

# ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	7
<b>Розділ 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТЕОРІЇ ТА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОННИХ КІЛ</b> .....	9
1.1. Основні поняття теорії кіл.....	9
1.1.1. Струм і напруга .....	12
1.1.2. Потужність та енергія.....	13
1.2. Топологічні рівняння електронних кіл. Закони Кірхгофа.....	13
1.3. Моделі компонентів електронних кіл. Компонентні рівняння.....	19
1.3.1. Класифікація компонентів .....	19
1.3.2. Моделі та компонентні рівняння пасивних двополюсників.....	20
1.3.3. Моделі та компонентні рівняння активних двополюсників.....	27
1.3.4. Моделі та компонентні рівняння багатополісників.....	29
1.4. Основні методи формування математичних моделей електронних кіл .....	34
1.5. Класифікація електронних кіл та їх математичних моделей.....	38
Контрольні запитання до розділу 1 .....	41
<b>Розділ 2. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ЗОВНІШНЬОЇ ДІЇ НА ЕЛЕКТРОННЕ КОЛО</b> .....	43
2.1. Сигнал як зовнішня дія на електронне коло. Класифікація сигналів та способи їх математичного опису.....	43
2.2. Математичні моделі зовнішньої дії на коло у вигляді лінійної комбінації однотипних елементарних сигналів .....	44
2.2.1. Частотне (спектральне) подання зовнішньої дії на коло .....	45
2.2.1.1. Комплексне подання гармонічних сигналів .....	46
2.2.1.2. Математична модель сигналу як суми елементарних гармонічних сигналів. Перетворення Фур'є.....	48
2.2.2. Математичні моделі зовнішньої дії на коло в часовій області як лінійної комбінації ступінчастих та імпульсних сигналів .....	62
2.2.3. Операторне подання зовнішньої дії на коло .....	65
2.3. Кореляційні та енергетичні характеристики детермінованих сигналів.....	69
2.3.1. Автокореляційні та взаємкореляційні функції.....	69
2.3.2. Спектральна густина енергії та спектральна густина потужності.....	72
Контрольні запитання до розділу 2 .....	77
<b>Розділ 3. ЛІНІЙНІ КОЛА З ПОСТІЙНИМИ ПАРАМЕТРАМИ</b> .....	79
3.1. Математичні моделі лінійних компонентів електронних кіл .....	79
3.1.1. Лінійний резистор .....	79
3.1.2. Лінійний конденсатор.....	80
3.1.3. Лінійна котушка індуктивності .....	81
3.1.4. Лінійні індуктивно зв'язані котушки .....	82
3.1.5. Лінійні керовані джерела струмів та напруг .....	85
3.1.6. Лінійні багатополісники .....	86
3.2. Методи формування математичних моделей лінійних електронних кіл з постійними параметрами .....	88

3.2.1. Класичний метод формування математичних моделей лінійних електронних кіл .....	89
3.2.2. Операторний метод формування математичних моделей лінійних електронних кіл .....	94
3.2.2.1. Основи операторного методу .....	94
3.2.2.2. Операторні схеми заміщення та рівняння ідеалізованих двополюсних компонентів .....	96
3.2.2.3. Операторні компонентні рівняння лінійних багатополюсників .....	99
3.2.2.4. Формування математичної моделі електронного кола з багатополюсними компонентами за узагальненим методом вузлових напруг .....	105
3.3. Основні теореми теорії кіл .....	110
3.3.1. Теорема накладання .....	111
3.3.2. Теорема про еквівалентне джерело .....	113
3.3.3. Теорема взаємності .....	115
3.3.4. Теорема компенсації (заміщення) .....	117
3.4. Усталений режим гармонічних коливань у лінійних колах з постійними параметрами .....	118
3.4.1. Вступні зауваження .....	118
3.4.2. Математична модель лінійного кола у разі гармонічної дії та задача аналізу усталеного режиму .....	119
3.4.3. Основи методу комплексних амплітуд .....	120
3.4.3.1. Комплексні зображення гармонічних функцій часу .....	120
3.4.3.2. Комплексний опір. Закони Ома і Кірхгофа в комплексній формі .....	124
3.4.3.3. Комплексні схеми заміщення ідеалізованих пасивних двополюсних компонентів .....	126
3.4.4. Методика застосування методу комплексних амплітуд для аналізу усталеного режиму гармонічних коливань .....	128
3.4.5. Енергетичні співвідношення в лінійних колах в усталеному режимі гармонічних коливань .....	131
3.4.5.1. Миттєва та активна потужності .....	131
3.4.5.2. Повна, реактивна та комплексна потужності .....	132
3.4.5.3. Узгодження джерела енергії з навантаженням .....	134
3.4.6. Комплексні частотні характеристики лінійних електричних кіл в усталеному режимі гармонічних коливань .....	136
3.4.6.1. Основні поняття про комплексні частотні характеристики лінійних кіл .....	136
3.4.6.2. Частотні характеристики комплексного опору лінійної втратної котушки індуктивності .....	138
3.4.6.3. Частотні характеристики комплексного опору лінійного втратного конденсатора .....	141
3.4.6.4. Частотні характеристики комплексного коефіцієнта передавання напруги подільника напруги .....	143
3.4.6.5. Частотні характеристики та параметри коливальних кіл в усталеному режимі гармонічних коливань .....	144

3.4.6.5а.	Послідовне коливальне коло в усталеному режимі гармонічних коливань.....	144
3.4.6.5б.	Паралельне коливальне коло в усталеному режимі гармонічних коливань.....	154
3.4.6.6.	Визначення комплексних частотних характеристик лінійних кіл на підставі матриці провідностей.....	161
3.4.6.7.	Чутливість комплексних частотних характеристик лінійних кіл до зміни параметрів компонентів схеми.....	163
3.4.7.	Методи, які спрощують аналіз складних лінійних кіл в усталеному режимі.....	167
3.4.7.1.	Метод контурних струмів.....	167
3.4.7.2.	Метод прохідного чотириполюсника.....	170
3.4.7.2.1.	Основні рівняння та первинні параметри прохідних чотириполюсників.....	171
3.4.7.4.2.	Комплексні частотні характеристики навантаженого чотириполюсника.....	173
3.4.7.4.3.	Умова передавання сигналу через лінійний чотириполюсник без спотворень.....	174
3.4.7.4.4.	Лінійний трансформатор як чотириполюсник спеціального типу.....	175
3.5.	Перехідні процеси в лінійних колах з постійними параметрами.....	180
3.5.1.	Вступні зауваження.....	180
3.5.2.	Класичний метод аналізу перехідних процесів.....	182
3.5.3.	Операторний метод аналізу перехідних процесів.....	189
3.5.3.1.	Операторні характеристики лінійних кіл.....	192
3.5.4.	Методи аналізу перехідних процесів, основані на застосуванні принципу накладання.....	194
3.5.4.1.	Перехідна та імпульсна характеристики лінійних кіл.....	195
3.5.4.2.	Визначення реакції кола на зовнішню дію на підставі перехідної характеристики.....	197
3.5.4.3.	Визначення реакції кола на зовнішню дію на підставі імпульсної характеристики.....	198
3.5.4.4.	Визначення реакції кола на підставі спектрального подання зовнішньої дії.....	200
3.6.	Взаємозв'язок між комплексними, операторними та часовими характеристиками лінійних кіл.....	201
	Контрольні запитання до розділу 3.....	202
<b>Розділ 4.</b>	<b>НЕЛІНІЙНІ КОЛА</b> .....	<b>205</b>
4.1.	Вступні зауваження.....	205
4.2.	Графічні методи аналізу нелінійних резистивних кіл.....	206
4.2.1.	Прості перетворення нелінійних резистивних кіл.....	206
4.2.2.	Знаходження статичних робочих точок у нелінійних резистивних колах.....	210
4.2.2.1.	Знаходження статичної робочої точки нелінійного кола методом навантажувальної кривої.....	210

4.2.3. Дослідження стійкості режимів статичної рівноваги нелінійних кіл .....	215
4.3. Перетворення форми та спектра сигналу в нелінійних колах .....	219
4.3.1. Графічні методи аналізу перетворень форми сигналів у нелінійних резистивних колах .....	220
4.3.2. Аналітичні методи аналізу перетворень спектра сигналу в нелінійних колах .....	224
4.3.2.1. Апроксимація нелінійних характеристик .....	225
4.3.2.2. Спектральний аналіз струмів нелінійних резистивних компонентів .....	230
4.3.2.2.1. Спектральний аналіз струму при поліноміальній апроксимації ВАХ .....	230
4.3.2.2.2. Спектральний аналіз струму при кусково-лінійній апроксимації ВАХ .....	235
4.3.2.2.3. Спектральний аналіз струму при експоненційній апроксимації ВАХ .....	238
4.3.2.2.4. Характеристика перетворення та оцінка нелінійних спотворень під час перетворення спектра .....	240
Контрольні запитання до розділу 4 .....	242
<b>Розділ 5. ЛІНІЙНІ КОЛА З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ</b> .....	243
5.1. Вступні зауваження .....	243
5.2. Схема заміщення та телеграфні рівняння довгої лінії .....	245
5.3. Однорідна довга лінія в усталеному режимі гармонічних коливань .....	248
5.3.1. Хвильові параметри довгої лінії .....	248
5.3.2. Розподіл амплітуд напруги та струму вздовж лінії .....	250
5.3.3. Коефіцієнт відбиття лінії .....	253
5.3.4. Усталений режим гармонічних коливань у безвтратній довгій лінії .....	254
5.3.4.1. Режим біжучих хвиль .....	256
5.3.4.2. Режим стоячих хвиль .....	257
5.3.4.3. Режим змішаних хвиль .....	262
5.4. Перехідні процеси в однорідній безвтратній довгій лінії .....	263
5.5. Застосування відрізків довгих ліній з малими втратами .....	270
5.6. Однорідні резистивно-ємнісні лінії .....	274
Контрольні запитання до розділу 5 .....	277
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	279
<b>ДОДАТОК 1.</b> Спектральні густини сигналів .....	280
<b>ДОДАТОК 2.</b> Операторні зображення сигналів за Лапласом .....	283
<b>ДОДАТОК 3.</b> Математичні моделі та схеми заміщення електронних компонентів .....	285
<b>ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК</b> .....	312