

## OBSAH

ÚVOD	7
1. VÝKONOVÉ POLOVODIČOVÉ SOUČÁSTKY	9
1.1. Vlastnosti jednoduchých polovodičových struktur	9
1.1.1. Základní vlastnosti přechodu PN	9
1.1.1.1. V-A charakteristika přechodu PN	9
1.1.1.2. Závěrné vlastnosti přechodu PN	14
1.1.1.3. Průraz přechodu PN	17
1.1.1.4. Tepelný průraz přechodu PN	22
1.1.1.5. Vliv záření na vlastnosti přechodu PN	24
1.1.1.6. Dynamické vlastnosti přechodu PN	24
1.1.2. Povrchové vlastnosti polovodičů	25
1.1.3. Kontakt polovodič – kov	27
1.1.3.1. Usměrnující kontakt polovodič – kov	27
1.1.3.2. Ohmický kontakt polovodič – kov	28
1.2. Výkonové diody	29
1.2.1. Propustný stav výkonové diody	30
1.2.2. Závěrné vlastnosti diody	34
1.2.3. Dynamické procesy ve výkonových diodách	36
1.2.3.1. Přejít do propustného stavu	36
1.2.3.2. Proces závěrného zotavení	37
1.2.4. Výkonové Schotkyho diody	42
1.3. Výkonové bipolární tranzistory	44
1.3.1. Základní vlastnosti tranzistorové struktury	44
1.3.2. Základní charakteristiky výkonových tranzistorů	48
1.3.3. Dynamické chování výkonových tranzistorů	54
1.3.4. Bezpečná pracovní oblast	58
1.4. Tyristory	62
1.4.1. Závěrný a blokovací stav tyristoru	63
1.4.2. Spínání tyristoru	65
1.4.3. Propustný stav tyristoru	69
1.4.4. Dynamické procesy při zapínání tyristoru	70
1.4.4.1. Zapínání tyristoru řídicím signálem	70
1.4.4.2. Kritická strmota nárůstu propustného proudu	73
1.4.4.3. Kritická strmota nárůstu blokovacího napětí	74
1.4.5. Dynamické procesy při vypínání tyristoru	76
1.4.5.1. Vypínání tyristoru pomocí komutace obvodu	76
1.4.5.2. Vypínání poklesem hlavního proudu	81
1.4.5.3. Vypínání tyristoru řídicím signálem - tyristory GTO, GCT, IGCT	
1.4.6. Triak	87
1.4.7. Fototyristory	89
1.5. Výkonové tranzistory MOS	90
1.5.1. Princip funkce tranzistoru MOS	91

1.5.2.	Výkonové tranzistory D-MOS	93
1.5.2.1	Statické Parametry výkonových tranzistorů D-MOS	94
1.5.2.2.	Frekvenční závislost parametrů tranzistorů D-MOS	98
1.5.2.3.	Výkonový tranzistor D MOS ve spínacím režimu	99
1.5.2.4.	Frekvenční závislost parametrů výkonových tranzistorů MOS ve spínacím režimu	103
1.5.3.	Struktury TrenchFET (T-MOS)	104
1.5.4.	Tranzistory Cool-MOS	105
1.5.5.	Bezpečná pracovní oblast výkonových MOSFET	106
1.6.	Tranzistory IGBT	108
1.6.1.	Statické parametry tranzistoru IGBT	110
1.6.2.	Spínací vlastnosti tranzistoru IGBT	114
1.6.3.	Bezpečná pracovní oblast a frekvenční závislost parametrů IGBT	117
1.7.	Výkonové moduly a integrované součástky	118
1.7.1.	Výkonové moduly	119
1.7.2.	Výkonové integrované obvody	121
1.7.3.	SMART POWER – inteligentní výkonové součástky a integrované obvody	123
2.	PODMÍNKY SPOLEHLIVÉHO PROVOZU VÝKONOVÝCH POLOVODIČOVÝCH SOUČÁSTEK	126
2.1	Chlazení výkonových polovodičových součástek	126
2.1.1	Tepelný odpor a přechodná tepelná impedance	127
2.1.2	Pouzdra výkonových polovodičových součástek	130
2.1.2.1	Diskrétní součástky	130
2.1.2.2	Moduly	135
2.1.3	Chladiče výkonových polovodičových součástek	136
2.1.4	Tepelný odpor styku $R_{thcs}$	142
2.2	Zásady paralelního a sériového řazení součástek ve výkonových obvodech	143
2.2.1	Paralelní řazení výkonových polovodičových součástek	144
2.2.2	Sériové řazení výkonových polovodičových součástek	145
2.3	Přepětové a nadproudové ochrany výkonových polovodičových součástek	148
2.3.1	Jištění proti přepětí	148
2.3.2	Jištění proti proudovému přetížení	152
3.	PASIVNÍ SOUČÁSTKY ELEKTRONICKÝCH OBVODŮ	153
3.1.	Rezistory	153
3.1.1.	Běžné druhy rezistorů, jejich technologie a vlastnosti	160
3.1.2.	Proměnné a nelineární rezistory	163
3.2.	Kondenzátory	167
3.2.1	Běžné druhy kondenzátorů, jejich technologie a vlastnosti	176

3.3.	Cívky, tlumivky, transformátory	180
3.3.1.	Běžné druhy cívek, tlumivek a transformátorů	192
3.4.	Vodiče a vedení v elektronických obvodech	201
3.4.1.	Vysokofrekvenční vedení s rozloženými parametry	205
4.	KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE VÝKONOVÝCH ELEKTRO-NICKÝCH ZAŘÍZENÍ	212
4.1	Nosné a ochranné díly zařízení	212
4.2.	Konstrukce elektronických a elektrických dílů zařízení	215
4.3.	Deska s plošnými spoji	218
4.4.	Technologie výroby desek s plošnými spoji a montáže	220
5.	PROVOZNÍ SPOLEHLIVOST VÝKONOVÝCH ELEKTRONICKÝCH ZAŘÍZENÍ	226
	DODATEK – základní vztahy fyziky polovodičů	231
	Literatura	235