

Libor Gajdošík

Metody analýzy lineárních obvodů

2. díl

Praha 2011



Libor Gajdošík

Metody analýzy lineárních obvodů – 2. díl

Neprošlo jazykovou, typografickou ani odbornou korekturou.

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 nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace jsou zveřejněny 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

© Libor Gajdošík 2011

© Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Gajdošík Libor: Metody analýzy lineárních obvodů – 2. díl

BEN – technická literatura, Praha 2011

1. vydání

ISBN 978-80-7300-429-3 (tištěná kniha)

ISBN 978-80-7300-431-6 (elektronická kniha v PDF)

Obsah

Předmluva	7
Seznam použitých symbolů	8
1 Kmitočtové charakteristiky	11
1.1 Bodeho asymptotická metoda	12
1.2 Příklady.	18
2 Dvojbrany.	25
2.1 Definice základních pojmů.	25
2.2 Neautonomní dvojbran.	28
2.2.1 Definice matic dvojbranů.	33
2.2.2 Fyzikální význam prvků matic.	34
2.2.3 Ekvivalentní obvody dvojbranů.	40
2.2.4 Regularita spojení.	44
2.2.5 Převodní vztahy mezi maticemi.	48
2.2.6 Příklady.	51
2.2.7 Zajištění podmínek regularity.	56
2.2.8 Vlastnosti matic dvojbranů.	60
2.2.9 Přenosové funkce dvojbranů	62
2.2.10 Obrazová impedance.	66
2.2.11 Definice činitelů přenosu.	69
2.2.12 Obrazový činitel přenosu	72
2.2.13 Provozní činitel přenosu dvojbranu.	75
2.2.14 Věta pro výpočet provozního činitele přenosu.	76
2.2.15 Kaskádní řazení dvojbranů.	79
2.2.16 Impedanční přizpůsobení	81
2.3 Autonomní dvojbran.	83
2.3.1 Převodní vztahy mezi maticemi.	86
2.3.2 Ekvivalentní elektrické obvody.	87
2.4 Některé speciální dvojbrany.	87
2.4.1 Některé významné obvody.	99
2.5 Tabulky dvojbranů	104

3	Sigorského maticová analýza	119
3.1	Analýza s využitím úplné admitanční matice	119
3.2	Analýza s využitím zkrácené admitanční matice	124
3.2.1	Analýza dvojbranu s krajní příčnou nesouměrností	125
3.2.2	Příklad	128
3.2.3	Náhrada výstupu dvojbranu ekvivalentním zdrojem	129
3.2.4	Analýza složitých obvodů	129
3.2.5	Příklady	130
3.2.6	Maticová analýza obecného obvodu	135
3.2.7	Příklad	138
3.2.8	Analýza obvodu se dvěma vstupy	139
3.2.9	Příklady	143
3.2.10	Odvození vztahů pro algebraické doplňky	148
3.3	Analýza s využitím zkrácené impedanční matice	150
3.3.1	Náhrada výstupu dvojbranu ekvivalentním zdrojem	153
3.3.2	Analýza složitých obvodů	153
4	Grafové metody	155
4.1	Masonovy orientované grafy	155
4.1.1	Speciální pravidla pro sestavení Masonova grafu	158
4.1.2	Vyhodnocení grafu	158
4.1.3	Příklady	161
4.2	Mikulovy - Čajkovy orientované grafy	172
4.2.1	Speciální pravidla pro sestavení grafu	173
4.2.2	Vyhodnocení grafu	174
4.2.3	Praktické úpravy metod	175
4.2.4	Příklady	175
4.3	Neorientované grafy	179
4.3.1	Pravidla pro sestavení a vyhodnocení grafu	180
4.3.2	Příklad	181
4.3.3	Modelování nerecipročních prvků	185
4.3.4	Příklad	186
5	Ekvivalentní přeměny obvodů	191
5.1	Náhrada vzájemné indukčnosti	191
5.2	Bartlettova věta.	192
5.2.1	Bartlettova věta pro strukturně nesouměrné dvojbrany . .	194
5.2.2	Další možnosti použití Bartlettovy věty	199
5.3	Věta o vyjmutí společné imitance	200
5.4	Věta o vyjmutí shodného dvojbranu	202
5.4.1	Příklady	204
5.5	Přeměny dvojbranu v zapojení do můstku	209
5.6	Rozklad impedančně nesouměrného dvojbranu	215
5.7	Přeměny dvojbranů T II a přemostěného T	216
5.8	Přeměny ideálního transformátoru na dokonalý transformátor . .	219
5.8.1	Příklad	220

5.9	Nortonovy transformace	222
5.9.1	Příklad	224
5.10	Impedanční a kmitočtové normování	226
5.10.1	Příklad	227
5.11	Víceprvkové struktury	228
5.11.1	Obvody složené ze tří prvků	230
5.11.2	Příklady	233
5.12	Campbellova redukce počtu vnitřních uzlů obvodu	235
5.12.1	Příklad	236
6	Stabilita a oscilace	239
6.1	Metoda admitanční matice	239
6.1.1	Příklad na použití admitanční matice	240
6.2	Upravený Schurův algoritmus	242
6.2.1	Příklady	243
6.3	Hurwitzovo kritérium	245
6.3.1	Příklad	245
6.4	Nyquistovo kritérium	246
6.4.1	Příklad	249
6.5	Michajlovovo - Leonhardovo kritérium	252
6.5.1	Příklad	254
6.6	Imitanční kritérium	255
7	Citlivost	261
7.1	Citlivostní koeficienty	263
7.2	Metody výpočtu citlivostních koeficientů	266
7.3	Vlastnosti citlivostních koeficientů	267
7.4	Citlivostní invarianty	269
7.5	Minimalizace citlivostí	271
7.6	Analytická metoda výpočtu tolerancí	273
7.7	Numerické metody výpočtu tolerancí	275
7.7.1	Základní principy numerických metod	276
7.7.2	Některé užívané metody	278
7.8	Příklady	283
8	Rozptylové parametry	291
8.1	Definice rozptylových veličin	291
8.2	Definice a vlastnosti činitele odrazu	293
8.3	Přenos výkonu	295
8.4	Metody výpočtu činitele odrazu	296
8.4.1	Příklad	297
8.5	Definice rozptylové matice	298
8.6	Převod rozptylové matice a imitančních matic	301
8.7	Další vlastnosti rozptylové matice	302
8.8	Vztahy mezi rozptylovou a imitanční maticí n branu	304
8.8.1	Příklady	307

8.9	Nenormalizovaná rozptylová matice	308
8.10	Komplexní normalizační konstanta	309
8.11	Vlnová přenosová matice	310
Rejstřík		312
Literatura		315

Předmluva

Tato kniha podává přehled metod užívaných k řešení lineárních elektrických obvodů. Zájemce se může zorientovat v problematice, pochopit podstatu dané metody, podmínky použití a získá odkazy na další zdroje. Metody jsou doplněny v nezbytném množství řešenými příklady pro vyjasnění dané věci. Kniha má sloužit jako přehled pro získání základních informací o daném problému.

Druhý díl knihy je zaměřen na specializované metody řešení užívané hlavně ve sdělovací technice a doplňuje tak první díl knihy. Snažil jsem se podat co nejucelenější a nejvýstižnější popis a ukázat vzájemné souvislosti. Proto je kapitola o dvojbranech poměrně rozsáhlá a v knize je zařazena i kapitola o rozptylových parametrech. V knize jsou pro úplnost také zařazeny kapitoly o stabilitě obvodu a o citlivosti obvodu na změnu parametrů. Podobně jako v prvním dílu i zde jsou použity odkazy jednak na původní práce badatelů a nebo na zdroje, kde lze najít další podrobnosti k dané problematice nebo příklady k řešení.

Pokud jde o značení symbolů veličin, orientaci obvodových veličin a názvosloví snažil jsem se dodržet normy ČSN IEC 27-1 a 27-2+2A, ČSN IEC 50(131)+A1, ISO 31, schémata podle ČSN IEC 617, případně další mezinárodní dohody.