

ЗМІСТ

Умовні позначення	9
Основні скорочення.....	11
Передмова	12
Вступ.....	13
РОЗДІЛ 1. Математичне моделювання	15
1.1. Поняття моделювання.....	15
1.1.1. Поняття моделі	16
1.1.2. Класифікація моделей.....	17
1.2. Математичне моделювання.....	18
1.3. Основні етапи математичного моделювання.....	20
1.4. Математичне моделювання систем енергозабезпечення.....	22
1.5. Класифікація енергетичних кіл.....	24
Контрольні запитання	25
РОЗДІЛ 2. Енергетичні кола та їхні змінні	26
2.1. Змінні стану та метрична аналогія.....	27
2.2. Змінні потенціалу та енергетична аналогія.....	28
2.3. Взаємозв'язок змінних кіл різної фізичної природи.....	33
2.3.1. Електричне коло.....	33
2.3.2. Механічне коло.....	34
2.3.3. Гідравлічне коло.....	37
2.3.4. Магнітне коло.....	39
2.3.5. Теплове коло.....	40
2.4. Змінні стану різної фізичної природи.....	42
Контрольні запитання	43
РОЗДІЛ 3. Рівняння стану енергетичного кола	44
3.1. Структурні елементи енергетичного кола.....	44
3.2. Рівняння стану енергетичного кола.....	47
3.3. Рівняння за правилами Кірхгофа	47
3.3.1. Перше правило Кірхгофа.....	47
3.3.2. Друге правило Кірхгофа.....	49
3.4. Рівняння вітки.....	50
3.4.1. Спад зусилля та його складові.....	51
3.4.2. Зворотність перетворення енергії.....	53
3.4.3. Замкнені та розімкнені енергетичні системи.....	54

3.4.4. Завершена форма рівняння вітки	56
3.5. Поліосне рівняння.....	56
Приклад побудови енергетичного кола	57
Контрольні запитання.....	61
РОЗДІЛ 4. Лінійне енергетичне коло. Основні закони енергетичного кола	62
4.1. Поліосне рівняння компонента енергетичного кола.....	62
4.2. Поліосне рівняння компонентів різної фізичної природи.....	63
4.2.1. Електричне коло і закон Ома.....	63
4.2.2. Механічне коло і закон Гука.....	64
4.2.3. Гідравлічне коло	66
4.2.4. Магнітне коло	67
4.2.5. Теплове коло і види теплообміну.....	68
4.2.6. Хімічне коло і закон Фіка	71
4.3. Резистанси компонентів різної фізичної природи	71
4.4. Рівняння вітки лінійного енергетичного кола.....	73
4.5. Рівняння стану енергетичного кола	74
4.6. Баланс потужності	76
4.7. Формалізація аналізу режимів енергетичних кіл.....	77
Приклад системи рівнянь для розгалуженого енергетичного кола.....	77
Контрольні запитання.....	78
РОЗДІЛ 5. Елементи теорії лінійних графів	80
5.1. Складові орграфу.....	81
5.2. Аналітичний запис графу схеми.....	83
5.2.1. Аналітичний запис структури графу.....	83
5.2.2. Аналітичний запис контурів графу	84
5.2.3. Зв'язок між матрицями інциденцій.....	86
5.2.4. Матриця шляхів дерева	87
5.3. Фізичні величини енергетичного кола в матрично-векторній формі	88
5.4. Основні закони енергетичного кола в матрично-векторній формі	91
5.4.1. Рівняння віток енергетичного кола	91
5.4.2. Перше правило Кірхгофа	91
5.4.3. Друге правило Кірхгофа.....	92
Приклад формування графу енергетичного кола.....	92
Приклад формування матриць інциденцій	96
Контрольні запитання.....	99
РОЗДІЛ 6. Методи аналізу ustalених режимів лінійних енергетичних кіл	100
6.1. Контурна система рівнянь	100

6.2. Вузлова система рівнянь.....	101
6.3. Методи розрахунку контурної моделі.....	101
6.3.1. Рівняння контурної моделі у координатах потоків віток	102
6.3.2. Рівняння контурної моделі у координатах зусиль віток.....	103
6.3.3. Формалізовані методи аналізу	103
6.4. Методи розрахунку вузлової моделі	108
6.4.1. Рівняння вузлової моделі у координатах потоків віток	109
6.4.2. Рівняння вузлової моделі у координатах зусиль віток	109
6.4.3. Метод вузлових потенціалів.....	110
6.5. Баланс потужності.....	111
Приклад визначення складових методу незалежних потоків.....	112
Контрольні запитання	116
РОЗДІЛ 7. Методи розв’язання систем лінійних скінченних рівнянь	117
7.1. Графічні методи розв’язання.....	118
7.2. Аналітичні методи розв’язання.....	118
7.2.1. Обертання матриці	118
7.2.2. Метод Крамера	120
7.2.3. Метод Гауса та його модифікація.....	120
7.2.4. Метод LU-перетворення.....	124
7.3. Чисельні методи розв’язання	127
7.3.1. Метод простої ітерації	127
7.3.2. Метод ітерації Зайделя	131
7.3.3. Метод мінімізації суми модулів нев’язок (відхилень).....	132
7.3.4. Метод мінімізації суми квадратів нев’язок.....	133
7.4. Розрахунок систем лінійних рівнянь з використанням ЕОМ.....	133
7.4.1. Табличний процесор <i>MS Excel</i>	133
7.4.2. Система комп’ютерної алгебри <i>MathCad</i>	134
7.4.3. Система математичного програмування <i>MatLab</i>	134
Приклад розрахунку за методом Гауса–Жордана	137
Приклад розрахунку за методом простої ітерації.....	139
Контрольні запитання	142
РОЗДІЛ 8. Нелінійні енергетичні кола та методи аналізу їхніх режимів	143
8.1. Природа виникнення нелінійностей	143
8.1.1. Нелінійності в електричних колах.....	143
8.1.2. Нелінійності в механічних колах.....	145
8.1.3. Нелінійності у гідравлічних колах.....	146
8.1.4. Нелінійності у магнітних колах	149

8.1.5. Нелінійності у теплових колах	150
8.2. Нелінійні елементи як компоненти енергетичного кола.....	153
8.2.1. Класифікація замикальних характеристик	154
8.2.2. Статичний і динамічний опори нелінійного компонента	155
8.3. Математичні моделі енергетичних кіл з нелінійними компонентами	156
8.4. Графічні методи розрахунку.....	157
8.5. Аналітичні методи розрахунку нелінійного кола	160
8.5.1. Метод послідовних наближень.....	160
8.5.2. Лінеаризація	164
8.5.3. Нелінійний активний двополосник	167
Приклад розрахунку нелінійного енергетичного кола.....	168
Контрольні запитання.....	172
РОЗДІЛ 9. Формалізовані методи аналізу нелінійних енергетичних кіл	173
9.1. Апроксимація функцій.....	173
9.1.1. Метод підставлення.....	174
9.1.2. Метод найменших квадратів	175
9.1.3. Метод зважених найменших квадратів.....	177
9.1.4. Оцінка точності апроксимації	178
9.2. Апроксимація функцій з використанням ЕОМ.....	178
9.2.1. Апроксимація функцій в <i>Ms Excel</i>	178
9.2.2. Апроксимація функцій з використанням інструментів <i>MathCad</i>	179
9.2.3. Апроксимація функцій у <i>MatLab</i>	182
9.3. Апроксимаційна функція полюсної характеристики	184
9.4. Системи рівнянь нелінійних енергетичних кіл.....	186
9.4.1. Контурна система рівнянь	186
9.4.2. Вузлова модель системи	187
Приклад апроксимації нелінійної характеристики	188
Контрольні запитання.....	191
РОЗДІЛ 10. Методи розв'язання систем нелінійних скінченних рівнянь	192
10.1. Відокремлення коренів.....	192
10.2. Розв'язання скінченних рівнянь однієї змінної.....	194
10.2.1. Метод половинного ділення	194
10.2.2. Метод хорд.....	195
10.2.3. Метод простої ітерації.....	196
10.2.4. Метод Ньютона.....	197
10.2.5. Приклад розрахунку за методом Ньютона	199
10.3. Розв'язання систем нелінійних скінченних рівнянь	200

10.3.1. Метод простої ітерації	201
10.3.2. Метод ітерації Зайделя	203
10.3.3. Метод найшвидшого спуску	203
10.3.4. Метод Ньютона	205
10.4. Розв'язування рівнянь нелінійної математичної моделі енергетичного кола	206
10.5. Розв'язування систем нелінійних рівнянь з використанням ЕОМ	207
10.5.1. Табличний процесор <i>MS Excel</i>	207
10.5.2. Система комп'ютерної алгебри <i>MathCad</i>	210
10.5.3. Система математичного програмування <i>MatLab</i>	213
Приклад розрахунку системи нелінійних рівнянь	215
Контрольні запитання	217
РОЗДІЛ 11. Структурні та режимні задачі енергетичних систем різної фізичної природи	218
11.1. Аналіз режимів трубопровідних систем	218
11.1.1. Однолінійне гідравлічне коло	220
11.1.2. Розширене зв'язне енергетичне коло	222
11.1.3. Дволінійне енергетичне коло	224
11.1.4. Аналіз витоків у трубопровідних системах	226
11.2. Аналіз теплового режиму будівлі	227
11.2.1. Тепловий баланс будинку	227
11.2.2. Аналіз тепловтрат будівлі	228
Приклад розрахунку	233
Контрольні запитання	246
РОЗДІЛ 12. Особливості електричних кіл змінного струму	247
12.1. Параметри елементів електричного кола змінного струму	248
12.1.1. Електричне коло з ємнісним компонентом	248
12.1.2. Електричне коло з індуктивним компонентом	250
12.1.3. Поняття комплексного опору	251
12.2. Координати режиму в символічній формі	252
12.2.1. Еквівалентність операцій над миттєвими і символічними формами координат режиму	254
12.3. Символічний метод аналізу	256
12.3.1. Рівняння вітки	257
12.3.2. Правила Кірхгофа	257
12.3.3. Формалізовані методи аналізу в символічній формі	258
12.4. Електричні кола з магнітними зв'язками	261
12.4.1. Само- та взаємоіндукція в котушках	261

12.4.2. Взаєміндуктивність в електричних колах.....	263
12.4.3. Рівняння віток в індуктивно зв'язаних колах.....	265
12.5. Баланс потужності у символічній формі.....	266
12.6. Електромеханічні аналогії.....	266
12.6.1. Розрахунок маятника за законами механіки.....	268
12.6.2. Представлення маятника коливальним контуром.....	270
12.7. Коливання, що відхиляються від гармонійних.....	272
Контрольні запитання.....	273
Список літератури.....	275
Предметний покажчик.....	278