# OBSAH


Seznam použitých značek . . . . . 8

*I. Úvod* . . . . . 13

1. Základní fyzikální pojmy . . . . . 13
2. Přechod PN . . . . . 16
3. Plošný tranzistor . . . . . 20

*II. Tyristory* . . . . . 22

4. Základní způsoby zapínání čtyřvrstvové struktury . . . . . 22
5. Součástky se čtyřvrstvovou strukturou . . . . . 31
   a) Druhy tyristorů . . . . . 32
   b) Souměrné tyristory — triaky . . . . . 38

*III. Charakteristiky tyristorů a triaků* . . . . . 43

6. Statické anodové charakteristiky . . . . . 43
   a) Blokovací charakteristiky . . . . . 45
   b) Závěrná charakteristika tyristoru . . . . . 47
   c) Propustná charakteristika . . . . . 48
7. Dynamické charakteristiky tyristorů a triaků . . . . . 50
   a) Dynamické vlastnosti tyristorů . . . . . 50
   b) Dynamické vlastnosti triaků . . . . . 61
8. Teplotní charakteristiky . . . . . 65
   a) Ztrátový výkon na tyristorech a triacích . . . . . 66
   b) Tepelný odpor a tranzientní tepelná impedance . . . . . 75
   c) Výpočet teploty křemíkové destičky . . . . . 77
9. Zapínací vlastnosti tyristorů a triaků . . . . . 82
   a) Vstupní charakteristiky . . . . . 84
   b) Výkonová zatížitelnost řídicí elektrody . . . . . 86
   c) Závěrné vlastnosti řídicí elektrody tyristorů . . . . . 87

*IV. Konstrukce tyristorů a triaků* . . . . . 88

10. Vliv vlastností křemíku na parametry anodové charakteristiky . . 88
11. Úprava geometrie čtyřvrstvové struktury ke zlepšení dynamických parametrů . . . . . 95
12. Technologie tyristorů . . . . . 97
    a) Celodifúzní technologie . . . . . 98
    b) Difúzně slitinová technologie . . . . . 99
13. Pouzdření tyristorů . . . . . 100
14. Konstrukce triaků . . . . . 106

*V. Měření tyristorů a triaků* . . . . . 107

15. Měření voltampérových charakteristik . . . . . 107
16. Měření vratného a přídržného proudu . . . . . 113

17. Měření zapínacího proudu a napětí . . . . . 114
18. Měření tepelného odporu . . . . . 114
19. Měření tranzientní tepelné impedance . . . . . 117
20. Měření kritické strmosti $(dU_D/dt)_{crit}$ tyristorů a triaků . . . . . 119
21. Měření zapínací doby tyristorů a triaků . . . . . 120
22. Měření vypínací doby tyristorů . . . . . 121
23. Měření komutačních vlastností tyristorů . . . . . 124
24. Měření strmosti nárůstu propustného proudu $dI_F/dt$ . . . . . 125
25. Měření komutační strmosti $(dU_q/dt)_{kom}$ triaků . . . . . 126
26. Životnostní zkouška při plném zatížení . . . . . 127
27. Měření odolnosti proti teplotním cyklům . . . . . 129

*VI. Chlazení* . . . . . 130

28. Cesta přenosu tepla . . . . . 130
29. Návrh chladiče . . . . . 132
a) Výpočet deskového chladiče . . . . . 134
b) Profilové chladiče . . . . . 137
c) Kapalinové chlazení . . . . . 139

*VII. Požadavky na řídicí obvody* . . . . . 141

30. Volba parametrů řídicího signálu . . . . . 142
31. Záporné napětí na řídicí elektrodě . . . . . 145
32. Strmost řídicího signálu . . . . . 145
33. Šířka řídicího signálu . . . . . 147
34. Impedanční vlastnosti řídicího obvodu . . . . . 148
35. Požadavky na řídicí obvody triaků . . . . . 149
36. Další požadavky na řídicí obvody tyristorů a triaků . . . . . 150

*VIII. Obvody pro zapínání tyristorů a triaků* . . . . . 151

37. Zapínací obvody tyristorů a triaků . . . . . 151
a) Stejnosměrné zapínání . . . . . 151
b) Impulsní zapínání . . . . . 153
38. Řídicí obvody . . . . . 155
a) Obvody se členy *RC* . . . . . 155
b) Řídicí obvody s magnetickými zesilovači . . . . . 159
c) Řídicí obvody s polovodičovými součástkami . . . . . 160

*IX. Paralelní a sériové řazení tyristorů a triaků* . . . . . 175

39. Paralelní řazení tyristorů . . . . . 175
40. Sériové řazení tyristorů a triaků . . . . . 187

*X. Jištění proti napěťovým přetížením* . . . . . 200

41. Přepětí při atmosférickém výboji . . . . . 200
42. Přepětí při spínacích pochodech na střídavé straně . . . . . 202
43. Komutační přepětí . . . . . 205
44. Přepětí při spínacích pochodech na stejnosměrné straně . . . 206
45. Navrhování tlumicích členů *RC* . . . . . 209
46. Nelineární odpory . . . . . 218

*XI. Nadproudové jištění* . . . . . 221

47. Rychlé pojistky . . . . . 222
48. Typické poruchy při nadproudu . . . . . 227

*XII. Teorie řízených tyristorých obvodů napájených střídavým napětím* . . . 232

49. Zapojení tyristorů s činnou zátěží . . . . . 233
a) Jednofázové jednopulsní zapojení . . . . . 233

b) Jednofázové zapojení střídavé . . . . . 237
c) Dvoufázové dvoupulsní zapojení . . . . . 239
d) Dvoufázové dvoupulsní zapojení uzlové s jedním tyristorem . . 241
e) Jednofázové dvoupulsní zapojení se dvěma tyristory . . . . . 243
f) Jednofázové dvoupulsní můstkové zapojení s jedním tyristorem 248
g) Trojfázové trojpulsní zapojení uzlové . . . . . 250
h) Trojfázové zapojení střídavé s vyvedeným uzlem . . . . . 255
j) Trojfázové zapojení střídavé bez vyvedeného uzlu . . . . . 256
k) Trojfázové zapojení střídavé s třemi tyristory a třemi diodami . 260
l) Trojfázový šestipulsní můstkový usměrňovač se šesti tyristory . 265
m) Trojfázový trojpulsní můstkový usměrňovač s třemi tyristory . 270
50. Zapojení s činnou a indukční zátěží a protinapětím . . . . . 273
a) Jednofázový jednopulsní usměrňovač . . . . . 273
b) Dvoufázové dvoupulsní zapojení s dvěma tyristory . . . . . 283
c) Jednofázové dvoupulsní můstkové zapojení . . . . . 290
d) Trojfázové trojpulsní uzlové zapojení s třemi tyristory. . . . . 299
e) Trojfázové můstkové šestipulsní zapojení se šesti tyristory . . 305
f) Trojfázový můstkový usměrňovač s třemi tyristory . . . . . 311
g) Složená zapojení . . . . . 314

*XIII. Bezkontaktní spínače* . . . . . 316

51. Stejnosměrné spínače . . . . . 320
a) Vypínání paralelním kondenzátorem . . . . . 320
b) Stejnosměrný spínač s rezonančním obvodem. . . . . 324
c) Stejnosměrný spínač s rezonančním obvodem upravený pro jištění tyristorů proti $dU_D/dt$ a $dI_F/dt$ . . . . . 327
52. Střídavé spínače . . . . . 329
a) Zapojení výkonových částí jednofázových spínačů . . . . . 330
b) Zapojení výkonových částí trojfázových spínačů . . . . . 332
53. Ovládací obvody bezkontaktních spínačů . . . . . 336
a) Ovládací obvody stejnosměrných spínačů . . . . . 337
b) Ovládací obvody střídavých spínačů . . . . . 339

*XIV. Tyristorové pulsní měniče stejnosměrného napětí* . . . . . 346

54. Základní zapojení pulsních měničů stejnosměrného napětí . . . . 349
a) Zapojení měničů s nepřímou komutací . . . . . 349
b) Měniče s přímou komutací pomocí členů *LC* . . . . . 354
c) Zapojení měničů s autotransformátorem . . . . . 358
d) Zapojení měničů s přesytkou . . . . . 363
55. Možnosti použití pulsních měničů v praxi . . . . . 365

*XV. Střídače* . . . . . 369

56. Střídače s vlastní komutací . . . . . 369
a) Komutační obvody . . . . . 370
b) Jednofázové střídače . . . . . 377
c) Několikafázová zapojení . . . . . 393
57. Střídače komutované zátěží . . . . . 397
58. Střídače komutované primární sítí. . . . . 401
59. Střídače komutované sekundární sítí. . . . . 404

*XVI. Přehled typických použití tyristorových měničů.* . . . . . 407

*Literatura* . . . . . 412

*Rejstřík* . . . . . 416