

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



**А.В. БУЛАШЕНКО**

# **ОСНОВИ ТЕОРІЇ КІЛ. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ**

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра  
за освітніми програмами:

«Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія», «Інтелектуальні технології  
радіоелектронної техніки»,  
«Радіотехнічні комп'ютеризовані системи»  
спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка

Електронне мережне навчальне видання

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2023

Рецензент *Мирончук О.Ю., PhD, ст. викл. кафедри РТС РТФ*

Відповідальний редактор *Мартинюк С.Є., к.т.н., доцент, зав. кафедри РІ*

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
(протокол № 4 від 19.01.2023 р.)  
за поданням Вченої ради Радіотехнічного факультету (протокол № 15/2022  
від 19.12.2022 р.)*

Електронне мережне навчальне видання



Булашенко А. В.



Місце для автографу

324 ауд. 17 корпусу

*Булашенко Андрій Васильович, ст. викладач*

## **ОСНОВИ ТЕОРІЇ КІЛ. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ**

Основи теорії кіл. Рекомендації до виконання домашньої контрольної роботи. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка / А. В. Булашенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 1.35 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 26с.

Навчальний посібник містить варіанти завдання та приклад виконання домашньої контрольної роботи з дисципліни «Основи теорії кіл». Розрахунки здійснюються для лінійних кіл постійного струму, для лінійних кіл гармонічного струму та для поодиноких коливальних контурів. Навчальний посібник буде корисним студентам та викладачам, що мають на меті опанувати методи розрахунку лінійних кіл постійного, гармонічного струму та коливальних контурів.

© А.В. Булашенко, 2023  
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДО ДКР .....	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО СКЛАДУ ТА ВИКОНАННЯ ДКР.....	8
3 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ ДКР .....	9
3.1 Загальні положення .....	9
3.2. Приклади розрахунку лінійних кіл постійного струму .....	10
3.3. Приклади розрахунку лінійних кіл гармонічного струму.....	16
3.4 Приклади розрахунку коливальних контурів .....	19
4 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ.....	21
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	23
ДОДАТОК А. Зразок титульного аркушу .....	24
ДОДАТОК Б. Тригонометричні формули .....	25

## ВСТУП

В рамках вивчення дисципліни «Основи теорії кіл» студенти здійснюють розрахунки згідно варіанту завдання домашньої контрольної роботи (ДКР), що робиться індивідуально кожним студентами. На початку семестру викладач видає номер варіанту. ДКР містить три складові частини. У першій частині здійснюють розрахунки задач на тему лінійні кола постійного струму. У другій частині здійснюють розрахунки задач на тему лінійні електричні кола гармонічного струму. Під час здійснення розрахунків у третій частині розв'язуються задачі на тему послідовні та паралельні поодинокі контури. Посібник створювався із використанням джерел [1-5]. Для більш кращого опанування теоретичного матеріалу необхідно скористатися відповідними джерелами [2, 6, 7], а для практичного такими [3-5].

## 1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДО ДКР

Метою виконання ДКР є опанування відомих методів аналізу електричних кіл у електричних колах. При виконанні ДКР студент має суворо дотримуватися свого номеру варіанту, який видає викладач на початку семестру. ДКР має містити титульний аркуш (додаток А), аркуш із змістом та аркуш із завдання для кожної частини окремо. У таблицях нижче представлені варіанти завдань для кожної частини окремо. При формуванні аркушу із завданням для відповідної частини не обхідно обов'язково числові значення елементів нанести на схему.

### **Частина 1. «РОЗРАХУНОК ЛІНІЙНИХ КІЛ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ»**

Перше, що треба зробити у кожній задачі – це накреслити схему, згідно варіанту завдання і нанести на неї числові значення елементів (рис. 2.2.).

Всі проміжні розрахунки потрібно виконувати з точністю (розрядністю), яка забезпечує похибку у балансі потужностей не більше 1%.

Завдання знаходиться у джерелі [1]:

Основи теорії кіл. Збірник задач [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка / А. В. Булашенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 4.3 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 154с.

Варіанти задач подані у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Варіанти завдань до розрахунку кіл постійного струму

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.1(а)	1.11(а)	1.17(а)	1.20	1.31	1.37(а)	1.40	1.47(а)	1.12	1.55
2	1.1(б)	1.11(б)	1.17(б)	1.21	1.32(а)	1.37(б)	1.41(а)	1.47(б)	1.13	1.56
3	1.2	1.11(в)	1.17(в)	1.22	1.32(б)	1.37(в)	1.41(б)	1.47(в)	1.14	1.57
4	1.3	1.11(г)	1.17(г)	1.23	1.32(в)	1.37(г)	1.42(а)	1.47(г)	1.15	1.58
5	1.4	1.11(д)	1.17(д)	1.24	1.33(а)	1.38(а)	1.42(б)	1.48(а)	1.16	1.59
6	1.5(а)	1.11(ж)	1.17(ж)	1.25(а)	1.33(б)	1.38(б)	1.43	1.48(б)	1.18	1.60
7	1.5(б)	1.11(з)	1.17(з)	1.25(б)	1.34(а)	1.39	1.44(а)	1.49(а)	1.19	1.61
8	1.5(в)	1.11(к)	1.17(к)	1.25(в)	1.34(б)	1.37(а)	1.44(б)	1.49(б)	1.12	1.62
9	1.6(а)	1.11(л)	1.17(л)	1.25(г)	1.34(в)	1.37(б)	1.44(в)	1.49(в)	1.13	1.63
10	1.6(б)	1.11(м)	1.17(м)	1.25(д)	1.35(а)	1.37(в)	1.44(г)	1.49(г)	1.14	1.64
11	1.6(в)	1.11(н)	1.17(н)	1.25(ж)	1.35(б)	1.37(г)	1.45(а)	1.50	1.15	1.65
12	1.6(г)	1.11(о)	1.17(о)	1.26	1.35(в)	1.38(а)	1.45(б)	1.51(а)	1.16	1.66
13	1.7(а)	1.11(п)	1.17(п)	1.27(а)	1.35(г)	1.38(б)	1.45(в)	1.51(б)	1.18	1.67
14	1.7(б)	1.11(р)	1.17(р)	1.27(б)	1.36(а)	1.39	1.45(г)	1.52(а)	1.19	1.68
15	1.8	1.11(а)	1.17(с)	1.28	1.36(б)	1.37(а)	1.46(а)	1.52(б)	1.12	1.69
16	1.9	1.11(б)	1.17(т)	1.29	1.36(в)	1.37(б)	1.46(б)	1.52(в)	1.13	1.55
17	1.10(а)	1.11(в)	1.17(у)	1.30	1.31	1.37(в)	1.46(в)	1.52(г)	1.14	1.56
18	1.10(б)	1.11(г)	1.17(ф)	1.20	1.32(а)	1.37(г)	1.46(г)	1.53(а)	1.15	1.57
19	1.1(а)	1.11(д)	1.17(а)	1.21	1.32(б)	1.38(а)	1.40	1.53(б)	1.16	1.58
20	1.1(б)	1.11(ж)	1.17(б)	1.22	1.32(в)	1.38(б)	1.41(а)	1.53(в)	1.18	1.59
21	1.2	1.11(з)	1.17(в)	1.23	1.33(а)	1.39	1.41(б)	1.54	1.19	1.60
22	1.3	1.11(к)	1.17(г)	1.24	1.33(б)	1.37(а)	1.42(а)	1.53(г)	1.12	1.61
23	1.4	1.11(л)	1.17(д)	1.25(а)	1.34(а)	1.37(б)	1.42(б)	1.47(б)	1.13	1.62
24	1.5(а)	1.11(м)	1.17(ж)	1.25(б)	1.34(б)	1.37(в)	1.43	1.47(в)	1.14	1.63
25	1.5(б)	1.11(н)	1.17(з)	1.25(в)	1.34(в)	1.37(г)	1.44(а)	1.47(г)	1.15	1.64
26	1.5(в)	1.11(о)	1.17(к)	1.25(г)	1.35(а)	1.38(а)	1.44(б)	1.48(а)	1.16	1.65
27	1.6(а)	1.11(п)	1.17(л)	1.25(д)	1.35(б)	1.38(б)	1.44(в)	1.48(б)	1.18	1.66
28	1.6(б)	1.11(р)	1.17(м)	1.25(ж)	1.35(в)	1.39	1.44(г)	1.49(а)	1.19	1.67
29	1.6(в)	1.11(а)	1.17(н)	1.26	1.35(г)	1.37(а)	1.45(а)	1.49(б)	1.12	1.68
30	1.6(г)	1.11(б)	1.17(о)	1.27(а)	1.36(а)	1.37(б)	1.45(б)	1.49(в)	1.13	1.69

## Частина 2. «РОЗРАХУНОК ЛІНІЙНИХ КІЛ ГАРМОНІЧНОГО СТРУМУ»

Перше, що треба зробити у кожній задачі – це намалювати схему, згідно варіанту завдання і нанести на неї числові значення елементів (рис. 2.2.).

Всі проміжні розрахунки потрібно виконувати з точністю (розрядністю), яка забезпечує похибку у балансі потужностей не більше 1%.

Завдання знаходиться у джерелі [1]:

Основи теорії кіл. Збірник задач [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка / А. В. Булашенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 4.3 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 154с.

Варіанти задач подані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Варіанти завдань до розрахунку кіл гармонічного струму

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2.1(a)	2.7(a)	2.12(a)	2.25(a)	2.33(a)	2.39(a)	2.42(a)	2.50(a)	2.62	2.69(a)
2	2.1(б)	2.7(б)	2.12(б)	2.25(б)	2.33(б)	2.39(б)	2.42(б)	2.50(б)	2.63	2.69(б)
3	2.1(в)	2.8	2.13(a)	2.21(a)	2.34(a)	2.39(в)	2.43(a)	2.51(a)	2.64(a)	2.70
4	2.1(г)	2.9	2.13(б)	2.21(б)	2.34(б)	2.39(г)	2.43(б)	2.51(б)	2.64(б)	2.71
5	2.2(a)	2.10	2.14(a)	2.21(в)	2.35(a)	2.40(a)	2.44(a)	2.52(a)	2.64(в)	2.72
6	2.2(б)	2.11	2.14(б)	2.21(г)	2.35(б)	2.40(б)	2.44(б)	2.52(б)	2.65	2.73
7	2.3(a)	2.7(a)	2.15(a)	2.22(a)	2.36(a)	2.40(в)	2.45(a)	2.53(a)	2.66	2.74
8	2.3(б)	2.7(б)	2.15(б)	2.22(б)	2.36(б)	2.41	2.45(б)	2.53(б)	2.67(a)	2.75
9	2.4	2.8	2.16(a)	2.22(в)	2.37(a)	2.39(a)	2.45(в)	2.54(a)	2.67(б)	2.76
10	2.5(a)	2.9	2.16(б)	2.22(г)	2.37(б)	2.39(б)	2.45(г)	2.54(б)	2.68	2.77
11	2.5(б)	2.10	2.16(в)	2.26	2.38(a)	2.39(в)	2.46(a)	2.55(a)	2.62	2.78
12	2.5(в)	2.11	2.16(г)	2.27(a)	2.38(б)	2.39(г)	2.46(б)	2.55(б)	2.63	2.79
13	2.5(г)	2.7(a)	2.17(a)	2.27(a)	2.38(в)	2.40(a)	2.47(a)	2.56(a)	2.64(a)	2.69(a)
14	2.6	2.7(б)	2.17(б)	2.28(a)	2.38(г)	2.40(б)	2.47(б)	2.56(б)	2.64(б)	2.69(б)
15	2.1(a)	2.8	2.18(a)	2.28(б)	2.33(a)	2.40(в)	2.48(a)	2.57(a)	2.64(в)	2.70
16	2.1(б)	2.9	2.18(б)	2.29(a)	2.33(б)	2.41	2.48(б)	2.57(б)	2.65	2.71
17	2.1(в)	2.10	2.18(в)	2.29(б)	2.34(a)	2.39(a)	2.48(в)	2.58(a)	2.66	2.72
18	2.1(г)	2.11	2.18(г)	2.30(a)	2.34(б)	2.39(б)	2.48(г)	2.58(б)	2.67(a)	2.73
19	2.2(a)	2.7(a)	2.19	2.30(б)	2.35(a)	2.39(в)	2.42(a)	2.59	2.67(б)	2.74
20	2.2(б)	2.7(б)	2.20(a)	2.30(в)	2.35(б)	2.39(г)	2.42(б)	2.60	2.68	2.75
21	2.3(a)	2.8	2.20(б)	2.31	2.36(a)	2.40(a)	2.43(a)	2.61(a)	2.62	2.76
22	2.3(б)	2.9	2.23(a)	2.32	2.36(б)	2.40(б)	2.43(б)	2.61(б)	2.63	2.77
23	2.4	2.10	2.23(б)	2.25(a)	2.37(a)	2.40(в)	2.44(a)	2.50(a)	2.64(a)	2.78
24	2.5(a)	2.11	2.24	2.25(б)	2.37(б)	2.41	2.44(б)	2.50(б)	2.64(б)	2.79
25	2.5(б)	2.7(a)	2.12(a)	2.21(a)	2.38(a)	2.39(a)	2.45(a)	2.51(a)	2.64(в)	2.69(a)
26	2.5(в)	2.7(б)	2.12(б)	2.21(б)	2.38(б)	2.39(б)	2.45(б)	2.51(б)	2.65	2.69(б)
27	2.5(г)	2.8	2.13(a)	2.21(в)	2.38(в)	2.39(в)	2.45(в)	2.52(a)	2.66	2.70
28	2.6	2.9	2.13(б)	2.21(г)	2.38(г)	2.39(г)	2.45(г)	2.52(б)	2.67(a)	2.71
29	2.3(a)	2.10	2.14(a)	2.22(a)	2.34(a)	2.40(a)	2.46(a)	2.53(a)	2.67(б)	2.72
30	2.3(б)	2.11	2.14(б)	2.22(б)	2.34(б)	2.40(б)	2.46(б)	2.53(б)	2.68	2.73

### Частина 3. «РОЗРАХУНОК ПООДИНОКИХ КОЛИВАЛЬНИХ КОНТУРІВ»

Перше, що треба зробити у кожній задачі – це накреслити схему, згідно варіанту завдання і нанести на неї числові значення елементів (рис. 2.2.).

Всі проміжні розрахунки потрібно виконувати з точністю (розрядністю), яка забезпечує похибку у балансі потужностей не більше 1%.

Завдання знаходиться у джерелі [1]:

Основи теорії кіл. Збірник задач [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка / А. В. Булашенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 4.3 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 154с.

Варіанти задач подані у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Варіанти завдань до розрахунку поодиноких контурів

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3.1	3.6	3.12(a)	3.17(a)	3.18	3.25(a)	3.24(a)	3.30	3.34(a)	3.37
2	3.2(a)	3.7	3.12(б)	3.17(б)	3.19	3.25(б)	3.24(б)	3.31(a)	3.34(б)	3.38(a)
3	3.2(б)	3.8	3.13(a)	3.17(в)	3.20	3.26(a)	3.24(в)	3.31(б)	3.34(в)	3.38(б)
4	3.3(a)	3.9(a)	3.13(б)	3.17(г)	3.21(a)	3.26(б)	3.24(г)	3.32(a)	3.34(г)	3.38(в)
5	3.3(б)	3.9(б)	3.14(a)	3.17(a)	3.21(б)	3.27(a)	3.24(a)	3.32(б)	3.34(д)	3.39
6	3.4(a)	3.10	3.14(б)	3.17(б)	3.22(a)	3.27(б)	3.24(б)	3.33(a)	3.34(ж)	3.40
7	3.4(б)	3.11(a)	3.15	3.17(в)	3.22(б)	3.28(a)	3.24(в)	3.33(б)	3.35	3.41(a)
8	3.5	3.11(б)	3.16(a)	3.17(г)	3.22(в)	3.28(б)	3.24(г)	3.30	3.36(a)	3.41(б)
9	3.1	3.6	3.16(б)	3.17(a)	3.23(a)	3.29(a)	3.24(a)	3.31(a)	3.36(б)	3.42
10	3.2(a)	3.7	3.12(a)	3.17(б)	3.23(б)	3.29(б)	3.24(б)	3.31(б)	3.34(a)	3.43
11	3.2(б)	3.8	3.12(б)	3.17(в)	3.23(в)	3.29(в)	3.24(в)	3.32(a)	3.34(б)	3.44
12	3.3(a)	3.9(a)	3.13(a)	3.17(г)	3.18	3.29(г)	3.24(г)	3.32(б)	3.34(в)	3.45
13	3.3(б)	3.9(б)	3.13(б)	3.17(a)	3.19	3.25(a)	3.24(a)	3.33(a)	3.34(г)	3.37
14	3.4(a)	3.10	3.14(a)	3.17(б)	3.20	3.25(б)	3.24(б)	3.33(б)	3.34(д)	3.38(a)
15	3.4(б)	3.11(a)	3.14(б)	3.17(в)	3.21(a)	3.26(a)	3.24(в)	3.30	3.34(ж)	3.38(б)
16	3.5	3.11(б)	3.15	3.17(г)	3.21(б)	3.26(б)	3.24(г)	3.31(a)	3.35	3.38(в)
17	3.1	3.6	3.16(a)	3.17(a)	3.22(a)	3.27(a)	3.24(a)	3.31(б)	3.36(a)	3.39
18	3.2(a)	3.7	3.16(б)	3.17(б)	3.22(б)	3.27(б)	3.24(б)	3.32(a)	3.36(б)	3.40
19	3.2(б)	3.8	3.12(a)	3.17(в)	3.22(в)	3.28(a)	3.24(в)	3.32(б)	3.34(a)	3.41(a)
20	3.3(a)	3.9(a)	3.12(б)	3.17(г)	3.23(a)	3.28(б)	3.24(г)	3.33(a)	3.34(б)	3.41(б)
21	3.3(б)	3.9(б)	3.13(a)	3.17(a)	3.23(б)	3.29(a)	3.24(a)	3.33(б)	3.34(в)	3.42
22	3.4(a)	3.10	3.13(б)	3.17(б)	3.23(в)	3.29(б)	3.24(б)	3.30	3.34(г)	3.43
23	3.4(б)	3.11(a)	3.14(a)	3.17(в)	3.18	3.29(в)	3.24(в)	3.31(a)	3.34(д)	3.44
24	3.5	3.11(б)	3.14(б)	3.17(г)	3.19	3.29(г)	3.24(г)	3.31(б)	3.34(ж)	3.45
25	3.1	3.6	3.15	3.17(a)	3.20	3.25(a)	3.24(a)	3.32(a)	3.35	3.37
26	3.2(a)	3.7	3.16(a)	3.17(б)	3.21(a)	3.25(б)	3.24(б)	3.32(б)	3.36(a)	3.38(a)
27	3.2(б)	3.8	3.16(б)	3.17(в)	3.21(б)	3.26(a)	3.24(в)	3.33(a)	3.36(б)	3.38(б)
28	3.3(a)	3.9(a)	3.12(a)	3.17(г)	3.22(a)	3.26(б)	3.24(г)	3.33(б)	3.34(a)	3.38(в)
29	3.3(б)	3.9(б)	3.12(б)	3.17(a)	3.22(б)	3.27(a)	3.24(a)	3.30	3.34(б)	3.39
30	3.4(a)	3.10	3.13(a)	3.17(б)	3.22(в)	3.27(б)	3.24(б)	3.31(a)	3.34(в)	3.40

## 2 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО СКЛАДУ ТА ВИКОНАННЯ ДКР

Домашня контрольна робота (ДКР) повинна включати такі складові частини:

1. Титульний аркуш з номером варіанта (див. додаток А).
2. Зміст (із нумерацією розділів, підрозділів, сторінок).
3. Розділ. Розрахунок задач на тему лінійні кола постійного струму
  - розрахунок кола за допомогою законів Кірхгофа;
  - Розрахунок кола методом суперпозиції;
  - розрахунок струмів за МКС або МВН, баланс;
  - розрахунок кіл із керованими джерелами;
  - розрахунок кола за МEG.
4. Розділ. Розрахунок задач на тему лінійні кола гармонічного струму
  - розрахунок простих кіл за допомогою законів Кірхгофа;
  - розрахунок схем заміщення;
  - розрахунок кіл на добротність гілки;
  - розрахунок кіл методом еквівалентного генератора;
5. Розділ. Розрахунок задач на тему поодинокий коливальний контур
  - розрахунок поодиноких послідовних контурів;
  - розрахунок поодиноких паралельних контурів;
  - розрахунок контурів із магнітними зв'язками.
6. Список літератури.

Оформлення ДКР здійснюється на папері формату А4 з одного боку друкованим способом або вручну. При виконанні роботи необхідно всі значення струмів та напруг безпосередньо проставити на схемі із урахуванням напрямку.

Захист роботи здійснюється викладачу, що викладає практичні заняття або лектору із дисципліни на підставі правильно виконаної роботи. Захист окремої частини ДКР теж можна здійснювати окремо не пізніше, як за тиждень, після того, як вона була перевірена та допущена до захисту.

## **3 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ ДКР**

### **3.1 Загальні положення**

1. Перед виконанням ДКР необхідно ознайомитися із вказівками, що наведені у даному посібнику та самостійного опрацювання матеріалів лекційних та практичних матеріал за відповідними темами.

2. Необхідно проаналізувати схему електричного кола: з'ясувати можливість її спрощення та зрозумілого зображення, з'ясувати, скільки гілок, вузлів та незалежних контурів вона містить. Індокси струмів у гілках рекомендується вибрати такими ж, як і індокси у елементів даної гілки.

5. Розв'язання завдання обов'язково пояснювати текстом, тобто вказувати закони, на основі яких складені рівняння, зміст перетворень у схемах та формулах, послідовність дій, коментувати одержані результати.

6. Для усунення помилок при числових розрахунках всі значення величин наявну підставляти у формули, щоб викладач міг робити певні перевірки розрахунків. Закруглення здійснювати до трьох значимих чисел.

7. Проаналізувати у процесі розв'язання завдання одержані результати - чи реальні знайдені значення

8. Перевірити правильність одержаних результатів будь-яким способом, наприклад, розв'язавши задачу іншим методом, перевірити виконання законів Кірхгофа.

### 3.2. Приклади розрахунку лінійних кіл постійного струму

Приклади розрахунку кіл постійного струму можна подивитися у [3]:

Основи теорії кіл. Розрахунок лінійних електричних кіл постійного струму. Практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка / А. В. Булашенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 2.589 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 83с.

**Приклад 3.1.** У колі (рис. 3.1) знайти всі струми та напруги. Перевірити виконання закону балансу потужностей. Зробити висновок про режими роботи кожного із джерел. Числові значення елементів наведені на схемі: опори – кОм, струми – мА, напруги – В.

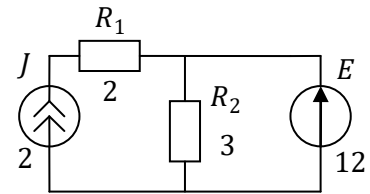


Рисунок 3.1 - Схема

#### Розв'язання

За законом Ома

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{12}{3} = 4 \text{ мА.}$$

За першим законом Кірхгофа (рис. 3.2, вузол А)

$$I_E = I_2 - J = 4 - 2 = 2 \text{ мА.}$$

За законом Ома:

$$U_1 = JR_1 = 2 \cdot 2 = 4 \text{ В;}$$

$$U_2 = I_2 R_2 = 4 \cdot 3 = 12 \text{ В.}$$

За другим законом Кірхгофа (рис. 3.2)

$$U_J = U_1 + U_2 = 4 + 12 = 16 \text{ В.}$$

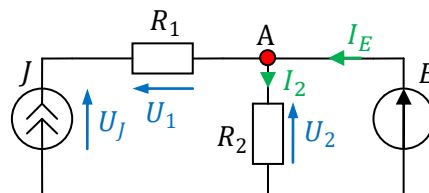


Рисунок 3.2 – Визначення напрямків струмів та напруг

Перевіримо виконання закону балансу потужностей (рис. 3.2).

Потужність споживачів

$$P_{\text{СП}} = J^2 R_1 + I_2^2 R_2 = 2^2 \cdot 2 + 4^2 \cdot 3 = 8 + 48 = 56 \text{ мВт.}$$

Потужність джерел (рис. 2.12)

$$P_{\text{ДЖ}} = P_E + P_J = E \cdot I_E + J \cdot U_J = 12 \cdot 2 + 2 \cdot 16 = 24 + 32 = 56 \text{ мВт.}$$

Оскільки  $P_{\text{СП}} = P_{\text{ДЖ}}$ , то закон балансу потужностей виконується.

Оскільки  $P_E = 24 \text{ мВт} > 0$ , то джерело напруги  $E$  віддає енергію у коло, а  $P_J = 32 \text{ мВт} > 0$ , то джерело струму  $J$  віддає енергію у коло.

**Відповідь:**  $I_2 = 4 \text{ мА}$ ,  $I_E = 2 \text{ мА}$ ,  $u_1 = 4 \text{ В}$ ,  $u_J = 16 \text{ В}$ ,  $P = 56 \text{ мВт}$ .

**Приклад 3.2.** У колі (рис. 3.3) методом еквівалентного генератора знайти струм через опір  $R_3$ . Визначити параметри еквівалентного генератора. Числові значення елементів наведені на схемі: опори в кОм, струми – мА, напруги – В.

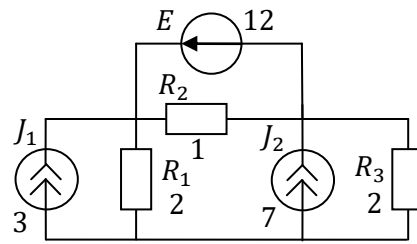


Рисунок 3.3 – Початков схема

*Розв'язання*

Визначимо струм через опір  $R_3$  методом еквівалентного генератора. Для цього у колі (рис. 3.3) від'єднаємо опір  $R_3$  та визначимо параметри еквівалентного генератора (рис. 3.4 а) відносно вузлів а та б.

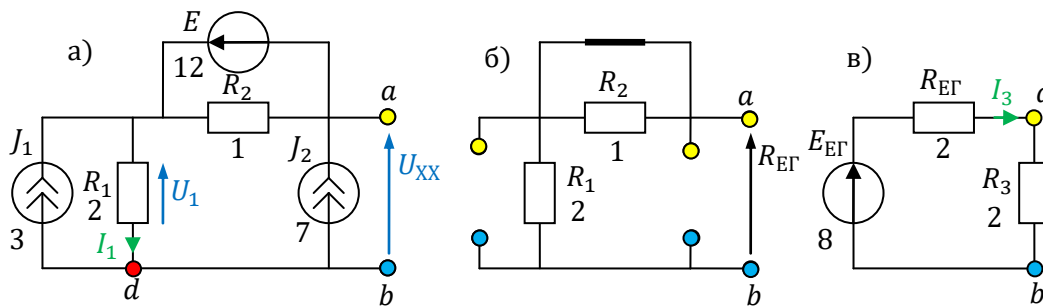


Рисунок 3.4 – Еквівалентні схеми згідно МЕТ

За першим законом Кірхгофа (вузол а, рис. 3.4 а)

$$I_1 = J_1 + J_2 = 3 + 7 = 10 \text{ мА.}$$

Напруга за законом Ома

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 10 \cdot 2 = 20 \text{ В.}$$

За другим законом Кірхгофа

$$U_{XX} = u_1 - E = 20 - 12 = 8 \text{ В.}$$

За методом еквівалентного генератора

$$E_{EG} = U_{XX} = 8 \text{ В.}$$

У колі (рис. 3.4 а) замінимо джерела  $J_1$ ,  $J_2$  та  $E$  їх внутрішніми опорами (рис. 3.4 б) і визначимо опір еквівалентного генератора відносно вузлів а та б.

$$R_{EG} = R_1 = 2 \text{ кОм.}$$

Представимо коло (рис. 3.3) відносно  $R_3$  еквівалентним генератором (рис. 3.4 в) і визначимо струм відносно вузлів а та б.

$$I_3 = \frac{E_{EG}}{R_{EG} + R_3} = \frac{8}{2 + 2} = 2 \text{ мА.}$$

Відповідь:  $E_{EG} = 8 \text{ В}$ ;  $R_{EG} = 2 \text{ кОм}$ ,  $I_3 = 2 \text{ мА}$ .

**Приклад 3.3.** У колі (рис. 3.5) навести матрицю провідностей відносно вузлів а, b, 0 та записати у матрицю керовані джерела. Дати пояснення, чому саме так. На схемі: опори в кОм, напруги у В, струми в мА.

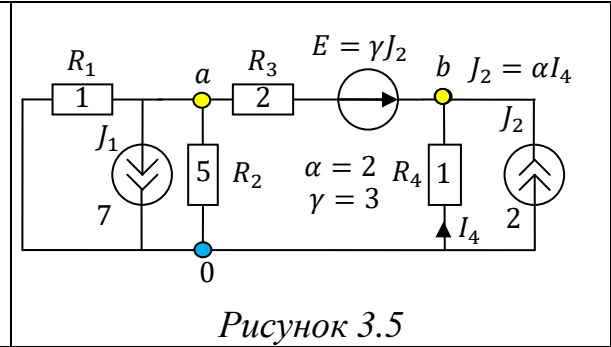


Рисунок 3.5

*Розв'язання*

Спочатку складемо матрицю провідностей. Для цього скористаємося методом вузлових напруг (МВН). Спочатку перетворимо джерело напруги на джерело струму

$$J_3 = \frac{E}{R_3} = \frac{\gamma J_2}{R_3} = \gamma g_3 J_2.$$

Пронумеруємо вузли та проставимо додатні напрямки вузлових напруг (рис. 3.6).

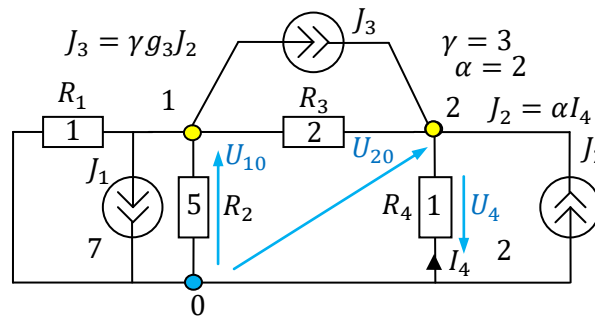


Рисунок 3.6 – Еквівалентна схема для МВН

Сформуємо систему рівнянь на осевій МВН

$$\begin{bmatrix} J_1 + J_3 \\ J_2 - J_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_3 + g_3 + g_3 & -g_3 \\ -g_3 & g_3 + g_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{10} \\ U_{20} \end{bmatrix}.$$

Визначимо вираз керованих джерел через вузлові напруги

$$J_2 = \alpha I_4 = -\alpha g_4 U_{20};$$

$$J_3 = \gamma g_3 J_2 = -\alpha \gamma g_3 g_4 U_{20}.$$

Підставимо у систему вирази керованих джерел

$$\begin{bmatrix} J_1 - \alpha \gamma g_3 g_4 U_{20} \\ -\alpha g_4 U_{20} + \alpha \gamma g_3 g_4 U_{20} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_1 + g_2 + g_3 & -g_3 \\ -g_3 & g_3 + g_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{10} \\ U_{20} \end{bmatrix}.$$

Перенесемо вираз керованих джерел із матриці джерел струму у матрицю провідностей

$$\begin{bmatrix} I_1 - \alpha\gamma g_3 g_4 U_{20} \\ -\alpha g_4 U_{20} + \alpha\gamma g_3 g_4 U_{20} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_1 + g_2 + g_3 & -g_3 \\ -g_3 & g_3 + g_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{10} \\ U_{20} \end{bmatrix}.$$

Сформуємо матрицю провідностей, що у результаті утворилася

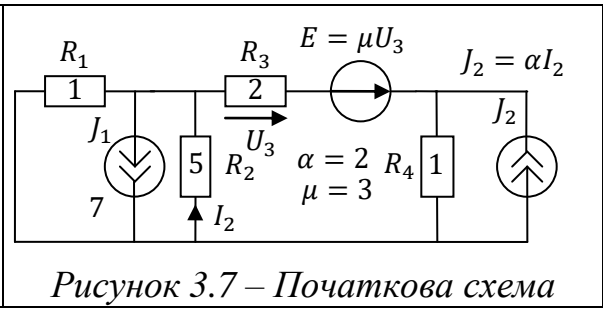
$$\begin{aligned} G &= \begin{bmatrix} g_1 + g_2 + g_3 & -g_3 + \alpha\gamma g_3 g_4 \\ -g_3 & g_3 + g_4 - \alpha\gamma g_3 g_4 + \alpha g_4 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 1 + 0.2 + 0.5 & -0.5 + 2 \cdot 3 \cdot 0.5 \cdot 1 \\ -0.5 & 0.5 + 1 - 2 \cdot 3 \cdot 0.5 \cdot 1 + 2 \cdot 1 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 1.7 & 2.5 \\ -0.5 & 0.5 \end{bmatrix} \text{ мСім.} \end{aligned}$$

Провідності елементів розраховані нижче

$$\begin{aligned} g_1 &= \frac{1}{R_1} = \frac{1}{1} = 1 \text{ мСім}; & g_2 &= \frac{1}{R_2} = \frac{1}{5} = 0.2 \text{ мСім}; \\ g_3 &= \frac{1}{R_3} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ мСім}; & g_4 &= \frac{1}{R_4} = \frac{1}{1} = 1 \text{ мСім}. \end{aligned}$$

Відповідь:  $G = \begin{bmatrix} 1.7 & 2.5 \\ -0.5 & 0.5 \end{bmatrix} \text{ мСім.}$

**Приклад 3.4.** У колі (рис. 3.7) навести матрицю опорів та записати у матрицю керовані джерела. Дати пояснення, чому саме так. На схемі: опори в кОм, напруги у В, струми в мА.



*Розв'язання*

Складемо матрицю опорів. Для цього скористаємося методом контурних струмів (МКС). Спочатку перетворимо джерело струму в джерело напруги

$$E_1 = J_1 \cdot R_1 = 7 \cdot 1 = 7 \text{ В};$$

$$E_2 = J_2 \cdot R_4 = \alpha I_2 \cdot R_4 = \alpha R_4 \cdot I_2.$$

Пронумеруємо контури та проставимо додатні напрямки контурних струмів за годинниковою стрілкою (рис. 3.8).

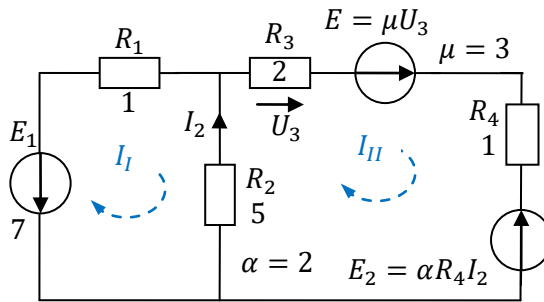


Рисунок 3.8 – Еквівалентна схема для МВН

Сформуємо систему рівнянь на осевій МВН

$$\begin{bmatrix} -E_1 \\ E - E_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 \\ -R_2 & R_2 + R_3 + R_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_I \\ I_{II} \end{bmatrix}.$$

Визначимо вираз керованих джерел через вузлові напруги

$$E_2 = \alpha R_4 \cdot I_2 = \alpha R_4 \cdot (I_{II} - I_I);$$

$$E = \mu U_3 = -\mu I_{II} \cdot R_3 = -\mu R_3 \cdot I_{II}.$$

Підставимо у систему вирази керованих джерел

$$\begin{bmatrix} -E_1 \\ -\mu R_3 \cdot I_{II} - \alpha R_4 \cdot I_{II} + \alpha R_4 \cdot I_I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 \\ -R_2 & R_2 + R_3 + R_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_I \\ I_{II} \end{bmatrix}.$$

Перенесемо вираз керованих джерел із матриці джерел напруги у матрицю опорів

$$\left[ \begin{array}{c} -\mu R_3 \cdot I_{II} \\ -\alpha R_4 \cdot I_{II} \\ \alpha R_4 \cdot I_I \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{cc} R_1 + R_2 & -R_2 \\ -R_2 & R_2 + R_3 + R_4 \end{array} \right] \cdot \left[ \begin{array}{c} I_I \\ I_{II} \end{array} \right].$$

Сформуємо матрицю опорів, що у результаті утворилася

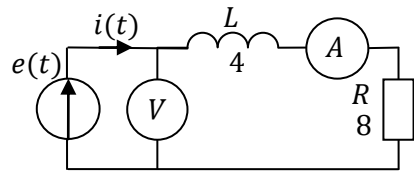
$$\begin{aligned} R &= \begin{bmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 \\ -R_2 - \alpha R_4 & R_2 + R_3 + R_4 + \alpha R_4 + \mu R_3 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 1 + 5 & -5 \\ -5 - 2 \cdot 1 & 5 + 2 + 1 + 2 \cdot 1 + 3 \cdot 2 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 6 & -5 \\ -7 & 16 \end{bmatrix} \text{ кОм.} \end{aligned}$$

Відповідь:  $R = \begin{bmatrix} 6 & -5 \\ -7 & 16 \end{bmatrix} \text{ кОм.}$

### 3.3. Приклади розрахунку лінійних кіл гармонічного струму

Приклади розрахунку кіл гармонічного струму можна подивитися у [4]:

Основи теорії кіл. Розрахунок лінійних електричних кіл змінного струму. Практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка / А. В. Булашенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 1.918 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 62с.

<p><b>Приклад 3.3.</b> У колі (рис. 3.9) знайти струм <math>i(t)</math>, показання вольтметра та амперметра. Побудувати векторну діаграму струмів та напруг. Напруга на вході кола на частоті <math>\omega = 4 \cdot 10^6</math> рад/с є <math>e(t) = 32 \cos(\omega t - 10^\circ)</math> В. Числові значення елементів кіл задані на схемі: опори в кОм, індуктивності в мГн.</p>	 <p>Рисунок 3.9 – Початкова схема</p>
--	--

#### Розв'язання

Розрахунки будемо здійснювати у одиницях: індуктивність – мГн, ємність – нФ, опір – кОм, частота  $[\omega]$  – рад/мкс.

Комплексний опір індуктивності

$$Z_L = j\omega L = j \cdot 4 \cdot 2 = 8j \text{ кОм.}$$

Еквівалентний опір

$$Z_E = R + Z_L = 8 + 8j = |Z_E|e^{j\varphi} = 8\sqrt{2}e^{j45^\circ} \text{ кОм.}$$

Використали формули представлення комплексних чисел

$$|Z_E| = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{8^2 + 8^2} = 8\sqrt{2}, \quad \varphi = \arctg\left(\frac{b}{a}\right) = \arctg\left(\frac{8}{8}\right) = 45^\circ.$$

Комплексна амплітуда напруги

$$\dot{E} = E_m \cdot e^{j\varphi_e} = 32 \cdot e^{-j10^\circ} \text{ В.}$$

Закон Ома

$$\dot{i} = \frac{\dot{E}}{Z_E} = \frac{32e^{-j10^\circ}}{8\sqrt{2}e^{j45^\circ}} = 2\sqrt{2}e^{-j55^\circ} \text{ мА.}$$

Гармонічний струм

$$i(t) = 2\sqrt{2} \cdot \cos(\omega t - 55^\circ), \quad \text{мА.}$$

Отже вольтметр та амперметр покажуть

$$U_V = E_D = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{32}{\sqrt{2}} = 16\sqrt{2} \text{ В;}$$

$$I_A = I_D = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 2 \text{ мА.}$$

Побудуємо векторну діаграму (рис. 3.10).

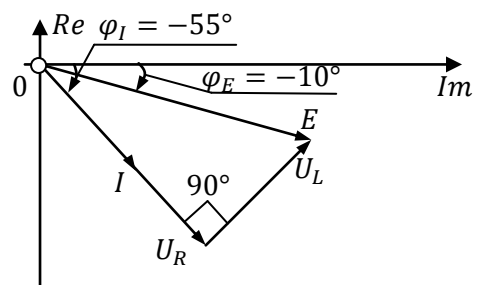


Рисунок 3.10 – Векторна діаграма струмів та напруг

**Відповідь:** а)  $i(t) = 2\sqrt{2} \cos(\omega t - 55^\circ)$  мА,  $I_A = 2$  мА,  $U_V = 16\sqrt{2}$  В.

**Задача 3.4.** У колі (рис. 3.11) визначити:  $Z_C$ ,  $Z_L$ ,  $R_1$  та  $R_2$ . Відомо, що активна потужність  $P_1 = P_2 = 10$  мВт, діючі значення напруг визначаються  $E = U_C = 5$  В.

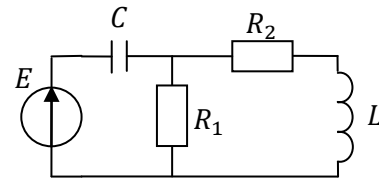


Рисунок 3.11 – Початкова схема

*Розв'язання*

На резонансі вхідний опір кола активний, оскільки реактивні опори компенсують одна одну

Отже, реактивні потужності

$$Q_C + Q_L = 0$$

Отже повна потужність джерела

$$S = P + jQ = P, \quad |S| = P = E \cdot |I|.$$

Звідси діюче значення струму

$$|I| = \frac{|S|}{E} = \frac{P}{E} = \frac{20}{5} = 4 \text{ мА}.$$

Реактивний опір ємності

$$X_C = \frac{u_C}{|I|} = \frac{5}{4} = 1.25 \text{ кОм}, \quad Z_C = 1.25j, \quad \text{кОм}.$$

Реактивна потужність ємності

$$Q_C = |I|^2 \cdot X_C = 4^2 \cdot 1.25 = 20 \text{ мВар}.$$

На резонансі  $Q_C = Q_L = 20$  мВар.

Оскільки вхідний опір кола активний, побудуємо векторну діаграму, що зображена на рис. 3.12 а.

За теоремою Піфагора

$$u_1 = \sqrt{E^2 + u_C^2} = \sqrt{5^2 + 5^2} = 5\sqrt{2} \text{ В}.$$

Активна потужність

$$P_1 = \frac{u_1^2}{R_1}.$$

Звідси визначимо опір

$$R_1 = \frac{u_1^2}{P_1} = \frac{(5\sqrt{2})^2}{10} = 5 \text{ кОм}.$$

Активна та реактивна потужності гілки з індуктивністю

$$P_2 = |I_L|^2 \cdot R_2 = 10 \text{ мВт};$$

$$Q_L = |I_L|^2 \cdot X_L = 20 \text{ мВар}.$$

Відношення потужностей

$$\frac{Q_L}{P_2} = \frac{|I_L|^2 \cdot X_L}{|I_L|^2 \cdot R_2} = \frac{X_L}{R_2} = 2$$

Звідси визначимо  $X_L = 2R_2$ .

Побудуємо векторну діаграму напруг (рис. 3.12 б)  
За теоремою Піфагора

$$u_1 = \sqrt{u_2^2 + u_L^2}.$$

За законом Ома

$$u_2 = |I_L|R_2, \quad u_L = |I_L|X_L.$$

Відношення напруг

$$\frac{u_L}{u_2} = \frac{|I_L|X_L}{|I_L|R_2} = \frac{X_L}{R_2} = 2.$$

Звідси визначимо, що

$$u_L = 2u_2$$

Підставимо у вираз за теоремою Піфагора

$$u_1^2 = u_2^2 + u_L^2 = u_2^2 + 4u_2^2 = 5u_2^2.$$

Звідси одержимо

$$u_2 = \frac{u_1}{\sqrt{5}} = \frac{5\sqrt{2}}{\sqrt{5}} = \sqrt{10} \text{ В.}$$

Тоді напруга

$$u_L = 2u_2 = 2\sqrt{10} \text{ В.}$$

Потужності

$$P_2 = \frac{u_2^2}{R_2}, \quad Q_L = \frac{u_L^2}{X_L}.$$

Звідси визначимо опори

$$R_2 = \frac{u_2^2}{P_2} = \frac{(\sqrt{10})^2}{10} = 1 \text{ кОм}, \quad X_L = \frac{u_L^2}{Q_L} = \frac{(2\sqrt{10})^2}{20} = 2 \text{ кОм}$$

Отже,  $Z_L = jX_L = 2j$ .

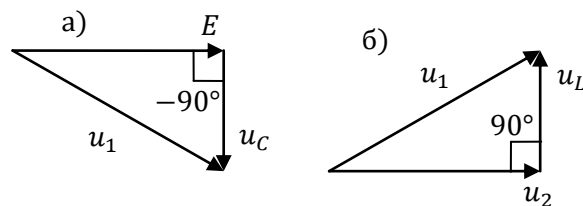


Рисунок 3.12 – Векторні діаграми напруг

Відповідь:  $Z_C = -1.25j$ ,  $Z_L = 2j$ ,  $R_1 = 5$  та  $R_2 = 1$  кОм.

### 3.4 Приклади розрахунку коливальних контурів

Приклади розрахунку поодиноких коливальних контурів можна подивитися у джерелі [5]:

Основи теорії кіл. Розрахунок поодиноких контурів. Практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка / А. В. Булашенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 1.37 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 52с.

**Приклад 3.5.** У послідовному контурі (рис. 3.13) визначити резонансну частоту, добротність контуру, смугу пропускання, споживану активну та реактивні потужності контуру. Числові значення елементів:  $r = 50 \text{ Ом}$ ,  $L = 400 \text{ мкГн}$ ,  $C = 100 \text{ пФ}$  діюче значення напруги  $E = 10 \text{ мВ}$ .

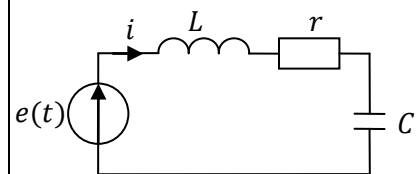


Рисунок 3.13 – Початкова схема

#### Розв'язання

Резонансна частота

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{400 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-12}}} = 5 \cdot 10^6 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{5 \cdot 10^6}{2\pi} \cong 7.9 \cdot 10^5 \text{ Гц} = 790 \text{ кГц.}$$

Характеристичний опір

$$\rho = \omega_0 L = 5 \cdot 10^6 \cdot 400 \cdot 10^{-6} = 2 \text{ кОм.}$$

Добротність контуру

$$Q = \frac{\rho}{r} = \frac{2000}{50} = 40.$$

Смуга пропускання

$$\Pi = \frac{\omega_0}{Q} = \frac{5 \cdot 10^6}{40} = 1.25 \cdot 10^5 \frac{\text{рад}}{\text{с}} = 125 \cdot \frac{\text{рад}}{\text{мс}};$$

$$\Pi_{\text{Гц}} = \frac{f_0}{Q} = \frac{790}{40} = 19.89 \text{ кГц.}$$

Струм у контурі на резонансній частоті

$$I = \frac{E}{r} = \frac{10}{50} = 0.2 \text{ мА.}$$

Активна та реактивні потужності на резонансній частоті

$$P = I \cdot E = 0.2 \cdot 10 = 2 \text{ мВт};$$

$$Q_C = -I^2 X_C = -I^2 \rho = -0.2^2 \cdot 2 = -0.08 \text{ мВАр};$$

$$Q_L = I^2 X_L = I^2 \rho = 0.2^2 \cdot 2 = 0.08 \text{ мВАр.}$$

**Відповідь:**  $\omega_0 = 5 \cdot 10^6 \text{ рад/с}$ ,  $Q = 40$ ,  $\Pi = 125 \text{ рад/мс}$ ,  $\Pi_{\text{Гц}} = 19.89 \text{ кГц}$ ,  
 $P = 2 \text{ мВт}$ ,  $Q_L = 0.08 \text{ мВАр}$ ,  $Q_C = -0.08 \text{ мВАр}$ .

**Приклад 3.6.** У контурі (рис. 3.14) визначити як зміниться смуга пропускання, якщо паралельно до контуру підключити опір  $R = 60$  кОм. На резонансній частоті добротність контуру  $Q_1 = 40$ . Опір втрат контура  $r = 17$  Ом, смуга пропускання  $5 \cdot 10^4$  рад/с.

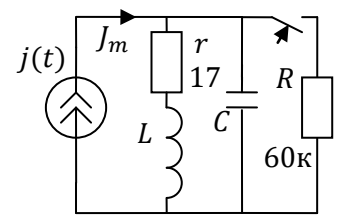


Рисунок 3.14 - Початкова схема

*Розв'язання*

Добротність контуру без врахування опору  $R$  (рис. 3.15 а)

$$Q_1 = \frac{\rho}{r}$$

Звідси визначимо характеристичний опір контуру

$$\rho = Q_1 \cdot r = 40 \cdot 17 = 680 \text{ Ом.}$$

Внесений опір контуру (рис. 3.15 б)

$$r_{BH} = \frac{\rho^2}{R} = \frac{680^2}{60000} = 7.7 \text{ Ом.}$$

Добротність із урахуванням внесеного опору

$$Q_2 = \frac{\rho}{r + r_{BH}} = \frac{680}{17 + 7.7} = 27.53 \cong 28$$

Смуга пропускання контуру

$$\Pi = \frac{\omega_0}{Q}$$

Таким чином, визначимо відношення

$$\frac{\Pi_2}{\Pi_1} = \frac{\frac{\omega_0}{Q_2}}{\frac{\omega_0}{Q_1}} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{40}{28} \cong 1.4 \text{ рази.}$$

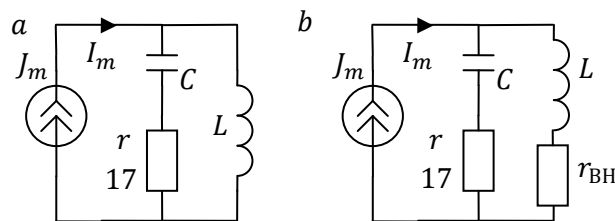


Рисунок 3.15 – Еквівалентні схеми

Відповідь:  $\Pi_2/\Pi_1 = 1.4$  раз.

## 4 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

- 4.1 При оформленні розрахункової роботи використовують формат А4, де текст наноситься з одного боку аркуша. Оформляти також можна за допомогою ЕОМ. На титульному аркуші зазначається назва кафедри, шифр групи, прізвище та ініціали студента та шифр його залікової книжки (см. додаток Б).
- 4.2 Текст, формули та числові розрахунки виконуються чітко та акуратно без помарок.
- 4.3 Електричні схеми зображуються за допомогою креслярських інструментів чи прикладних програм у відповідності до вимог ДЕСТів.
- 4.4 Позначення фізичних величин повинні відповідати вимогам:
- опір електричних активний –  $R$ , або  $r$ ;
  - опір електричний реактивний -  $x$ ;
  - імпеданс -  $Z$ ;
  - провідність електрична активна -  $G$ , або  $g$ ;
  - провідність електрична реактивна -  $b$ ;
  - адмітанс -  $Y$ ;
  - ємність -  $C$ ;
  - індуктивність -  $L$ ;
  - електрорушійна сила (ЕРС) -  $E$ ;
  - напруга -  $U$ ;
  - струм -  $I$ ;
  - потужність активна -  $P$ ;
  - потужність реактивна-  $Q$  ;
  - потужність повна -  $S$ ;
  - частота -  $f$ ;
  - кутова частота -  $\omega$ .
- 4.5 Графіки будуються акуратно за допомогою креслярських інструментів чи прикладних програм з дотриманням масштабу. Осі координат зображують суцільними лініями зі стрілками на кінці, масштаби шкал за осями вибирають рівномірними, починаючи з нуля, з використанням усієї площини графіка. Сітка графіка повинна бути зручною, для визначення проміжних точок. Графіки можна виконувати з використанням прикладного програмного забезпечення.
- 4.6 Векторні діаграми будують у масштабі, який вказується таким чином:  $m_V$  - В/мм,  $m_I$  - мА/мм.
- 4.7 Всі розрахунки надавати у вигляді:  
формула-підстановка числових значень-результат.
- 4.8 У кінці розрахункової роботи ставлять дату її виконання та підпис.

4.9 Якщо під час перевірки роботи викладачем знайдені помилки, то всі необхідні виправлення виконують у кінці роботи у розділі «Робота над помилками». Неможна вносити будь-які виправлення у текст, розрахунки або графіки, перевірені викладачем.

Параметри тексту: відступ зверху та знизу 20 мм, зліва 20 мм, справа 10 мм при книжній орієнтації сторінки та, відповідно, 20мм, 10 мм, 20 мм 20 мм при альбомній орієнтації, колонтитули 15 мм. Текст розміщується з однієї сторони листа.

Кожен розділ починається з нової сторінки та має горизонтальне вирівнювання по центру сторінки без урахування абзацу. Заголовок розділу великими літерами, відокремлюється від основного тексту одним порожнім рядком.

Нумерація розділів і підрозділів арабськими цифрами. Нумерація формул, таблиць, діаграм та малюнків арабськими цифрами усередині кожного розділу.

Зміст виконати у вигляді посилань. Навести список літератури. В колонтитул увести «ОТК. ДКР», номер групи та варіанту, прізвище та ініціали. Титульний лист виконати за зразком (додаток Б).

Загальні положення:

1. Слово «Зміст» записують на першому аркуші (після титульного аркуша із завданням) у вигляді заголовка з великої букви.
2. Номер сторінки проставляють арабськими цифрами в правому верхньому куті сторінки без крапки.
3. Розділи, підрозділи, пункти, підпункти варто нумерувати арабськими цифрами. Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, розділених крапкою, наприклад 1.1, 1.2 і т.д. Розділи і підрозділи розміщати посередині сторінки.
4. Ілюстрації (малюнки, графіки, схеми) необхідно розміщати в оригіналі безпосередньо після тексту або в додатках. Ілюстрація починається словами «Рисунок...», що разом з назвою розміщують після роз'яснювальних даних, наприклад «Рисунок 2.1. Досліджувана схема» або «Рисунок 3.4. Схема для складання рівняння методом контурних струмів».
5. Формули та рівняння в тексті курсової роботи необхідно нумерувати в межах розділу.
6. Список літератури поміщають наприкінці текстового матеріалу (перед додатком). Він повинен містити перерахування джерел, які використані при виконанні роботи. Список включають у зміст.
7. Додатки, якщо вони є, необхідно позначати послідовно великими літерами російського алфавіту, «Додаток А», «Додаток Б» і т.д.
8. Ілюстрації, таблиці, формули та рівняння, які є в тексті додатків, необхідно нумерувати в межах розділу, наприклад рис. Б.3 – третій малюнок додатка Б, таблиця А.2. – друга таблиця додатка А, формула (А.1) – перша формула додатка А.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи теорії кіл. Збірник задач [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка / А. В. Булашенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 4.3 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 154с.
2. Основи теорії та комп'ютерне моделювання електронних кіл: навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / В. Д. Сташук, А.В. Булашенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 6.58 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 400с.
3. Основи теорії кіл. Розрахунок лінійних електричних кіл постійного струму. Практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка / А. В. Булашенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 2.589 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 83с.
4. Основи теорії кіл. Розрахунок лінійних електричних кіл змінного струму. Практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка / А. В. Булашенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 1.918 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 62с.
5. Основи теорії кіл. Розрахунок поодиноких контурів. Практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка / А. В. Булашенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 1.063 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 52с.
6. Основи теорії кіл : підручник для студентів вищих навчальних закладів Ч1 / Ю.О. Коваль, ЛВ. Гринченко, І.О. Милютченко, О.І. Рибін. Компанія СМІТ, 2008,- 560 с.
7. Основи теорії кіл : підручник для студентів вищих навчальних закладів Ч2 / Ю.О. Коваль, ЛВ. Гринченко, І.О. Милютченко, О.І. Рибін. Компанія СМІТ, 2008,- 432 с.

**ДОДАТОК А. Зразок титульного аркушу**

Зразок титульного аркуша

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Радіотехнічний факультет  
Кафедра радіоінженерії

**ДОМАШНЯ КОНТРОЛЬНА РОБОТА**

з дисципліни «Основи теорії кіл»

на тему «\_\_\_\_\_»

Номер варіанта \_\_\_\_

*Керівник:*  
*Викладач* \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

*Виконавець:*  
*ст.* \_\_\_\_\_  
*гр. Рх-*

*Відмітка про захист*  
\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Підпис студента*

Київ 20\_\_

## ДОДАТОК Б. Тригонометричні формули

### Тригонометричні формули

#### 1. Формули додавання аргументів

$$\begin{aligned}\sin(x \pm y) &= \sin x \cos y \pm \cos x \sin y; \\ \cos(x \pm y) &= \cos x \cos y \pm \sin x \sin y; \\ \operatorname{tg}(x \pm y) &= \frac{\operatorname{tg} x \pm \operatorname{tg} y}{1 \mp \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y}; \\ \operatorname{ctg}(x \pm y) &= \frac{\operatorname{ctg} x \operatorname{ctg} y \mp 1}{\operatorname{ctg} y \pm \operatorname{ctg} x}.\end{aligned}$$

#### 2. Формули пониження степеня

$$\begin{aligned}\sin^2 x &= \frac{1 - \cos 2x}{2}; \quad \cos^2 x = \frac{1 + \cos 2x}{2}; \\ \sin^3 x &= \frac{3 \sin x - \sin 3x}{4}; \quad \cos^3 x = \frac{3 \cos x + \cos 3x}{4}; \\ \sin^4 x &= \frac{3 - 4 \cos 2x + \cos 4x}{8}; \quad \cos^4 x = \frac{3 + 4 \cos 2x + \cos 4x}{8}.\end{aligned}$$

#### 3. Формули перетворення добутку функцій

$$\begin{aligned}\sin x \sin y &= \frac{\cos(x - y) - \cos(x + y)}{2}; \\ \sin x \cos y &= \frac{\sin(x + y) + \sin(x - y)}{2}; \\ \cos x \cos y &= \frac{\cos(x + y) + \cos(x - y)}{2}.\end{aligned}$$

#### 4. Формули перетворення суми функцій

$$\begin{aligned}\sin x \pm \sin y &= 2 \sin \frac{x \pm y}{2} \cos \frac{x \mp y}{2}; \\ \cos x + \cos y &= 2 \cos \frac{x + y}{2} \cos \frac{x - y}{2}; \\ \cos x - \cos y &= -2 \sin \frac{x + y}{2} \sin \frac{x - y}{2}; \\ \operatorname{tg} x \pm \operatorname{tg} y &= \frac{\sin(x \pm y)}{\cos x \cos y}; \quad \operatorname{ctg} x \pm \operatorname{ctg} y = \frac{\sin(x \pm y)}{\sin x \sin y}.\end{aligned}$$

#### 5. Формули подвійного та потрійного кутів

$$\begin{aligned}\sin 2x &= 2 \sin x \cos x; \\ \cos 2x &= \cos^2 x - \sin^2 x = 2 \cos^2 x - 1 = 1 - 2 \sin^2 x; \\ \sin 3x &= 3 \sin x - 4 \sin^3 x; \quad \cos 3x = 4 \cos^3 x - 3 \cos x; \\ \operatorname{tg} 2x &= \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 - \operatorname{tg}^2 x}; \quad \operatorname{ctg} x = \frac{\operatorname{ctg}^2 x - 1}{2 \operatorname{ctg} x}; \quad \operatorname{tg} 3x = \frac{3 \operatorname{tg} x - \operatorname{tg}^3 x}{1 - 3 \operatorname{tg}^2 x}; \\ \operatorname{ctg} 3x &= \frac{3 \operatorname{ctg}^2 x - 1}{2 \operatorname{ctg} x} = \frac{3 \operatorname{ctg} x - \operatorname{ctg}^3 x}{1 - 3 \operatorname{ctg}^2 x}.\end{aligned}$$

6. Допоміжний аргумент:

$$a \sin x \pm b \cos x = \sqrt{a^2 + b^2} \sin \left( x \pm \arcsin \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right);$$

$$a \cos x \pm b \sin x = \sqrt{a^2 + b^2} \cos \left( x \mp \arccos \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right).$$

7. Формули Ейлера

$$\sin x = \frac{e^{jx} - e^{-jx}}{2j}; \quad \cos x = \frac{e^{jx} + e^{-jx}}{2};$$

$$e^{jx} = \cos x + j \sin x; \quad e^{-jx} = \cos x - j \sin x.$$

8. Деякі значення тригонометричних функцій

Кут $x$	$\sin x$	$\cos x$	$\operatorname{tg} x$	$\operatorname{ctg} x$
0	0	1	0	-
$\pi/6$	1/2	$\sqrt{3}/2$	$1/\sqrt{3}$	$\sqrt{3}$
$\pi/4$	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{2}/2$	1	1
$\pi/3$	$\sqrt{3}/2$	1/2	$\sqrt{3}$	$1/\sqrt{3}$
$\pi/2$	1	0	-	0
$2\pi/3$	$\sqrt{3}/2$	-1/2	$-\sqrt{3}$	$-1/\sqrt{3}$
$3\pi/4$	$\sqrt{2}/2$	$-\sqrt{2}/2$	-1	-1
$5\pi/6$	1/2	$-\sqrt{3}/2$	$-1/\sqrt{3}$	$-\sqrt{3}$
$\pi$	0	-1	0	-
$2\pi$	0	1	0	-

9. Формули зведення

Аргумент $\beta$	Тригонометричні функції			
	$\sin \beta$	$\cos \beta$	$\operatorname{tg} \beta$	$\operatorname{ctg} \beta$
$\alpha + \pi/2$	$\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$
$\alpha + \pi$	$-\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$
$\alpha + 3\pi/2$	$-\cos \alpha$	$\sin \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$
$\alpha + 2\pi$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$
$-\alpha$	$-\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$
$-\alpha + \pi/2$	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$
$-\alpha + \pi$	$\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$
$-\alpha + 3\pi/2$	$-\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$
$-\alpha + 2\pi$	$-\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$