

OBSAH

ÚVOD	7
1. VÝKONOVÉ POLOVODIČOVÉ SOUČÁSTKY	9
1.1. Základní vlastnosti polovodičových struktur	9
1.1.1. Vlastnosti přechodu PN	9
1.1.1.1. V-A charakteristika přechodu PN	9
1.1.1.2. Závěrné vlastnosti přechodu PN	13
1.1.1.3. Průraz přechodu PN	15
1.1.1.4. Tepelný průraz přechodu PN	19
1.1.1.5. Dynamické vlastnosti přechodu PN	20
1.1.2. Povrchové vlastnosti polovodičů	21
1.1.3. Kontakt polovodič - kov	22
1.1.3.1. Usměrnující kontakt polovodič - kov	22
1.1.3.2. Ohmický kontakt polovodič - kov	24
1.2. Výkonové diody	25
1.2.1. Propustný stav výkonové diody	25
1.2.2. Závěrné vlastnosti diody	28
1.2.3. Dynamické procesy ve výkonových diodách	30
1.2.3.1. Přechod ze závěrného do propustného stavu	31
1.2.3.2. Přechod z propustného do závěrného stavu	32
1.2.4. Výkonové Schotkyho diody	35
1.3. Výkonové bipolární tranzistory	37
1.3.1. Základní vlastnosti tranzistorové struktury	37
1.3.2. Základní charakteristiky výkonových tranzistorů	40
1.3.3. Dynamické chování výkonových tranzistorů	45
1.3.4. Bezpečná pracovní oblast	48
1.4. Tyristory	50
1.4.1. Závěrný a blokovací stav tyristoru	50
1.4.2. Spínání tyristoru	52
1.4.3. Propustný stav tyristoru	56
1.4.4. Dynamické procesy při zapínání tyristorů	57
1.4.4.1. Zapínání tyristoru řídicím signálem	57
1.4.4.2. Kritická strmota nárůstu propustného proudu	59
1.4.4.3. Kritická strmota nárůstu blokovacího napětí	61
1.4.5. Dynamické procesy při vypínání tyristoru	62
1.4.5.1. Vypínání tyristoru pomocí komutace obvodu	62
1.4.5.2. Vypínání poklesem hlavního proudu	65
1.4.5.3. Vypínání tyristoru řídicím signálem - tyristory GTO, GCT a IGCT	65
1.4.6. Triak	70
1.4.7. Fototyristory	71
1.5. Výkonové tranzistory MOS	73
1.5.1. Princip funkce tranzistoru MOS	73
1.5.2. Výkonové tranzistory D-MOS	75
1.5.2.1. Statické Parametry výkonových tranzistorů D-MOS	76
1.5.2.2. Dynamické parametry tranzistorů D-MOS	79
1.5.2.3. Výkonový tranzistor D MOS ve spínacím režimu	80
1.5.3. Struktury Trench-FET (TMOS)	83
1.5.4. Tranzistory SJ MOS	84
1.5.5. Bezpečná pracovní oblast výkonových MOSFET	85

1.6. Tranzistory IGBT	87
1.6.1. Statické parametry tranzistoru IGBT	88
1.6.2. Spínací vlastnosti tranzistoru IGBT	92
1.6.3. Bezpečná pracovní oblast a frekvenční závislost parametrů IGBT	95
1.7. Výkonové integrované struktury	96
1.7.1. Výkonové moduly	97
1.7.2. Výkonové integrované obvody	98
1.7.3. SMART POWER - inteligentní výkonové součástky	100
2. PODMÍNKY SPOLEHLIVÉHO PROVOZU VÝKONOVÝCH POLOVODIČOVÝCH SOUČÁSTEK	102
2.1 Chlazení výkonových polovodičových součástek	102
2.1.1. Tepelný odpor a přechodná tepelná impedance	103
2.1.2. Pouzdra výkonových polovodičových součástek	105
2.1.2.1. Diskrétní součástky	105
2.1.2.2. Moduly	109
2.1.3. Chladiče výkonových polovodičových součástek	111
2.1.3.1. Vzduchové chlazení	112
2.1.3.2. Kapalinové chlazení	114
2.1.4. Tepelný odpor styku R_{thcs}	116
2.1.5. Proudová zatížitelnost výkonových polovodičových součástek	117
2.2. Zásady paralelního a sériového řazení součástek ve výkonových obvodech	119
2.2.1. Paralelní řazení výkonových polovodičových součástek	119
2.2.2. Sériové řazení výkonových polovodičových součástek	120
2.3 Přepěťové a nadproudové ochrany výkonových polovodičových součástek	123
2.3.1. Jištění proti přepětí	123
2.3.1.1. Použití členu RC	123
2.3.1.2. Polovodičové jistící prvky	125
2.3.2. Jištění proti proudovému přetížení	126
3. PASIVNÍ SOUČÁSTKY ELEKTRONICKÝCH OBVODŮ	128
3.1. Rezistory	128
3.1.1. Běžné druhy rezistorů a technologie jejich výroby	129
3.1.2. Vlastnosti rezistorů	131
3.1.3. Proměnné a nelineární rezistory	136
3.2. Kondenzátory	139
3.2.1. Běžné druhy kondenzátorů, jejich technologie	139
3.2.2. Vlastnosti kondenzátorů	143
3.3. Cívky, tlumivky a transformátory	148
3.3.1. Běžné druhy cívek a transformátorů	149
3.3.2. Vlastnosti cívek a transformátorů	152
3.3.3. Výroba cívek a transformátorů	161

3.4. Vodiče a vedení v elektronických obvodech	163
3.4.1. Vysokofrekvenční vedení s rozloženými parametry	167
4. KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE VÝKONOVÝCH ELEKTRONICKÝCH ZAŘÍZENÍ	172
4.1. Nosné a ochranné díly zařízení	172
4.2. Konstrukce elektronických a elektrických dílů zařízení	174
4.3. Deska s plošnými spoji	177
4.4. Technologie výroby desek s plošnými spoji a montáže	179
5. PROVOZNÍ SPOLEHLIVOST VÝKONOVÝCH ELEKTRONICKÝCH ZAŘÍZENÍ	185
DODATEK - základní vztahy fyziky polovodičů	189
Literatura	193