

OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. LINEARIZOVANÉ OBVODOVÉ PRVKY	3
2.1 Základní pojmy.....	3
2.2 Klasifikace obvodových prvků.....	3
2.3 Linearizované dvojpóly.....	3
2.3.1 Elementární pasivní dvojpóly.....	3
2.3.2 Elementární aktivní dvojpóly.....	7
2.3.3 Linearizované modely nelineárních dvojpólů.....	9
2.3.4 Neregulární dvojpóly.....	10
2.4 Linearizované dvojabrany a mnohobrany.....	11
2.4.1 Řízené zdroje.....	11
2.4.2 Regulární dvojabrany a mnohobrany.....	12
2.4.3 Transformátory.....	13
2.4.4 Imitační invertory.....	15
2.4.5 Imitační konvertory.....	16
2.4.6 Ideální zesilovače.....	17
2.4.7 Sumační zesilovače, proudové konvejory a afiny.....	18
2.4.8 Základní prvky pracující v proudovém režimu.....	20
3. ANALÝZA LINEARIZOVANÝCH OBVODŮ.....	21
3.1 Topologický rozbor soustavy linearizovaných obvodů.....	21
3.2 Klasické metody.....	21
3.2.1 Metoda úměrných veličin.....	21
3.2.2 Metoda Kirchhoffových rovnic.....	23
3.3 Metoda smyčkových proudů.....	23
3.3.1 Princip metody.....	23
3.3.2 Impedanční matice soustavy.....	24
3.3.3 Výpočet základních obvodových funkcí soustavy.....	25
3.3.4 Příklad.....	25
3.4 Metoda napětí uzlových párů.....	26
3.4.1 Princip metody.....	26
3.4.2 Admitanční matice soustavy.....	27
3.4.3 Výpočet základních obvodových funkcí soustavy.....	28
3.4.4 Příklad.....	29
3.4.5 Úplný admitanční popis soustavy.....	29
3.5 Analýza linearizovaných soustav s regulárními dvojpóly.....	31
3.6 Analýza linearizovaných soustav s regulárními dvojabrany a mnohobrany.....	32
3.6.1 Metoda smyčkových proudů.....	32
3.6.2 Metoda napětí uzlových párů.....	32
3.6.3 Příklady.....	33
3.6.4 Stručné shrnutí postupu analýzy.....	36
3.7 Analýza linearizovaných soustav s neregulárními obvodovými prvky.....	38
3.7.1 Princip analýzy založené na metodě lineární transformace.....	38
3.7.2 Transformace pomocí operací s řádky a sloupci.....	40
3.7.3 Analýza soustav s ideálními zesilovači.....	41
3.7.4 Příklady.....	43
4. LINEARIZOVANÉ DVOJPÓLY.....	47
4.1 Imitační funkce dvojpólu.....	47
4.1.1 Základní definice.....	47
4.1.2 Nulové body a póly.....	47
4.1.3 Některé vlastnosti pozitivně reálných funkcí.....	49
4.2 Syntéza dvojpólů RLC.....	49
4.2.1 Rozklad pozitivně reálné funkce na řetězový zlomek.....	50
4.2.2 Rozklad pozitivně reálné funkce na parciální zlomky.....	51
4.3 Impedanční a kmitočtové normování.....	52
4.4 Kmitočtové charakteristiky.....	53
4.5 Jednoduché a vázané kmitavé obvody.....	54
4.5.1 Jednoduchý sériový kmitavý obvod.....	55
4.5.2 Jednoduchý paralelní kmitavý obvod.....	57
4.5.3 Vázané kmitavé obvody.....	58
5. LINEARIZOVANÉ DVOJBRANY.....	61
5.1 Základní pojmy.....	61
5.2 Obrazové parametry dvojabranů.....	61
5.2.1 Obrazové impedance.....	61
5.2.2 Činitel přenosu a míra přenosu.....	62

5.2.3	Obrazová míra přenosu	63
5.2.4	Provozní, vložená a styková míra přenosu	64
5.3	Obvodové funkce a jejich citlivosti	65
5.3.1	Definice základních obvodových funkcí	65
5.3.2	Citlivosti obvodových funkcí na změnu jednoho parametru	65
5.3.3	Citlivosti obvodových funkcí na změnu několika parametrů	68
5.3.4	Invariance citlivosti	69
5.4	Obecné vlastnosti linearizovaných přenosových soustav	70
5.4.1	Ideální přenosový členek	70
5.4.2	Přechodná a impulsová charakteristika při nulových počátečních podmínkách	71
5.4.3	Podmínky realizovatelnosti přenosové soustavy	73
5.4.4	Dvojbrany s minimálním a neminimálním argumentem	74
5.5	Rozptylové parametry	76
5.6	Ekvivalentní dvojbrany	78
5.6.1	Syntéza ekvivalentních obvodových modelů	78
5.6.2	Náhrada nevyváženého dvojbranu vyváženým křížovým článkem	80
5.6.3	Náhrada vyváženého křížového článku nevyváženým dvojbranem	81
5.7	Kmitočtové filtry	83
5.7.1	Účel a použití filtrů	83
5.7.2	Typy filtrů	83
5.7.3	Princip filtrů	83
5.7.4	Základní filtrační obvody 2. řádu	84
5.7.5	Aktivní filtry RC 2. řádu	88
5.7.6	Pasivní filtry RLC vyšších řádů	89
5.7.7	Aktivní filtry vyšších řádů	91
6.	DYNAMICKÁ SOUSTAVA LINEARIZOVANÝCH OBVODŮ	93
6.1	Uzavřená soustava a její linearizovaný popis	93
6.2	Stabilita soustav linearizovaných obvodů	95
6.2.1	Routhovo - Hurwitzovo kritérium	96
6.2.2	Schurův algoritmus	96
6.2.3	Michajlovo - Leonardovo kritérium	96
6.2.4	Nyquistovo kritérium	97
6.2.5	Bodeho kritérium	98
6.3	Linearizované soustavy se zpětnou vazbou	98
6.3.1	Princip zpětné vazby	98
6.3.2	Základní rovnice zpětné vazby	99
6.3.3	Druhy zpětné vazby dle zapojení	99
6.3.4	Vliv zpětné vazby na parametry soustavy	100
6.3.5	Zapojení zpětné vazby v zesilovačích	101
7.	ÚVOD DO NELINEÁRNÍCH A PARAMETRICKÝCH OBVODŮ	103
7.1	Základní pojmy a vztahy	103
7.2	Srovnání lineárních a nelineárních obvodů	104
8.	NELINEÁRNÍ OBVODOVÉ PRVKY	105
8.1	Klasifikace nelineárních obvodových prvků	105
8.2	Parametry nelineárních prvků	105
8.3	Rízené nelineární dvojpóly	106
8.4	Nelineární dvojbrany a mnohobrany	109
9.	MODELOVÁNÍ OBVODOVÝCH PRVKŮ	111
9.1	Filozofie modelování	111
9.2	Aproximace nelineárních charakteristik	112
9.2.1	Různé aproximující funkce	112
9.2.2	Ilustrační příklady	112
9.3	Globální lineární modely	114
9.4	Modely nejpoužívanějších obvodových prvků	116
9.4.1	Modely diody	116
9.4.2	Modely bipolárního tranzistoru	119
9.4.3	Modely vakuové triody	122
9.4.4	Modely unipolárního tranzistoru	122
9.5	Modelování funkčních bloků	124
9.5.1	Různé úrovně modelování	124
9.5.2	Operační zesilovač	125
9.5.3	Modely reálného operačního zesilovače	127
10.	METODY ŘEŠENÍ NELINEÁRNÍCH OBVODŮ	129
10.1	Grafické metody	129
10.2	Analytické metody	130
10.2.1	Principy zjednodušování řešení	130
10.2.2	Stavy a děje v nelineárních obvodech	135

10.2.3	Metoda stavových proměnných	136
10.2.4	Další analytické metody	138
10.3	Graficko-početní metody	140
10.3.1	Řešení setrvačných nelineárních obvodů 1. řádu	140
10.3.2	Řešení setrvačných nelineárních obvodů 2. řádu	142
10.4	Numerické metody řešení nelineárních obvodů	145
10.4.1	Řešení rezistivních nelineárních obvodů	146
10.4.2	Řešení setrvačných nelineárních obvodů	149
10.4.3	Simulace obvodů na počítači	153
11.	ZMĚNA SPEKTRA SIGNÁLŮ V NELINEÁRNÍCH OBVODECH	155
11.1	Působení jednoho harmonického signálu na nelineární rezistor	155
11.1.1	Určení složek spektra proudu při aproximaci mocninovým polynomem	155
11.1.2	Určení složek spektra proudu při aproximaci lomenou přímkou	156
11.1.2	Určení složek spektra proudu při aproximaci exponenciální funkcí	158
11.2	Působení několika harmonických signálů na nelineární rezistor	158
11.2.1	Určení složek spektra proudu při aproximaci mocninovým polynomem	159
11.2.2	Určení složek spektra proudu při aproximaci exponenciální funkcí	160
11.3	Princip harmonické a energetické rovnováhy	160
11.3.1	Ampérvoltové charakteristiky pro první harmonickou	161
11.3.2	Modifikovaný odpor pro některé základní aproximační funkce	161
12.	NESETRVAČNÉ NELINEÁRNÍ OBVODY	163
12.1	Stabilizátory napětí a proudu	163
12.2	Tvarovače signálu	164
12.3	Usměrňovače s rezistivní zátěží	167
12.4	Jednoduché zesilovače	168
12.4.1	Tranzistorové stupně SE a SC	168
12.4.2	Nastavení a stabilizace pracovního bodu	170
12.4.3	Zesilovač jako linearizovaný dvojbran	170
12.5	Diferenční zesilovač	172
12.6	Nizkofrekvenční zesilovač výkonu	173
12.7	Nelineární zkreslení	174
13.	SETRVAČNÉ NELINEÁRNÍ OBODY	175
13.1	Základní pojmy	175
13.2	Usměrňovač s kapacitní zátěží	175
13.2.1	Kvalitativní popis činnosti	175
13.2.2	Analýza usměrňovače při aproximaci charakteristiky diody lomenou přímkou	177
13.3	Demodulátory	179
13.3.1	Demodulátory amplitudově modulovaného signálu	179
13.3.2	Demodulátory kmitočtově modulovaného signálu	180
13.4	Rezonanční zesilovač výkonu	181
13.4.1	Rezonanční zesilovač s triodou	181
13.5	Násobiče a děliče kmitočtu	185
13.5.1	Násobiče kmitočtu s nelineárními dvojpóly	185
13.5.2	Rezonanční zesilovač výkonu jako násobič kmitočtu	186
13.5.3	Dělič kmitočtu s integrátorem	186
13.6	Měníče kmitočtu a směšovače	186
13.7	Modulátory pro amplitudovou modulaci	187
14.	GENERÁTORY ELEKTRICKÝCH SIGNÁLŮ	189
14.1	Základní pojmy a klasifikace generátorů	189
14.2	Lineární analýza oscilátorů	189
14.2.1	Oscilační podmínky	189
14.2.2	Dvoubodové oscilátory	190
14.2.3	Tříbodové oscilátory	191
14.2.4	Oscilátory RC	193
14.3	Kvazilineární analýza oscilátorů	193
15.	ÚVOD DO OBVODŮ S ČASOVĚ PROMĚNNÝMI PARAMETRY	195
	Literatura	197