

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять з дисципліни

**“ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРОРАДІОЛАНЦЮГІВ”**

Одеса 2010

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять з дисципліни

**“ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРОРАДІОЛАНЦЮГІВ”**

Напрямок підготовки – Гідрометеорологія

" Затверджено"  
методичною комісією факультету КН  
протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2010 р.

Одеса - 2010

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять з дисципліни

**“ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРОРАДІОЛАНЦЮГІВ”**

для студентів 3 курсу гідрометеорологічного інституту

Спеціальність – Метеорологія

Спеціалізація – Радіометеорологія і радіолокація

"Затверджено"

на засіданні методичної комісії  
факультету комп'ютерних наук  
протокол №\_\_ від \_\_\_\_\_ 2010 р.  
Голова комісії

\_\_\_\_\_ Коваленко Л.Б.

"Затверджено"

на засіданні кафедри АСМНС  
протокол №\_\_ від \_\_\_\_\_ 2010 р.  
Зав. каф. АСМНС

\_\_\_\_\_ Корбан В.Х.

Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни “Теорія електрорадіоланцюгів” для студентів 3 курсу денної форми навчання зі спеціальності – “Метеорологія”, спеціалізації - “Радіометеорологія і радіолокація”.

Укладач: Лавріненко Ю.В., к.т.н., доцент, Одеса, ОДЕКУ, 2010 р.

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА .....	4
1 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1 “РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ ЛАНЦЮГІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ” .....	6
2 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2 “РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ ЛАНЦЮГІВ ЗМІННОГО СТРУМУ” .....	10
3 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3 “АНАЛІЗ МАГНІТНИХ ЛАНЦЮГІВ” ..	14
4 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4 “РОЗРАХУНОК КОЛИВАЛЬНИХ ЛАНЦЮГІВ” .....	18
5 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5 “РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В ЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛАНЦЮГАХ” .....	22

## ПЕРЕДМОВА

Дисципліна "Теорія електрорадіоланцюгів" належить до циклу вибіркових дисциплін підготовки фахівців з напрямку 0706 "Гідрометеорологія". Спеціальність – "Метеорологія", спеціалізація – «Радіометеорологія і радіолокація».

Мета дисципліни - підготовка фахівців гідрометеорологів в галузі радіометеорологічного і радіолокаційного забезпечення гідрометеорологічних спостережень навколишнього середовища.

Завдання дисципліни полягає у засвоєнні методів аналізу електричних, магнітних і радіоелектронних ланцюгів, основ спектрального аналізу сигналів.

Загальний обсяг навчального часу, що припадає на вивчення дисципліни, визначається освітньо-професійною програмою.

Дисципліна "Теорія електрорадіоланцюгів" дає можливість засвоїти сучасні засоби радіометеорології і метеорологічної радіолокації. Після вивчення дисципліни студенти повинні мати базові

### **знання:**

- методів аналізу лінійних електричних ланцюгів постійного та змінного струму, магнітних ланцюгів;
- методів аналізу резонансних і перехідних процесів в лінійних ланцюгах із зосередженими параметрами;
- основ спектрального аналізу сигналів та їх фільтрації;

### **уміння:**

- виконувати інженерні розрахунки електрорадіоланцюгів різними методами;
- визначати умови безаварійної роботи електричних та радіо електричних ланцюгів, та їх елементів.

## ЛІТЕРАТУРА

### Основна:

1. Атабеков Т.И. и др. Теоретические основы электротехники, ч. 1 и 2. – М.: "Энергия", 1979.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники,- М.: "Высшая школа", 1978.
3. Лавріненко Ю.В. Теорія електрорадіоланцюгів. ч.1. – Одеса: «Екологія», 2008.

4. Лавріненко Ю.В. Теорія електрорадіоланцюгів. ч. 2. – Одеса: «Екологія», 2009.

5. Нейман Л.Р., Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники, т. 1, т. 2. – Л.: "Энергоиздат", 1981.

Додаткова:

6. Теория электрорадиоцепей. Под ред. А.М. Широкова. – М.: Воениздат, 1980.

7. Шебес М.Р. Задачник по теории линейных электрических цепей. - М. :«Высшая школа», 1982

# ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1

## “Розрахунок та аналіз ланцюгів постійного струму”

**Мета практичного заняття** – одержати практичні навички з розрахунку параметрів ланцюгів постійного струму.

**Завдання на підготовку до практичного заняття.** Під час практичного заняття студент повинен вивчити порядок аналізу і розрахунку ланцюгів постійного струму.

Для виконання практичного заняття студент повинен ознайомитися з літературою [3] с. 6 - 11, [7] с.4 - 30.

### 1.1 Закони Ома і Кірхгофа

1. Записати умову і нарисувати схему, запропоновану викладачем (Задачі 1.1 – 1.4).

2. Проаналізувати схему, виділивши послідовні та паралельні ділянки.

3. Провести перетворення схеми до вигляду, який є зручним для розрахунку, визначивши еквівалентний опір паралельних і послідовних ділянок схеми.

4. Розрахувати струми на всіх гілках схеми і падіння напруг на всіх ділянках і елементах схеми.

### Задача 1.1

Для ланцюга, який представлений на рис.1, знайти еквівалентний опір між точками:  $a - b$ ,  $c - d$ ,  $d - f$ , якщо  $R_1 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 5 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 15 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 30 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 6 \text{ Ом}$ .

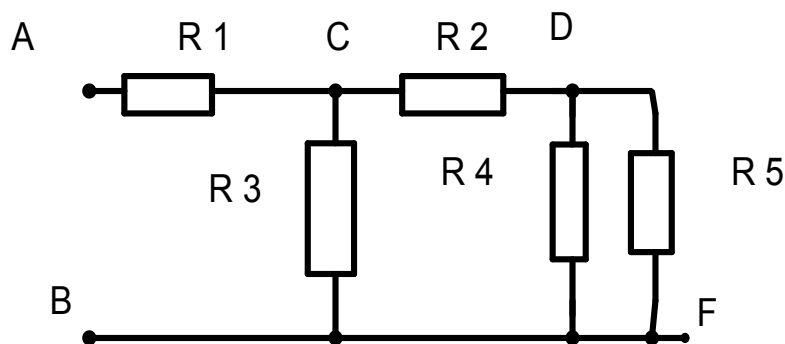


Рис. 1 – Схема до задачі 1.1



### Задача 1.2

В схемі, яка представлена на рис.2, знайти опір  $R_x$ , якщо  $I_1 = 2,6$  А,  $I_3 = 0,6$  А,  $R_1 = 0,5$  Ом,  $R_2 = 1,4$  Ом,  $R_3 = 3$  Ом,  $R_4 = 2,5$  Ом; знайти електрорушійну силу (е.р.с.) батареї, якщо її внутрішній опір  $r = 0,1$  Ом.

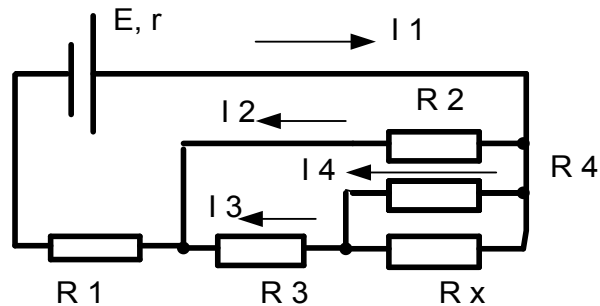


Рис. 2 – Схема до задачі 1.2

### Задача 1.3

В схемі, яка представлена на рис.3, відомі  $R_1 = 1300$  Ом,  $R_2 = 800$  Ом,  $R_3 = 400$  Ом, опір рамки гальванометра -  $R_g = 600$  Ом. Через резистор  $R_1$  протікає струм  $I_1 = 1$  мА. До моста прикладена напруга  $U = 2,5$  В. Знайти величину опору резистора  $R_4$ .

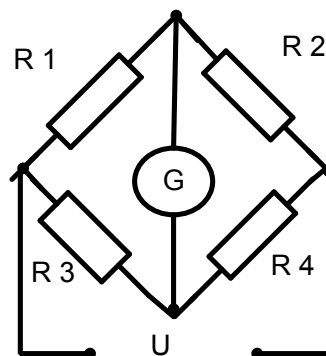


Рис. 3 – Схема до задачі 1.3

### Задача 1.4

При перевірці постійного лічильника електричної енергії  $S$  виявилось, що при струмі  $I = 10$  А і напрузі  $U = 220$  В диск лічильника зробив 730 обертів за 30 с. Визначити помилку в показниках лічильника, якщо на ньому показано, що 1 кВт·год відповідає 400 обертам диска лічильника.

## 1.2 Спеціальні методи розрахунку електричних ланцюгів

1. Записати умову і нарисувати схему, запропоновану викладачем (Задачі 1.5 і 1.6).
2. Скласти рівняння балансу струмів у вузлах (перший закон Кірхгофа).
3. Скласти рівняння балансу напруг в контурах (другий закон Кірхгофа).
4. Вирішіть систему отриманих рівнянь і визначити величини струмів на гілках і падіння напруги на всіх ділянках і елементах схеми.

### Задача 1.5

Методом контурних струмів знайти значення струмів в ланцюзі, схема якого представлена на рис.4. Вихідні дані: напруга джерел  $E_1 = 100$  В,  $E_2 = 30$  В,  $E_3 = 10$  В,  $E_4 = 6$  В; внутрішній опір джерела  $E_4$  дорівнює  $r = 1$  Ом; величини опорів дорівнюють:  $R_1 = 10$  Ом,  $R_2 = 10$  Ом,  $R_4 = 6$  Ом,  $R_5 = 5$  Ом,  $R_6 = 15$  Ом.

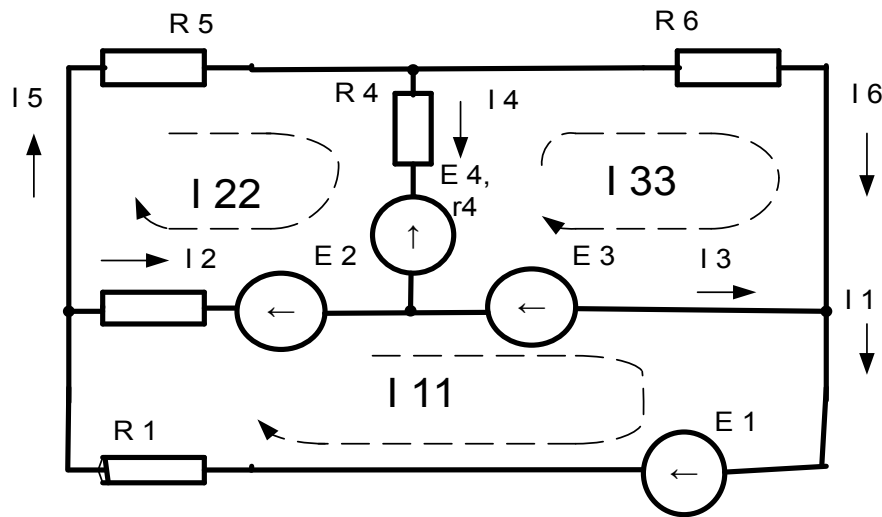


Рис. 4 – Схема до задачі 1.5

### Задача 1.6

Для схеми, яка представлена на рис. 5, використовуючи метод вузлових потенціалів, визначити всі струми. Вихідні дані: напруги джерел  $E_1 = 30$  В,  $E_2 = 10$  В,  $E_3 = 200$  В,  $E_4 = 56$  В; величини опорів дорівнюють  $R_1 = 20$  Ом,  $R_2 = 30$  Ом,  $R_3 = 6$  Ом,  $R_4 = 8$  Ом,  $R_5 = 15$  Ом,  $R_6 = 40$  Ом,  $R_7 = 10$  Ом.

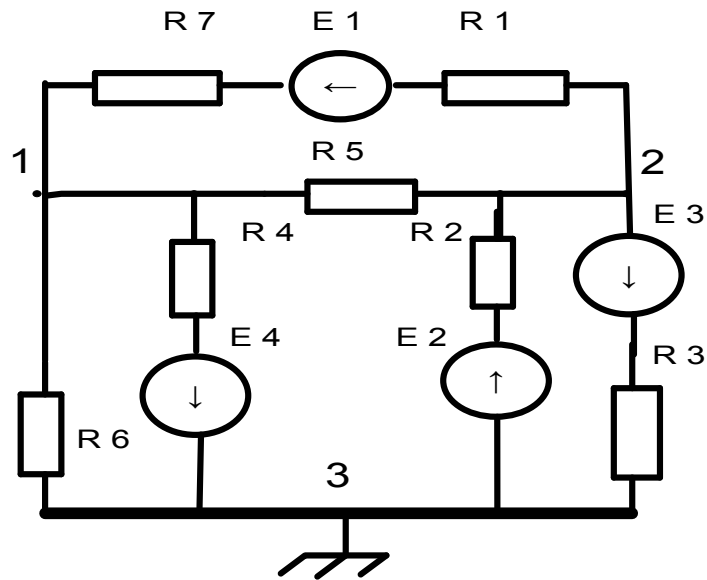


Рис. 5 – Схема до задачі 1.6

### Контрольні запитання

1. Назвіть типові пасивні елементи електричних схем та наведіть їх основні характеристики.
2. Сформулюйте основні правила перетворення схем.
3. Чому дорівнює сумарний опір послідовно включених резисторів?
4. Чому дорівнює сумарна ємність паралельно включених конденсаторів?
5. Чому дорівнює сумарна індуктивність послідовно включених котушок індуктивності?
6. Чому дорівнює сумарна провідність паралельно включених резисторів?
7. Перелічіть основні методи розрахунку складних ланцюгів.
8. Сформулюйте у чому полягає перевага спеціальних методів розрахунку електричних ланцюгів?
9. Сформулюйте правило балансу потужностей.
10. Чи може зовнішня характеристика джерела проходити через початок координат?
11. Який режим (холостий хід або коротке замикання) є аварійним для джерела струму?
12. В чому заключається еквівалентність і різниця паралельної та послідовної схем заміщення джерела?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2

### “Розрахунок та аналіз ланцюгів змінного струму”

**Мета практичного заняття** – одержати практичні навички з розрахунку параметрів ланцюгів змінного струму.

**Завдання на підготовку до практичного заняття.** Під час практичного заняття студент повинен вивчити відповідний матеріал теоретичної частини [3] с.19 - 46; [7] с. 44 - 54, 65 - 78.

#### 2.1 Пасивні елементи електричних ланцюгів в ланцюгах змінного струму

1. Записати умову і нарисувати схему, запропоновану викладачем (Задачі 2.1 – 2. 4).
2. Визначити повний опір навантаження.
3. Розрахувати величини струмів та їх фазові зрушення по відношенню до напруг.
4. Побудувати векторну діаграму напруг і струмів.

##### Задача 2.1.

Котушка з активним опором  $R = 10$  Ом, індуктивністю  $L = 0,05$  Гн підключена до джерела синусоїдальної напруги, діюче значення якої  $U = 120$  В, частота  $f = 50$  Гц. Визначити повний опір котушки, струм, що проходить через неї, зсув фаз між напругою і струмом, активну, реактивну і повну потужності; побудувати векторну діаграму напруг і струму.

##### Задача 2.2

При включенні котушки індуктивності в ланцюг постійного струму амперметр показав  $I = 2,5$  А, а вольтметр  $U = 30$  В. Потім цю ж котушку включили до ланцюга змінного струму частотою  $f = 5$  кГц, при цьому вольтметр показав  $U = 120$  В, а амперметр  $I = 6$  А. Чому дорівнюють активний опір котушки  $R$  та індуктивність  $L$ ? Визначити повний опір котушки, струм, який проходить через неї, зсув фаз між напругою і струмом, активну, реактивну і повну потужності; побудувати векторну діаграму напруг і струму.

### Задача 2.3

До послідовно з'єднаного резистора з опором  $R = 120 \text{ Ом}$  і конденсатором ємністю  $C = 30 \text{ мкФ}$  підведена змінна напруга  $u(t) = 311 \sin 314t \text{ В}$ . Обчислити повний опір ланцюга, діючі значення напруг і струму, активну, реактивну і повну потужність; побудувати векторну діаграму напруг і струму.

### Задача 2.4

В ланцюзі, який представлений на рис. 6, на ділянці  $R_1, C_1$  напруга  $U_1 = 24 \text{ В}$  з кутовою частотою  $\omega = 5000 \text{ 1/с}$ . Номінали елементів схеми  $R_1 = 30 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 40 \text{ Ом}$ ,  $C_1 = 5 \text{ мкФ}$ ,  $C_2 = 1 \text{ мкФ}$ . Визначити величину напруги  $U$ , прикладену до всього ланцюга.

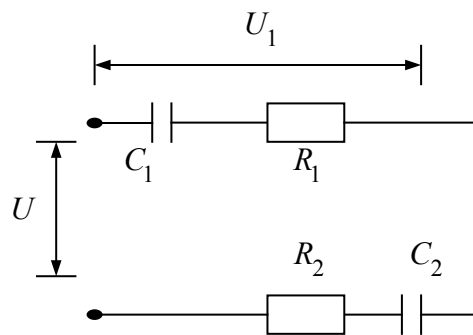


Рис. 6 – Схема до задачі 2.4

## 2.2. Застосування різних методів розрахунку ланцюгів змінного струму

Записати умову і нарисувати схему, запропоновану викладачем (Задачі 2.5 – 2. 6).

### Задача 2.5

У ланцюзі, зображеному на рис.7, дані величини:  $Z_1 = Z_2 = (50 + j30) \text{ Ом}$ ,  $Z_3 = 100 \text{ Ом}$ ,  $E_1 = 100 \text{ В}$ ,  $E_2 = 100 \cdot \exp[-j30^\circ] \text{ В}$ . Визначити всі струми методами: контурних струмів, вузлових потенціалів; визначити баланс активних потужностей.

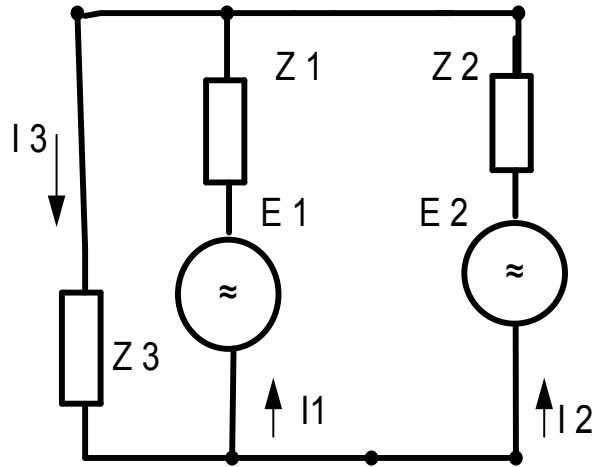


Рис. 7 – Схема для задачі 2.5

### Задача 2.6

Визначити показання амперметра, включеного в ланцюг, що зображений на рис.8. Вихідні дані:  $E = 40\text{ В}$ ,  $R_1 = 200\text{ Ом}$ ,  $R_2 = 160\text{ Ом}$ ,  $R_3 = 120\text{ Ом}$ ,  $R_4 = 80\text{ Ом}$ ,  $X_c = 60\text{ Ом}$ .

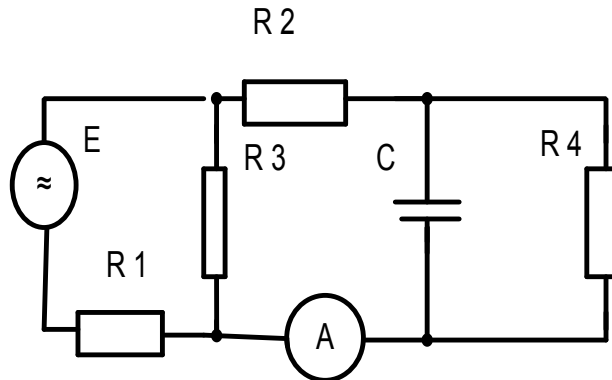


Рис. 8 – Схема до задачі 2.6

### Контрольні запитання

1. Який практичний зміст має зображення синусоїдальних величин за допомогою векторів?
2. Перерахуйте порядок побудови діаграм.
3. Який практичний зміст має зображення синусоїдальних величин за допомогою комплексних чисел?

4. В чому полягає перевага зображення синусоїдальних величин за допомогою комплексів у порівнянні з їх векторним представленням?
5. В чому суть реактивних опорів?
6. Яке співвідношення фаз напруги і струму у чисто ємнісного елемента?
7. Яке співвідношення фаз напруги і струму у чисто індуктивного елемента?
8. Що таке трикутник опорів і як він будується?
9. Який із пасивних елементів можна використовувати як шунт для спостереження за формою струму?
10. Що таке активна потужність?
11. Що таке реактивна потужність?
12. Що таке повна потужність?
13. Як будується трикутник потужностей?
14. Чому потрібно прагнути до підвищення коефіцієнта потужності ( $\cos\varphi$ )?
15. Критерієм чого служить баланс потужностей?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №3

### ”Аналіз магнітних ланцюгів”

**Мета практичного заняття** – одержати практичні навички з аналізу параметрів магнітних ланцюгів.

**Завдання на підготовку до практичного заняття.** Під час практичного заняття студент повинен вивчити відповідний матеріал теоретичної частини [4] с. 13 - 29; [7] с. 44 - 54, 65 - 78.

#### **3.1 Аналіз і розрахунок параметрів магнітних ланцюгів, пряма задача**

1. Записати умову і нарисувати схему, запропоновану викладачем (Задача 3.1-3.3).
2. Виділити магнітні контури.
3. Розрахувати первинні параметри магнітного ланцюга.

#### **Задача 3.1**

Визначити магнітний опір ділянки ланцюга довжиною  $l = 10$  см, площею поперечного перетину  $S = 10$  см<sup>2</sup> і падіння магнітної напруги на ньому, якщо відносна магнітна проникність дорівнює  $\mu = 5 \cdot 10^3$ , а магнітна індукція  $B = 0,8$  Тл.

#### **Задача 3.2**

Вихідні дані: геометричні розміри нерозгалуженого магнітного ланцюга (рис. 9); характеристика  $B = f(H)$  (крива намагнічення) ферромагнітного матеріалу, з якого виконаний магнітний ланцюг (рис.10, крива 1). Потрібно утворити в магнітному ланцюзі магнітний потік  $\hat{O} = 2$  Вб. Знайти намагнічуючу силу обмотки  $F = IW$ , де  $I$  – величина струму в обмотці,  $W$  – кількість витків обмотки.



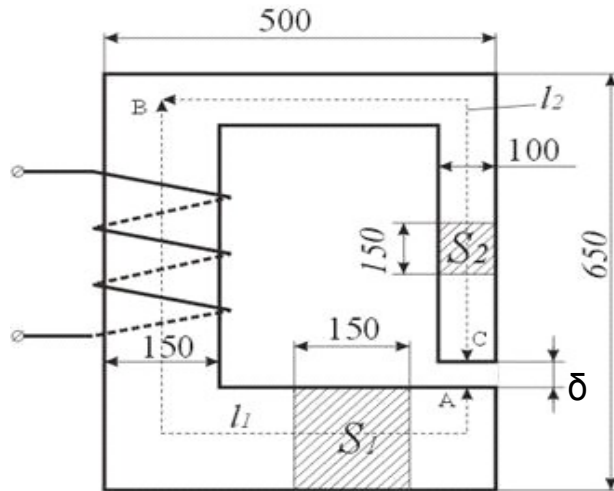


Рис. 9 – Схема до задачі 3.2

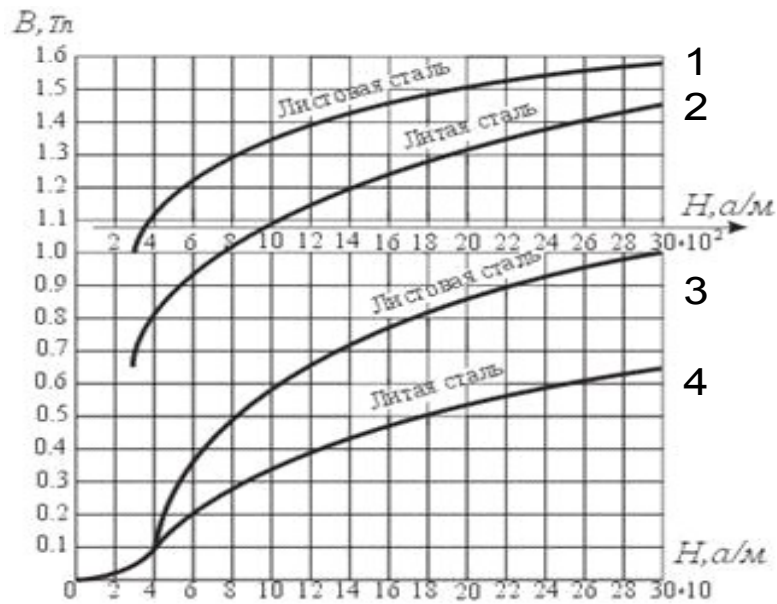


Рис. 10 – Схема до задачі 3.2

### Задача 3.3

Вихідні дані: форма і геометричні розміри магнітного ланцюга (рис.11); повітряний зазор шириною  $\delta = 0,3$  см; залежність  $\hat{A} = f(H)$  для матеріалу магнітного ланцюга (див. рис.10, крива 3); струм в обмотці  $I = 200$  мА. Визначити кількість витків обмотки, необхідних для отримання магнітної індукції  $\hat{A}_i = 0,8$  Тл.

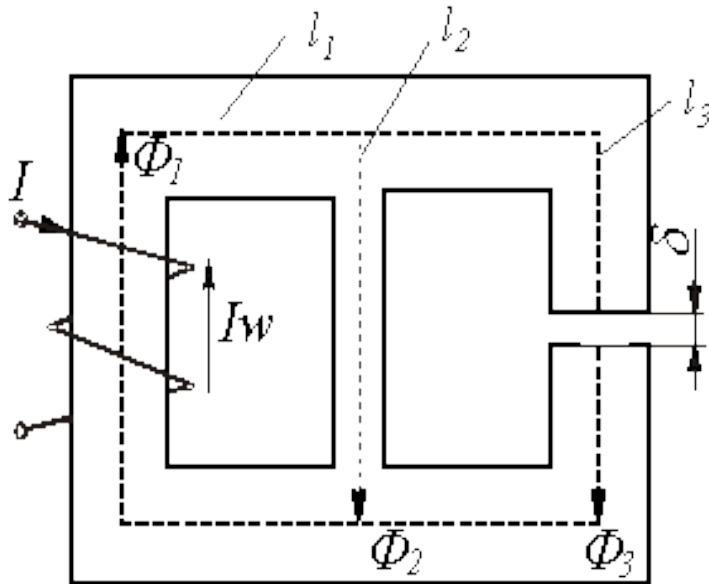


Рис.11 – Схема для задачі 3.3

### 3.2. Зворотна задача розрахунку параметрів магнітного ланцюга, графічні методи розрахунку

1. Записати умову і нарисувати схему, запропоновану викладачем (Задача 3.4).

2. Розрахувати первинні параметри магнітного ланцюга, використовуючи графічний метод та ітераційну процедуру.

#### Задача 3.4

Для магнітного ланцюга, наведеного на рис. 9, із залежністю  $\hat{A} = f(H)$  (див. рис.10, друга крива знизу) знайти величину магнітного потоку  $\hat{O}_a$  в повітряному зазорі, який створюється струмом, що протікає по обмотці  $I = 100$  мА; кількість витків обмотки -  $W = 300$ .

#### Контрольні запитання

1. Які векторні величини характеризують магнітне поле?
2. Які основні поняття пов'язані з петлею гістерезиса?
3. Чим характеризуються магнітом'які ферромагнітні матеріали і де вони використовуються?

4. Чим характеризуються магнітотверді ферромагнітні матеріали і де вони використовуються?
5. Які ферромагнітні матеріали використовуються для виготовлення сердечників машин змінного струму?
6. В чому полягають основні припущення, які приймаються при розрахунку магнітного ланцюга?
7. Які два типи задач зустрічаються при розрахунку магнітних ланцюгів?
8. Охарактеризуйте пряму задачу розрахунку магнітного ланцюга.
9. Охарактеризуйте зворотню задачу розрахунку магнітного ланцюга.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №4

### “Розрахунок коливальних ланцюгів”

**Мета практичного заняття** – одержати практичні навички з аналізу і розрахунку параметрів коливальних контурів.

**Завдання на підготовку до практичного заняття.** Під час практичного заняття студент повинен вивчити відповідний матеріал теоретичної частини [3] с. 48 - 52; [7] с. 96 - 114.

#### 4.1 Аналіз і розрахунок послідовних коливальних контурів

1. Записати умову і нарисувати схему, запропоновану викладачем (Задача 4.1 - 4.4).
2. Визначити умови виникнення резонансу.
3. Розрахувати значення параметрів елементів, які забезпечують резонанс напруг.
4. Визначити величини напруг на елементах і струмах в ланцюзі.
5. Побудувати векторні діаграми.

##### Задача 4.1

Визначити ємність конденсатора  $C$ , який потрібно увімкнути послідовно з котушкою індуктивності, що має активний опір  $R = 16 \text{ Ом}$  і індуктивність  $L = 158 \text{ мкГн}$ , для того, щоб ланцюг був настроєний на резонанс на частоті  $f = 1 \text{ МГц}$ . Знайти струм, потужність, виділену в ланцюзі, напруги на конденсаторі і котушці при резонансі, якщо напруга, що надходить до ланцюга складає  $U = 0,8 \text{ В}$ .

##### Задача 4.2

Ланцюг складається з конденсатора без втрат і котушки, що має активний опір  $R$  та індуктивність  $L$ , включених послідовно. Визначити напругу на котушці  $U_L$  при резонансі, якщо при цьому напруга на конденсаторі  $U_k = 120 \text{ В}$ . Прикладена напруга до ланцюга  $U = 35 \text{ В}$ .

##### Задача 4.3

Послідовний коливальний контур утворений котушкою індуктивності  $L = 5,05$  мГн, конденсатором  $C = 0,05$  мкФ і резистором  $R = 100$  Ом. Обчислити резонансну частоту  $f$ , характеристичний опір  $R_0$ , напруги на конденсаторі  $U_c$  і котушці індуктивності  $U_L$  при резонансі, якщо діюча змінна напруга, що прикладена до контура, дорівнює  $U = 10$  В.

#### Задача 4.4

Відомо, що в послідовному коливальному контурі резонансна частота якого  $f = 1$  кГц, напруга на ємності в 50 раз більша, ніж прикладена до входу. Обчислити величини опору  $R$  та індуктивності контура  $L$ , якщо ємність конденсатора  $C = 0,5$  мкФ.

#### 4.2 Аналіз і розрахунок паралельних коливальних контурів

1. Записати умову і зарисувати схему, запропоновану викладачем (Задача 4.5 - 4.8).
2. Визначити умову виникнення резонансу.
3. Розрахувати значення параметрів елементів, які забезпечують резонанс струмів.
4. Визначити величини струмів у гілках і напругу на контурі.
5. Побудувати векторні діаграми.

#### Задача 4.5.

Ланцюг, який складається з трьох паралельних частин (див. рис. 12) параметри яких  $R = 16$  Ом,  $L = 1,6$  мГн,  $C = 25$  мкФ, підключений до генератора синусоїдальної напруги, діюче значення якого  $U = 10$  В. Знайти резонансну частоту  $f$  та струми  $I_c$ ,  $I_L$ ,  $I$  при резонансі.

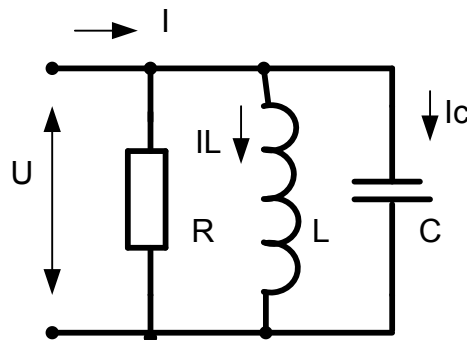


Рис.12 – Схема до задачі 4.5

### Задача 4.6

До котушки індуктивності, параметри якої  $R_i = 11,2 \text{ Ом}$ ,  $L = 4 \text{ мГн}$ , підключено паралельно конденсатор ємністю  $C = 2,5 \text{ мкФ}$  (див. рис. 13). Визначити при якій частоті наступить резонанс струмів. Для знайденої частоти знайти повний опір ланцюга, побудувати векторну діаграму при резонансі, якщо живляча напруга дорівнює  $U = 20 \text{ В}$ .

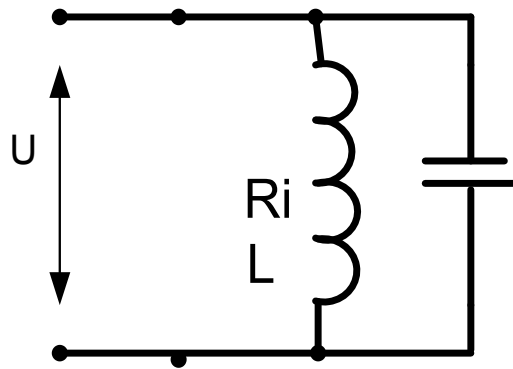


Рис. 13 – Схема для задачі 4.6

### Задача 4.7

Для ланцюга, який представлений на рис.13, знайти значення індуктивності  $L$ , при якій наступить резонанс на кутовій частоті  $\omega = 5000 \text{ 1/с}$ , якщо резистор має величину  $R = 14 \text{ Ом}$ , а конденсатор - ємність  $C = 2 \text{ мкФ}$ . Побудувати векторну діаграму при резонансі, якщо живляча напруга дорівнює  $U = 100 \text{ В}$ .

### Задача 4.8.

Параметри паралельного контура, представленого на рис. 12, мають наступні значення:  $R = 15 \text{ Ом}$ ,  $L = 338 \text{ мкГн}$ ,  $C = 300 \text{ пФ}$ . Чому дорівнюють резонансна частота  $f$ , характеристичний опір контура при резонансі? Визначити всі струми і потужність, яка виділяється в контурі, якщо діюче значення підведеної напруги дорівнює  $U = 150 \text{ В}$ .

### Контрольні запитання

1. Що таке резонанс напруг, чим він характеризується?
2. Що таке резонанс струмів, чим він характеризується?
3. В чому полягає фізична суть резонансного режиму роботи контура?
4. На основі яких умов в загальному випадку визначаються резонансні частоти?
5. Приведіть формулу для визначення резонансної частоти послідовного коливального контура.
6. Приведіть формулу для визначення резонансної частоти паралельного коливального контура.
7. Дайте поняття характеристичного опору контура.
8. Дайте поняття добротності контура та її практичне використання.
9. Що являє собою резонансна крива і які параметри впливають на її форму.
10. Як визначається смуга пропускання контура?
11. Який вигляд повинна мати ідеальна смуга пропускання?
12. Назвіть позитивні і негативні ефекти, які пов'язані з явищем резонанса.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №5

### “Розрахунок та аналіз перехідних процесів в лінійних електричних ланцюгах”

**Мета практичного заняття** – одержати практичні навички з аналізу і розрахунку перехідних процесів.

**Завдання на підготовку до практичного заняття.** Під час практичного заняття студент повинен вивчити відповідний матеріал теоретичної частини [4] с. 74 - 84; [7] с. 170 - 194.

#### 5.1 Розрахунок ланцюгів, які містять $LR$ - і $CR$ - елементи

1. Записати умову і зарисувати схему, запропоновану викладачем (Задача 5.1 – 5.7).
2. Записати вираз для струмів і напруг.
3. Побудувати графіки залежності струмів і напруг від часу.

#### Задача 5.1

Ланцюг, який складається з резистора  $R=100$  Ом і послідовно включеної котушки індуктивності  $L=0,2$  Гн, підключається до джерела постійного струму з напругою  $U=120$  В. Чому дорівнює постійна часу ланцюга? Визначити через який проміжок часу струм в ланцюзі досягне 99% від рівня усталеного режиму. Знайти закон зміни е.р.с. самоіндукції, виникаючої при включенні. Побудувати криві залежності  $i(t)$  і  $e(t)$ .

#### Задача 5.2

Ланцюг, який складається з резистора  $R=1000$  Ом і послідовно включеного конденсатора  $C=20$  мкФ, підключається до джерела постійного струму напругою  $U=120$  В. Чому дорівнює постійна часу ланцюга? Визначити через який проміжок часу струм в ланцюзі досягає



1% від рівня встановленого режиму. Знайти закон зміни напруги на пластинках; побудувати криві залежності  $i(t)$  і  $u(t)$ .

### Задача 5.3

Власний опір котушки індуктивності  $R_i = 1,2$  Ом, її індуктивність  $L = 9$  Гн. В установленому режимі через неї протікає струм  $I = 50$  А. В момент часу  $t_1$  котушка відключається від джерела і замикається накоротко. За яким законом і з якою швидкістю буде зменшуватись струм в котушці? Побудувати криві залежності  $i(t)$  і  $e(t)$ .

### Задача 5.4

В установленому режимі конденсатор ємністю  $C = 100$  мкФ заряджений до напруги  $U = 400$  В. В момент часу  $t_1$  до нього підключається резистор опором  $R = 200$  Ом. За яким законом і з якою швидкістю буде зменшуватись напруга на пластинах конденсатора? Як буде змінюватися струм розряда конденсатора? Побудувати криві залежності  $i(t)$  і  $u(t)$ .

### Задача 5.5

Власний опір котушки індуктивності  $R_i = 2$  Ом, її індуктивність  $L = 0,9$  Гн. В установленому режимі через неї протікає струм  $I = 5$  А. В момент часу  $t_1$  розмикається ключ  $K$  (див. рис. 14) і в ланцюг включається ще така ж котушка. За яким законом і з якою швидкістю буде зменшуватись струм у знов утвореному ланцюзі? Побудувати криві залежності  $i(t)$  і  $e(t)$ .

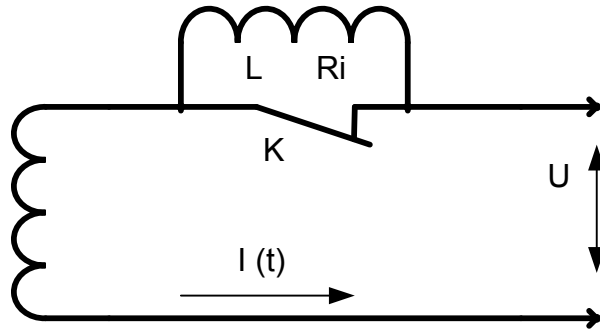


Рис. 14 – Схема до задачі 5.5

### Задача 5.6

В установленому режимі конденсатор ємністю  $C_1 = 20$  мкФ заряджений до напруги  $U = 600$  В. В момент часу  $t_1$  замикається ключ  $K$  і до нього підключається повністю розряджений конденсатор ємністю  $C_2 = 40$  мкФ і резистор напругою  $R = 200$  Ом. За яким законом і з якою швидкістю буде зменшуватися напруга на пластинах конденсатора  $C_1$ ? Як буде змінюватися розряд конденсатора? Яка напруга на конденсаторі  $C_2$  буде в установленому режимі. Побудувати криві залежності  $i(t)$  і  $u(t)$ .

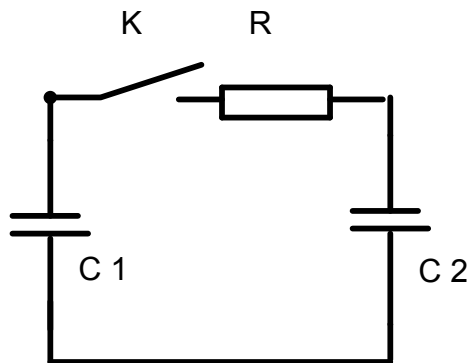


Рис.15 – Схема до задачі 5.6

### Задача 5.7

Конденсатор ємністю  $C = 10$  мкФ має опір витoku  $R = 10$  МОм. Визначити величину напруги на пластинах через 2,5 і 10 хвилин, якщо первинна напруга була  $U = 300$  В.

## 5.2 Розрахунок перехідних процесів класичним методом

1. Записати умову і зарисувати схему, запропоновану викладачем (Задача 5.8 – 5.10).
2. Записати вираз для струмів і напруг.
3. Скласти характеристичне рівняння.
4. Накласти початкові умови і визначити постійні інтегрування.
5. Побудувати графіки залежності струмів і напруг від часу.

### Задача 5.8

При замкненому контакті  $K_1$  і розімкненому контакті  $K_2$  (див. рис.16) до джерела постійної напруги підключається котушка індуктивності, що має опір  $R$  та індуктивність  $L$ . Послідовно з нею з'єднаний резистор опором  $R_1$ . Через який час  $t_1$  після замикання  $K_1$  замикається контакт  $K_2$ , який залишається в цьому стані тривалий час. Побудувати криву зміни струму в котушці з моменту практично повного припинення струму.

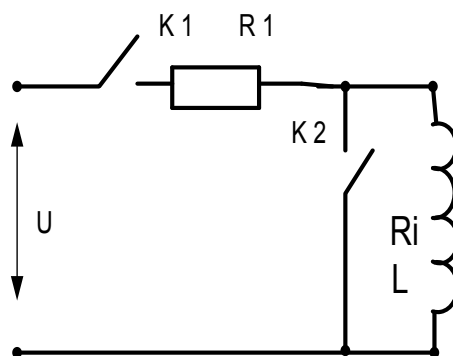


Рис. 16 – Схема до задачі 5.8

### Задача 5.9

У ланцюзі зображеному на рис. 17 відомо: напруга  $E = 12$  В, опір резисторів  $R_1 = R_2 = R_i$ , індуктивність котушки  $L = 100$  мГн. Знайти усі

струми після раптового замикання контакту  $K$  (до моменту комутації в ланцюзі був установлений режим). Побудувати криві зміни цих струмів від часу.

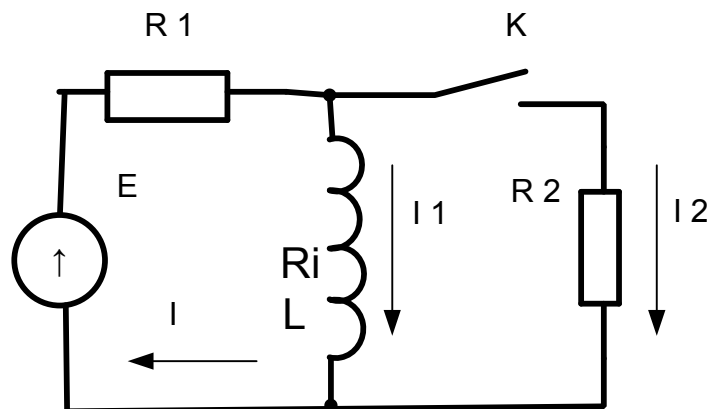


Рис. 17 – Схема до задачі 5.9

### Задача 5.10

Ланцюг, представлений на рис. 18, при розімкненому ключі  $K$  знаходиться в установленому режимі під дією е.р.с.  $E = 15$  В. Параметри елементів ланцюга:  $R_1 = 5$  Ом,  $R_2 = 10$  Ом,  $R_3 = 5$  Ом,  $R_4 = 15$  Ом,  $C = 1$  мкФ. Після включення визначити: 1) початкові значення перехідних струмів і напруг на конденсаторі; 2) закони зміни в часі всіх струмів і напруг; 3) значення струмів і напруг на конденсаторі у знов установленому режимі.

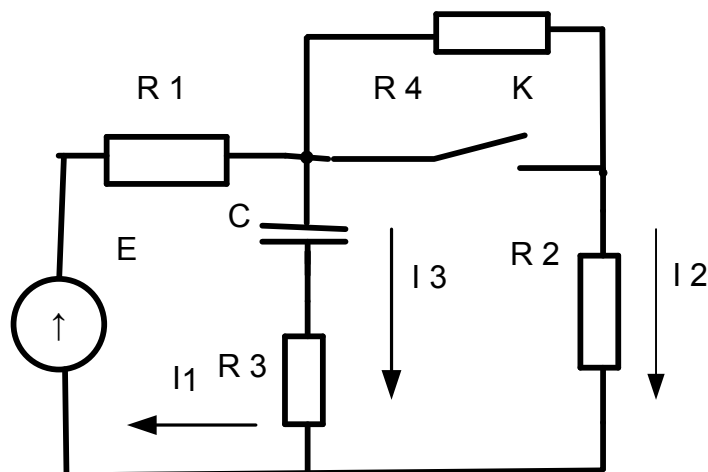


Рис. 18 – Схема до задачі 5.10

### 5.3 Розрахунок перехідних процесів операторним методом

1. Записати умову і зарисувати схему, запропоновану викладачем (Задача 5.11– 5.12).

2. Записати вираз для струмів і напруг в операторній формі.

3. Вирішити рівняння відносно зображення шуканої величини.

4. По знайденому зображенню знайти оригінал і інтерпретувати результат.

5. Побудувати графіки залежності струмів і напруг від часу.

### **Задача 5.11**

Вирішити задачу 5.9 операторним методом.

### **Задача 5.12**

Вирішити задачу 5.10 операторним методом.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке перехідний процес?
2. Якими величинами характеризується перехідний процес?
3. Який закон фізики лежить в основі перехідних процесів електричних ланцюгів?
4. В яких елементах запасється енергія?
5. В вигляді якого поля запасється енергія в конденсаторі?
6. В вигляді якого поля запасється енергія в котушці індуктивності?
7. Що таке постійна часу і яким виразом вона визначається?
8. Що таке характеристичне рівняння і як його отримують?
9. Запишіть умову існування функції Хевісайда.
10. Запишіть умову існування дельта-функції.
11. Якими диференційними рівняннями описуються перехідні процеси?
12. Як визначаються початкові умови для ланцюга?
13. Як визначаються постійні інтегрування?
14. Що таке вільна складова?
15. Що таке вимушена складова?
16. Чому використовуються однорідні диференційні рівняння, рівняння для опису процесів в електричних ланцюгах?
17. Як визначається установлений режим?
18. В чому полягає перевага операторного методу?

Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни “Теорія електрорадіоланцюгів” для студентів 3 курсу денної форми навчання зі спеціальності – "Метеорологія", спеціалізації - "Радіометеорологія і радіолокація".

Укладач: Лавріненко Ю.В., к.т.н., доцент, Одеса, ОДЕКУ, 2010 р.

Підп. до друку  
Умовн. друк. арк.

Формат  
Тираж

Папір  
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
85016, Одеса, Львівська, 15