktivní filtry	205
9.2.4	Metody řízení aktivních filtrů.....	207
9.3	Zpětné účinky polovodičových měničů na stejnosměrnou napájecí síť.....	211
9.4	Účinky polovodičových měničů na napájené zařízení.....	212
9.4.1	Vliv napájení z řízeného usměrňovače na stejnosměrný motor.....	212
9.4.2	Vliv napájení z napěťového střídače na střídavý motor	213
9.4.3	Vliv napájení z proudového střídače na střídavý motor	213
9.5	Účinky polovodičových měničů na ostatní zařízení v blízkosti měničů.....	213
9.6	Některé další zpětné vlivy polovodičových měničů	215
9.6.1	Vliv impulzního odběru	215
9.6.2	Vliv subharmonických proudu.....	215
10	Poruchové stavy měničů, ochrany, jištění.....	217
10.1	Nadproudová ochrana	217
10.1.1	Typy nadproudových ochranných polovodičových součástek	217
10.1.2	Umístění nadproudové ochrany ve schématu	218

10.1.3	Nadproudové jištění vypínatelných součástí	220
10.1.4	Nadproudové jištění paralelně řazených součástí	221
10.1.5	Nadproudové jištění sériově řazených součástí	221
10.2	Přepětíová ochrana	221
10.2.1	Ochrana proti přepětí ze střídavé strany	221
10.2.2	Ochrana proti přepětí ve vlastním usměřovači	223
10.2.3	Ochrana proti přepětí ze stejnosměrné strany	224
Literatura		225