Alexandr Krejčiřík

Napájecí zdroje III.

Pasivní součástky v napájecích zdrojích a preregulátory - aktivní harmonické filtry

Praha 1999

TECHNICKÁ LITERATURA BEN

Alexandr Krejčiřík

NAPÁJECÍ ZDROJE III. -

- Pasivní součástky v napájecích zdrojích a preregulátory - aktivní harmonické filtry

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autor a nakladatelství nepřejímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace a zapojení jsou zveřejněna bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena
© Ing. Alexandr Krejčiřík, Praha 1999
Nakladatelství BEN - technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Alexandr Krejčiřík: NAPÁJECÍ ZDROJE III.
BEN - technická literatura, Praha 1999
1. vydání
ISBN 80-86056-56-2

PŘEDMLUVA

Třetí díl této publikace chce doplnit dva předcházející v těch partiích, kterým se předcházející dva díly věnovaly z hlediska konstrukce spínaných zdrojů pouze okrajově a to jsou zejména pasivní součástky. Připomínky k předcházejícím dvěma dílům byly právě toho rázu, že obsahovaly poměrně detailní popis vlastností a způsobu aplikace integrovaných obvodů spínaných zdrojů, ale tyto zdroje se stejně nedaly konstruovat podle uvedeného návodu pro chybějící popis pasivních součástek.

Vzhledem k tomu, že v současné době na českém trhu převládají pasivní součástky z dovozu, je tato publikace orientována zejména na součástky těch výrobců, jejichž součástky jsou ke koupi v České republice.

Vychází se zde tedy z materiálů firem **Siemens, Philips a Rifa**. Součástky firmy **Siemens-Matsushita** dováží do ČR firma **Doe s. r. o.**, U družstva Ideál 7, 140 00 Praha 4, telefon (02) 643 0187, (02) 643 3901, jejíž laskavostí byla zapůjčena i řada materiálů, použitých do této knihy. Součástky švédské firmy **Rifa** (kondenzátory) je možno si objednat u zásilkové služby **firmy GES-ELECTRONICS**, sady 5. května 28, 301 12 Plzeň, telefon (019) 7373111, fax (019) 7373199, e-mail:ges@ges.cz a na jejich prodejnách v Praze, Plzni a Hradci Králové. Součástky všech výrobců dodává i na dobírku **firma Dieterich Schuricht GmbH & Co. KG**, Bremen s certifikátem Lloyd's Register Quality - DIN EN ISO 9002 s internetovou adresou http://www.schuricht.de, resp. její česká pobočka **SCHURICHT Elektronik CZ s. r. o.**,Vranovská 19, 614 00 BRNO, mající tel./fax: (05) 4524 3218 (léto 1998). Firmu mohu doporučit na základě osobní zkušenosti, kdy specielní integrované obvody byla schopna dodat do jednoho týdne od internetové objednávky se zaplacením dodatečně!

Kromě popisu pasivních součástek, jejich parametrů a aplikací je popsán i návrhový program pro magnetické materiály, detailní výrobní program feritových magneticky měkkých materiálů firmy Pramet a kniha je doplněna i obvody pro spínané zdroje, jejichž popis v předcházejících dvou dílech byl jen okrajový - jedná se o obvody pro tzv. preregulátory, nazývané také někdy také obvody impulzní regulace na primární straně nebo aktivní harmonické filtry.

Vzhledem k tomu, že pro tuto publikaci bylo nutno prostudovat velké množství literatury, chtěl bych poděkovat studentovi FEL ČVUT **p. Šedovi** (seda@dlt.cz) za kvalitní, rychlý a levný počítačový překlad obrovského množství technických podkladů z angličtiny.

Autor si je vědom, že publikace i přes svůj velký rozsah opět není vyčerpávající a také není bez chyb a nepřesností. Pokud laskavý čtenář bude mít k publikaci připomínky, budou vítány a prosím o jejich zaslání Internetem na adresu:

krejciri@feld.cvut.cz

autor

OBSAH

Předmluva 5

Seznam užitých zkratek 14

16. Kondenzátory 21
16.1 Kondenzátory MP 22
16.1.1 MP kondenzátory pro stejnosměrné aplikace 22
16.1.2 MP kondenzátory pro střídavé aplikace 23
16.2 Kondenzátory s pokoveným plastickým povlakem 24
16.2.1 Kondenzátory s dielektrikem s pokoveným plastickým povlakem - MK 25
16.2.2 MK kondenzátory se svazkovým povlakem 25
16.2.3 Výroba MK kondenzátorů se svazkovým povlakem 25
16.2.4 Teplotní závislost kapacity 26
16.2.5 Frekvenční závislost kapacity 26
16.2.6 Jmenovité napětí U_R 26
16.2.7 Napětí U_S (při stejnosměrném provozu) 27
16.2.8 Napětí U_C (při střídavém provozu) 27
16.2.9 Špičkové napětí 27
16.2.10 Vnitřní nárůst teploty 27
16.2.11 Schopnost práce s pulzy (schopnost přenosu proudu) 28
16.2.12 Ztrátový činitel 29
16.2.13 Izolační odpor 29
16.2.14 Vlastní indukčnost a impedance 29
16.3 Styroflexové a polypropylenové kondenzátory 30
16.3.1 Jmenovitá kapacita C_R a její měření 31
16.3.2 Teplotní závislost kapacity, teplotní koeficient kapacity α_c 32
16.3.3 Závislost kapacity na vlhkosti, vlhkostní koeficient kapacity βc 32
16.3.4 Závislost kapacity na frekvenci 32
16.3.5 Náhradní obvodové zapojení a ztrátový činitel tan δ 32

16.3.6 Jmenovité napětí U_R a jmenovitá teplota T_R 33
16.4 Hliníkové elektrolytické kondenzátory 33
16.4.1 Konstrukce hliníkových elektrolytických kondenzátorů 33
16.4.2 Standardy a specifikace 38
16.4.3 Parametry kondenzátorů 39
16.4.4 Teplotní výpočty 59
16.5 Tantalové elektrolytické kondenzátory 72
16.5.1 Špičkové napětí U_p 72
16.5.2 Superponované střídavé napětí 72
16.5.3 Reverzní napětí (opačná = nesprávná polarizace) 73
16.5.4 Antisériové zapojení (back to back) 73
16.5.5 Skladování ve stavu bez napětí 73
16.5.6 Závislost kapacity na teplotě 74
16.5.7 Kapacitní závislost na frekvenci 74
16.5.8 Dielektrická odolnost (pokles kapacity po 10^8 cyklech) 74
16.5.9 Impedance (absolutní hodnota střídavého odporu) 74
16.5.10 Svodový proud 75
16.6 Rozdělení kondenzátorů podle funkce 76
16.6.1 Aplikace a použití elektrolytických kondenzátorů 76
16.6.2 Filtrovací (akumulační) kondenzátory 76
16.6.3 Impulzní kondenzátory 78
16.6.4 Útlumové kondenzátory 79
16.6.5 Komutační kondenzátory 80
16.6.6 Výkonové kondenzátory 81
16.7 Spojování kondenzátorů 82
16.7.1 Paralelní spojení Al elektrolytických kondenzátorů 82
16.7.2 Sériové spojení Al elektrolytických kondenzátorů 84
16.7.3 Kombinované sérioparalelní zapojení 86
16.8 Příklady výpočtů 90
16.8.1 Zjednodušený výpočet efektivní hodnoty nesinusového průběhu 90
16.8.2 Výběr nabíjecího kondenzátoru 92
16.8.3 Příklad výpočtu nabíjecího kondenzátoru 94
16.8.4 Příklad výpočtu filtračního kondenzátoru síťového zdroje 102

16.8.5 Příklad výpočtu filtračního kondenzátoru spínaného zdroje ... 110
16.8.6 Příklad výpočtu třífázového zdroje ... 115
16.8.7 Návrh LC filtrů spínaných zdrojů ... 119

17. Rezistory ... 124
17.1 Úvod do lineárních a nelineárních rezistorů ... 124
17.2 Lineární rezistory ... 124
17.3 Vrstvové rezistory ... 125
17.3.1 Vlastnosti vrstvových rezistorů ... 125
17.3.2 Rezistory s uhlíkovou vrstvou ... 129
17.3.3 Přesné rezistory s kovovou vrstvou ... 131
17.3.4 Drátem vinuté rezistory ... 132
17.4 Nelineární rezistory ... 134
17.4.1 NTC termistory ... 134
17.4.2 PTC termistory ... 140
17.4.3 Varistory ... 141

18. Cívky ... 142
18.1 Magnetické feritové materiály ... 142
18.1.1 Výroba feritů ... 142
18.1.2 Charakteristiky materiálů ... 142
18.1.3 Všeobecná technická data ... 143
18.1.4 Odolnost proti vlhkosti ... 143
18.1.5 Odolnost proti záření ... 143
18.1.6 Smrštění rozměrů vlivem sintrovacího procesu ... 143
18.2 Definice veličin ... 144
18.2.1 Hystereze ... 144
18.2.2 Hysterezní smyčka ... 144
18.2.3 Základní parametry hysterezní křivky ... 147
18.2.4 Permeabilita ... 148
18.2.5 Charakteristiky tvaru magnetických jader ... 152
18.2.6 Definiční veličiny ztrát v oblastech s malým signálem ... 154
18.2.7 Definice ztrátových veličin ve výkonové oblasti ... 156
18.2.8 Vliv teploty ... 158

18.3 Vlastnosti feritů ... 160
18.3.1 Mechanická stabilita ... 160
18.3.2 Rezistivita (měrný elektrický odpor) ... 161
18.3.3 Relativní permitivita ... 162
18.3.4 Magnetostrikce ... 162
18.4 Návrh cívky podle firmy Siemens ... 162
18.4.1 Využití grafů při návrhu cívky ... 163
18.4.2 Příklad ... 164
18.4.3 Typický výpočet cívky ... 165
18.5 Návrh výkonových transformátorů podle firmy Siemens ... 167
18.5.1 Typické hodnoty přenosového výkonu ... 167
18.5.2 Poznámka k A_{min} ... 168
18.6 Návrh jádra podle firmy Philips ... 168
18.6.1 Průvodce výběrem typu jádra a kvality materiálu ... 168
18.6.2 Kategorie aplikací ... 168
18.7 Jádra cívek pro spínané zdroje ... 170
18.7.1 Obvody spínaných zdrojů ... 170
18.7.2 Výběr jádra ... 171
18.7.3 Uspořádání vinutí ... 172
18.7.4 Pracovní frekvence ... 172
18.7.5 Okolní teplota ... 172
18.7.6 Teplota jádra ... 172
18.7.7 Magnetická indukce B ... 172
18.7.8 Využití okna cívky pro vinutí ... 173
18.7.9 Poměr F_W/F_R ... 174
18.7.10 Poměr γ (zpětnovazební měniče) ... 174
18.7.11 Vyvažování dvojčinných měničů ... 174
18.7.12 Postup výběru jádra ... 175
18.7.13 Návrh výkonové tlumivky ... 176
18.7.14 Návrh vinutí ... 180
18.7.15 Sestavy transformátorů ... 183
18.8 Příklady aplikací ... 185
18.8.1 Jádra pro použití ve filtrech ... 185
18.8.2 Typický výpočet rezonančního obvodu s cívkou ... 186
18.8.3 Jádra pro širokopásmové transformátory ... 188

18.8.4 Jádra pro induktivní čidla 189
18.8.5 Jádra pro výkonová použití 190
18.8.6 Postup výběru jader pro transformátory do spínaných zdrojů 194

19. Program Magnetic Design Tool firmy Siemens 204
19.1 Editor 205
19.1.1 Nástrojová lišta 206
19.2 Základy obsluhy programu 207
19.3 Hysterezní smyčka (Hysteresis Loop) 208
19.3.1 Základní parametry hysterezní křivky 209
19.4 Počáteční permeabilita 210
19.4.1 Postup 210
19.4.2 Střední hodnoty μ_i 210
19.5 Výkonové ztráty 211
19.5.1 Postup 213
19.5.2 Měření hodnot P 214
19.6 Amplitudová permeabilita 214
19.6.1 Postup 215
19.6.2 Střední hodnota μ_a 215
19.7 Komplexní permeabilita 215
19.7.1 Postup 215
19.7.2 Střední hodnoty $\mu'(f)$, $\mu''(f)$, nebo tan δ/μ_i 216
19.8 Core Form (vlastnosti magnetických jader) 216
19.8.1 Efektivní permeabilita 216
19.8.2 Postup 218
19.9 Přenosový výkon P_{trans} 218
19.9.1 Postup 218
19.10 Data Overview (přehled parametrů) 219
19.10.1 Postup 219
19.11 Data File (soubory dat) 220
19.11.1 Postup 220
19.12 Calculator (kalkulačka) 220
19.13 Core Advanced (další parametry jader) 221
19.13.1 Reverzní permeabilita 221
19.13.2 Postup 221

19.14 Inductor Design (návrh cívky) ... 223
19.14.1 Postup ... 223
19.15 Wire Design (návrh vinutí) ... 224
19.15.1 Postup ... 224
19.15.2 Vztahy ... 225
19.16 Graph Control (okno tvorba grafů) ... 225
19.16.1 Layout grafů ... 225
19.16.2 Tisk grafu ... 225
19.16.3 Export grafu ... 225
19.16.4 Export jako grafický soubor ... 225

20. Magneticky měkké materiály FONOX firmy PRAMET ... 227
20.1 Všeobecné údaje materiálů firmy Pramet ... 227
20.2 Podmínky měření ... 229
20.3 Použití feritových materiálů FONOX ... 230
20.4 Grafické závislosti parametrů materiálů FONOX ... 230
20.5 Číselné parametry materiálů FONOX ... 236
20.6 Tvary feritových jader FONOX ... 238
20.7 Feritová jádra pro výkonové použití ... 244
20.7.1 Materiálové vlastností E jader (pouze vybraná jádra) ... 244
20.7.2 Materiálové vlastností ETD jader (pouze vybraná) ... 247
20.7.3 Materiálové vlastností EF jader (pouze vybraná) ... 249
20.7.4 Materiálové vlastností U jader (pouze vybraná jádra) ... 251
20.7.5 Materiálové vlastností EC jader (pouze vybraná) ... 253
20.7.6 Materiálové vlastností hrníčkových jader (vybraná) ... 255
20.7.7 Materiálové vlastností RM jader (pouze vybraná) ... 257
20.7.8 Materiálové vlastností toroidních jader (vybraná) ... 259
20.8 Maximální proud a počet závitů ... 260
20.9 Akumulovaná energie ... 263
20.10 Změna A_L „konstanty“ ... 264

21. Feritová jádra firmy Philips ... 266

22. Feritová jádra firmy Siemens ... 270

23. Preregulátory 272
23.1 Aktivní harmonické filtrování pro síťové usměrňovače vyšších výstupních výkonů 273
23.1.1 Popis funkce aktivního harmonického filtru se zdrojem sinusového proudu a stabilizovaným stejnosměrným napětím na výstupu 276
23.2 Preregulátory firmy Siemens 281
23.2.1 TDA 4814A - aktivní harmonický filtr pro 250 W 281
23.2.2 Obvod TDA4816G 294
23.2.3 Obvod TDA4817 304
23.2.4 Obvody TDA4815/19 305
23.2.5 Obvody TDA4918/19 305
23.2.6 Obvody TDA4916/19 327

Literatura 333

Závěr 334

Příloha I až IV 335

PREZENTACE FIREM

GES-ELECTRONICS spol. s r. o. 339
DOE spol. s r. o. (součástky SIEMENS + MATSUSHITA) 340
časopis RADIO (FCC Public) 342
časopis KTE – Rádio plus 343
Knihy nakladatelství BEN – technická literatura:
elektronika a elektrotechnika 344–346
edice Napájecí zdroje 347
edice Postavte si PC 348
Program pro návrh magnetických obvodů 349
Kreslicí program VISIO 5.0 (pro tvorbu technické dokumentace) 350
Adresy a spojení na firmu BEN – technická literatura 351
A na závěr pár slov o nás 352