

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Енергетичний факультет
Кафедра Електротехніка і електромеханіка
імені В.В. Овчарова

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ частина 3

Методичні вказівки для організації самостійної
роботи студентів
ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка і
електромеханіка»

Мелітополь
2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Енергетичний факультет
Кафедра Електротехніка і електромеханіка
імені В.В. Овчарова

Теоретичні основи електротехніки, частина 3

Методичні вказівки для організації самостійної роботи студентів
ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка і електромеханіка»

Мелітополь
2018

УДК 621.3.01.001(075.8)

П58

Друкується за рішенням методичної комісії Енергетичного факультету Таврійського державного агротехнологічного університету від 30 жовтня 2018 р., протокол № 3

Автор:

І.О.Попова – к.т.н., доцент кафедри Електротехніка і електромеханіка, Таврійський державний агротехнологічний університет

Рецензент:

В.Т. Діордієв – д.т.н., професор кафедри Електроенергетика і автоматизація, Таврійський державний агротехнологічний університет

@ «Таврійський державний
агротехнологічний університет», 2018

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Тема 13 НЕЛІНІЙНІ КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ	
13.1 Нелінійні елементи.....	8
13.2 Розрахунок кіл при послідовному з'єднанні нелінійних елементів.	
13.3 Розрахунок кіл при паралельному з'єднанні нелінійних елементів	10
Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання	17
Варіанти вихідних даних до тематичного комплексного кваліфікаційного завдання	19
ТЕМА 14 МАГНІТНІ КОЛА ПРИ ПОСТІЙНИХ МАГНІТНИХ ПОТОКАХ	
14.1 Явище і закон електромагнетизму	
14.2. Магнітне коло і її конструктивна схема.....	25
14.3. Аналогія між електричними і магнітними колами	
14.4 Розрахункова схема магнітного кола	
14.5 Закони магнітних кіл.....	30
Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання	41
Варіанти вихідних даних до тематичного комплексного кваліфікаційного завдання	43
Тема 15 НЕЛІНІЙНІ КОЛА ЗМІННОГО СТРУМУ	
15.1. Загальні положення	
15.2. Нелінійна індуктивність	
15.3. Ідеальна котушка з феромагнітним осереддям у колі змінного струму	45

15.4. Втрати активної потужності на гістерезис	
15.5. Втрати активної потужності на вихрові струми	
15.6 Реальна котушка з феромагнітним осереддям у колі змінного струму.....	54
15.7 Резонанс напруг.....	62
15.8 Трансформатор з феромагнітним осереддям	
15.9 Приведений трансформатор.....	66
Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання	72
Варіанти вихідних даних до тематичного комплексного кваліфікаційного завдання	75
Тема 16 ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЛІНІЙНИХ КОЛАХ	
16.1. Причини виникнення перехідних процесів	
16.2. Закони комутації	
16.3. Класичний метод розрахунку	
16.4. Підключення котушки до джерела постійної ЕРС.....	76
16.5. Коротке замикання котушки	78
16.6. Заряд конденсатора через резистор	
16.7. Розряд конденсатора через резистор	85
16.8. Перехідний процес у колі з послідовно з'єднаними котушкою та конденсатором.....	
16.9. Розряд конденсатора на котушку.....	94
16.10. Включення котушки при синусоїдній напрузі.....	102
16.11. Включення реального конденсатора при синусоїдній напрузі	
16.12 Розрахунок перехідного процесу в розгалуженому колі	107
16.13. Перетворення Лапласа	
16.14. Закону Ома і Кірхгофа в операторній формі	
16.15. Теорема розкладання	
16.16. Формула включення.....	112

16.14. Закону Ома й Кірхгофа в операторній формі	
16.15. Теорема розкладання	
16.16. Формула включення.....	115
Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання	117
Варіанти вихідних даних до тематичного комплексного кваліфікаційного завдання	123
ТЕМА 17 КОЛА З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ	
17.1 Струми і напруги в довгих лініях. Загальні відомості про колах з розподіленими параметрами	
17.2 Диференціальні рівняння однорідних ліній.....	124
17.3 Сталий режим в однорідній лінії	
17.4 Хвилі в лінії при сталому режимі.....	127
17.5 Лінія без спотворень.....	129
17.6 Лінії без втрат	
17.7 Стоячі хвилі.....	131
Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання	132
Варіанти вихідних даних до тематичного комплексного кваліфікаційного завдання	133
ТЕМА 18 ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ ТА МЕТОДИ ЙОГО АНАЛІЗУ	
18.1 Опис основних параметрів електростатичного поля	
18.2 Електричне поле постійного струму в електропровідному середовищі та його основні параметри	
18.3 Магнітне поле постійного струму. Зв'язок основних величин, що характеризують магнітне поле.	
18.4 Основні рівняння змінного електромагнітного поля.....	134
Тематичне комплексне кваліфікаційне завдання	142
Варіанти вихідних даних до тематичного комплексного кваліфікаційного завдання	143
Список рекомендованої літератури	145

ВСТУП

Теоретичні основи електротехніки є базовою дисципліною для всіх електротехнічних дисциплін навчального плану спеціальності. Дисципліна забезпечує майбутніх фахівців знаннями основних фізичних явищ і законів, що супроводжують електромагнітні процеси в електротехнічних пристроях.

Методичні вказівки складені таким чином, щоб студенти мали можливість самостійно вивчити курс теоретичних основ електротехніки за допомогою підручників [1-5], наданих у списку рекомендованої літератури. Для цього кожна тема дисципліни містить завдання для самостійної пізнавальної діяльності студентів: інформаційно-репродуктивні, практично - стереотипні, тематичні комплексні кваліфікаційні завдання.

Для успішного вивчення курсу теоретичних основ електротехніки студенту необхідно послідовно і ритмічно виконувати програму, намагаючись зрозуміти матеріал, що викладається, не пропускаючи жодної теми, тому що курс теоретичних основ електротехніки є цільним і безперервним.

Завдання інформаційно-репродуктивні і практично-стереотипні виконуються студентами самостійно в наступному порядку:

- прочитуються і усвідомлюються по основному підручнику розділи, з яких складені завдання;
- прослуховується лекція до дисципліни;
- по черзі на поставлені в таблицях запитання і завдання знаходяться, на думку студентів, правильні відповіді з таблиць із такими ж номерами та індексом «а»;
- знайдені номери правильних відповідей проставляються у вихідні таблиці у стовпчик «Номер правильної відповіді».

Студенти мають можливість переконатися в тому, що вони успішно засвоїли навчальний матеріал. Для цього вони окремо підсумовують номери правильних відповідей на непарні питання і окремо підсумовують номери

правильних відповідей на парні питання. Від суми номерів правильних відповідей на непарні питання віднімають суму номерів правильних відповідей на парні питання і одержують число. Якщо отримане число збігається із числом, що приводиться наприкінці кожної таблиці, то це говорить про повне засвоєння вивченого навчального матеріалу. У випадку розбіжності чисел, отриманих студентом і наведених наприкінці таблиць, студенти повинні розуміти, що навчальний матеріал ними повністю не засвоєний. Тому студентам потрібно повторно опрацювати даний навчальний матеріал.

Таким чином, дані методичні вказівки сприяють самостійній пізнавальній діяльності студентів на рівнях: знань, умінь і творчого мислення, забезпечуючи вивчення і осмислення теоретичного матеріалу дисципліни.

ТЕМА 13

НЕЛІНІЙНІ КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

13.1.1 Нелінійні елементи

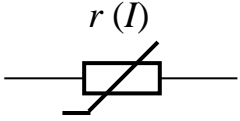
НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 13.1 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Які елементи електричного кола називаються нелінійними?	
2.	Який вид мають вольт-амперні характеристики нелінійних елементів?	
3.	Якими опорами характеризується робоча точка на вольт-амперній характеристиці нелінійного елемента електричного кола постійного струму?	
4.	Запишіть математичне рівняння для визначення динамічного опору в робочій точці вольт-амперної характеристики нелінійного елемента?	
5.	Запишіть математичне рівняння для визначення статичного опору в робочій точці вольт-амперної характеристики нелінійного елемента?	
6.	Як зобразити на розрахунковій схемі ділянку кола з нелінійним елементом?	
7.	Запишіть алгоритм визначення динамічного опору нелінійного резистора графоаналітичним методом, якщо задано таблично його вольт-амперну характеристику й значення сили струму.	
8.	Запишіть алгоритм визначення статичного опору нелінійного резистора графо-аналітичним методом, якщо задано таблично його вольт-амперну характеристику й значення сили струму.	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 8$.

Таблиця 13.1а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1	<ul style="list-style-type: none"> - вибираємо масштаби напруги і сили струму; - будуємо вольт-амперну характеристику нелінійного резистора за даними таблиці; - на вольт-амперній характеристиці позначаємо робочу точку при заданому значенні сили струму; - проводимо дотичну в робочій точці до перетинання з віссю абсцис (віссю сили струму); - вимірюємо величину кута між віссю абсцис і дотичною; - визначаємо масштаб опору; - визначаємо величину динамічного опору нелінійного резистора в заданій робочій точці.
2	$R_{\partial} = \frac{dU}{dI} = m_r \cdot \operatorname{tg} \alpha .$
3	
4	Кривих ліній.
5	<ul style="list-style-type: none"> - вибираємо масштаби напруги і сили струму; - будуємо вольт-амперну характеристику нелінійного резистора за даними таблиці; - на вольт-амперній характеристиці позначаємо робочу точку при заданому значенні сили струму; - проводимо пряму, що з'єднує робочу точку з початком координат; - вимірюємо величину кута між віссю абсцис і цій прямій; - визначаємо масштаб опору; - визначаємо величину статичного опору нелінійного резистора в заданій робочій точці.
6	Динамічним і статичним опорам.
7	Елементи електричного кола, параметри яких змінюються при зміні сили струму.
8	$R_c = m_r \cdot \operatorname{tg} \beta .$

13.2 Розрахунок кіл при послідовному з'єднанні нелінійних елементів

13.3 Розрахунок кіл при паралельному з'єднанні нелінійних елементів

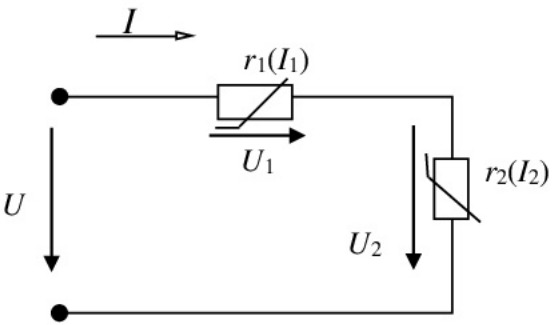
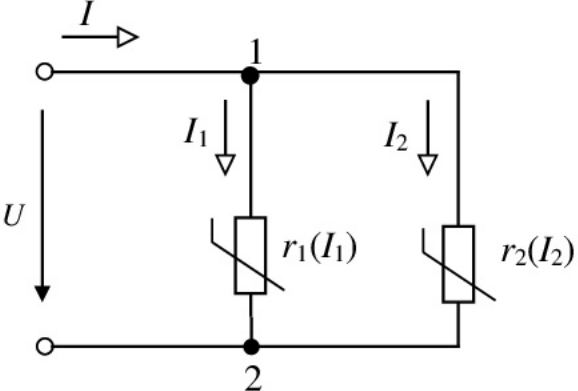
ПИТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 13.2 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Складіть розрахункову схему двох послідовно з'єднаних нелінійних резисторів.	
2.	Запишіть алгоритм розрахунку сили струму в колі й напруг на затискачах послідовно з'єднаних нелінійних резисторах, якщо задані таблично їхні вольт-амперні характеристики й напруги на затискачах кола.	
3.	Складіть розрахункову схему двох паралельно з'єднаних нелінійних резисторів.	
4.	Запишіть алгоритм розрахунку сил струмів у колі при паралельному з'єднанні нелінійних резисторах, якщо задані таблично їхні вольт-амперні характеристики й напруги на затискачах кола.	
5	Як визначити силу струму в колі двох послідовно з'єднаних нелінійних резисторів, якщо відома для одного резистора напруга і ВАХ?	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 3$.

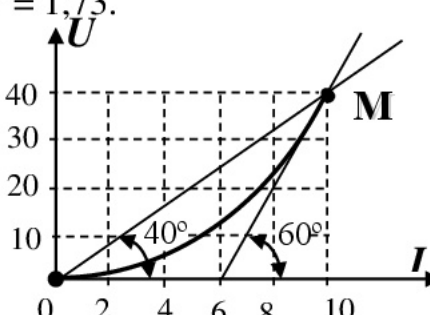
Таблиця 13.2а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

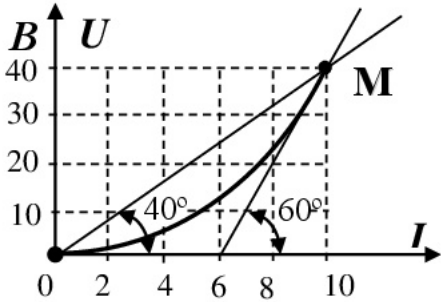
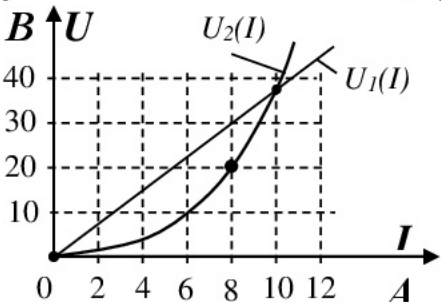
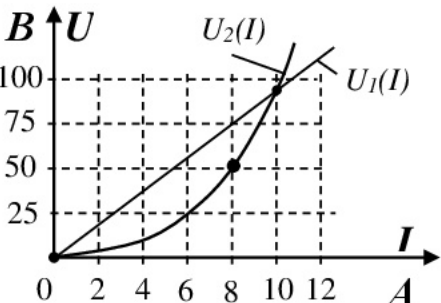
Номер відповіді	Відповіді
1.	
2.	<ul style="list-style-type: none"> - вибираємо масштаби напруги й сили струму; - будуємо вольт-амперні характеристики нелінійних резисторів $I_1 = f(U_1)$ і $I_2 = f(U_2)$ за даними таблиць; - будуємо вольт-амперну характеристику всього кола шляхом підсумовування сил струмів у розгалуженнях при тому самому значенні напруги $I = f(U)$; - визначаємо значення сили струму в загальній ділянці кола по вольт-амперній характеристиці всього кола при заданій напрузі на затискачах кола; - визначаємо силу струму в розгалуженні першого резистора по вольт-амперній характеристиці $I_1 = f(U_1)$ при заданій напрузі на затискачах кола; - визначаємо силу струму в розгалуженні другого резистора по вольт-амперній характеристиці $I_2 = f(U_2)$ при заданій напрузі на затискачах кола.
3.	

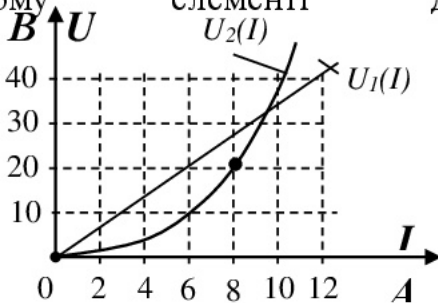
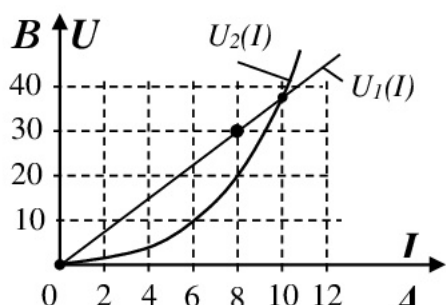
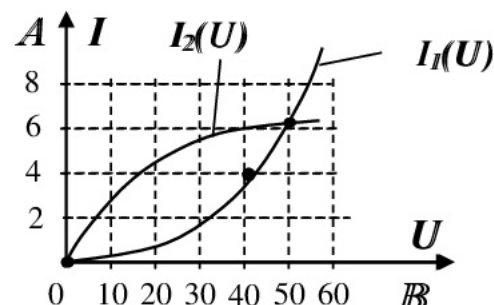
Номер відповіді	Відповіді
4.	<ul style="list-style-type: none"> - вибираємо масштаби напруги й сили струму; - будуємо вольт-амперні характеристики нелінійних резисторів $I_1 = f(U_1)$ і $I_2 = f(U_2)$ за даними таблиць; - будуємо вольт-амперну характеристику всього кола шляхом підсумовування напруг при одній і тій же силі струму $I = f(U)$; - визначаємо значення сили струму в колі по вольт-амперній характеристиці всього кола при заданій напрузі на затискачах кола; - визначаємо напругу на затискачах першого резистора по вольт-амперній характеристиці $I_1 = f(U_1)$ при знайденому значенні сили струму в колі; - визначаємо напругу на затискачах другого резистора по вольт-амперній характеристиці $I_2 = f(U_2)$ при знайденому значенні сили струму в колі.
5.	По ВАХ резистора по заданій напрузі на резисторі визначити силу струму в резисторі, яка в колі двох послідовно з'єднаних нелінійних резисторів однакова для кожного резистора

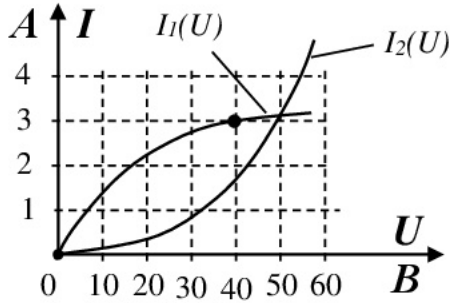
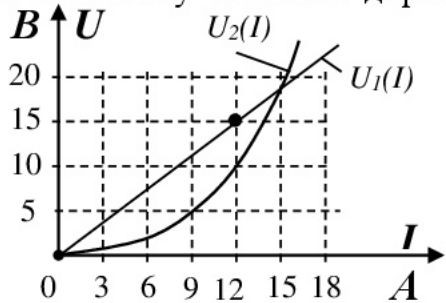
НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ПРАКТИЧНО-СТЕРЕОТИПНОГО ХАРАКТЕРУ

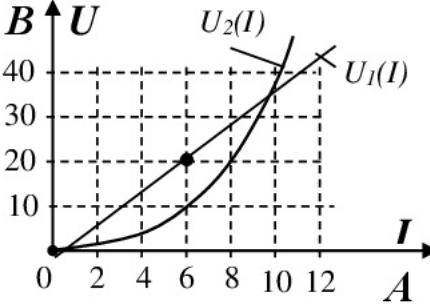
Таблиця 13.3 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	<p>Розрахувати статичний опір нелінійного резистора у робочій точці М, якщо $\operatorname{tg} 40^\circ = 0,84$; $\operatorname{tg} 60^\circ = 1,73$.</p> 	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
2.	Напруга на нелінійному резисторі 30 В, статичний опір 25 Ом. Визначити силу струму у нелінійному резисторі.	
3.	Розрахувати динамічний опір нелінійного резистора у робочій точці М, якщо $tg 40^\circ = 0,84$; $tg 60^\circ = 1,73$. 	
4.	При послідовному з'єднанні лінійного і нелінійного елементів напруга на нелінійному елементі дорівнює 20 В.  Визначити напругу на лінійному елементі.	
5.	Напруга на нелінійному резисторі 50 В.  Визначити потужність, що споживає нелінійний резистор.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
6.	<p>При паралельному з'єднанні лінійного і нелінійного елементів напруга на нелінійному елементі дорівнює 20 В.</p>  <p>Визначити потужність, що споживається лінійним елементом.</p>	
7.	<p>При послідовному з'єднанні лінійного і нелінійного елементів напруга на лінійному елементі дорівнює 30 В.</p>  <p>Визначити силу струму в електричному колі.</p>	
8.	<p>При паралельному з'єднанні двох нелінійних елементів електричного кола напруга на затискачах першого нелінійного елементі дорівнює 40 В.</p>  <p>Визначити силу струму у другому нелінійному елементі.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
9.	<p>При паралельному з'єднанні двох нелінійних елементів сила струму в першому нелінійному елементі дорівнює 3 А.</p>  <p>Визначити напругу на затискачах електричного кола.</p>	
10.	<p>Потужність, що споживає нелінійний резистор, включений до джерела постійної напруги, складає 270 Вт, динамічний опір 30 Ом. Визначити напругу джерела.</p>	
11.	<p>При послідовному з'єднанні лінійного і нелінійного елементів в електричному колі напруга на лінійному елементі дорівнює 15 В.</p>  <p>Визначити напругу на нелінійному елементі.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
12.	<p>При паралельному з'єднанні лінійного і нелінійного елементів напруга на лінійному елементі дорівнює 20 В.</p>  <p>Розрахувати силу струму в нерозгалуженій частині електричного кола.</p>	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 24$.

Таблиця 13.3а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	90
2.	30
3.	1,2
4.	6
5.	4,2
6.	14
7.	8,65
8.	400
9.	10
10.	8
11.	120
12.	40

ТЕМАТИЧНЕ КОМПЛЕКСНЕ КВАЛІФІКАЦІЙНЕ ЗАВДАННЯ

Умова

Електричне коло постійного струму складається з ідеального генератора й двох нелінійних резисторів.

При послідовному з'єднанні нелінійних резисторів у колі встановлений амперметр – для виміру сили струму генератора і вольтметр – для виміру напруги на затискачах генератора. Вольтметр показав напругу U_1 .

При паралельному з'єднанні нелінійних резисторів у колі встановлені амперметри – для виміру сили струму генератора й сил струмів у розгалуженнях нелінійних резисторів. До затискачів генератора підключений вольтметр, що показав напругу U_2 .

Задано вольт-амперні характеристики першого нелінійного резистора $I_1 = f(U_1)$ (таблиця 1) і другого нелінійного резистора $I_2 = f(U_2)$ (таблиця 2).

Завдання

1. Скласти принципову електричну схему послідовно з'єднаних двох нелінійних резисторів. Окремі елементи кола виділити жирними лініями, а їхні з'єднуючі проводи - тонкими лініями.
2. Скласти розрахункову схему електричного кола, прийнявши наступні допущення:
 - опорами проводів, що з'єднують елементи кола, зневажити;
 - опором амперметра зневажити;
 - опір вольтметра вважати рівними нескінченності.
3. Побудувати в одній системі координат вольт-амперні характеристики нелінійних резисторів $I_1 = f(U_1)$ і $I_2 = f(U_2)$ за даними таблиць 1 і 2.
4. Побудувати вольт-амперну характеристику всього кола $I = f(U)$.
5. Визначити графо-аналітичним методом:
 - значення сили струму в загальному колі при заданому значенні напруги на затискачах генератора;
 - напругу на затискачах першого нелінійного резистора при знайденому значенні сили струму в колі;
 - напругу на затискачах другого нелінійного резистора при знайденому значенні сили струму в колі;
 - потужність, вироблену ідеальним генератором.

6. Скласти принципову електричну схему паралельно з'єднаних двох нелінійних резисторів. Окремі елементи кола виділити жирними лініями, а їхні з'єднуючі проводи - тонкими лініями.
7. Скласти розрахункову схему електричного кола, прийнявши наступні допущення:
 - опорами проводів, що з'єднують елементи кола, зневажити;
 - опорами амперметрів зневажити;
 - опір вольтметра вважати рівними нескінченності.
8. Побудувати в одній системі координат вольт-амперні характеристики нелінійних резисторів $I_1 = f(U_1)$ і $I_2 = f(U_2)$ за даними таблиці 1, 2.
9. Побудувати вольт-амперну характеристику всього кола $I = f(U)$.
10. Визначити графо-аналітичним методом:
 - значення сили струму в загальному колі при заданому значенні напруги на затискачах генератора;
 - силу струму в розгалуженні першого нелінійного резистора при заданому значенні напруги на затискачах генератора;
 - силу струму в розгалуженні другого нелінійного резистора при заданому значенні напруги на затискачах генератора;
 - потужність, вироблену ідеальним генератором.
11. Побудувати вольт-амперну характеристику першого нелінійного резистора $I_1 = f(U_1)$ за даними таблиці 1.
12. Визначити графо-аналітичним методом:
 - динамічний опір першого нелінійного резистора R_{d1} при силі струму I_1 ;
 - статичний опір першого нелінійного резистора R_{c1} при силі струму I_1 .
13. Побудувати вольт-амперну характеристику другого нелінійного резистора $I_2 = f(U_2)$ за даними таблиці 2.
14. Визначити графо-аналітичним методом:
 - динамічний опір другого нелінійного резистора R_{d2} при силі струму I_2 ;
 - статичний опір другого нелінійного резистора R_{c2} при силі струму I_2 .

Варіанти початкових даних
до тематичного комплексного кваліфікаційного завдання

ВАРІАНТ 1

Таблиця 1

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	15	22	26	30	33	36	40

Таблиця 2

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	2	5	9	15	22	36	50

$$U_1 = 55 B, \quad U_2 = 30 B, \quad I_1 = 2 A, \quad I_2 = 2 A.$$

ВАРІАНТ 2

Таблиця 1

I_1, A	0	0,1	0,2	0,4	0,8	1,4	2,1	3,2
U_1, B	0	10	20	30	40	50	60	70

Таблиця 2

I_2, A	0	0,7	1,3	1,6	2	2,3	2,5	2,7
U_2, B	0	10	20	30	40	50	60	70

$$U_1 = 55 B, \quad U_2 = 40 B, \quad I_1 = 1 A, \quad I_2 = 2 A.$$

ВАРІАНТ 3

Таблиця 1

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	15	22	26	30	33	36	40

Таблиця 2

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	2	5	9	15	22	36	50

$$U_1 = 60 B, \quad U_2 = 20 B, \quad I_1 = 3 A, \quad I_2 = 3 A.$$

ВАРІАНТ 4

Таблиця 1

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	15	22	26	30	33	36	40

Таблиця 2

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	2	5	9	15	22	36	50

$$U_1 = 70 B, \quad U_2 = 15 B, \quad I_1 = 4 A, \quad I_2 = 4 A.$$

ВАРІАНТ 5

Таблиця 1

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	100	150	175	200	220	225	240

Таблиця 2

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	200	275	325	375	400	410	425

$$U_1 = 200 B,$$

$$U_2 = 150 B,$$

$$I_1 = 3 A,$$

$$I_2 = 4 A.$$

ВАРІАНТ 6

Таблиця 1

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	100	150	175	200	220	225	240

Таблиця 2

I_2, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_2, B	0	200	275	325	375	400	410	425

$$U_1 = 300 B,$$

$$U_2 = 200 B,$$

$$I_1 = 2 A,$$

$$I_2 = 2 A.$$

ВАРІАНТ 7

Таблиця 1

I_1, A	0	0,7	1,3	1,6	2	2,3	2,5	2,7
U_1, B	0	10	20	30	40	50	60	70

Таблиця 2

I_2, A	0	0,1	0,2	0,4	0,8	1,4	2,1	3,2
U_2, B	0	10	20	30	40	50	60	70

$$U_1 = 55 B,$$

$$U_2 = 50 B,$$

$$I_1 = 1 A,$$

$$I_2 = 1 A.$$

ВАРІАНТ 8

Таблиця 1

I_1, A	0	0,7	1,3	1,6	2	2,3	2,5	2,7
U_1, B	0	10	20	30	40	50	60	70

Таблиця 2

I_2, A	0	0,1	0,2	0,4	0,8	1,4	2,1	3,2
U_2, B	0	10	20	30	40	50	60	70

$$U_1 = 40 B,$$

$$U_2 = 40 B,$$

$$I_1 = 1,5 A,$$

$$I_2 = 1,5 A.$$

ВАРІАНТ 9

Таблиця 1

I_1, A	0	0,7	1,3	1,6	2	2,3	2,5	2,7
U_1, B	0	10	20	30	40	50	60	70

Таблиця 2

I_2, A	0	0,1	0,2	0,4	0,8	1,4	2,1	3,2
U_2, B	0	10	20	30	40	50	60	70

$$U_1 = 40 B, \quad U_2 = 40 B, \quad I_1 = 1 A, \quad I_2 = 1 A.$$

ВАРІАНТ 10

Таблиця 1

I_1, A	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1
U_1, B	0	10	20	30	40	50	60	70

Таблиця 2

I_2, A	0	0,1	0,2	0,4	0,8	1,4	2,1	3,2
U_2, B	0	15	22	26	30	33	36	40

$$U_1 = 50 B, \quad U_2 = 45 B, \quad I_1 = 1 A, \quad I_2 = 0,5 A.$$

ВАРІАНТ 11

Таблиця 1

I_1, A	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1
U_1, B	0	10	20	30	40	50	60	70

Таблиця 2

I_2, A	0	0,1	0,2	0,4	0,8	1,4	2,1	3,2
U_2, B	0	15	22	26	30	33	36	40

$$U_1 = 45 B, \quad U_2 = 40 B, \quad I_1 = 1,5 A, \quad I_2 = 1 A.$$

ВАРІАНТ 12

Таблиця 1

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	150	210	260	290	325	350	350

Таблиця 2

I_2, A	0	1	2	3	4	5	6
U_2, B	0	30	90	110	210	300	400

$$U_1 = 220 B, \quad U_2 = 200 B, \quad I_1 = 3 A, \quad I_2 = 1,5 A.$$

ВАРІАНТ 13

Таблиця 1

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	150	210	260	290	325	350	350

Таблиця 2

I_2, A	0	1	2	3	4	5	6
U_2, B	0	30	90	110	210	300	400

$$U_1 = 250 B,$$

$$U_2 = 220 B,$$

$$I_1 = 4 A,$$

$$I_2 = 4 A.$$

ВАРІАНТ 14

Таблиця 1

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	150	210	260	290	325	350	350

Таблиця 2

I_2, A	0	1	2	3	4	5	6
U_2, B	0	30	90	110	210	300	400

$$U_1 = 200 B,$$

$$U_2 = 200 B,$$

$$I_1 = 2,5 A,$$

$$I_2 = 2,5 A.$$

ВАРІАНТ 15

Таблиця 1

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	150	210	260	290	325	350	360

Таблиця 2

I_2, A	0	1	2	3	4	5	6
U_2, B	0	30	90	110	210	300	400

$$U_1 = 325 B,$$

$$U_2 = 350 B,$$

$$I_1 = 3 A,$$

$$I_2 = 3 A.$$

ВАРІАНТ 16

Таблиця 1

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	45	66	78	90	99	108	120

Таблиця 2

I_1, A	0	1	2	3	4	5	6	7
U_1, B	0	6	15	27	45	66	78	150

$$U_1 = 100 B,$$

$$U_2 = 75 B,$$

$$I_1 = 2 A,$$

$$I_2 = 2 A.$$

ВАРІАНТ 17

Таблиця 1

I_1, A	0	0,2	0,4	0,8	1,6	2,8	4,2	6,4
U_1, B	0	10	20	30	40	50	60	70

Таблиця 2

I_2, A	0	1,4	2,6	3,2	4	4,6	5,0	5,4
U_2, B	0	10	20	30	40	50	60	70

$$U_1 = 55 \text{ В}, \quad U_2 = 40 \text{ В}, \quad I_1 = 4 \text{ А}, \quad I_2 = 5 \text{ А}.$$

ВАРІАНТ 18

Таблиця 1

$I_1, \text{ А}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$U_1, \text{ В}$	0	30	44	52	60	66	72	80

Таблиця 2

$I_1, \text{ А}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$U_1, \text{ В}$	0	4	10	18	30	44	72	100

$$U_1 = 60 \text{ В}, \quad U_2 = 55 \text{ В}, \quad I_1 = 3 \text{ А}, \quad I_2 = 3 \text{ А}.$$

ВАРІАНТ 19

Таблиця 1

$I_1, \text{ А}$	0	0,5	1,0	1,5	2	2,5	3,0	3,5
$U_1, \text{ В}$	0	15	22	26	30	33	36	40

Таблиця 2

$I_1, \text{ А}$	0	0,5	1,0	1,5	2	2,5	3,0	3,5
$U_1, \text{ В}$	0	2	5	9	15	22	36	50

$$U_1 = 35 \text{ В}, \quad U_2 = 30 \text{ В}, \quad I_1 = 2,5 \text{ А}, \quad I_2 = 2 \text{ А}.$$

ВАРІАНТ 20

Таблиця 1

$I_1, \text{ А}$	0	0,5	1,0	1,5	2	2,5	3,0	3,5
$U_1, \text{ В}$	0	100	150	175	200	220	225	240

Таблиця 2

$I_1, \text{ А}$	0	0,5	1,0	1,5	2	2,5	3,0	3,5
$U_1, \text{ В}$	0	200	275	325	375	400	410	425

$$U_1 = 220 \text{ В}, \quad U_2 = 250 \text{ В}, \quad I_1 = 2 \text{ А}, \quad I_2 = 2,5 \text{ А}.$$

ВАРІАНТ 21

Таблиця 1

$I_1, \text{ А}$	0	3	6	9	12	15	18	21
$U_1, \text{ В}$	0	100	150	175	200	220	225	240

Таблиця 2

$I_2, \text{ А}$	0	3	6	9	12	15	18	21
$U_2, \text{ В}$	0	200	275	325	375	400	410	425

$$U_1 = 200 \text{ В}, \quad U_2 = 250 \text{ В}, \quad I_1 = 6 \text{ А}, \quad I_2 = 8 \text{ А}.$$

ВАРІАНТ 22

Таблиця 1

I_1, A	0	2,8	5,2	6,4	8,0	9,2	10,0	10,8
U_1, B	0	10	20	30	40	50	60	70

Таблиця 2

I_2, A	0	0,4	0,8	1,6	3,2	5,6	8,4	12,8
U_2, B	0	10	20	30	40	50	60	70

$$U_1 = 55 B, \quad U_2 = 50 B, \quad I_1 = 7 A, \quad I_2 = 4 A.$$

ВАРІАНТ 23

Таблиця 1

I_1, A	0	2,8	5,2	6,4	8,0	9,2	10,0	10,8
U_1, B	0	10	20	30	40	50	60	70

Таблиця 2

I_2, A	0	0,4	0,8	1,6	3,2	5,6	8,4	12,8
U_2, B	0	10	20	30	40	50	60	70

$$U_1 = 40 B, \quad U_2 = 40 B, \quad I_1 = 6 A, \quad I_2 = 5,5 A.$$

ВАРІАНТ 24

Таблиця 1

I_1, A	0	3,5	6,5	8,0	10	11,5	12,5	13,5
U_1, B	0	10	20	30	40	50	60	70

Таблиця 2

I_2, A	0	0,5	1,0	2,0	4,0	7,0	10,5	16,0
U_2, B	0	10	20	30	40	50	60	70

$$U_1 = 45 B, \quad U_2 = 50 B, \quad I_1 = 10 A, \quad I_2 = 4 A.$$

ВАРІАНТ 25

Таблиця 1

I_1, A	0	0,15	0,3	0,45	0,6	0,75	0,9	1,05
U_1, B	0	10	20	30	40	50	60	70

Таблиця 2

I_2, A	0	0,05	0,1	0,2	0,4	0,7	1,05	1,6
U_2, B	0	15	22	26	30	33	36	40

$$U_1 = 50 B, \quad U_2 = 25 B, \quad I_1 = 0,7 A, \quad I_2 = 0,6 A.$$

ТЕМА 14

МАГНІТНІ КОЛА ПРИ ПОСТІЙНИХ МАГНІТНИХ ПОТОКАХ

14.1. Явище і закон електромагнетизму

14.2. Магнітне коло і її конструктивна схема

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО І ПРАКТИЧНО-СТЕРЕОТИПНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 14.1 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
9.	У чому суть явища електромагнетизму?	
10.	Сформулюйте правило «правого буравчика».	
11.	Яка фізична величина є силовою характеристикою магнітного поля?	
12.	Дайте визначення магнітної індукції.	
13.	Запишіть визначальну формулу магнітної індукції.	
14.	Одержіть одиницю магнітної індукції з визначальної формули.	
15.	Що таке однорідне магнітне поле?	
16.	Дайте визначення магнітного потоку для однорідного магнітного поля.	
17.	Запишіть визначальну формулу магнітного потоку для однорідного магнітного поля.	
18.	Одержіть одиницю магнітного потоку для однорідного магнітного поля з визначальної формули.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
	У магнітному полі постійного магніту перебуває рамка зі струмом. Сила струму в рамці дорівнює 10 А . На рамку діє обертаючий момент 0,1 Н·м . Площа рамки дорівнює 50 см² . Площа поперечного перерізу кожного полюса магніту дорівнює 100 см² .	
19.	Визначте магнітну індукцію поля в теслах.	
20.	Визначте магнітний потік між полюсами у веберах.	
21.	Сформулюйте закон електромагнетизму.	
22.	Запишіть математично й розшифруйте закон електромагнетизму.	
23.	Одержіть одиницю потокозчеплення з математичного запису закону електромагнетизму.	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 46$.

Таблиця 14.1а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	$\frac{H \cdot m}{A \cdot m^2} = \frac{Дж}{A \cdot m^2} = \frac{B \cdot A \cdot c}{A \cdot m^2} = \frac{B \cdot c}{m^2} = Тл.$
2.	Магнітна індукція.
3.	Якщо вгвинчувати буравчик (правий гвинт) по напрямку сили електричного струму, то напрямком його обертання буде збігатися з напрямком силових ліній магнітного поля.
4.	Добуток магнітної індукції на площу, через яку проходить магнітне поле.

Номер відповіді	Відповіді
5.	$\psi = w \cdot \Phi = L \cdot I.$
6.	Навколо провідника зі струмом утвориться магнітне поле.
7.	$Tл \cdot м^2 = \frac{B \cdot c}{м^2} \cdot м^2 = B \cdot c = Вб.$
8.	Магнітна індукція дорівнює відношенню обертаючого моменту рамки зі струмом (поміщеної в дану крапку поля) до добутку площі рамки на силу струму в ній.
9.	20.
10.	Поле, у якого магнітна індукція в будь-якій точці поля однакова.
11.	$Гн \cdot А = \frac{B \cdot c}{А} \cdot А = B \cdot c = Вб.$
12.	$B \cdot S.$
13.	Потокозчеплення (добуток числа витків котушки на магнітний потік) прямо пропорційно добутку індуктивності котушки на силу електричного струму.
14.	$\frac{M}{I \cdot S}.$
15.	2.

Таблиця 14.2 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Дайте визначення напруженості магнітного поля.	
2.	Запишіть визначальну формулу напруженості магнітного поля.	
3.	Одержіть одиницю напруженості магнітного поля з визначальної формули.	
4.	Як визначити магнітну проникність середовища?	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
5.	Запишіть визначальну формулу магнітної проникності середовища.	
6.	Що таке магнітна постійна?	
7.	Чому дорівнює магнітна постійна?	
8.	Запишіть математичне рівняння для визначення відносної магнітної проникності середовища?	
	У котушці індуктивності з ферромагнітним сердечником протікає електричний струм і створює магнітне поле. Магнітна індукція в магнітопроводі дорівнює 1,2 Тл , відносна магнітна проникність матеріалу магнітопроводу дорівнює 2500/π .	
9.	Визначте магнітну проникність магнітопроводу.	
10.	Визначте напруженість магнітного поля в магнітопроводі.	
11.	Сформулюйте закон повного струму для однорідного магнітного поля.	
12.	Запишіть математично закон повного струму для однорідного магнітного поля.	
13.	Що таке крива намагнічування?	
14.	Що розуміється під магнітним колом?	
15.	Назвіть основні елементи магнітного кола.	
16.	Укажіть призначення магнітопроводу.	
17.	З яких матеріалів виготовляються магнітопроводи?	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 59$.

Таблиця 14.2а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

1.	$\frac{\mu_c}{\mu_0}$.
2.	Добуток магнітної постійної на відносну магнітну проникність середовища.
3.	1200 А/м.
4.	$\frac{B}{\mu_c}$.
5.	$w \cdot I = H \cdot l$.
6.	$4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м.}$
7.	Магнітна проникність вакууму.
8.	Відношення магнітної індукції до магнітної проникності середовища.
9.	Сукупність пристроїв, що забезпечують можливість створення магнітного потоку.
10.	$\frac{T_l}{\text{Гн}} = \frac{\frac{B \cdot c}{\text{м}^2}}{\frac{B \cdot c}{\text{А} \cdot \text{м}}} = \frac{\text{А}}{\text{м}}$.
11.	Залежність між магнітною індукцією й напруженістю магнітного поля $B = f(H)$.
12.	$\mu_0 \cdot \mu$.
13.	Добуток числа витків котушки на силу струму прямо пропорційно добутку напруженості магнітного поля на довжину магнітної силової лінії магнітопроводу.
14.	0,001 Гн/м.
15.	Залізо, нікель, кобальт і їхні сплави.
16.	Для створення, проходження й посилення магнітного потоку.
17.	Магнітопровід і котушка, що живиться від джерела постійного струму.

14.3 Аналогія між електричними і магнітними колами

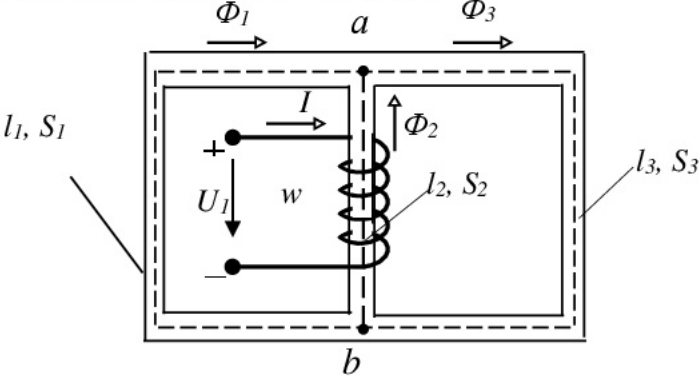
14.4 Розрахункова схема магнітного кола

14.5 Закони магнітних кіл

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 14.4 – Навчально-контролюючі завдання

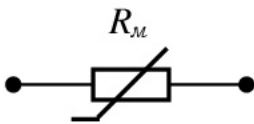
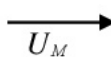
Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Що в магнітному колі є аналогією електрорушійній силі електричного кола? Приведіть умовну позначку.	
2.	Що в магнітному колі є аналогією опору електричному струму електричного кола? Приведіть умовну позначку.	
3.	Що в магнітному колі є аналогією силі струму електричного кола? Приведіть умовну позначку.	
4.	Що в магнітному колі є аналогією напрузі на ділянці електричного кола? Приведіть умовну позначку.	
5.	Сформулюйте закон Ома для ділянки магнітного кола без магніторушійної сили.	
6.	Запишіть математично закон Ома для ділянки магнітного кола без магніторушійної сили.	
7.	Сформулюйте закон Ома для замкнутого магнітного кола з декількома магніторушійними силами.	
8.	Запишіть математично закон Ома для замкнутого магнітного кола з декількома магніторушійними силами.	

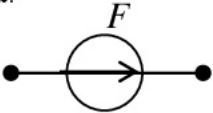
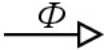
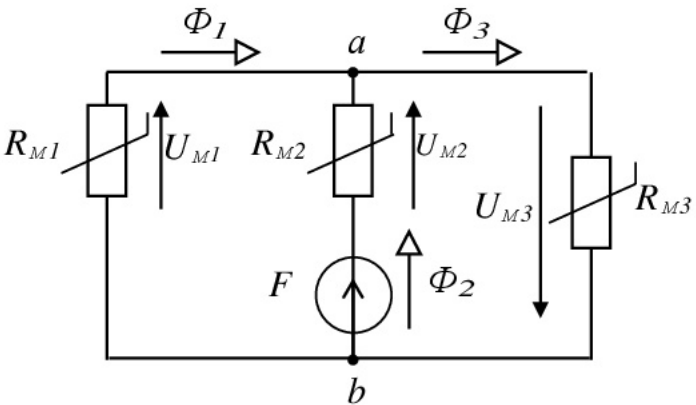
Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
9.	Сформулюйте узагальнений закон Ома для ділянки магнітного кола з магніторушійними силами.	
10.	Запишіть математично узагальнений закон Ома для ділянки магнітного кола з магніторушійними силами.	
11.	Сформулюйте 1-й закон Кірхгофа для розгалуженого магнітного кола.	
12.	Запишіть математично 1-й закон Кірхгофа для розгалуженого магнітного кола.	
13.	Сформулюйте 2-й закон Кірхгофа для розгалуженого магнітного кола.	
14.	Запишіть математично 2-й закон Кірхгофа для розгалуженого магнітного кола.	
	<p>На представленій розгалуженій схемі позначено: котушка постійного струму із числом витків w, сила струму в котушці I. Магнітопровід, що складається із трьох ділянок, характеризується: довжинами ділянок магнітопроводу – l_1, l_2, l_3; площами перерізу ділянок магнітопроводу – S_1, S_2, S_3. По магнітопроводу замикаються основні магнітні потоки Φ_1, Φ_2, Φ_3.</p> 	
15.	Складіть розрахункову схему цього кола.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
16.	Складіть рівняння по першому законі Кірхгофа для вузла «а» наведеного магнітного кола.	
17.	Складіть рівняння по другому законі Кірхгофа для першого контуру наведеного магнітного кола.	
18.	Складіть рівняння по другому законі Кірхгофа для другого контуру наведеного магнітного кола.	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 35$.

Таблиця 14.4а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

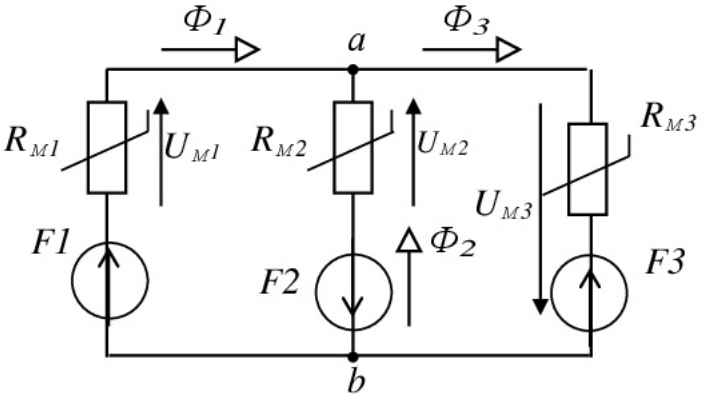
Номер відповіді	Відповіді
1.	Магнітний потік дорівнює відношенню алгебраїчної суми магніторушійних сил у замкнутому колі до суми магнітних опорів даного кола.
2.	Опір магнітному потоку. <div style="text-align: center;">  </div>
3.	$\Phi = \frac{U_M + \sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n R_{Mi}}$
4.	Магнітна напруга на ділянці кола. <div style="text-align: right;">  </div>
5.	$\sum_{i=1}^n \Phi_i = 0.$
6.	$\Phi = \frac{U_M}{R_M}.$

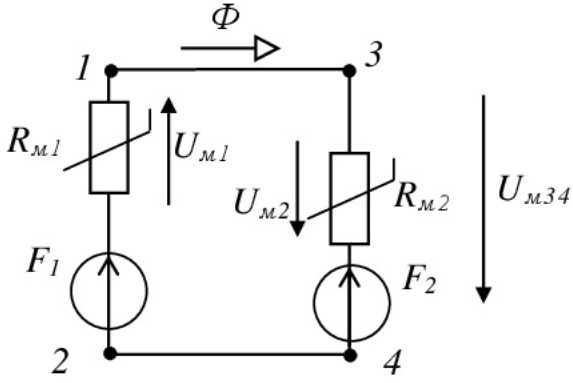
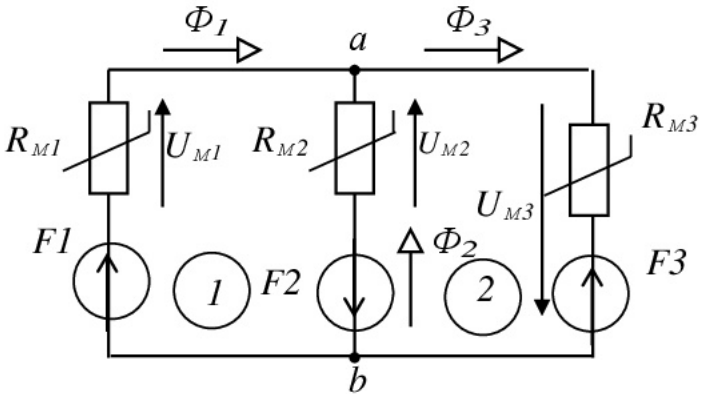
Номер відповіді	Відповіді
7.	Магніторушійна сила. 
8.	$\sum_{i=1}^n F_i = \sum_{i=1}^n R_{M_i} \cdot \Phi_i .$
9.	$\Phi_1 + \Phi_2 - \Phi_3 = 0.$
10.	Магнітний потік. 
11.	Алгебраїчна сума магніторушійних сил у контурі дорівнює алгебраїчній сумі добутків магнітних опорів (що входять у контур) на магнітний потік (що проходить в даних опорах).
12.	Магнітний потік прямо пропорційний магнітній напрузі на ділянці кола і зворотно пропорційний магнітному опору цієї ділянки кола.
13.	Алгебраїчна сума магнітних потоків у вузлі магнітного кола дорівнює нулю.
14.	$\Phi = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n R_{M_i}} .$
15.	

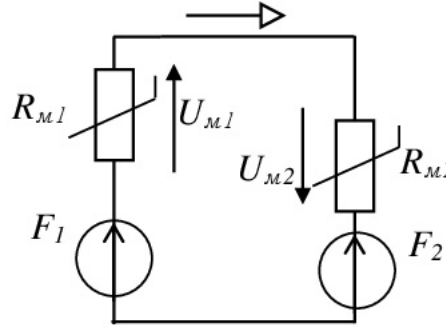
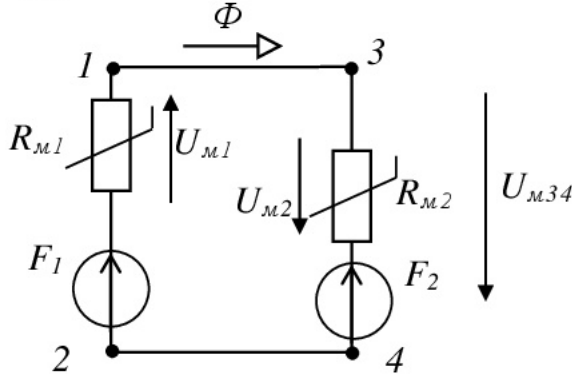
Номер відповіді	Відповіді
16.	Магнітний потік дорівнює відношенню суми магнітної напруги на затискачах кола й алгебраїчної суми магніторушійних сил у замкнутому контурі до суми магнітних опорів у цьому контурі.
17.	$F = R_{M2} \cdot \Phi_2 + R_{M3} \cdot \Phi_3.$
18.	$-F = R_{M1} \cdot \Phi_1 - R_{M2} \cdot \Phi_2$

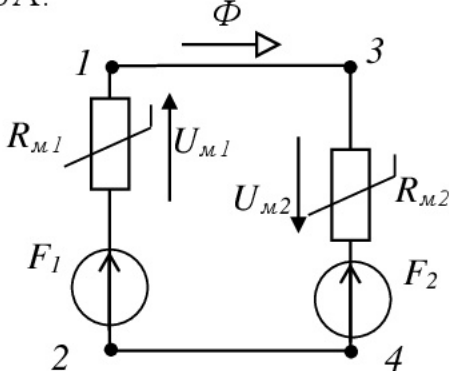
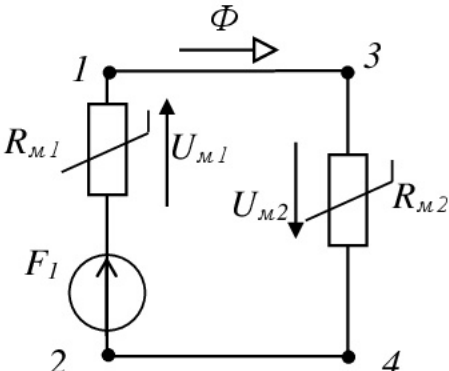
НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ПРАКТИЧНО-СТЕРЕОТИПНОГО ХАРАКТЕРУ

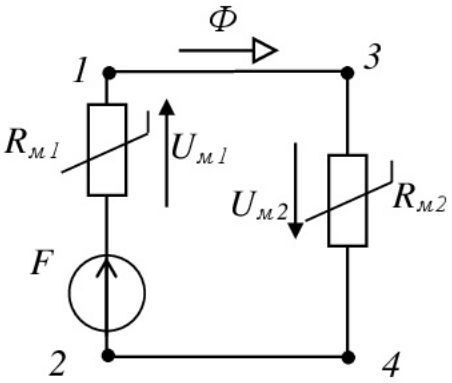
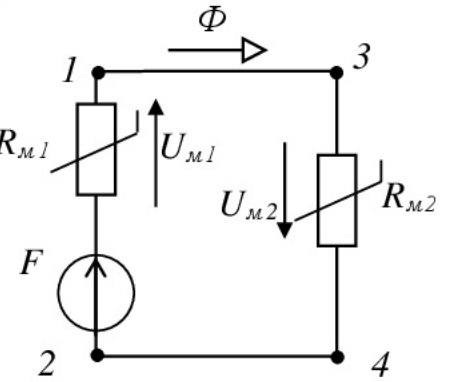
Таблиця 14.5– Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Відносна магнітна проникність матеріалу магнітопроводу дорівнює $6000/\pi$ Гн/м. Магнітна постійна $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м. Визначити магнітну проникність магнітопроводу.	
2.	Запишіть рівняння за першим законом Кірхгофа для вузла «а» наведеної схеми 	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
3.	<p>Запишіть рівняння за другим законом Кірхгофа для контуру 1 наведеної схеми, прийняв обхід контуру за годинниковою стрілкою.</p> 	
4.	<p>Запишіть рівняння за другим законом Кірхгофа для контуру 2 наведеної схеми, прийняв обхід контуру за годинниковою стрілкою.</p> 	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
5	<p>Для магнітного кола відомо: $F_1 = 48 \text{ А}$, $F_2 = 20 \text{ А}$, $R_{m1} = 2 \frac{1}{\text{Гн}}$, $R_{m2} = 5 \frac{1}{\text{Гн}}$,</p>  <p>Визначити магнітний потік в магнітному колі.</p>	
6.	<p>Для магнітного кола відомо: $F_2 = 20 \text{ А}$, $R_{m2} = 10 \frac{1}{\text{Гн}}$, $U_{m34} = 80 \text{ А}$.</p>  <p>Визначити магнітний потік в магнітному колі.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
7.	<p>Для магнітного кола відомо: $R_{m2} = 10 \frac{1}{\text{Гн}}$, $U_{m2} = 80 \text{ А}$.</p>  <p>Визначити магнітний потік в магнітному колі.</p>	
8.	<p>Для магнітного кола відомо: $R_{m1} = 2 \frac{1}{\text{Гн}}$, $R_{m2} = 10 \frac{1}{\text{Гн}}$, $U_{m2} = 50 \text{ А}$.</p>  <p>Визначити магнітну напругу на ділянці з R_{m1}.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
9.	<p>Для магнітного кола відомо: $R_{m1} = 200 \frac{1}{\text{Гн}}$, $R_{m2} = 100 \frac{1}{\text{Гн}}$, $\Phi = 0,06 \text{ Вб}$.</p>  <p>Визначити магніторушійну силу у контурі.</p>	
10.	<p>Для магнітного кола відомо: $R_{m1} = 2 \frac{1}{\text{Гн}}$, $R_{m2} = 10 \frac{1}{\text{Гн}}$, $F = 60 \text{ А}$.</p>  <p>Визначити магнітний потік в магнітному колі.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
11.	<p>У котушці індуктивності з феромагнітним осердям протікає електричний струм 20 А. Котушка має 500 витків. Довжина середньої лінії магнітопроводу дорівнює 2 м.</p> <p>Визначити напруженість магнітного поля в осерді.</p>	
12.	<p>Напруженість магнітного поля в осерді складає 4000 А/м. Магнітна індукція в осерді 2 Тл.</p> <p>Визначити магнітну проникність магнітопроводу.</p>	
13.	<p>Напруженість магнітного поля в осерді складає 4000 А/м. Відносна магнітна проникність матеріалу магнітопроводу дорівнює $2500 / \pi, \mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.</p> <p>Визначити магнітну індукцію осерді.</p>	
14.	<p>У котушці індуктивності з феромагнітним осердям протікає електричний струм 25 А. Котушка має 400 витків.</p> <p>Визначити магніторушійну силу котушки.</p>	
15.	<p>Площа поперечного перерізу магнітопроводу дорівнює $0,01 \text{ м}^2$. Магнітна індукція в магнітопроводі 0,7 Тл.</p> <p>Визначити магнітний потік в магнітопроводі.</p>	
16.	<p>Напруженість магнітного поля в осерді складає 4000 А/м. Довжина середньої лінії магнітопроводу дорівнює 2 м.</p> <p>Визначити магніторушійну силу котушки.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
17.	Котушка з феромагнітним осердям має 1000 витків. Довжина середньої лінії магнітопроводу дорівнює 2,5 м. Площа поперечного перерізу магнітопроводу дорівнює 0,005 м ² . Магнітна проникність матеріалу магнітопроводу дорівнює 0,001 Гн/м. Визначити індуктивність котушки.	
18.	У котушці індуктивності з феромагнітним осердям протікає електричний струм 5 А. Котушка має 2000 витків. Магнітний потік дорівнює 0,004 Вб. Визначити індуктивність котушки.	
19.	У котушці індуктивності з феромагнітним осердям протікає постійний електричний струм. Котушка має 500 витків. Довжина середньої лінії осердя дорівнює 5 м. Напруженість магнітного поля в осерді складає 4000 А/м. Визначити силу струму в котушці.	
20.	У котушці індуктивності з феромагнітним осердям протікає електричний струм 5 А. Котушка має індуктивність 0,06 Гн. Визначити енергію, що накопичується магнітним полем котушки.	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 14$.

Таблиця 14.5а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	18
2.	5
3.	$\Phi_1 + \Phi_2 - \Phi_3 = 0$

Номер відповіді	Відповіді
4.	8
5.	6
6.	10
7.	$-F2 - F3 = R_{m2} \Phi_2 + R_{m3} \Phi_3.$
8.	$F1 - F2 = R_{m1} \Phi_1 - R_{m2} \Phi_2.$
9.	4
10.	$1,5 \cdot 10^4$
11.	0,0024
12.	8000
13.	2
14.	5000
15.	1,6
16.	0,007
17.	40
18.	0,75
19.	10000
20.	4

ТЕМАТИЧНЕ КОМПЛЕКСНЕ КВАЛІФІКАЦІЙНЕ ЗАВДАННЯ

Умова

Задано конструктивну схему магнітного кола (рисунок 1). Для представленого магнітного кола відомі довжини середніх ліній ділянок магнітопроводу l_1, l_2, l_3, l_4 ; площа поперечного перерізу магнітопроводу S ; сила струму в котушці I ; число витків котушки w .

Задано криву намагнічування матеріалу магнітопроводу (рисунок 2).

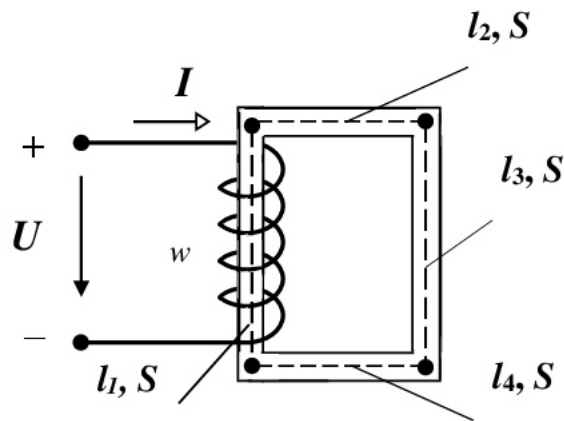


Рисунок 1 – Конструктивна схема магнітного кола.

Завдання

1. Скласти розрахункову схему магнітного кола.
2. Визначити силу, що намагнічує, магнітного кола.
3. Визначити напруженість магнітного поля.
4. Визначити магнітну індуктивність у робочій точці по кривій намагнічування.
5. Визначити магнітну проникність у робочій точці.
6. Визначити магнітний опір магнітопроводу на всіх його ділянках.
7. Визначити магнітний потік кожної ділянки кола.
8. Визначити магнітну напругу на кожній ділянці кола.
9. Визначити число витків котушки при заданій силі струму, щоб магнітний потік дорівнював Φ' .
10. Розрахувати залежність магнітної проникності магнітопроводу від напруженості магнітного поля.
11. Вибравши масштаби магнітної проникності магнітопроводу і напруженості магнітного поля, побудувати залежність $\mu_c = f(H)$.
12. Розрахувати залежність індуктивності котушки від напруженості магнітного поля.
13. Вибравши масштаби індуктивності та напруженості магнітного поля, побудувати залежність $L = f(H)$.

**Варіанти вихідних даних
тематичного комплексного кваліфікаційного завдання**

Номер варіанта	l_1 ,	l_2 ,	l_3 ,	l_4 ,	S ,	I ,	w	Φ' ,
	<i>см</i>	<i>см</i>	<i>см</i>	<i>см</i>	<i>см²</i>	<i>A</i>	–	<i>Вб</i>
1	170	80	170	80	50	5	500	$2 \cdot 10^{-3}$
2	85	40	85	40	100	4	400	$3 \cdot 10^{-3}$
3	100	50	100	50	40	3	300	$4 \cdot 10^{-3}$
4	50	50	50	50	30	2	600	$5 \cdot 10^{-3}$
5	120	80	120	80	60	4	250	$6 \cdot 10^{-3}$
6	150	100	150	100	50	5	500	$3 \cdot 10^{-3}$
7	75	50	75	50	100	4	400	$4 \cdot 10^{-3}$
8	60	90	60	90	40	3	300	$5 \cdot 10^{-3}$
9	40	60	40	60	30	2	600	$6 \cdot 10^{-3}$
10	90	110	90	110	60	4	250	$7 \cdot 10^{-3}$
11	120	130	120	130	50	5	500	$4 \cdot 10^{-3}$
12	60	65	60	65	100	4	400	$5 \cdot 10^{-3}$
13	80	70	80	70	40	3	300	$7 \cdot 10^{-3}$
14	65	35	65	35	30	2	600	$8 \cdot 10^{-3}$
15	100	75	100	75	60	4	250	$9 \cdot 10^{-3}$
16	180	70	180	70	50	5	500	$7 \cdot 10^{-3}$
17	90	35	90	35	100	4	400	$8 \cdot 10^{-3}$
18	95	55	95	55	40	3	300	$6 \cdot 10^{-3}$
19	42	58	42	58	30	2	600	$7 \cdot 10^{-3}$
20	130	70	130	70	60	4	250	$4 \cdot 10^{-3}$
21	90	160	90	160	50	5	500	$10 \cdot 10^{-3}$
22	45	80	45	80	100	4	400	$9 \cdot 10^{-3}$
23	110	40	110	40	40	3	300	$8 \cdot 10^{-3}$
24	70	30	70	30	30	2	600	$6 \cdot 10^{-3}$
25	140	60	140	60	60	4	250	$5 \cdot 10^{-3}$

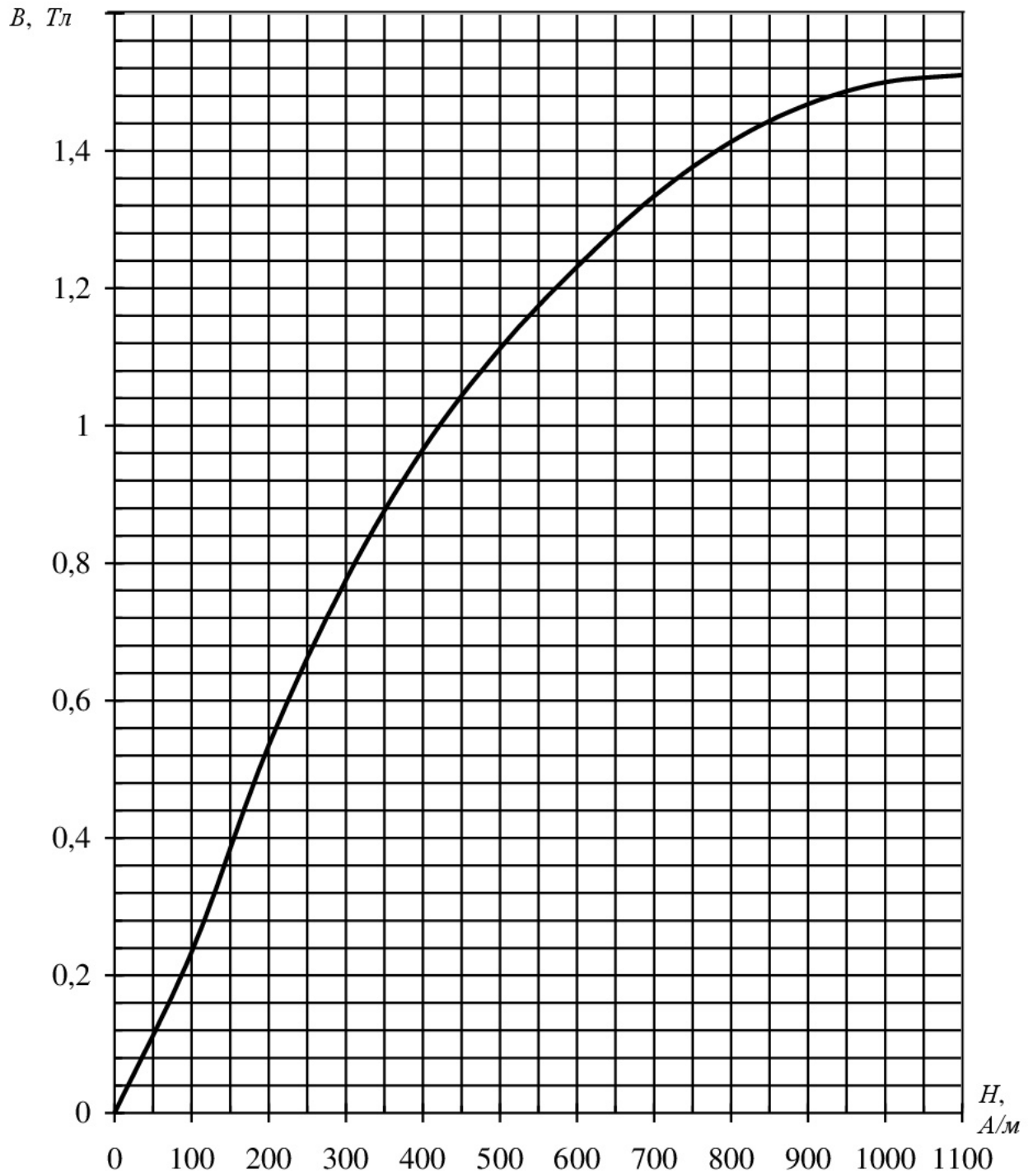


Рисунок 2 – Крива намагнічування матеріалу магнітопроводу.

ТЕМА 15
НЕЛІНІЙНІ КОЛА ЗМІННОГО СТРУМУ

15.1. Загальні положення.

15.2. Нелінійна індуктивність

15.3 Ідеальна котушка з феромагнітним осердям у колі змінного струму

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

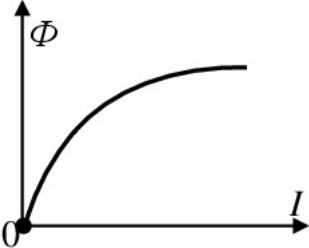
Таблиця 15.1 – Навчально-контролюючі завдання

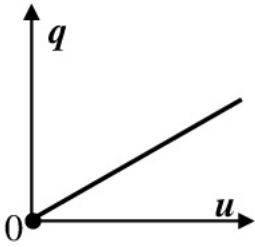
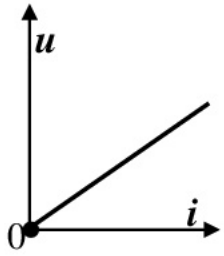
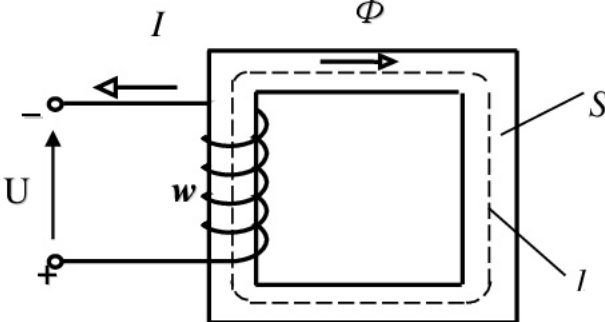
Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Опишіть математично зв'язок між напругою, струмом і лінійним активним опором у колі змінного синусоїдного струму. Зобразіть графічно даний зв'язок.	
2.	Опишіть математично зв'язок між кількістю витків котушки, магнітним потоком, електричним струмом, лінійною індуктивністю в колі змінного синусоїдного струму. Зобразіть графічно даний зв'язок.	
3.	Опишіть математично зв'язок між зарядом, напругою й лінійною ємністю в колі змінного синусоїдного струму. Зобразіть графічно даний зв'язок.	
4.	Покажіть графічно залежність магнітного потоку котушки зі сталлю від струму, що намагнічує.	
5.	Якою буде індуктивність котушки зі сталлю: лінійною або нелінійною?	
6.	Складіть конструктивну схему котушки зі сталлю (зневажаючи магнітним потоком розсіювання) при живленні від джерела постійного струму.	
7.	Запишіть рівняння магнітного потоку через силу, що намагнічує, і магнітний опір для даної схеми.	

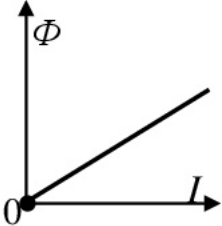
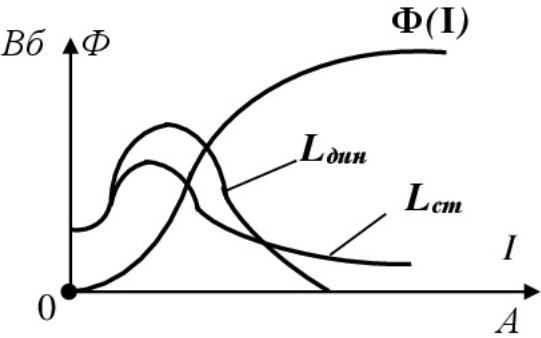
Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
8.	Запишіть рівняння магнітного опору через конструктивні параметри магнітопроводу.	
9.	Запишіть закон електромагнетизму для котушки зі сталлю в колі постійного струму.	
10.	Отримайте залежність індуктивності від конструктивних параметрів котушки зі сталлю.	
11.	Запишіть алгоритм визначення динамічної індуктивності котушки графоаналітичним методом, якщо задані таблично залежність $\Phi = f(I)$ і значення струму, що намагнічує.	
12.	Запишіть алгоритм визначення статичної індуктивності котушки графо-аналітичним методом, якщо задані таблично залежність $\Phi = f(I)$ і значення струму, що намагнічує.	
13.	Приведіть залежність магнітного потоку від струму, що намагнічує, і покажіть криві статичної й динамічної індуктивності у функції струму.	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 15$.

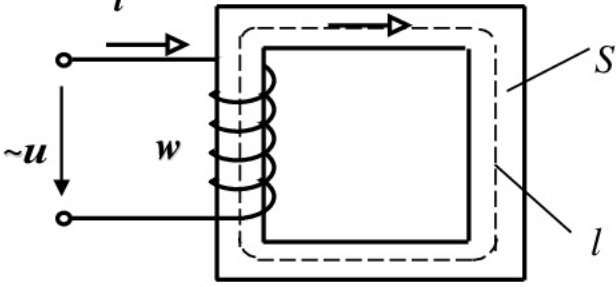
Таблиця 15.1а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
16.	

Номер відповіді	Відповіді
17.	<ul style="list-style-type: none"> - вибираємо масштаби потоку і струму, що намагнічує; - будуємо залежність $\Phi = f(I)$ нелінійної котушки за даними таблиці; - на графіку залежності $\Phi = f(I)$ відзначаємо робочу при заданому значенні струму, що намагнічує; - проводимо пряму, що з'єднує робочу точку з початком координат; - вимірюємо величину кута між віссю абсцис і цією прямою; - визначаємо масштаб індуктивності; - визначаємо величину статичної індуктивності нелінійної котушки в заданій робочій точці.
18.	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> $q = C u.$ </div> </div>
19.	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> $u = r i.$ </div> </div>
20.	$\frac{w^2 \cdot \mu \cdot \mu_0 \cdot S}{l}.$
21.	$\frac{w \cdot I}{R_M}.$
22.	

Номер відповіді	Відповіді
23.	<ul style="list-style-type: none"> - вибираємо масштаби потоку і струму, що намагнічує; - будуємо залежність $\Phi = f(I)$ нелінійної котушки за даними таблиці; - на графіку залежності $\Phi = f(I)$ відзначаємо робочу точку при заданому значенні струму, що намагнічує; - проводимо дотичну в робочій точці до перетинання з віссю абсцис (віссю сили струму); - вимірюємо величину кута між віссю абсцис і дотичною; - визначаємо масштаб індуктивності; - визначаємо величину динамічної індуктивності нелінійної котушки в заданій робочій точці.
24.	$\psi = w\Phi = LI .$
25.	Нелінійної.
26.	$\frac{l}{\mu \cdot \mu_0 \cdot S}$
27.	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> $\psi = w\Phi = Li$ </div> </div>
28.	

Таблиця 15.2 – Навчально-контролюючі завдання

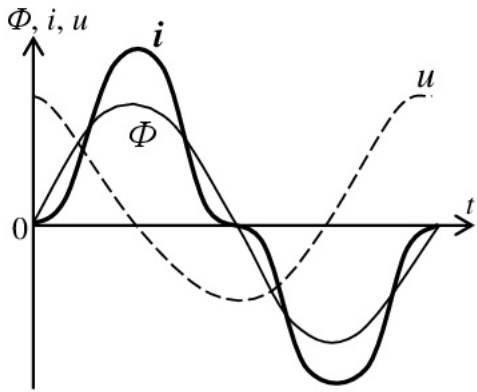
Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
	<p>На представленій схемі позначено: котушка с феромагнітним осереддям із числом витків w, сила змінного струму в котушці i. Магнітопровід характеризується: довжиною магнітопроводу – l і площею поперечного перерізу магнітопроводу – S. По магнітопроводу замикається основний магнітний потік Φ. Котушка не має петлі гістерезису, відсутні вихрові струми, активний опір її дорівнює нулю, відсутній магнітний потік розсіювання.</p> 	
1.	Що таке ідеальна котушка з феромагнітним осереддям у колі змінного синусоїдного струму?	
2.	Математично запишіть закон електромагнетизму для даної котушки.	
3.	Запишіть рівняння миттєвої напруги джерела при його початковій фазі рівної 90° .	
4.	Отримайте рівняння миттєвого магнітного потоку.	
5.	Покажіть графічно залежності $\Phi=f(t)$, $i=f(t)$, $u=f(t)$ у котушці з феромагнітним осереддям.	
6.	Запишіть рівняння миттєвого несинусоїдного струму, замінивши його еквівалентним синусоїдним.	
7.	Запишіть рівняння миттєвої ЕРС самоіндукції в ідеальній котушці.	
8.	Побудуйте векторну діаграму ідеальної котушки з феромагнітним осереддям у колі змінного струму.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
9.	Складіть розрахункову схему ідеальної котушки з феромагнітним осередком у колі змінного струму.	
10.	Запишіть рівняння ідеальної котушки в комплексній формі.	
11.	Запишіть рівняння діючого значення поточозчеплення ідеальної котушки.	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{непарних} - \Sigma_{парних} = 8$.

Таблиця 15.2а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	$E_m \cdot \sin(\omega \cdot t - 90^\circ)$.
2.	
3.	$\psi = w \cdot \Phi = L \cdot I_P$.
4.	$I_m \cdot \sin \omega \cdot t$.
5.	
6.	$U_m \cdot \sin(\omega \cdot t + 90^\circ)$.
7.	Котушка з феромагнітним осередком не має петлі гістерезису, відсутні вихрові струми, активний опір її дорівнює нулю, магнітний потік розсіювання відсутній.

Номер відповіді	Відповіді
8.	$\Phi_m \cdot \sin \omega \cdot t .$
9.	$\dot{U} = jx \cdot \dot{I}_p .$
10.	$\psi = w \cdot \Phi = L \cdot i .$
11.	

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ПРАКТИЧНО-СТЕРЕОТИПНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 15.3 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Котушка з феромагнітним осердям має 1000 витків. Довжина середньої магнітної силової лінії магнітопроводу котушки дорівнює 0,4 м. Напруженість магнітного поля в робочій точці 400 А/м. Визначити намагнічуючий струм котушки.	
2.	Напруженість магнітного поля в робочій точці 400 А/м. Магнітна проникність матеріалу магнітопроводу дорівнює 0,001 Гн/м. Визначити магнітну індукцію в осерді котушки.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
3.	<p>Перетин магнітопроводу дорівнює $0,008 \text{ м}^2$. Магнітна індукція в магнітопроводі котушки 5 Тл.</p> <p>Визначити магнітний потік у осерді котушки.</p>	
4.	<p>В робочій точці котушки з феромагнітним осердям магнітний потік у осерді $0,02 \text{ Вб}$, намагнічуючий струм котушки 4 А. Котушка з осердям має 1000 витків.</p> <p>Визначити статичну індуктивність в робочій точці.</p>	
5.	<p>Ідеальну котушку з феромагнітним осердям, що споживала діюче значення струму 2 А, підключили до джерела змінної синусоїдної $u = 282 \sin(\omega t + 30^\circ) \text{ В}$.</p> <p>Вказати рівняння миттєвого значення намагнічуючого струму.</p>	
6.	<p>Ідеальну котушку з феромагнітним осердям, підключили до джерела змінної синусоїдної напруги $u = 282 \sin(\omega t + 30^\circ) \text{ В}$. Котушка споживала діюче значення струму 2 А.</p> <p>Чому дорівнює індуктивний опір ідеальної котушки з феромагнітним осердям.</p>	
7.	<p>Ідеальну котушку з феромагнітним осердям підключили до джерела змінної синусоїдної $u = 282 \sin(\omega t + 30^\circ) \text{ В}$.</p> <p>Чому дорівнює початкова фаза магнітного потоку в осерді котушки?</p>	
8.	<p>Індуктивний опір ідеальної котушки з феромагнітним осердям, підключеної до джерела змінної синусоїдної напруги дорівнює $15,7 \text{ Ом}$. Частота джерела 50 Гц.</p> <p>Визначити індуктивність котушки.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
9.	Ідеальну котушку з феромагнітним осердям, підключили до джерела змінної синусоїдної напруги $u = 282 \sin(\omega t + 30^\circ)$ В. Котушка споживала діюче значення струму 2 А. Чому дорівнює активний опір ідеальної котушки з феромагнітним осердям.	
10.	Ідеальну котушку з феромагнітним осердям підключили до джерела змінної синусоїдної напруги $u = 282 \sin(\omega t + 30^\circ)$ В. Чому дорівнює діюче значення ЕРС самоіндукції в ідеальній котушці з феромагнітним осердям?	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 3$.

Таблиця 15.3а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	5
2.	- 60
3.	0
4.	0,4
5.	100
6.	0,04
7.	0,05
8.	0,16
9.	200
10.	$2,82 \sin(\omega t - 60^\circ)$

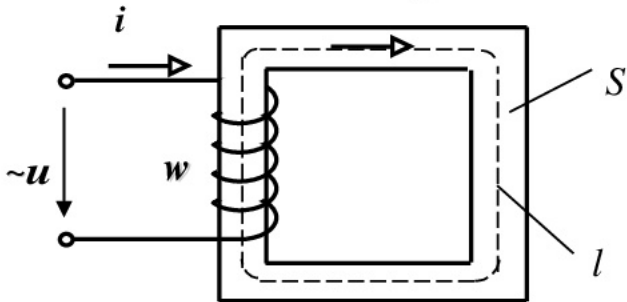
15.4. Втрати активної потужності на гістерезис

15.5. Втрати активної потужності на вихрові струми

15.6. Реальна котушка з феромагнітним осердям в колі змінного струму

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

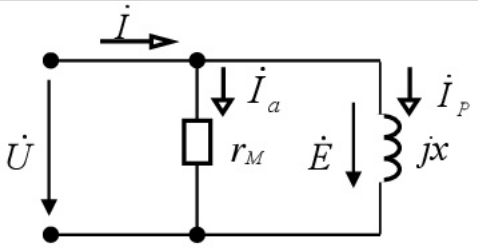
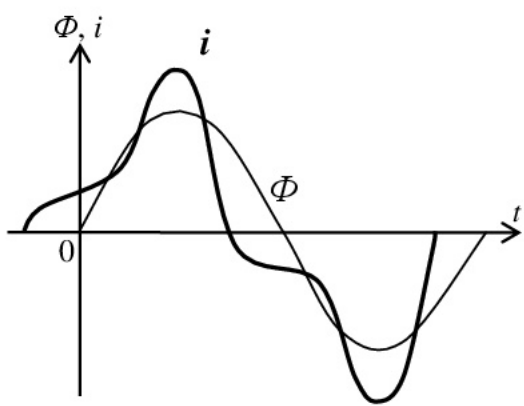
Таблиця 15.4 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
	<p>На представленій схемі позначено: котушка с феромагнітним осереддям із числом витків w, сила змінного струму в котушці i. Магнітопровід характеризується: довжиною магнітопроводу – l і площею перерізу магнітопроводу – S. Помагнітопроводу замикається основний магнітний потік Φ. У котушці є петля гістерезису й вихрові струми. Активний опір котушки дорівнює нулю, магнітний потік розсіювання відсутній.</p> 	
1.	Покажіть графічно криву струму в котушці з феромагнітним осереддям з урахуванням втрат на гістерезис і вихрові струми.	
2.	Запишіть рівняння миттєвої напруги джерела при його початковій фазі рівної 90° .	
3.	Запишіть рівняння миттєвого магнітного потоку в котушці з феромагнітним осереддям.	
4.	Запишіть рівняння миттєвого несинусоїдного струму, замінивши його еквівалентним синусоїдним для даного випадку.	
5.	Запишіть рівняння миттєвої ЕРС самоіндукції в котушці з феромагнітним осереддям.	
6.	Побудуйте векторну діаграму котушки з урахуванням втрат на гістерезис і вихрові струми.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
7.	З яких складових складається струм, що намагнічує, у котушці з феромагнітним осереддям?	
8.	Складіть розрахункову схему котушки з урахуванням втрат на гістерезис і вихрові струми.	
9.	Від чого і як залежать втрати активної потужності на гістерезис?	
10.	Від чого і як залежать втрати активної потужності на вихрові струми?	
11.	Чому дорівнюють втрати активної потужності в магнітопроводі з електротехнічної сталі.	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 10$.

Таблиця 15.4а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	
2.	$I_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \delta)$.
3.	Сумі втрат активної потужності на вихрові струми і гістерезис.
4.	Прямо пропорційні частоті струму, об'єму осереддя і площі петлі гістерезису.
5.	

Номер відповіді	Відповіді
6.	
7.	$E_m \cdot \sin(\omega \cdot t - 90^\circ)$.
8.	Прямо пропорційні квадрату частоти струму, товщині окремих листів електротехнічної сталі і магнітної індукції.
9.	$\Phi_m \cdot \sin \omega t$.
10.	Активна складова, реактивна складова.
11.	$U_m \sin(\omega t + 90^\circ)$.

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ПРАКТИЧНО-СТЕРЕОТИПНОГО ХАРАКТЕРУ

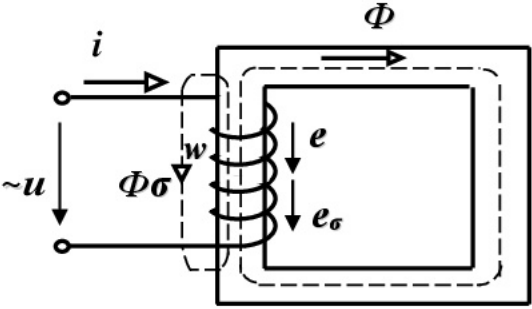
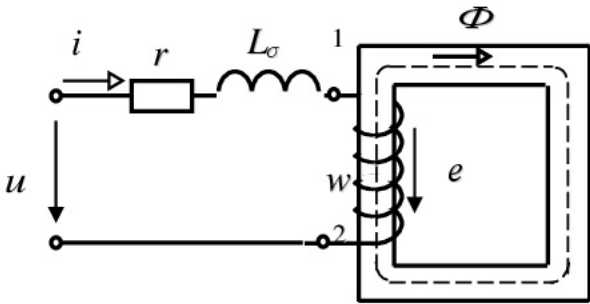
Таблиця 15.5 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Які фізичні явища і процеси спостерігаються в реальній котушці з феромагнітним осереддям у колі змінного струму?	
2.	Складіть конструктивну схему реальної котушки з феромагнітним осереддям, указавши фізичні величини.	
3.	Запишіть рівняння реальної котушки з феромагнітним осереддям для миттєвих значень.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
4.	Складіть еквівалентну схему реальної котушки з феромагнітним осереддям, якщо винести на її затискачі індуктивний опір розсіювання і активний опір реальної котушки.	
5.	Складіть схему заміщення реальної котушки з феромагнітним осереддям у комплексній формі.	
6.	Запишіть рівняння реальної котушки з феромагнітним осереддям у комплексній формі.	
7.	Побудуйте векторну діаграму реальної котушки з феромагнітним осереддям.	
8.	Отримайте рівняння ЕРС самоіндукції, якщо початкова фаза магнітного потоку дорівнює нулю.	
9.	Запишіть розрахункову формулу діючого значення ЕРС самоіндукції.	
	Котушку з феромагнітним осереддям підключили до джерела постійної напруги 110 В . Котушка споживала струм 10,5 А . Потім цю же котушку підключили до джерела змінної синусоїдної напруги з діючим значенням 110 В . Ватметр показав 1500 Вт .	
10.	Визначити активний опір цієї котушки в омах.	
11.	Визначити активну потужність, що виділяється в провідниках даної котушки у ватах	
12.	Визначити активну потужність, що виділяється в осередді котушки у ватах.	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 4$.

Таблиця 15.5а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	$u = ri + L_{\sigma} \frac{di}{dt} - e.$
2.	
3.	$\dot{U} = r\dot{i} + jx_{\sigma}\dot{I} - \dot{E}.$
4.	
5.	1155.
6.	<ul style="list-style-type: none"> - явище електричного струму в котушці; - явище електромагнетизму; - явище теплової дії струму в котушці; - явище електромагнітної індукції (самоіндукції); - явище перемагнічування в магнітопроводі; - явище вихрових струмів у магнітопроводі; - явище теплової дії вихрових струмів; - явище теплової дії від перемагнічування.
7.	$4,44 \cdot f \cdot w \cdot \Phi_m.$
8.	$E_m \sin(\omega t - 90^{\circ}).$
9.	345.

Номер відповіді	Відповіді
10.	
11.	10,48.
12.	

Таблиця 15.6 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Котушку з феромагнітним осердям підключили до джерела постійної напруги 110 В. Котушка споживала струм 5 А. Визначити потужність споживану котушкою.	
2.	Котушка з феромагнітним осердям, підключена до джерела змінної синусоїдної напруги 110 В, споживала струм 5 А, активний опір котушки дорівнював 20 Ом. Визначити активну потужність, що виділяється в провідниках даної котушки.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
3.	<p>Котушку з феромагнітним осердям підключили до джерела змінної синусоїдної напруги. Ватметр показав 3000 Вт. Активна потужність, що виділяється в провідниках даної котушки, дорівнює 2700 Вт.</p> <p>Визначити активну потужність, що виділяється в осерді котушки.</p>	
4.	<p>В котушці з феромагнітним осердям, що має 100 витків, підключеної до джерела змінної синусоїдної напруги, наводиться ЕРС самоіндукції, діюче значення якої складає 222 В. Частота джерела 50 Гц.</p> <p>Визначити максимальний магнітний потік.</p>	
5.	<p>В котушці з феромагнітним осердям, підключеної до джерела змінної синусоїдної напруги, наводиться ЕРС самоіндукції, діюче значення якої складає 200 В. Індуктивний опір магнітопроводу дорівнює 400 Ом.</p> <p>Визначити реактивну складову струму.</p>	
6.	<p>В котушці з феромагнітним осердям, підключеної до джерела змінної синусоїдної напруги, наводиться діюче значення ЕРС самоіндукції 200 В. Втрати активної потужність в осерді котушки складають 50 Вт.</p> <p>Визначити активну складову струму.</p>	
7.	<p>В котушці з феромагнітним осердям, підключеної до джерела змінної синусоїдної напруги, наводиться діюче значення ЕРС самоіндукції 200 В. Втрати активної потужність в осерді котушки складають 50 Вт.</p> <p>Визначити активний опір феромагнітного осердя котушки.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
8.	В котушці з феромагнітним осердям, підключеної до джерела змінної синусоїдної напруги, активна складова струму дорівнює 0,25 А, реактивна складова струму дорівнює 1 А. Визначити повний струму котушки.	
9.	В котушці з феромагнітним осердям, підключеної до джерела змінної синусоїдної напруги, активна складова струму дорівнює 0,25 А, реактивна складова струму дорівнює 1 А. Визначити кут втрат котушки.	
10.	В котушці з феромагнітним осердям початкова фаза магнітного потоку дорівнює нулю, а кут втрат котушки 20°. Вказати початкову фазу струму в котушці.	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 13$.

Таблиця 15.6а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	0,01
2.	0,25
3.	1,032
4.	800
5.	20
6.	300
7.	14
8.	550
9.	0,5
10.	500

15.7 Ферорезонанс напруги

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 15.7 – Навчально-контролюючі завдання

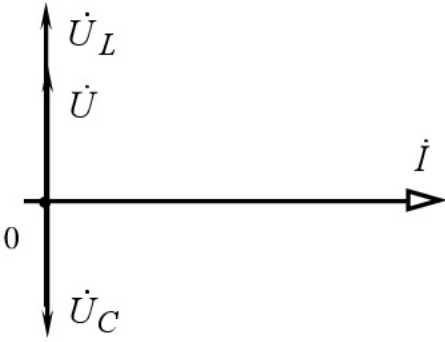
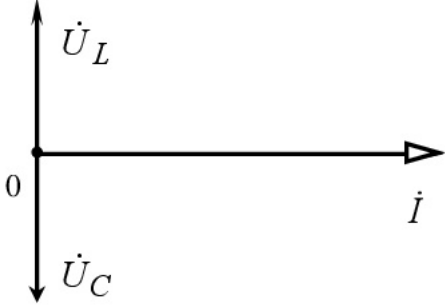
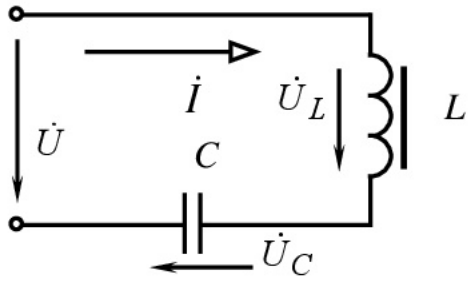
Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Які пристрої повинно містити електричне коло для виникнення в ньому ферорезонансу?	
2.	Яким явищем супроводжується ферорезонанс в електричному колі?	
3.	Чому при ферорезонансі виникає стрибкоподібні зміни струму (напруги) при незначній зміні напруги (струму) на вході електричного кола?	
4.	Що розуміють під ферорезонансом напруги?	
5.	Вкажіть умови виникнення ферорезонансу напруг.	
6.	Вкажіть розрахункову схему послідовно з'єднаних ідеальних конденсатора й котушки з феромагнітним осереддям.	
7.	Наведіть алгоритм побудови вольт-амперної характеристики електричного кола послідовно з'єднаних ідеальної котушки з феромагнітним осереддям і ідеального конденсатора.	
8.	Наведіть графічні залежності ідеальної котушки зі сталлю $U_L(I)$, ідеального конденсатора $U_C(I)$ і вольт-амперну характеристику всього кола $U = (I)$.	
9.	Яка точка на вольт-амперних характеристиках ідеальної котушки зі сталлю $U_L(I)$, ідеального конденсатора $U_C(I)$ відповідає ферорезонансу напруги?	

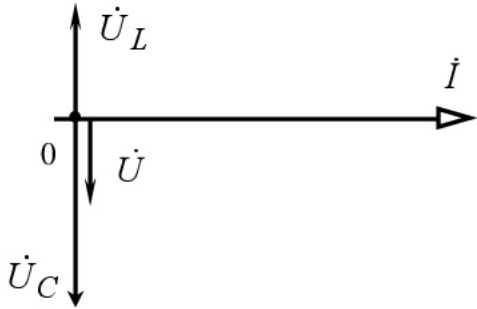
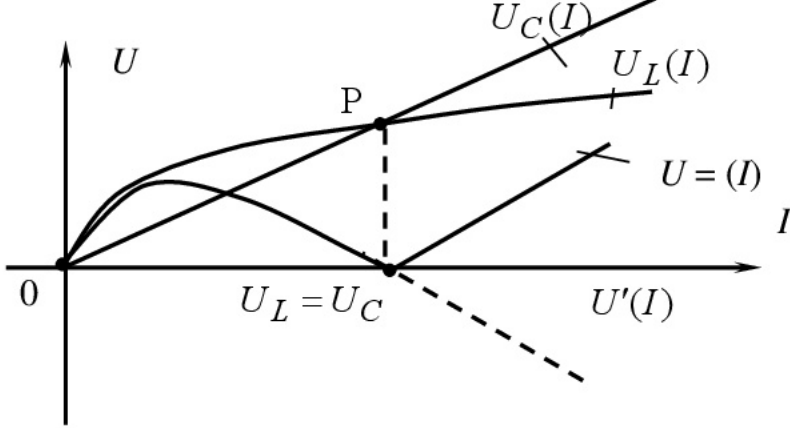
Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
10.	Побудуйте векторну діаграму електричного кола послідовно з'єднаних ідеальних конденсатора і ідеальної котушки з феромагнітним осереддям при індуктивному режимі у електричному колі.	
11.	Чому дорівнює прикладена напруга до електричного кола для розрахункової схеми послідовно з'єднаних ідеальних конденсатора і ідеальної котушки з феромагнітним осереддям?	
12.	Побудуйте векторну діаграму електричного кола послідовно з'єднаних ідеальних конденсатора і ідеальної котушки з феромагнітним осереддям при резонансі напруг.	
13.	Чому дорівнює загальний реактивний опір електричного кола при резонансі напруг?	
14.	Побудуйте векторну діаграму для електричного кола з послідовно з'єднаних ідеальних конденсатора і ідеальної котушки з феромагнітним осереддям при ємнісному у режимі у електричному колі.	
15.	Яке співвідношення між напругами на нелінійній індуктивності і ємності при ферорезонансі напруг?	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{\text{непарних}} - \sum_{\text{парних}} = 13$.

Таблиця 15.7а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	$U_L = U_C$
2.	Явищем стрибкоподібної зміни знаку кута зсуву фаз між основними гармоніками напруги і струму, а також різкою зміною струму (напруги) при незначній зміні напруги (струму) на вході електричного кола.

Номер відповіді	Відповіді
3.	
4.	$\dot{U} = \dot{U}_L + \dot{U}_C$
5.	Нулю.
6.	Точка «Р» перетину вольт-амперних характеристиках ідеальної котушки зі сталлю $U_L(I)$ і ідеального конденсатора $U_C(I)$ при якій $U_L = U_C$.
7.	
8.	
9.	Зміна знаку кута зсуву фаз між основними гармоніками напруги і струму при зміні напруги на вході електричного кола.

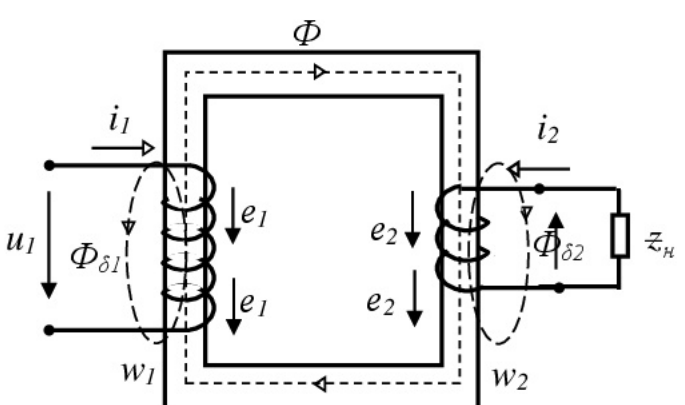
Номер відповіді	Відповіді
10.	
11.	Тому, що вольт-амперна характеристик котушки зі сталлю є нелінійною, що є слідством зміни параметру котушки – індуктивності.
12.	Котушку з феромагнітним магнітопроводом, з'єднану послідовно або паралельно з конденсатором.
13.	<ul style="list-style-type: none"> - вибираємо масштаби напруги й сили струму; - будуємо вольт-амперні характеристики ідеальної котушки зі сталлю $U_L(I)$ і ідеального конденсатора $U_C(I)$ за даними таблиць; - будуємо вольт-амперну характеристику всього кола шляхом підсумовування напруг при одній і тій же силі струму $I = f(U)$.
14.	
15.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вольт-амперні характеристики котушки з феромагнітним осереддям і ідеального конденсатора мають загальну точку перетину. 2. Індуктивний опір кола дорівнює ємнісному опорю кола.

15.7. Трансформатор з феромагнітним осереддям

15.8. Приведений трансформатор

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО І ПРАКТИЧНО-СТЕРЕОТИПНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 15.8 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
	<p>На представленій конструктивній схемі трансформатора з феромагнітним осереддям позначено:</p> <p>w_1, w_2 – числа витків первинної й вторинної обмоток; u_1 – напруга на затискачах первинної обмотки; u_2 – напруга на затискачах вторинної обмотки; i_1, i_2 – сили струмів первинної і вторинної обмоток; Φ основний магнітний потік у магнітопроводі; $\Phi_{\delta 1}$ – магнітний потік розсіювання в первинній обмотці; $\Phi_{\delta 2}$ – магнітний потік розсіювання у вторинній обмотці;</p> <p>e_1, – ЕРС самоіндукції первинної обмотки; e_2 – ЕРС взаємної індукції вторинної обмотки; $e_{\delta 1}$, $e_{\delta 2}$ – ЕРС первинної і вторинної обмоток, створені відповідними магнітними потоками розсіювання. У феромагнітному осередді є петля гістерезису і вихрові струми.</p> 	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Як улаштований трансформатор з феромагнітним осереддям?	
2.	Які явища спостерігаються в первинній обмотці трансформатора з феромагнітним осереддям?	
3.	Які явища спостерігаються у вторинній обмотці трансформатора з феромагнітним осереддям при підключеному навантаженні?	
4.	Які явища спостерігаються в магнітопроводі трансформатора з феромагнітним осереддям?	
5.	Складіть розрахункову схему трансформатора з феромагнітним осереддям для комплексів, якщо $w_1 = w_2$.	
6.	Запишіть рівняння рівноваги первинного контуру для миттєвих значень.	
7.	Запишіть рівняння рівноваги первинного контуру в комплексній формі.	
8.	Запишіть рівняння рівноваги вторинного контуру для миттєвих значень.	
9.	Запишіть рівняння рівноваги вторинного контуру в комплексній формі.	
10.	Запишіть рівняння для визначення діючого значення ЕРС самоіндукції первинної обмотки.	
11.	Запишіть рівняння для визначення діючого значення ЕРС взаємної індукції вторинної обмотки.	
12.	Що таке коефіцієнт трансформації трансформатора?	
13.	Запишіть рівняння для визначення коефіцієнта трансформації.	
	Трансформатор з феромагнітним осереддям має первинну обмотку з 1200 витків , вторинну обмотку з 60 витків . До первинної обмотки підведена напруга 4000 В .	
14.	Визначити коефіцієнт трансформації даного трансформатора.	
15.	Визначити напруга на затискачах вторинної обмотки у вольтах.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
	На магнітопровід трансформатора намотали вимірювальну обмотку з 500 витків . Частота струму в первинній обмотці дорівнює 50 Гц . До вимірювальної обмотки підключили вольтметр, що показав 400 В .	
16.	Визначити амплітуду магнітного потоку в магнітопроводі трансформатора у веберах.	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 28$.

Таблиця 15.8а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	$e_2 = r_2 \cdot i_2 + L_{\sigma 2} \cdot \frac{di_2}{dt} + u_2.$
2.	<ul style="list-style-type: none"> - явище електромагнітної індукції (взаємоіндукція); - явище електричного струму; - явище теплової дії струму; - явище електромагнетизму; - явище електромагнітної індукції (самоіндукції).
3.	<ul style="list-style-type: none"> - явище електричного струму; - явище електромагнетизму; - явище теплової дії струму; - явище електромагнітної індукції (самоіндукції).
4.	$u_1 = r_1 \cdot i_1 + L_{\sigma 1} \cdot \frac{di_1}{dt} - e_1.$
5.	

Номер відповіді	Відповіді
6.	- явище електромагнітної індукції; - явище вихрових струмів; - явище теплової дії вихрових струмів; - явище перемагнічування; - явище теплової дії від перемагнічування.
7.	20.
8.	На замкнутому феромагнітному осередді розташовані дві обмотки. До однієї обмотки, що зветься первинної, підводить електрична енергія від джерела. До іншої обмотки, що називається вторинною обмоткою, підключене навантаження.
9.	Відношення електрорушійної сили самоіндукції до електрорушійної сили взаємоіндукції.
10.	$4,44 \cdot f \cdot w_2 \cdot \Phi_m$.
11.	$4,44 \cdot f \cdot w_1 \cdot \Phi_m$.
12.	$\dot{E}_2 = r_2 \cdot \dot{I}_2 + jx_{\sigma 2} \cdot \dot{I}_2 + \dot{U}_2$.
13.	0,016.
14.	$\dot{U}_1 = r_1 \cdot \dot{I}_1 + jx_{\sigma 1} \cdot \dot{I}_1 - \dot{E}_1$.
15.	200.
16.	$\frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2}$.

Таблиця 15.9 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Що таке приведений трансформатор?	
2.	При якій умові виконується приведення вторинної обмотки до первинної обмотки?	
3.	Як привести електрорушійну силу вторинного контуру до числа витків первинної обмотки?	
4.	Запишіть формулу приведення електрорушійної сили вторинного контуру до числа витків первинної обмотки.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
5.	Як привести напругу вторинного контуру до числа витків первинної обмотки?	
6.	Запишіть формулу приведення напруги вторинного контуру до числа витків первинної обмотки.	
7.	Як привести силу струму вторинної обмотки до числа витків первинної обмотки?	
8.	Запишіть формулу приведення сили струму вторинної обмотки до числа витків первинної обмотки	
9.	Як привести активний опір вторинної обмотки до числа витків первинної обмотки?	
10.	Запишіть формулу приведення активного опору вторинної обмотки до числа витків первинної обмотки	
11.	Як привести реактивний опір вторинної обмотки до числа витків первинної обмотки?	
12.	Запишіть формулу приведення реактивного опору вторинної обмотки до числа витків первинної обмотки	
13.	Як привести повний опір вторинної обмотки до числа витків первинної обмотки?	
14.	Запишіть формулу приведення повного опору вторинної обмотки до числа витків первинної обмотки	
15.	Складіть розрахункову схему (схему заміщення) приведенного трансформатора комплексами.	
16.	Запишіть рівняння рівноваги первинного контуру приведенного трансформатора в комплексній формі.	
17.	Запишіть рівняння рівноваги вторинного контуру приведенного трансформатора в комплексній формі.	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 9$.

Таблиця 15.9а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	Добуток активного опору вторинної обмотки на квадрат коефіцієнта трансформації.
2.	$r_2 \cdot k^2$.
3.	Добуток повного опору вторинної обмотки на квадрат коефіцієнта трансформації.
4.	$x_{\sigma 2} \cdot k^2$.
5.	$\dot{E}'_2 = r'_2 \cdot \dot{I}'_2 + jx'_{\sigma 2} \cdot \dot{I}'_2 + \dot{U}'_2$.
6.	Магнітний потік і потужність трансформатора залишаються без змін.
7.	$U_2 \cdot k$.
8.	Обидві обмотки трансформатора приводять до однієї кількості витків.
9.	
10.	$E_2 \cdot k$.
11.	$\frac{I_2}{k}$.
12.	Добуток напруги вторинного контуру на коефіцієнт трансформації.
13.	Добуток реактивного опору вторинної обмотки на квадрат коефіцієнта трансформації.
14.	Добуток електрорушійної сили вторинного контуру на коефіцієнт трансформації.
15.	$\dot{U}_1 = r_1 \cdot \dot{I}_1 + jx_{\sigma 1} \cdot \dot{I}_1 - \dot{E}_1$.
16.	Відношення сили струму вторинної обмотки до коефіцієнта трансформації
17.	$z_2 \cdot k^2$.

ТЕМАТИЧНЕ КОМПЛЕКСНЕ КВАЛІФІКАЦІЙНЕ ЗАВДАННЯ

Умова

Трансформатор з феромагнітним осередком має наступні технічні дані: число витків первинної обмотки w_1 ; число витків вторинної обмотки w_2 ; довжина середньої лінії магнітопроводу l .

Трансформатор працює в режимі холостого ходу.

У первинному колі трансформатора встановлені амперметр, вольтметр і ватметр. У колі вторинної обмотки встановлений вольтметр.

При підключенні трансформатора до джерела **постійного струму** електровимірювальні прилади, установлені в первинному колі, показали: амперметр – I_1 ; вольтметр – U_1 ; ватметр – P_1 .

При підключенні трансформатора до джерела **змінного струму** електровимірювальні прилади, установлені в первинному колі, показали: амперметр – I_1 ; вольтметр – U_1 ; ватметр – P_1 . Вольтметр у вторинному колі показав – U_2 .

Дано криву намагнічування (рисунок 1). Залишкова магнітна індукція становить 60% від максимального значення магнітної індукції. Необхідна напруженість магнітного поля (коерцитивна сила) становить 60% від максимального значення напруженості магнітного поля.

Завдання

1. Скласти принципову електричну схему описаного електричного кола. окремі елементи ланцюга виділити жирними лініями, а їхні з'єднуючі проведення - тонкими лініями.

2. Скласти конструктивну схему трансформатора при холостому ході й указати всі фізичні величини.

3. Розрахувати активний опір первинної обмотки.

4. Визначити втрати активної потужності в обмотці при холостому ході трансформатора.

5. Визначити втрати активної потужності в магнітопроводі при холостому ході трансформатора.
6. Розрахувати амплітудне значення основного магнітного потоку при холостому ході трансформатора.
7. Розрахувати амплітудне значення напруженості магнітного поля при холостому ході трансформатора, записавши амплітудне значення сили струму в первинній обмотці.
8. По кривій намагнічування визначите амплітудне значення магнітної індукції при холостому ході трансформатора.
9. Розрахувати залишкове значення магнітної індукції при холостому ході;
10. Розрахувати значення напруженості магнітного поля, необхідне для повного розмагнічування магнітопроводу трансформатора.
11. За отриманим даними побудувати криву намагнічування й петлю гістерезису при холостому ході трансформатора.
12. Розрахувати діюче значення електрорушійної сили самоіндукції в первинній обмотці.
13. Розрахувати діюче значення електрорушійної сили взаємної індукції у вторинній обмотці.
14. Визначити коефіцієнт трансформації.

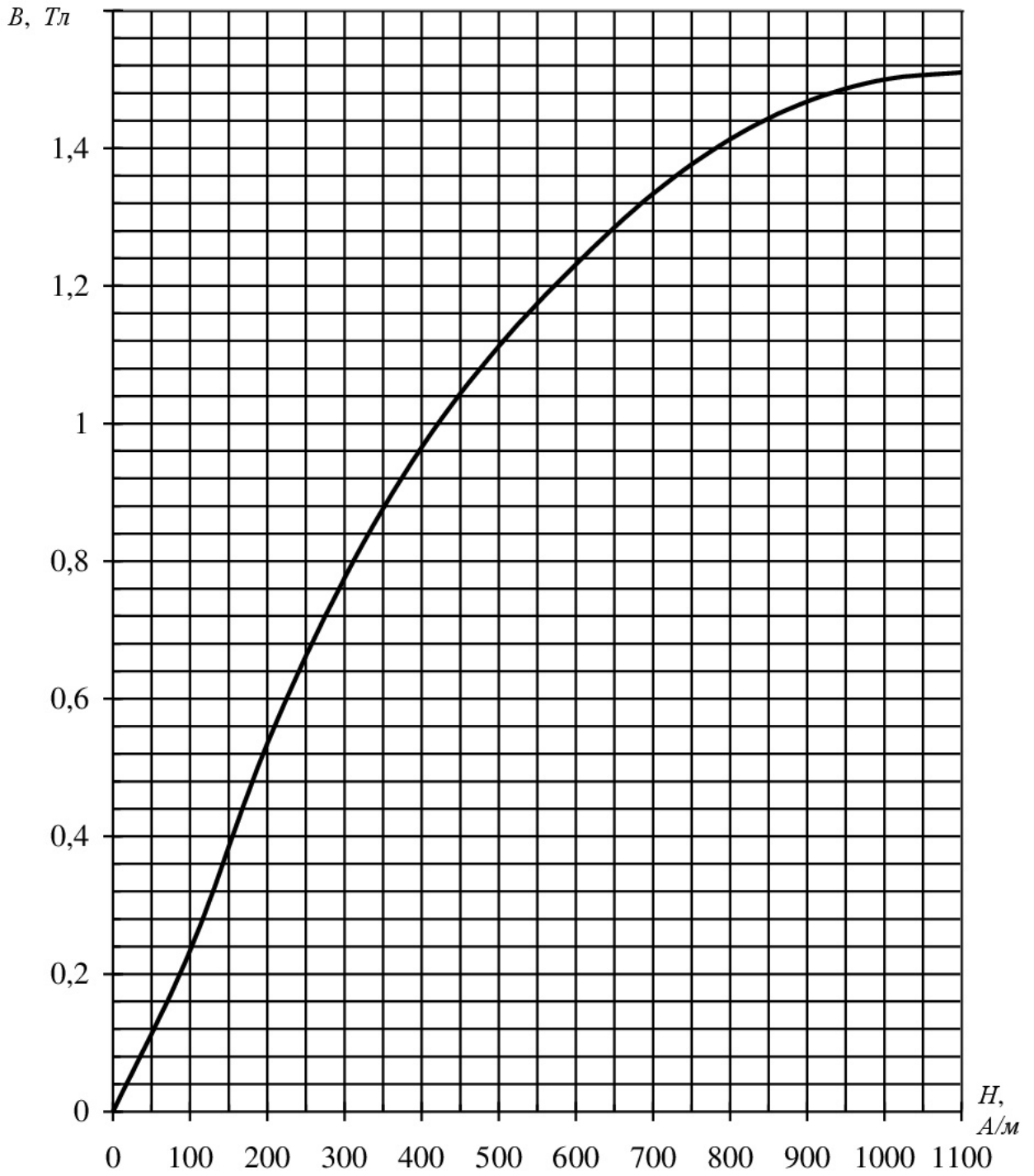


Рисунок 2 – Крива намагнічування матеріалу магнітопроводу.

**Варіанти вихідних даних
тематичного комплексного кваліфікаційного завдання**

Номер варіанта	w_1	w_2	$l, м$	Показання приладів							
				У колі постійного струму			У колі змінного струму				
				I_1, A	U_1, B	$P_1, Вт$	I_1, A	U_1, B	$P_1, Вт$	U_2, B	
1	80	20	0,25	10	20	200	2	500	300	125	
2	1000	200	3,6	7,5	30	225	2,5	300	400	60	
3	600	100	2,6	5	40	200	3	150	300	25	
4	800	160	5,3	10	40	400	4	300	550	50	
5	75	10	0,6	12	36	432	5	225	500	30	
6	480	24	2,2	5	40	200	3	500	300	25	
7	96	12	1,5	7	28	196	10	200	500	25	
8	750	100	6,5	5	40	200	6	300	400	40	
9	105	15	1,1	6	36	216	7	210	500	30	
10	450	50	2,7	4	28	112	4	360	300	40	
11	80	10	0,25	10	20	200	2	400	300	50	
12	1000	250	3,6	7,5	30	225	2,5	300	400	75	
13	600	120	2,6	5	40	200	3	150	300	30	
14	800	160	5,3	10	40	400	4	200	450	40	
15	75	15	0,6	12	36	432	5	225	500	45	
16	480	30	2,2	5	40	200	3	320	300	20	
17	96	16	1,5	7	28	196	10	300	500	50	
18	750	150	6,5	5	40	200	6	300	400	60	
19	105	15	1,1	6	36	216	7	210	500	30	
20	450	90	2,7	4	28	112	4	300	300	60	
21	100	25	0,3	15	30	450	2	500	500	125	
22	900	100	3,4	7	28	196	2,5	360	400	40	
23	500	100	2,3	5	40	200	3	150	300	30	
24	150	30	1	10	40	400	4	200	450	40	
25	800	100	5,8	12	36	432	5	200	500	25	

ТЕМА 16

ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЛІНІЙНИХ КОЛАХ

16.1. Причини виникнення перехідних процесів

16.2. Закони комутації

16.3. Класичний метод розрахунку

16.4. Підключення котушки до джерела постійної ЕРС

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

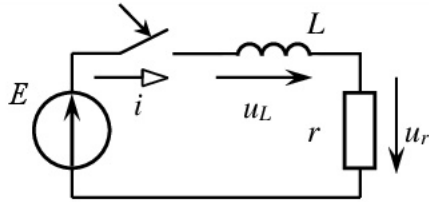
Таблиця 16.1 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Що розуміється під перехідними процесами в електричному колі?	
2.	Що розуміється під комутацією електричного кола?	
3.	Сформулюйте 1-й закон комутації.	
4.	Сформулюйте 2-й закон комутації.	
5.	Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу підключення котушки до джерела постійної електрорушійної сили.	
6.	Складіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.	
7.	Запишіть розрахункову формулу постійної часу зазначеного перехідного процесу.	
8.	Складіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.	
9.	З характеристичного рівняння знайдіть корінь диференціального рівняння.	
10.	Запишіть рівняння перехідного струму через примусову і вільну складові.	
11.	Запишіть примусову складову перехідного струму зазначеного перехідного процесу.	
12.	Запишіть вільну складову перехідного струму зазначеного перехідного процесу.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
13.	Запишіть загальне рішення диференціального рівняння зазначеного перехідного процесу.	
14.	Визначите постійну інтегрування в рівнянні перехідного струму, записавши початкові умови по першому закону комутації.	
15.	Запишіть рівняння перехідного струму зазначеного перехідного процесу.	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 27$.

Таблиця 16.1а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	$\tau \cdot p + 1 = 0$.
2.	$E = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$.
3.	$A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.
4.	
5.	У колі з ємністю напруга й заряд у момент комутації зберігають ті значення, які були до комутації, і починають змінюватися із цих значень.
6.	Включення й відключення пасивних або активних галузей, коротке замикання окремих ділянок, різного роду перемикування, раптова зміна параметрів кола.
7.	$-\frac{E}{r}$.
8.	Процес переходу від одного сталого режиму роботи електричного кола до іншого.
9.	$i_{np} + i_{св}$.

Номер відповіді	Відповіді
10.	$-\frac{1}{\tau}$.
11.	$\frac{E}{r} + A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.
12.	У колі з індуктивністю струм і магнітний потік у момент комутації зберігають ті значення, які були до комутації, і починають змінюватися із цих значень.
13.	$\frac{E}{r} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$.
14.	$\frac{L}{r}$.
15.	$\frac{E}{r}$.

16.5. Коротке замикання котушки

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 16.2 – Навчально-контролюючі завдання

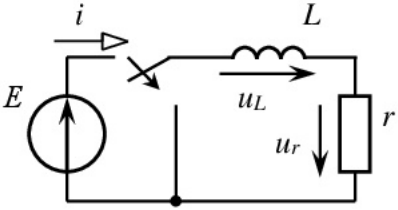
Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу короткого замикання котушки, підключеної до джерела постійної електрорушійної сили.	
2.	Складіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.	
3.	Запишіть розрахункову формулу постійної часу зазначеного перехідного процесу.	
4.	Складіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.	
5.	З характеристичного рівняння знайдіть корінь диференціального рівняння.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
6.	Запишіть рівняння перехідного струму через примусову і вільну складові.	
7.	Запишіть примусову складову перехідного струму зазначеного перехідного процесу.	
8.	Запишіть вільну складову перехідного струму зазначеного перехідного процесу.	
9.	Запишіть загальне рішення диференціального рівняння зазначеного перехідного процесу.	
10.	Визначите постійну інтегрування в рівнянні перехідного струму, записавши початкові умови по першому закону комутації.	
11.	Запишіть рівняння перехідного струму зазначеного перехідного процесу.	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 21$.

Таблиця 16.2а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

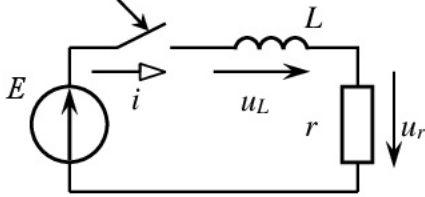
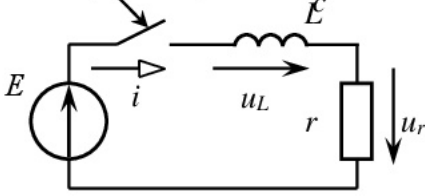
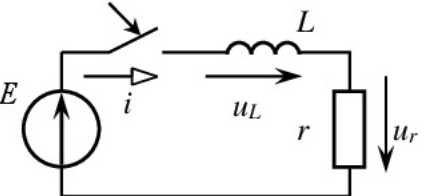
Номер відповіді	Відповіді
1.	0.
2.	$-\frac{1}{\tau}$.
3.	$i_{np} + i_{ос}$.
4.	$A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.
5.	$0 = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$.
6.	$\tau \cdot p + 1 = 0$.

Номер відповіді	Відповіді
7.	
8.	$\frac{E}{r}$.
9.	$\frac{E}{r} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.
10.	$\frac{L}{r}$.
11.	$0 + A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.

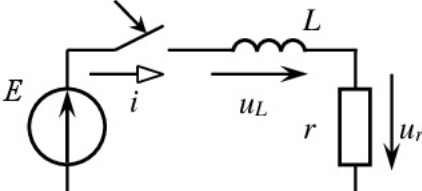
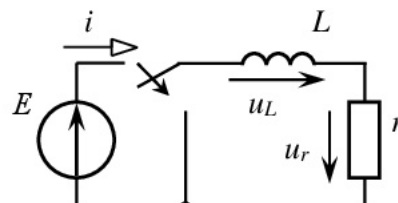
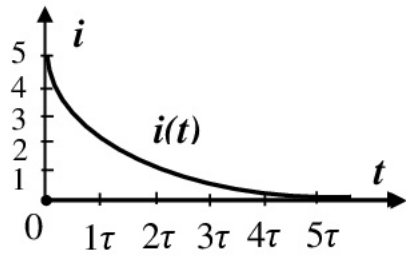
НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ПРАКТИЧНО-СТЕРЕОТИПНОГО ХАРАКТЕРУ

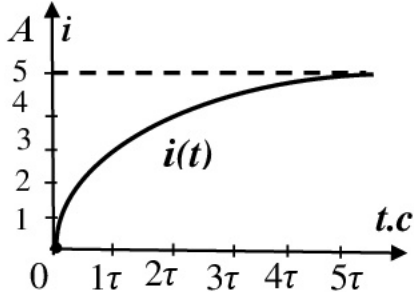
Таблиця 16.3 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	<p>Котушка індуктивності має параметри: активний опір 2 Ом і індуктивність 0,5 Гн.</p>  <p>Визначити постійну часу вказаного перехідного процесу.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
2.	<p>Характеристичне рівняння для диференціального рівняння кола перехідного процесу підключення котушки до джерела постійної електрорушійної сили $4p + 5 = 0$. Визначити корінь характеристичного рівняння.</p>	
3.	<p>Котушка індуктивності має параметри: Активний опір 2 Ом і індуктивність 0,5 Гн.</p>  <p>Вказати характеристичне рівняння перехідного процесу.</p>	
4.	<p>Корінь характеристичного диференціального рівняння вказаного перехідного процесу $-20 \frac{1}{\text{с}}$.</p>  <p>Визначити постійну часу перехідного процесу</p>	
5.	<p>Котушка індуктивності з параметрами: активний опір 2 Ом і індуктивність 0,5 Гн.</p>  <p>Визначити силу перехідного струму в колі в початковий момент часу $t = 0$ вказаного перехідного процесу.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
6.	<p>Котушка індуктивності з параметрами: активний опір 2 Ом і індуктивність 0,5 Гн підключається до джерела постійної електрорушійної сили 5 В.</p> <p>Визначити постійну інтегрування перехідного струму в колі при підключенні котушки до джерела постійної електрорушійної сили.</p>	
7.	<p>Постійна часу перехідного процесу короткого замикання котушки підключенні до джерела постійної ЕРС дорівнює 0,4 с.</p> <p>Визначити корінь характеристичного рівняння</p>	
8.	<p>Коротке замикання котушки індуктивності з параметрами: активний опір 7 Ом і індуктивність 0,5 Гн підключається до джерела постійної електрорушійної сили 3,5 В.</p> <p>Визначити силу струму в колі в початковий момент часу $t = 0$ вказаного перехідного процесу.</p>	
9.	<p>Перехідний процес підключення котушки до джерела постійної електрорушійної сили. Примушений струм дорівнює 5 А, постійна інтегрування перехідного струму в колі дорівнює -5 А, корінь характеристичного рівняння $-0,2 \frac{1}{c}$.</p> <p>Вкажіть рівняння перехідного струму зазначеного перехідного процесу.</p>	

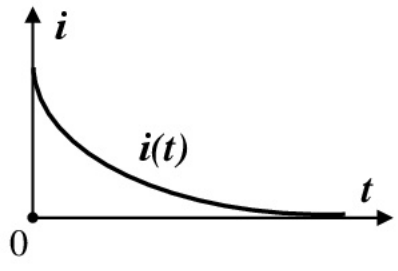
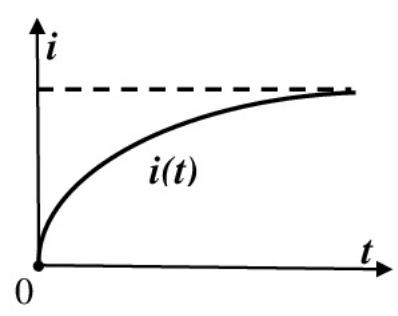
Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
10.	<p>Коротке замикання котушки, підключеної до джерела постійної електрорушійної сили. Примушений струм дорівнює нулю, постійна інтегрування перехідного струму в колі 5 А, корінь характеристичного рівняння $-0,2 \frac{1}{c}$.</p> <p>Вкажіть рівняння перехідного струму зазначеного перехідного процесу.</p>	
11.	<p>Задана розрахункова схема перехідного процесу.</p>  <p>Вкажіть графічну залежність сили перехідного струму</p>	
12.	<p>Задана розрахункова схема перехідного процесу.</p>  <p>Вкажіть графічну залежність сили струму перехідного процесу.</p>	
13.	<p>Заданий графік сили струму перехідного процесу</p>  <p>Вкажіть, чому дорівнюють примушена і вільна складова заданого графіку перехідного струму.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
14.	<p>Заданий графік сили струму перехідного процесу.</p>  <p>Вкажіть, чому дорівнюють примушена і вільна складова заданого графіку перехідного струму.</p>	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 3$.

Таблиця 16.3а– Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	ВІДПОВІДІ
1.	-25.
2.	0,5.
3.	0,25.
4.	-2,5.
5.	$5 \cdot e^{-0.2 \cdot t}$.
6.	-1,25.
7.	0.
8.	$5 \cdot (1 - e^{-0.2 \cdot t})$.
9.	$2 + 0,5 \cdot p = 0$.
10	0,05.

Номер відповіді	ВІДПОВІДІ
11	
12	
13	Примушений струм дорівнює 5A , вільна складова перехідного струму в колі дорівнює $-5e^{-t/\tau}\text{A}$.
14	Примушений струм дорівнює 0A , вільна складова перехідного струму в колі дорівнює $5e^{-t/\tau}\text{A}$.

16.6. Заряд конденсатора через резистор

16.7. Розряд конденсатора через резистор

ПИТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 16.4 – Навчально-контролюючі завдання

Таблиця 16.4

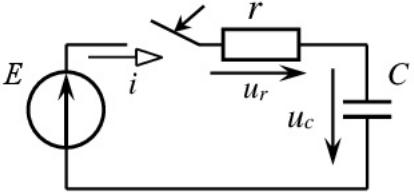
Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу зарядки конденсатора через резистор від джерела постійної електрорушійної сили.	
2.	Складіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
3.	Запишіть вираження постійної часу зазначеного перехідного процесу.	
4.	Складіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.	
5.	З характеристичного рівняння знайдіть корінь диференціального рівняння.	
6.	Запишіть рівняння перехідної напруги на ємності через примусову і вільну складові.	
7.	Запишіть примусову складову перехідної напруги на ємності.	
8.	Запишіть вільну складову перехідної напруги на ємності.	
9.	Запишіть загальне рішення диференціального рівняння.	
10.	Визначите постійну інтегрування в рівнянні перехідної напруги на ємності, записавши початкові умови по другому закону комутації.	
11.	Запишіть рівняння перехідної напруги на ємності.	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 16$.

Таблиця 16.4а– Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	$u_{C_{np}} + u_{C_{ce}}$
2.	$-\frac{1}{\tau}$
3.	E
4.	$A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$
5.	$E = r \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt} + u_c$

Номер відповіді	Відповіді
6.	
7.	-E.
8.	$\tau \cdot p + 1 = 0.$
9.	$E + A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}.$
10.	$r \cdot C.$
11.	$E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}).$

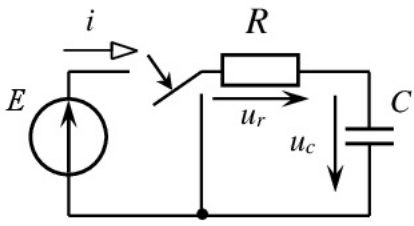
Таблиця 16.5– Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Вкажіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу розрядки конденсатора через резистор, підключених до джерела постійної електрорушійної сили.	
2.	Вкажіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.	
3.	Запишіть розрахункову формулу постійної часу зазначеного перехідного процесу.	
4.	Вкажіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.	
5.	З характеристичного рівняння знайдіть корінь диференціального рівняння.	
6.	Запишіть рівняння перехідної напруги на ємності через примусову у вільну складові.	
7.	Запишіть примусову складову перехідної напруги на ємності.	
8.	Запишіть вільну складову перехідної напруги на ємності.	
9.	Запишіть загальне рішення диференціального рівняння.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
10.	Визначите постійну інтегрування в рівнянні перехідної напруги на ємності, записавши початкові умови по другому закону комутації.	
11.	Запишіть рівняння перехідної напруги на ємності.	

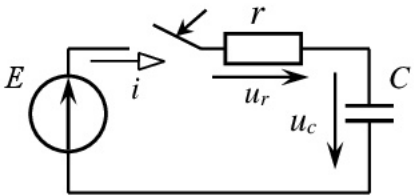
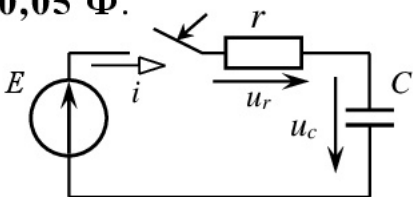
У разі вірного виконання завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 34$.

Таблиця 16.5а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

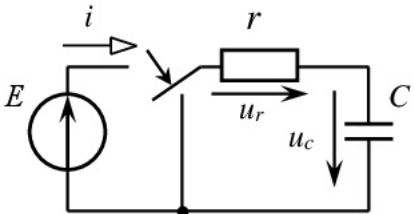
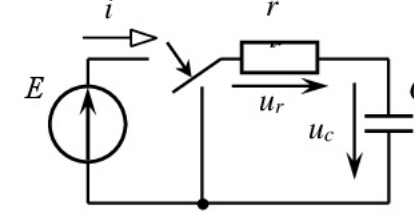
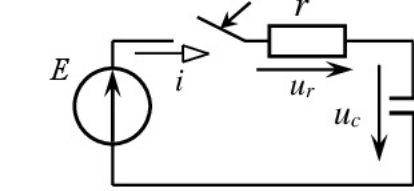
Номер відповіді	Відповіді
1.	$A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.
2.	$u_{C_{np}} + u_{C_{ce}}$.
3.	$\tau \cdot p + 1 = 0$.
4.	$0 = r \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt} + u_c$.
5.	$-\frac{1}{\tau}$.
6.	E .
7.	$E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.
8.	
9.	$0 + A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.
10.	0.
11.	$r \cdot C$.

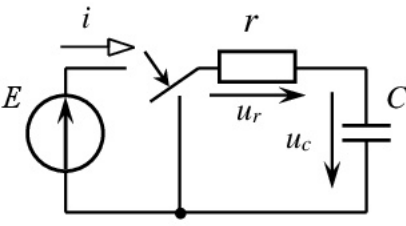
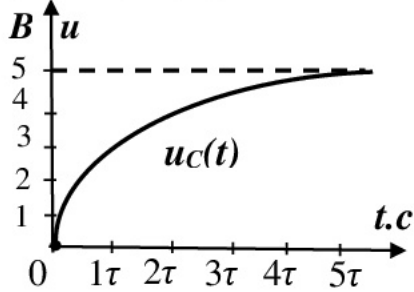
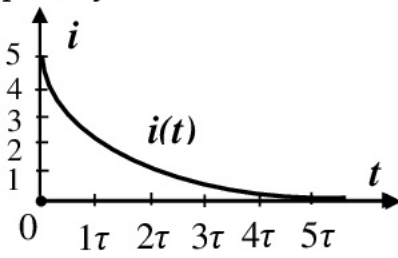
НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ПРАКТИЧНО-СТЕРЕОТИПНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 16.6 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	<p>Для заданої розрахункової схеми перехідного процесу відомо: активний опір резистора 2 Ом і ємність ідеального конденсатора 0,05 Ф.</p>  <p>Визначити постійну часу перехідного процесу підключення зазначеного кола до джерела постійної електрорушійної сили.</p>	
2.	<p>Характеристичне рівняння для диференціального рівняння кола перехідного процесу зарядки конденсатора через резистор від джерела постійної електрорушійної сили $0,5p + 1 = 0$.</p> <p>Визначити корінь характеристичного рівняння.</p>	
3.	<p>Для заданої розрахункової схеми перехідного процесу відомо: активний опір резистора 2 Ом і ємність ідеального конденсатора 0,05 Ф.</p>  <p>Чому дорівнює ємнісний опір ідеального конденсатора, підключеного до джерела постійної електрорушійної сили.</p>	

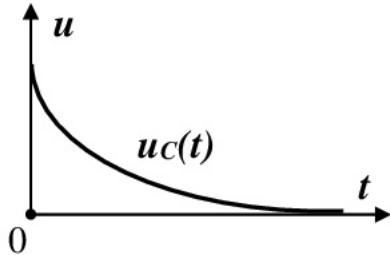
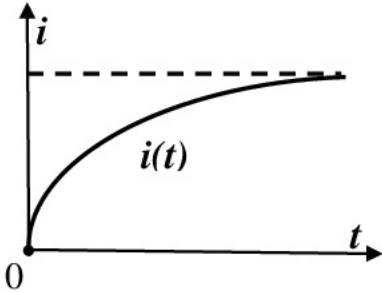
Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
4.	<p>Корінь характеристичного рівняння для диференціального рівняння кола для перехідного процесу зарядки конденсатора через резистор від джерела постійної електрорушійної сили $-0,2 \frac{1}{c}$.</p> <p>Визначити постійну часу перехідного процесу.</p>	
5.	<p>Коло перехідного процесу зарядки ідеального конденсатора з ємністю 0,05 Ф через резистор з активним опором 2 Ом від джерела постійної електрорушійної сили 15 В.</p> <p>Визначити напругу на ємності в початковий момент часу $t=0$ зазначеного перехідного процесу.</p>	
6.	<p>Коло перехідного процесу зарядки ідеального конденсатора з ємністю 0,05 Ф через резистор з активним опором 2 Ом від джерела постійної електрорушійної сили 15 В.</p> <p>Визначити постійну інтегрування перехідної напруги на ємності при підключенні котушки до джерела постійної електрорушійної сили.</p>	
7.	<p>Постійна часу перехідного процесу зарядки конденсатора через резистор від джерела постійної електрорушійної сили дорівнює 4 с.</p> <p>Визначити корінь характеристичного рівняння.</p>	
8.	<p>Перехідний процес зарядки ідеального конденсатора через резистор, підключених до джерела постійної електрорушійної сили. Примушена напруга на ємності дорівнює 10 В, постійна інтегрування перехідної напруги на ємності дорівнює -10 В, корінь характеристичного рівняння $-2 \frac{1}{c}$.</p> <p>Вкажіть рівняння перехідної напруги на ємності зазначеного перехідного процесу.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
9.	<p>Для заданої розрахункової схеми перехідного процесу відомо: ємність 0,05 Ф, активний опір 2 Ом, електрорушійна сила джерела 10 В.</p>  <p>Визначити напругу на ємності в початковий момент часу $t=0$ зазначеного перехідного процесу.</p>	
10.	<p>Для заданої розрахункової схеми перехідного процесу примушена напруга на ємності дорівнює нулю, постійна інтегрування перехідної напруги на ємності дорівнює 10 В, корінь характеристичного рівняння $-2 \frac{1}{c}$.</p>  <p>Вкажіть рівняння перехідної напруги на ємності зазначеного перехідного процесу.</p>	
11.	<p>Задана розрахункова схема перехідного процесу.</p>  <p>Вкажіть графічну залежність напруги на ємності зазначеного перехідного процесу.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
12.	<p>Задана розрахункова схема перехідного процесу</p>  <p>Вкажіть графічну залежність напругу на ємності зазначеного перехідного процесу.</p>	
13.	<p>Заданий графік перехідної напруги на ємності перехідного процесу.</p>  <p>Вкажіть, чому дорівнюють примушена складова і рівняння вільної складової заданої на графіку перехідної напруги на ємності.</p>	
14.	<p>Заданий графік перехідної напруги на ємності перехідного процесу.</p>  <p>Вкажіть, чому дорівнюють примушена складова і рівняння вільної складової заданої на графіку перехідної напруги на ємності.</p>	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = -3$.

Таблиця 16.6а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	$10 \cdot (1 - e^{-2t})$.
2.	10.
3.	∞ .
4.	5.
5.	$10 \cdot e^{-2t}$.
6.	0,1.
7.	0.
8.	-0,25.
9.	-2.
10.	-15.
11.	Примушена складова напруги на ємності дорівнює 5 В , рівняння вільної складової $-5e^{-t/\tau}$ В .
12.	
13.	Примушена складова напруги на ємності дорівнює 0 В , рівняння вільної складової $5e^{-t/\tau}$ В .
14.	

16.7 Перехідний процес у колі з послідовно з'єднаними котушкою і конденсатором

16.8 Розряд конденсатора на котушку

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО І ПРАКТИЧНО-СТЕРЕОТИПНОГО ХАРАКТЕРУ

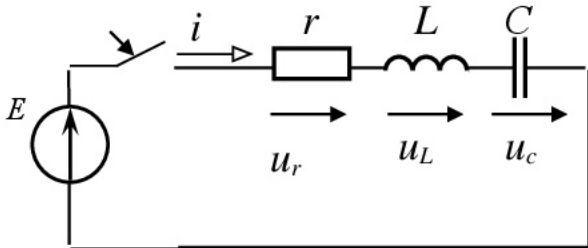
Таблиця 16.7– Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Вкажіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу включення послідовно з'єднаних реальної котушки й ідеальний конденсатор до джерела постійної ЕРС	
2.	Вкажіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.	
3.	Перетворіть отримане диференціальне рівняння, увівши позначення $2\alpha = \frac{r}{L}$; $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$.	
4.	Вкажіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.	
5.	Визначите корінь диференціального рівняння, для випадку якщо $\alpha > \omega_0$.	
6.	Запишіть примусову складову перехідного струму для даного випадку.	
7.	Запишіть вільну складову перехідного струму для даного випадку.	
8.	Запишіть загальне рішення диференціального рівняння для даного випадку.	
9.	Визначите постійні інтегрування в рівнянні перехідного струму, записавши початкові умови по першому і другому законам комутації.	
10.	Запишіть вираження перехідного струму для зазначеного випадку.	
11.	Який характер носить перехідний процес за даних умов.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
12.	Запишіть корінь характеристичного рівняння для випадку, якщо $\alpha < \omega_0$.	
13.	Запишіть вираження перехідного струму для зазначеного випадку.	
14.	Який характер носить перехідний процес за даних умов.	
15.	Запишіть корінь характеристичного рівняння для випадку, якщо $\alpha = \omega_0$.	
16.	Запишіть вираження перехідного струму для зазначеного випадку.	
17.	Який характер носить перехідний процес за даних умов.	

При правильному виконанні завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 17$.

Таблиця 16.7а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	ВІДПОВІДІ
1.	
2.	$\frac{d^2 i}{dt^2} + 2 \cdot \alpha \cdot \frac{di}{dt} + \omega_0^2 \cdot i = 0.$
3.	$E = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot \int i \cdot dt.$
4.	$0 + A_1 \cdot e^{p_1 t} + A_2 \cdot e^{p_2 t}.$
5.	$\pm \frac{E}{L \cdot (p_2 - p_1)}.$
6.	Аперіодичний.

Номер відповіді	ВІДПОВІДІ
7.	$(A_1 + A_2 \cdot t) \cdot e^{-\alpha t}$.
8.	$p^2 + 2 \cdot \alpha \cdot p + \omega_0^2 = 0$.
9.	$-\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$.
10.	$-\alpha \pm j\omega$.
11.	0.
12.	$\frac{E}{L \cdot (p_2 - p_1)} \cdot (e^{p_1 t} - e^{p_2 t})$.
13.	Періодичний.
14.	$\frac{E}{\omega \cdot L} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin \omega \cdot t$.
15.	Граничний аперіодичний.
16.	$A_1 \cdot e^{p_1 t} + A_2 \cdot e^{p_2 t}$.
17.	α.

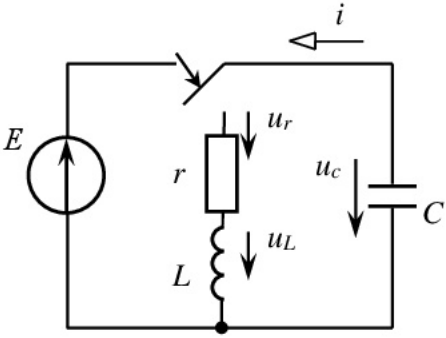
Таблиця 16.8 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Вкажіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу розрядки ідеального конденсатора в колі з реальною котушкою.	
2.	Вкажіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.	
3.	Перетворіть отримане диференціальне рівняння, увівши позначення $2\alpha = \frac{r}{L}$; $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$	
4.	Вкажіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.	
5.	Визначите корінь диференціального рівняння, для випадку якщо $\alpha > \omega_0$ перехідного процесу розрядки ідеального конденсатора в колі з реальною котушкою.	
6.	Запишіть примусову складову перехідної напруги на конденсаторі для даного випадку.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
7.	Запишіть вільну складову перехідної напруги на конденсаторі для перехідного процесу розрядки ідеального конденсатора в колі з реальною котушкою.	
8.	Запишіть загальне рішення диференціального рівняння для даного випадку.	
9.	Визначите постійні інтегрування в рівнянні перехідної напруги на конденсаторі, записавши початкові умови по першому й другому законам комутації.	
10.	Запишіть вираження перехідної напруги на конденсаторі для перехідного процесу розрядки ідеального конденсатора в колі з реальною котушкою.	
11.	Який характер носить перехідний процес за даних умов.	
12.	Запишіть корінь характеристичного рівняння для випадку, якщо $\alpha < \omega_0$.	
13.	Знайдіть вираження перехідної напруги на конденсаторі для зазначеного випадку.	
14.	Який характер носить перехідний процес за даних умов.	
15.	Запишіть корінь характеристичного рівняння для випадку, якщо $\alpha = \omega_0$.	
16.	Запишіть вираження перехідної напруги на конденсаторі для перехідного процесу розрядки ідеального конденсатора в колі з реальною котушкою.	
17.	Який характер носить перехідний процес за даних умов.	
18.	Запишіть вираження періоду власних коливань при розрядці конденсатора на котушку.	
19.	Запишіть вираження періоду власних коливань при розрядці конденсатора на котушку, для випадку, якщо втрати активної потужності в контурі відсутні.	

При правильному виконанні завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 16$.

Таблиця 16.8а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	
2.	$\frac{E \cdot p_2}{(p_2 - p_1)}; \quad \frac{E \cdot p_1}{(p_2 - p_1)}.$
3.	$A_1 \cdot e^{p_1 t} + A_2 \cdot e^{p_2 t}.$
4.	0.
5.	$-\alpha \pm j\omega.$
6.	$p^2 + 2 \cdot \alpha \cdot p + \omega_0^2 = 0.$
7.	$\frac{d^2 i}{dt^2} + 2 \cdot \alpha \cdot \frac{di}{dt} + \omega_0^2 \cdot i = 0.$
8.	$E \cdot (1 - \alpha \cdot t) \cdot e^{-\alpha t}.$
9.	$0 = i \cdot r + L \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot \int i \cdot dt.$
10.	$\frac{E}{\omega \cdot \sqrt{LC}} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi).$
11.	Періодичний.
12.	$-\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}.$
13.	$\frac{E}{(p_2 - p_1)} \cdot (p_2 \cdot e^{p_1 t} - p_1 \cdot e^{p_2 t}).$
14.	Аперіодичний.
15.	$\frac{2 \cdot \pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}}.$
16.	$0 + A_1 \cdot e^{p_1 t} + A_2 \cdot e^{p_2 t}.$
17.	$2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}.$

Номер відповіді	Відповіді
18.	<i>a.</i>
19.	Граничний аперіодичний.

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ПРАКТИЧНО-СТЕРЕОТИПНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 16.9 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	<p>Перехідний процес включення послідовно з'єднаних реальної котушки і ідеального конденсатора до джерела постійної електрорушійної сили. Відомо, що $\alpha = 5 \frac{1}{c}$, $\omega_0 = 3 \frac{1}{c}$.</p> <p>Визначити корні диференціального рівняння для заданого випадку.</p>	
2.	<p>Перехідний процес включення послідовно з'єднаних реальної котушки і ідеального конденсатора до джерела постійної електрорушійної сили. Відомо, що $\alpha = 5 \frac{1}{c}$, $\omega_0 = 3 \frac{1}{c}$.</p> <p>Який характер носить перехідний процес?</p>	
3.	<p>Перехідний процес включення послідовно з'єднаних реальної котушки і ідеального конденсатора до джерела постійної електрорушійної сили. Відомо, що $\alpha = 12 \frac{1}{c}$, $\omega_0 = 20 \frac{1}{c}$.</p> <p>Визначити корні диференціального рівняння для заданого випадку.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
4.	<p>Перехідний процес включення послідовно з'єднаних реальної котушки і ідеального конденсатора до джерела постійної електрорушійної сили. Відомо, що $\alpha = 12 \frac{1}{c}$, $\omega_0 = 20 \frac{1}{c}$.</p> <p>Який характер носить перехідний процес?</p>	
5.	<p>Перехідний процес включення послідовно з'єднаних реальної котушки і ідеального конденсатора до джерела постійної електрорушійної сили. Відомо, що $\alpha = 12 \frac{1}{c}$, $\omega_0 = 12 \frac{1}{c}$.</p> <p>Вкажіть корні диференціального рівняння для заданого випадку.</p>	
6.	<p>Перехідний процес включення послідовно з'єднаних реальної котушки і ідеального конденсатора до джерела постійної електрорушійної сили. Відомо, що $\alpha = 12 \frac{1}{c}$, $\omega_0 = 12 \frac{1}{c}$.</p> <p>Який характер носить перехідний процес?</p>	
7.	<p>Перехідний процес включення послідовно з'єднаних реальної котушки з активним опором 4 Ом, індуктивністю 12 мГн і ідеального конденсатора з ємністю 160 мкФ до джерела постійної електрорушійної сили.</p> <p>Вкажіть примушену складову перехідного струму.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
8.	Характеристичне рівняння для диференціального рівняння кола перехідного процесу розрядки ідеального конденсатора на реальну котушку $p^2 + 4p + 3 = 0$. Вкажіть корні характеристичного рівняння для заданого випадку.	
9.	Перехідний процес включення послідовно з'єднаних реальної котушки з активним опором 4 Ом , індуктивністю 2 Гн і ідеального конденсатора з ємністю 2 Ф до джерела постійної електрорушійної сили. Визначити частоту незатухаючих коливань ω_0 .	
10.	Перехідний процес включення послідовно з'єднаних реальної котушки і ідеального конденсатора до джерела постійної електрорушійної сили. Відомо, що $\alpha = 12 \frac{1}{с}$, $\omega_0 = 20 \frac{1}{с}$. Вкажіть частоту затухаючих коливань ω .	

У разі вірного виконання тестів $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = -3$.

Таблиця 16.9а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	ВІДПОВІДІ
1.	$p_1 = -1 \frac{1}{с}$, $p_2 = -3 \frac{1}{с}$.
2.	0.
3.	0,5.
4.	$p_1 = -1 \frac{1}{с}$, $p_2 = -9 \frac{1}{с}$.
5.	Периодичний.
6.	Аперіодичний.

Номер відповіді	ВІДПОВІДІ
7.	$p_1 = -12+j16; p_2 = -12-j16.$
8.	Гранично апериодичний.
9.	$12\frac{1}{c}.$
10.	4.

16.10. Включення котушки при синусоїдній напрузі

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

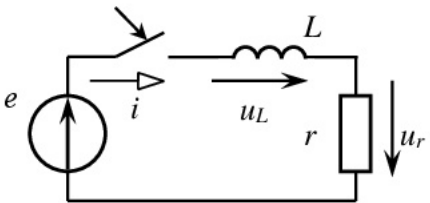
Таблиця 16.10 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Вкажіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу підключення котушки до джерела гармонійної електрорушійної сили, задавшись її загальним вираженням.	
2.	Вкажіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.	
3.	Запишіть розрахункову формулу постійної часу зазначеного перехідного процесу.	
4.	Вкажіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.	
5.	З характеристичного рівняння знайдіть корінь диференціального рівняння.	
6.	Запишіть рівняння перехідного струму через примусову і вільну складові.	
7.	Запишіть примусову складову перехідного струму зазначеного перехідного процесу.	
8.	Запишіть вільну складову перехідного струму зазначеного перехідного процесу.	
9.	Запишіть загальне рішення диференціального рівняння зазначеного перехідного процесу.	
10.	Визначите постійну інтегрування в рівнянні перехідного струму, записавши початкові умови по першому закону комутації.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
11.	Запишіть рівняння перехідного струму зазначеного перехідного процесу.	

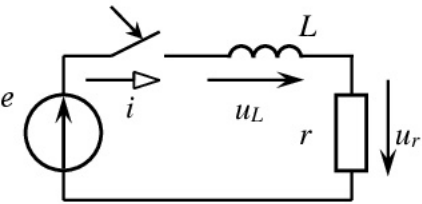
При правильному виконанні завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 12$.

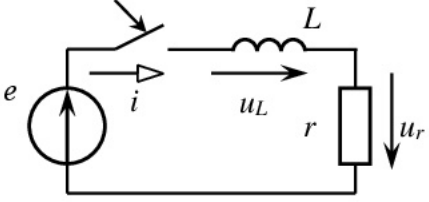
Таблиця 16.10а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	$\frac{E_m}{z} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi_e - \varphi) - \frac{E_m}{z} \cdot \sin(\psi_e - \varphi) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.
2.	$A \cdot e^{p \cdot t}$.
3.	$i_{np} + i_{ce}$.
4.	$-\frac{E_m}{r} \cdot \sin(\psi_e - \varphi)$.
5.	$\frac{E_m}{z} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi_e - \varphi) + A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.
6.	$\frac{L}{r}$.
7.	$\frac{E_m}{z} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi_e - \varphi)$.
8.	$e = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$.
9.	$-\frac{1}{\tau}$.
10.	$\tau \cdot p + 1 = 0$.
11.	

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ПРАКТИЧНО-СТЕРЕОТИПНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 16.11 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	<p>Котушка індуктивності має параметрами: активний опір 4 Ом і індуктивність 0,1 Гн.</p>  <p>Вкажіть постійну часу перехідного процесу підключення котушки до джерела синусоїдної електрорушійної сили.</p>	
2.	<p>Постійну часу перехідного процесу підключення котушки до джерела синусоїдної електрорушійної сили дорівнює 0,1 с.</p> <p>Вкажіть корінь характеристичного рівняння.</p>	
3.	<p>Котушка індуктивності з параметрами: активний опір 6 Ом і індуктивність 0,02548 Гн підключена до джерела синусоїдної електрорушійної сили з частотою 50Гц.</p> <p>Чому дорівнює індуктивний опір котушки.</p>	
4.	<p>Котушка індуктивності з параметрами: активний опір 6 Ом і індуктивність 0,02548 Гн підключена до джерела синусоїдної електрорушійної сили з частотою 50Гц.</p> <p>Чому дорівнює повний опір котушки.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
5.	<p>Котушка індуктивності з повним опором 10 Ом підключається до джерела синусоїдної електрорушійної сили $e = 141 \sin \omega t, \text{ В}$.</p>  <p>Кут зсуву фаз котушки 30°.</p> <p>Вкажіть рівняння примушеної складової перехідного струму зазначеного перехідного процесу.</p>	
6.	<p>Котушка індуктивності з повним опором 10 Ом підключається до джерела синусоїдної електрорушійної сили $e = 141 \sin \omega t, \text{ В}$.</p> <p>Вкажіть силу перехідного струму в колі в початковий момент часу $t=0$ зазначеного перехідного процесу.</p>	
7.	<p>Котушка індуктивності підключається до джерела синусоїдної електрорушійної сили. Початкова фаза синусоїдної електрорушійної сили 30°, кут зсуву фаз котушки 53°.</p> <p>Вкажіть початкову фазу примушеної складової перехідного струму зазначеного перехідного процесу.</p>	
8.	<p>Котушка індуктивності підключається до джерела синусоїдної електрорушійної сили. Сила струму в колі в початковий момент часу $t=0$ дорівнює 0 А. Рівняння примушеної складової перехідного струму $i_{\text{пр}} = 10 \sin(\omega t + 30^\circ), \text{ А}$.</p> <p>Вкажіть постійну інтегрування сили перехідного струму зазначеного перехідного процесу.</p>	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
9.	<p>Котушка індуктивності має параметрами: активний опір 10 Ом і індуктивність 0,5 Гн.</p>  <p>Вкажіть характеристичне рівняння.</p>	
10.	<p>Постійна інтегрування перехідного струму дорівнює 5 А, корінь характеристичного рівняння $-0,2 \frac{1}{c}$.</p> <p>Вкажіть рівняння вільної складової перехідного струму зазначеного перехідного процесу.</p>	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = -23$.

Таблиця 16.11а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	$14,1 \sin (\omega t - 30^\circ)$.
2.	0,025.
3.	-23° .
4.	$10 + 0,5p = 0$.
5.	0.
6.	8.
7.	10.
8.	$5 \cdot e^{-0,2 \cdot t}$.

Номер відповіді	Відповіді
9.	-10.
10.	-5.

16.11. Включення реального конденсатора при синусоїдній напрузі

16. 12 Розрахунок перехідного процесу в розгалуженому колі

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

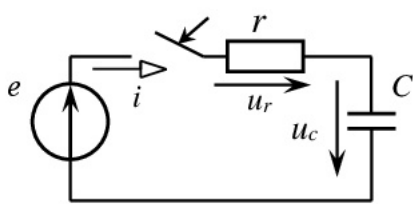
Таблиця 16.12 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильної відповіді
1.	Вкажіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу зарядки конденсатора через резистор, підключених до джерела гармонійної електрорушійної сили, задавшись її загальним вираженням.	
2.	Вкажіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.	
3.	Як розрахувати постійну часу зазначеного перехідного процесу?	
4.	Вкажіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.	
5.	З характеристичного рівняння знайдіть корінь диференціального рівняння.	
6.	Запишіть рівняння перехідної напруги на ємності через примусову й вільну складові.	
7.	Запишіть примусову складову перехідної напруги на ємності.	
8.	Запишіть вільну складову перехідної напруги на ємності.	
9.	Запишіть загальне рішення диференціального рівняння.	

Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильної відповіді
10.	Визначите постійну інтегрування в рівнянні перехідної напруги на ємності, записавши початкові умови по другому закону комутації.	
11.	Запишіть рівняння перехідної напруги на ємності.	

При правильному виконанні завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 16$.

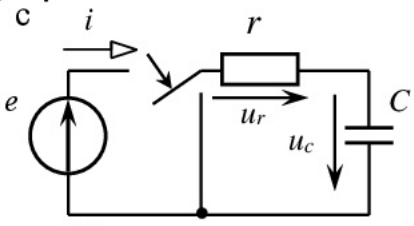
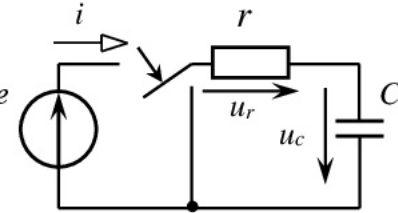
Таблиця 16.12а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

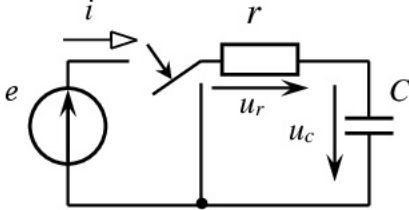
Номер відповіді	ВІДПОВІДІ
1.	
2.	$\tau \cdot p + 1 = 0.$
3.	$Ae^{\frac{t}{\tau}}.$
4.	$e = r \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt} + u_c.$
5.	$-U_{Cm} \cdot \sin(\psi_e + \varphi - 90^\circ).$
6.	$U_{Cm} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi_e + \varphi - 90^\circ) - U_{Cm} \cdot \sin(\psi_e + \varphi - 90^\circ).$
7.	$U_{Cm} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi_e + \varphi - 90^\circ).$
8.	$r \cdot C.$
9.	$U_{Cm} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi_e + \varphi - 90^\circ) + Ae^{\frac{t}{\tau}}.$
10.	$-\frac{1}{\tau}.$
11.	$u_{Cnp} + u_{Cce}.$

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ПРАКТИЧНО-СТЕРЕОТИПНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 16.13 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильно і відповіді
1.	<p>Перехідний процес зарядки конденсатора ємністю 0,004 Ф через резистор опором 100 Ом, підключених до джерела гармонійної електрорушійної сили.</p> <p>Вкажіть постійну часу перехідного процесу.</p>	
2.	<p>Перехідний процес зарядки конденсатора ємністю 0,004 Ф через резистор опором 100 Ом, підключених до джерела гармонійної електрорушійної сили.</p> <p>Вкажіть корінь характеристичного рівняння.</p>	
3.	<p>Перехідний процес зарядки конденсатора ємністю 0,000106 Ф через резистор опором 40 Ом, підключених до джерела гармонійної електрорушійної сили з частотою 50Гц.</p> <p>Чому дорівнює ємнісний опір конденсатора.</p>	
4.	<p>Перехідний процес зарядки конденсатора ємністю 0,000106 Ф через резистор опором 40 Ом, підключених до джерела гармонійної електрорушійної сили з частотою 50Гц.</p> <p>Чому дорівнює повний опір кола.</p>	
5.	<p>Перехідний процес зарядки конденсатора з ємнісним опором 20 Ом через резистор, підключених до джерела гармонійної електрорушійної сили. Рівняння сили струму у примушеному режимі $i = 10 \sin \omega t$, А.</p> <p>Вкажіть рівняння примушеної складової напруги на ємності зазначеного перехідного процесу.</p>	

Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильної відповіді
6.	<p>Перехідний процес зарядки конденсатора через резистор, підключених до джерела гармонійної електрорушійної сили. Початкова фаза сили струму у примушеному режимі дорівнює 30°.</p> <p>Вкажіть початкову фазу примушеної складової напруги на ємності зазначеного перехідного процесу.</p>	
7.	<p>Корінь характеристичного рівняння кола дорівнює $-0,5 \frac{1}{c}$.</p>  <p>Вкажіть постійну часу перехідного процесу.</p>	
8.	<p>Перехідний процес розряду конденсатора через резистор, підключених до джерела гармонійної електрорушійної сили. Сила перехідного струму в колі в початковий момент часу $t=0$ дорівнює 5 А. Ємність конденсатора $0,01 \text{ Ф}$.</p> <p>Визначити швидкість зміни напруги на ємності в початковий момент часу $t=0$.</p>	
9.	<p>Перехідний процес розряду конденсатора через резистор, підключених до джерела гармонійної електрорушійної сили.</p>  <p>Швидкість зміни напруги на ємності в початковий момент часу $t=0$ дорівнює 200 В/с. Ємність конденсатора $0,2 \text{ Ф}$.</p> <p>Вкажіть силу перехідного струму в колі в початковий момент часу $t=0$ зазначеного перехідного процесу.</p>	

Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильної відповіді
10.	<p>Перехідний процес розряду конденсатора через резистор, підключених до джерела гармонійної електричної сили.</p>  <p>Швидкість зміни напруги на ємності в початковий момент часу $t=0$ дорівнює 100 В/с, сила перехідного струму в колі в початковий момент часу $t=0$ дорівнює 5 А.</p> <p>Вкажіть ємність конденсатора зазначеного перехідного процесу.</p>	

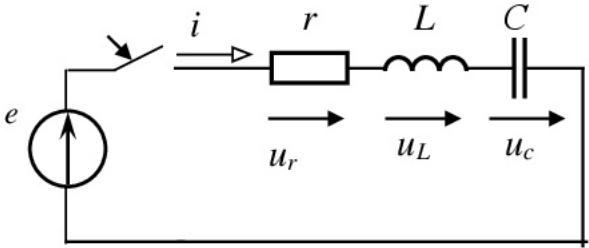
У разі вірного виконання тестів $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = -21$.

Таблиця 16.13а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	30.
2.	40.
3.	0,4.
4.	2.
5.	500.
6.	-2,5.
7.	$200 \sin (\omega t - 90^\circ)$.
8.	0,05.
9.	-60.
10.	50.

16.13. Перетворення Лапласа**16.14. Закону Ома і Кірхгофа в операторній формі****16.15. Теорема розкладання****16.16. Формула включення**

Таблиця 16.14 – Навчально-контролюючі завдання

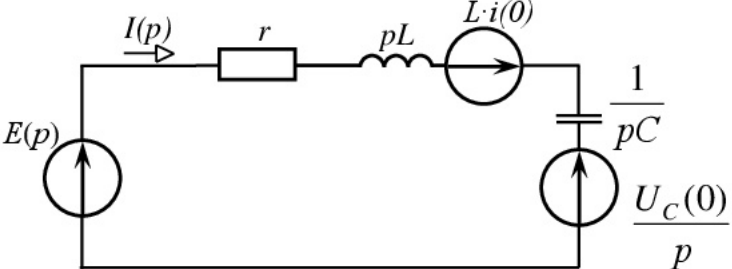
Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильної відповіді
1.	Запишіть математичне вираження зображення постійної величини A застосувавши перетворення Лапласа.	
2.	Запишіть математичне вираження зображення похідної функції $f(t)$ застосувавши перетворення Лапласа.	
3.	Запишіть математичне вираження зображення інтеграла функції $f(t)$ застосувавши перетворення Лапласа.	
	<p>На розрахунковій схемі позначено: миттєва синусоїдальна електрорушійна сила джерела – e; миттєва сила струму в колі – i; активний опір кола – r; індуктивність кола – L; ємність кола – C; миттєві спадання напруги на активному опорі, індуктивності і ємності відповідно – u_r, u_L і u_c.</p> 	
4.	Запишіть диференціальне рівняння перехідного процесу для даного кола.	
5.	Замініть оригінал функції $i(t)$ його зображенням, застосувавши перетворення Лапласа.	
6.	Замініть оригінал функції $e(t)$ його зображенням, застосувавши перетворення Лапласа.	

Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильної відповіді
7.	Замініть оригінал функції $\frac{di}{dt}$ його зображенням, застосувавши перетворення Лапласа.	
8.	Замініть оригінал функції $\frac{1}{C} \cdot \int i \cdot dt$ його зображенням, застосувавши перетворення Лапласа.	
9.	Складіть схему заміщення даного кола зображеннями.	
10.	Запишіть диференціальне рівняння перехідного процесу в операторній формі для даного кола.	
11.	Запишіть закон Ома для ненульових початкових умов в операторній формі.	
12.	Запишіть закон Ома для нульових початкових умов в операторній формі.	
13.	Запишіть перший закон Кірхгофа в операторній формі.	
14.	Запишіть другий закон Кірхгофа в операторній формі.	
15.	Запишіть теорему розкладання для зображення $\frac{\varphi(p)}{F(p)}$.	
16.	Запишіть формулу включення для зображення $\frac{\varphi(p)}{p \cdot F(p)}$.	

При правильному виконанні завдання $\sum_{\text{нечет}} - \sum_{\text{чет}} = 8$.

Таблиця 16.14а

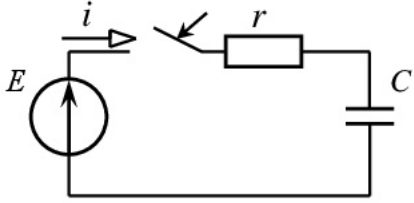
Номер відповіді	Відповіді
1.	$\frac{1}{C} \cdot \frac{I(p)}{p} + \frac{u_C(0)}{p}$.
2.	$r \cdot I(p) + p \cdot L \cdot I(p) - L \cdot i(0) + \frac{I(p)}{p \cdot C} + \frac{u_C(0)}{p} = E(p)$.

Номер відповіді	Відповіді
3.	$E(p)$.
4.	$p \cdot I(p) - i(0)$.
5.	
6.	$\frac{F(p)}{p} + \frac{\varphi(0)}{p}$.
7.	$r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot \int i \cdot dt = e(t)$.
8.	$\frac{A}{p}$.
9.	$I(p)$.
10.	$p \cdot F(p) - f(0)$.
11.	$f(t) = \sum_{i=1}^n \frac{\varphi(p_k)}{F'(p_k)} \cdot e^{p_k t}$.
12.	$\sum_{i=1}^n U_k(p) = \sum_{i=1}^n E_k(p)$.
13.	$\sum_{i=1}^n I_k(p) = 0$.
14.	$I(p) = \frac{U(p)}{Z(p)}$.
15.	$f(t) = \frac{\varphi(0)}{F(0)} + \sum_{i=1}^n \frac{\varphi(p_k)}{p_k \cdot F'(p_k)} \cdot e^{p_k t}$.
16.	$I(p) = \frac{U(p) + L \cdot i(0) - \frac{u_C(0)}{p}}{r + p \cdot L + \frac{1}{p \cdot C}}$.

16.14. Закону Ома й Кірхгофа в операторній формі**16.15. Теорема розкладання****16.16. Формула включення**

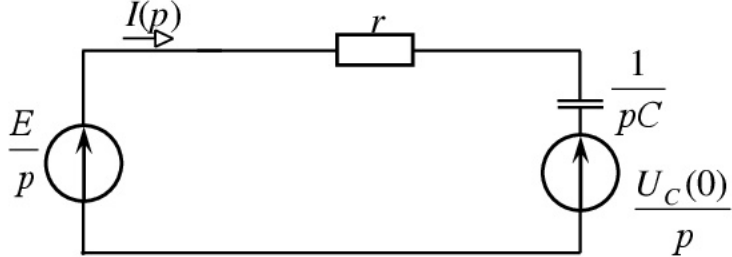
НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-
РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 16.15 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильної відповіді
	<p>Для розрахункової схеми відомо: електрорушійна сила джерела $E = 100 \text{ В}$; активний опір кола $r = 5 \text{ Ом}$; ємність кола $C = 1 \text{ мФ}$.</p> <p>Одержати вираження перехідного струму, використовуючи перетворення Лапласа.</p> 	
1.	Запишіть диференціальне рівняння перехідного процесу для даного кола.	
2.	Складіть схему заміщення даного кола, замінивши оригінали їхніми зображеннями.	
3.	Запишіть рівняння перехідного процесу в операторній формі для даного кола.	
4.	Знайдіть вираження зображення перехідного струму.	
5.	З характеристичного рівняння визначте корінь диференціального рівняння.	
6.	Знайдіть оригінал перехідного струму, використавши формулу включення.	
7.	Запишіть рівняння перехідного струму за даних умов.	

При правильному виконанні завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 16$.

Таблиця 16.15а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	ВІДПОВІДІ
1.	$I(p) = \frac{E}{p \cdot \left(r + \frac{1}{p \cdot C} \right)}$
2.	
3.	$\frac{E}{r} \cdot e^{pt}$
4.	$r \cdot i + \frac{1}{C} \cdot \int i \cdot dt = E$
5.	$20 \cdot e^{-200t}$
6.	$r \cdot I(p) + \frac{1}{p \cdot C} \cdot I(p) + \frac{u_C(0)}{p} = \frac{E}{p}$
7.	-200 1/c.

ТЕМАТИЧНЕ КОМПЛЕКСНЕ КВАЛІФІКАЦІЙНЕ ЗАВДАННЯ

Умова першого завдання

Реальну котушку індуктивності підключили до джерела постійної електрорушійної сили. Електрорушійна сила джерела E .

Параметри котушки: індуктивність L , активний опір r .

Завдання

1. Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу при підключенні котушки до джерела постійної електрорушійної сили.
2. Складіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.
3. Складіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.
4. Розрахуйте корінь характеристичного рівняння.
5. Розрахуйте постійну часу зазначеного перехідного процесу.
6. Розрахуйте примушену складову струму.
7. Запишіть вільну складову струму.
8. Запишіть загальне рішення диференціального рівняння.
9. Визначите постійну інтегрування, записавши початкові умови по першому закону комутації.
10. Запишіть рівняння перехідного струму.
11. Побудуйте в масштабі перехідний струм у котушці.
12. Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу короткого замикання котушки, підключеної до джерела постійної електрорушійної сили.
13. Складіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.
14. Складіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.
15. Розрахуйте корінь характеристичного рівняння.
16. Розрахуйте постійну часу зазначеного перехідного процесу.
17. Запишіть примушену складову струму.

18. Запишіть вільну складову струму.
19. Запишіть загальне рішення диференціального рівняння.
20. Визначите постійну інтегрування, записавши початкові умови по першому закону комутації.
21. Запишіть рівняння перехідного струму.
22. Побудуйте в масштабі перехідний струм у котушці.

Умова другого завдання

Конденсатор підключили послідовно з резистором до джерела постійної електрорушійної сили. Електрорушійна сила джерела E .

Конденсатор має ємність C , активний опір резистора r .

Завдання

1. Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу зарядки конденсатора через резистор від джерела постійної електрорушійної сили.
2. Складіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.
3. Складіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.
4. Розрахуйте корінь диференціального рівняння.
5. Розрахуйте постійну часу зазначеного перехідного процесу.
6. Розрахуйте примушену складову напруги на ємності.
7. Запишіть вільну складову напруги на ємності.
8. Запишіть загальне рішення диференціального рівняння.
9. Визначите постійну інтегрування, записавши початкові умови по другому закону комутації.
10. Запишіть рівняння перехідної напруги на ємності.
11. Запишіть рівняння перехідного струму в колі.
12. Побудуйте в масштабі перехідна напруга на ємності.
13. Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу

розрядки конденсатора через резистор, підключених до джерела постійної електрорушійної сили.

14. Складіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.
15. Складіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.
16. Розрахуйте корінь диференціального рівняння.
17. Розрахуйте постійну часу зазначеного перехідного процесу.
18. Розрахуйте примушену складову напруги на ємності.
19. Запишіть вільну складову напруги на ємності.
20. Запишіть загальне рішення диференціального рівняння.
21. Розрахуйте постійну інтегрування, записавши початкові умови по другому закону комутації.
22. Запишіть рівняння перехідної напруги на ємності.
23. Запишіть рівняння перехідного струму в колі.
24. Побудуйте в масштабі перехідна напруга на ємності.

Умова третього завдання

Реальну котушку і конденсатор включили послідовно до ідеального джерела постійної електрорушійної сили. Електрорушійна сила джерела E .
Параметри котушки: індуктивність L , активний опір r .
Конденсатор має ємність C .

Завдання

1. Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу при підключенні послідовно з'єднаних реальної котушки і конденсатора до джерела постійної електрорушійної сили.
2. Складіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.
3. Перетворіть диференціальне рівняння, увівши позначення $2\alpha = \frac{r}{L}$;

$$\omega_0^2 = \frac{1}{L \cdot C}.$$

4. Визначите значення α .
5. Визначите значення ω .
6. Який характер носить перехідний процес за даних умов.
7. Складіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.
8. Визначите корінь диференціального рівняння.
9. Розрахуйте примушену складову струму.
10. Запишіть вільну складову струму, використовуючи значення корінь.
11. Запишіть загальне рішення диференціального рівняння.
12. Розрахуйте постійну інтегрування, записавши початкові умови по першому й другому законах комутації.
13. Запишіть вираження перехідного струму для зазначеного випадку.
14. Побудуйте в масштабі перехідний струм для зазначеного випадку.
15. Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу розрядки конденсатора, підключеного до джерела постійної ЕРС, на котушку.
16. Запишіть вираження періоду власних коливань при розрядці конденсатора на котушку і розрахуйте період.

Умова четвертого завдання

Реальну котушку індуктивності підключили до джерела змінної електрорушійної сили. Миттєве значення електрорушійної сили джерела e . Частота струму $f = 50 \text{ Гц}$.
 Параметри котушки: індуктивність L , активний опір r .

Завдання

1. Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу при підключенні котушки до джерела змінної електрорушійної сили.

2. Складіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.
3. Складіть характеристичне рівняння отриманого диференціального рівняння.
4. Розрахуйте корінь характеристичного рівняння.
5. Розрахуйте постійну часу зазначеного перехідного процесу.
6. Розрахуйте примушену складову струму.
7. Запишіть вільну складову струму.
8. Запишіть загальне рішення диференціального рівняння.
9. Визначите постійну інтегрування, записавши початкові умови по першому закону комутації.
10. Запишіть рівняння перехідного струму.
11. Побудуйте в масштабі перехідний струм у котушці.
12. Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу короткого замикання котушки, підключеної до джерела постійної електрорушійної сили.
13. Складіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.
14. Складіть характеристичне рівняння.
15. Розрахуйте корінь диференціального рівняння.
16. Розрахуйте постійну часу зазначеного перехідного процесу.
17. Запишіть примушену складову струму.
18. Запишіть вільну складову струму.
19. Запишіть загальне рішення диференціального рівняння.
20. Визначите постійну інтегрування, записавши початкові умови.
21. Запишіть рівняння перехідного струму.

Умова п'ятого завдання

Конденсатор підключили послідовно з резистором до джерела змінної електрорушійної сили. Миттєве значення електрорушійної сили джерела e . Частота струму $f = 50 \text{ Гц}$.
 Конденсатор має ємність C , активний опір резистора r .

Завдання

1. Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу зарядки конденсатора через резистор від джерела постійної електрорушійної сили.
2. Складіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.
3. Складіть характеристичне рівняння.
4. Розрахуйте корінь диференціального рівняння.
5. Розрахуйте постійну часу зазначеного перехідного процесу.
6. Розрахуйте примушену складову напруги на ємності.
7. Запишіть вільну складову напруги на ємності.
8. Запишіть загальне рішення диференціального рівняння.
9. Визначите постійну інтегрування, записавши початкові умови.
10. Запишіть рівняння перехідної напруги на ємності.
11. Запишіть рівняння перехідного струму в колі.
12. Побудуйте в масштабі перехідна напруга на ємності.
13. Складіть розрахункову схему для дослідження перехідного процесу розрядки конденсатора через резистор, підключених до джерела постійної електрорушійної сили.
14. Складіть диференціальне рівняння кола в післякомутаційний період.
15. Складіть характеристичне рівняння.
16. Розрахуйте корінь характеристичного рівняння.
17. Розрахуйте постійну часу зазначеного перехідного процесу.
18. Розрахуйте примушену складову напруги на ємності.
19. Запишіть вільну складову напруги на ємності.
20. Запишіть загальне рішення диференціального рівняння.
21. Розрахуйте постійну інтегрування, записавши початкові умови.
22. Запишіть рівняння перехідної напруги на ємності.
23. Запишіть рівняння перехідного струму в колі.
24. Побудуйте в масштабі перехідну напругу на ємності.

Варіанти вихідних даних

тематичного комплексного кваліфікаційного завдання

Номер варіанта	<i>E</i>	<i>r</i>	<i>L</i>	<i>C</i>	<i>E_m</i>	<i>Ψ_e</i>	<i>f</i>
	<i>B</i>	<i>Ом</i>	<i>Гн</i>	<i>мкФ</i>	<i>B</i>	<i>град.</i>	<i>Гц</i>
1	140	10	0,02	800	197	-30	50
2	12	3	0,03	1000	17	45	50
3	75	25	0,375	400	105,7 5	0	50
4	20	5	0,01	9000	280,2	30	50
5	14	7	0,07	850	19,7	-45	50
6	25	5	0,05	950	35,25	0	50
7	18	9	0,135	750	25,38	70	50
8	88	44	0,11	250	124,1	-70	50
9	33	11	0,0275	730	46,53	60	50
10	15	5	0,075	930	21,15	-60	50
11	40	10	0,015	700	56,4	50	50
12	35	7	0,0175	800	49,4	40	50
13	49	7	0,014	750	69,1	-50	50
14	50	10	0,03	800	70,5	-40	50
15	150	50	0,05	300	211,5	30	50
16	100	20	0,03	500	141	20	50
17	90	30	0,06	450	126,9	70	50
18	80	40	0,08	350	112,8	-70	50
19	120	30	0,045	400	169,2	-20	50
20	110	55	0,055	250	155	45	50
21	180	60	0,06	200	253,8	-45	50
22	180	30	0,075	430	253,8	30	50
23	200	50	0,1	400	282	60	50
24	175	25	0,05	500	246,75	40	50
25	50	20	0,03	500	70,5	10	50

ТЕМА 17
КОЛА З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

17.1 Струми і напруги в довгих лініях. Загальні відомості про кола з розподіленими параметрами

17.2 Диференціальні рівняння однорідних ліній

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 17.1 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильної відповіді
1.	Величина струму змінюється від початку до кінця довгої лінії?	
2.	Величина напруги залишається постійною між проводами довгої лінії?	
3.	Якими параметрами володіє кожен як завгодно малий елемент довгої лінії	
4.	Навіщо довгу лінію розглядають як лінію з розподіленими параметрами?	
5.	З яких струмів складається струм у довгій лінії?	
6.	Яку довгу лінію називають однорідною?	
7.	Складіть розрахункову схему однорідної лінії з розподіленими параметрами	
8.	Як позначають відстань від початку лінії до поточного елемента її довжини?	
9.	Як позначаються миттєві значення напруги і струму на початку вибраного елемента dx довгої лінії?	
10.	Як позначається миттєве значення напруги на початку наступного елемента довгої лінії?	
11.	Як позначається миттєве значення струму на початку наступного елемента довгої лінії?	
12.	Що розуміється під первинним параметром однорідної лінії $r_0 dx$?	

Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильної відповіді
13.	Якою одиницею вимірюється $r_o dx$?	
14.	Що розуміється під первинним параметром однорідної лінії $L_o dx$?	
15.	Якою одиницею вимірюється L_o ?	
16.	Що розуміється під первинним параметром однорідної лінії $g_o dx$?	
17.	Якою одиницею вимірюється $g_o dx$?	
18.	Що розуміється під первинним параметром однорідної лінії $C_o dx$?	
19.	Якою одиницею вимірюється $C_o dx$?	
20.	Навести рівняння для елемента однорідної лінії dx на основі закону Ома і першого закону Кірхгофа	
21.	Навести рівняння для визначення струму і напруги в функції довжини (відстані від початку лінії) і часу.	

При правильному виконанні завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 17$.

Таблиця 17.1а

Номер відповіді	ВІДПОВІДІ
1.	Якщо активний опір, індуктивність, провідність і ємність рівномірно розподіленими вздовж лінії.
2.	Не залишається постійним уздовж лінії
3.	Щоб врахувати зміну струму і напруги вздовж лінії.
4.	Так
5.	См.
6.	Ф.
7.	Через x

Номер відповіді	ВІДПОВІДІ
8.	Гн .
9.	
10.	Ом .
11.	Володіє опором і індуктивністю, а між провідниками - провідністю та ємністю
12.	Активний опір прямого і зворотного проводів.
13.	Струми зміщення і струми витоку
14.	Ємність між проводами
15.	$u - \left(u + \frac{\partial u}{\partial x} dx \right) = r_o \cdot dx \cdot i + L_o dx \frac{\partial i}{\partial t},$ $i - \left(i + \frac{\partial i}{\partial x} dx \right) = \left(u + \frac{\partial u}{\partial x} dx \right) g_o dx + C_o dx \frac{\partial}{\partial t} \left(u + \frac{\partial u}{\partial x} dx \right)$
16.	Індуктивність кола, що утворена прямим і зворотним проводами.
17.	Активна провідність між проводами.
18.	$i + \frac{\partial i}{\partial x} dx$
19.	Через i і u .
20.	Через $u + \frac{\partial u}{\partial x} dx$.

Номер відповіді	ВІДПОВІДІ
21.	$-\frac{\partial u}{\partial x} = r_o i + L_o \frac{\partial i}{\partial t}$ $-\frac{\partial i}{\partial x} = g_o u + C_o \frac{\partial u}{\partial t}$

17.3 Сталій режим в однорідній лінії

17.4 Хвилі в лінії при сталому режимі

Таблиця 17.2 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильної відповіді
1.	Складіть розрахункову схему розрахункову схему однорідної довгої лінії	
2.	Як визначити поздовжній комплексний опір однорідної лінії Z_o ?	
3.	Як визначити поперечна комплексна провідність Y_o ?	
4.	Навести диференційне рівняння зміни комплексу напруги вздовж довгої лінії	
5.	Навести диференційне рівняння зміни комплексу струму вздовж довгої лінії	
6.	Навести рівняння хвильового опору довгої лінії синусоїдному струму.	
7.	Навести рівняння хвильового опору довгої лінії постійному струму.	
8.	Чому дорівнює хвильовий опір для ліній синусоїдного струму без втрат ($r = g = 0$)?	
9.	Чому дорівнює хвильовий опір для ліній синусоїдного струму з малими втратами $\left(\frac{r}{\omega L} \ll 1, \frac{g}{\omega C} \ll 1\right)$?	
10.	Як визначити коефіцієнт розповсюдження?	
11.	Навести вираз миттєвого значення напруги у сталому режимі лінії.	
12.	Навести вираз миттєвого значення струму у сталому режимі.	

Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильної відповіді
13.	Які хвилі називають прямими (падаючими)?	
14.	Які хвилі називають зворотними (відбитими)?	
15.	Що характеризує коефіцієнт загасання?	
16.	Що характеризує коефіцієнтом фази?	

При правильному виконанні завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 30$.

Таблиця 17.2а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	ВІДПОВІДІ
1.	$r_0 + j\omega L_0$
2.	$\dot{A}_1 e^{-\gamma x} + \dot{A}_2 e^{\gamma x}$
3.	$\sqrt{\frac{Z_0}{Y_0}} = \sqrt{\frac{r_0 + j\omega L_0}{g_0 + j\omega C_0}} = \sqrt{\frac{Z_0}{y_0}} e^{j\theta}$
4.	$\sqrt{\frac{L}{C}}$
5.	$\frac{\sqrt{2}}{z_c} A_1 e^{-\alpha l} \sin(\omega t + \psi_1 - \vartheta - \beta x) - \frac{\sqrt{2}}{z_c} A_2 e^{\alpha l} \sin(\omega t + \psi_2 - \vartheta + \beta x)$.
6.	$g_0 + j\omega C_0$
7.	

Номер відповіді	ВІДПОВІДІ
8.	$\sqrt{\frac{L}{C}} \cdot \left[1 + j \left(-\frac{r}{2\omega L} + \frac{g}{2\omega C} \right) \right]$
9.	r
10.	$\beta + ja = \sqrt{Z_0 \cdot Y_0} = \sqrt{(r_0 + j\omega L_0)(g_0 + j\omega C_0)}$
11.	$\frac{\dot{A}_1 e^{-\gamma x} - \dot{A}_2 e^{\gamma x}}{\sqrt{\frac{Z_0}{Y_0}}}$
12.	$\sqrt{2} A_1 e^{-\alpha l} \sin(\omega t + \psi_1 - \beta x) + \sqrt{2} A_2 e^{\alpha l} \sin(\omega t + \psi_2 + \beta x)$
13.	Хвилі, що поширюються вздовж лінії від джерела до приймача в напрямку збільшення координати x
14.	Хвилі, що поширюються вздовж лінії від приймача до джерела в зворотному напрямку збільшення координати x
15.	Характеризує зміну фази на одиницю довжини лінії
16.	Характеризує зміни амплітуди хвилі на одиницю довжини лінії

17.5 Лінія без спотворень

Таблиця 17.3 - Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильної відповіді
1.	Яку передачу сигналу називають неспотвореною?	
2.	Що утворює амплітудні спотворення сигналу?	
3.	Що утворює фазові спотворення сигналу?	
4.	Яка умова неспотвореної передачі сигналу вздовж лінії?	
5.	Чому дорівнює хвильовий опір лінії без спотворень?	

Номер питання, завдання	ПИТАННЯ, ЗАВДАННЯ	Номер правильно і відповіді
6.	Як визначити коефіцієнт загасання у лінії без спотворень сигналу?	
7.	Як визначити коефіцієнт форми у лінії без спотворень сигналу?	
8.	Як визначити фазову швидкість хвилі в лінії без спотворень?	
9.	Навести рівняння напругу у вигляді двох складових падаючої (прямої) і відбитої (зворотної) синусоїдної хвилі.	
10.	Навести рівняння напругу падаючої (прямої) хвилі.	
11.	Навести рівняння напругу відбитої (зворотної) хвилі.	
12.	Що називають коефіцієнтом відбиття по напрузі k_u ?	
13.	Що називають коефіцієнтом відбиття по струму k_i ?	

При правильному виконанні завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 15$.

Таблиця 17.3а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1	$\sqrt{r_o g_o}$
2	$\omega \sqrt{L_o C_o}$
3	Неоднакове загасання сигналу на різних частотах.
4	$\sqrt{\frac{r_o}{g_o}} = \sqrt{\frac{L_o}{C_o}}$
5	$\frac{L_o}{r_o} = \frac{C_o}{g_o}$
6	Неоднакова швидкість хвиль на різних частотах.

Номер відповіді	Відповіді
7	Передача, при якій форма сигналу на початку і кінці лінії однакова, тобто всі ординати кривої напруги або струму в кінці лінії прямо пропорційні відповідним ординатам кривої на початку лінії.
8	$\frac{1}{\sqrt{L_0 \cdot C_0}}$
9	$\frac{1}{2}(\dot{U}_1 + Z_C \dot{I}_1)e^{-\gamma x};$
10	Відношення комплексів відбитої хвилі напруги в кінці лінії до напруги падаючої хвилі.
11	$\dot{U}_\psi = \frac{1}{2}(\dot{U}_1 - Z_C \dot{I}_1)e^{\gamma x},$
12	$\dot{U}_\varphi + \dot{U}_\psi,$
13	Відношення комплексів струмів відбитої хвилі і падаючою хвилі.

17.6 Лінії без втрат

17.7 Стоячі хвилі

Таблиця 17.4 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Чому дорівнюють активний опір і активна провідність у лінії без втрат?	
2.	Чому дорівнює коефіцієнт розповсюдження у лінії без втрат?	
3.	Чому дорівнює хвильовий опір у лінії без втрат?	
4.	Чи має місце послаблення сигналу у лінії без втрат?	
5.	За яких умов у лінії без втрат виникають стоячі хвилі?	
6.	Що розуміють під стоячою хвилею?	
7.	Чому дорівнює кут зсуву фаз між стоячими хвилями напруги і струму?	

У разі вірного виконання завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 16$.

Таблиця 17.4а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	$j\omega\sqrt{L_0C_0}$
2.	Немає
3.	Це хвиля, яка отримана в результаті накладення двох хвиль однакової інтенсивності: падаючій і відбитій електромагнітним хвилям, які рухаються назустріч.
4.	$\sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$
5.	0
6.	90°
7.	Якщо у кінці лінії без втрат не споживається активна потужність (лінія розімкнена, закорочена, замкнута на реактивну котушку).

ТЕМАТИЧНЕ КОМПЛЕКСНЕ КВАЛІФІКАЦІЙНЕ ЗАВДАННЯ

Умова

Трифазна лінія передачі електроенергії, довжиною l працює при частоті f_1 і напрузі U_n . Первинні параметри лінії мають таке значення: r_0 ; L_0 ; C_0 .

Втрати активної потужності в ізоляції на корону при U_n складають P_x на одну фазу.

Завдання

1. Складіть розрахункову схему довгої однорідної лінії.
2. Розрахуйте активну провідність між проводами 1 км довгої однорідної лінії.
3. Розрахуйте індуктивний опір 1 км довгої однорідної лінії.
4. Розрахуйте ємнісну провідність 1 км довгої однорідної лінії.
5. Розрахуйте комплексний повздовжній опір 1 км довгої однорідної лінії.
6. Розрахуйте комплексну провідність 1 км довгої однорідної лінії.
7. Розрахуйте хвильовий опір довгої однорідної лінії.
8. Розрахуйте коефіцієнт розповсюдження хвилі лінії.
9. Розрахуйте коефіцієнт загасання довгої однорідної лінії.
10. Розрахуйте коефіцієнт фази довгої однорідної лінії.
11. Розрахуйте довжину хвилі.
12. Розрахуйте фазову швидкість хвилі.
13. Визначити довжину хвилі при частоті f_2 , якщо швидкість розповсюдження електромагнітної хвилі дорівнює $v = 300000$ км/с.

Варіанти вихідних даних
тематичного комплексного кваліфікаційного завдання

Номер варіанта	l	f_1	U_n	r_0	L_0	C_0	P_x	f_2
	км	Гц	кВ	Ом/км	Гн/км	Ф/км	кВт/ км	МГц
1	900	50	400	0,08	$1,336 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	2	50
2	300	50	380	0,07	$1,356 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	3	60
3	650	50	400	0,09	$1,336 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	4	40
4	900	50	420	0,08	$1,356 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	2,5	30
5	700	50	410	0,07	$1,336 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	2	80
6	1100	50	400	0,09	$1,356 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	3	70
7	1000	50	390	0,08	$1,336 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	4	20
8	800	50	400	0,07	$1,356 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	2,5	90
9	500	50	380	0,09	$1,336 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	2	50
10	600	50	400	0,08	$1,356 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	3	60
11	900	50	420	0,07	$1,336 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	4	40
12	690	50	410	0,09	$1,356 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	2,5	30
13	960	50	400	0,08	$1,336 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	2	80
14	850	50	390	0,07	$1,356 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	3	70
15	720	50	400	0,09	$1,336 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	4	20
16	630	50	380	0,08	$1,356 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	2,5	90
17	390	50	400	0,07	$1,336 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	2	50
18	930	50	420	0,09	$1,356 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	3	60
19	740	50	410	0,08	$1,336 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	4	40
20	560	50	400	0,07	$1,356 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	2,5	30
21	830	50	390	0,09	$1,336 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$		80
22	910	50	400	0,08	$1,356 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	3	70
23	480	50	380	0,07	$1,336 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	4	20
24	860	50	420	0,09	$1,356 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	2,5	90
25	800	50	410	0,07	$1,336 \cdot 10^{-3}$	$8,6 \cdot 10^{-9}$	2	70

ТЕМА 18

ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ ТА МЕТОДИ ЙОГО АНАЛІЗУ

18.1 Опис основних параметрів електростатичного поля

18.2 Електричне поле постійного струму в електропровідному

середовищі та його основні параметри

18.3 Магнітне поле постійного струму. Зв'язок основних величин,
що характеризують магнітне поле.

18.4 Основні рівняння змінного електромагнітного поля

НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧІ ЗАВДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО- РЕПРОДУКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ

Таблиця 18.1 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Чим створюється електростатичне поле?	
2.	Електростатичне є якою складовою електромагнітного поля?	
3.	Що розуміють під зарядом (зарядом тіла?)	
4.	Як формулюється закон Кулона?	
5.	Який математичний запис закону Кулону?	
6.	\vec{R}_0 Що означає R_0 ?	
7.	Як позначається електрична постійна?	
8.	Яка одиниця електричної постійної?	
9.	Як позначається відносна діелектрична проникність?	
10.	Що є силовою характеристикою електричного поля?	
11.	Що розуміється під напруженості електричного поля в даній точці?	
12.	Як визначити напруженість електричного поля?	
13.	Яка одиниця напруженості електричного поля?	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
14.	Як визначають потенціал електричного поля?	
15.	За якою формулою визначають потенціал електричного поля?	
16.	Яка одиниця потенціалу	
17.	Що таке електрична напруга між точками 1 і 2?	
18.	Яку поверхню в електричному полі називають екіпотенціальною?	
19.	Що розуміють під градієнтом потенціалу?	
20.	Як позначається градієнт потенціалу?	
21.	За якою формулою визначається градієнт потенціалу?	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 17$.

Таблиця 18.1а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	Одиничний вектор, направлений по лінії, яка з'єднує заряди.
2.	Електричною.
3.	Два точкових заряди q_1 і q_2 у вакуумі взаємодіють один з одним з силою \vec{F} , прямо пропорційною добутку зарядів q_1 і q_2 і зворотно пропорційно квадрату відстані R між ними.
4.	Створюється сукупністю електричних зарядів, нерухомих в просторі по відношенню до наглядача і незмінних в часі.
5.	Це різниця потенціалів між точками 1 і 2, яка залежить тільки від положення цих точок і не залежить від шляху, по якому проходило переміщення
6.	Це швидкість зміни потенціалу
7.	Φ/m
8.	$\frac{\vec{F} \cdot d\vec{l}}{q_0}$
9.	ϵ_0
10.	В/м.

Номер відповіді	Відповіді
11.	Скалярну величину, яка дорівнює алгебраїчній сумі елементарних електричних зарядів в цьому тілі
12.	$\frac{\vec{F}}{q}$.
13.	$\vec{F} = \frac{q_1 \cdot q_2}{4 \cdot \pi \epsilon_0 R^2} \vec{R}_0$.
14.	Геометричне місце точок електричного поля, де потенціал має однакові значення $\varphi = \text{const}$.
15.	<i>grad</i> φ
16.	Як відношення роботи, яка виконується силами поля по переносу одиничного позитивного заряду з даної точки поля в точку поля, до величини цього заряду. Потенціал якої дорівнює нулю (у нескінченність)
17.	В.
18.	Фізична величина, чисельно рівна відношенню сили, з якою поле діє на одиничний заряд, поміщений у дану точку поля, до значення цього заряду.
19.	ϵ
20.	Напруженість електричного поля.
21.	<i>dφ/dl</i>

Таблиця 18.2 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Що розуміють під диференційним оператором Гамільтона (оператором набла)?	
2.	Якою літерою позначається оператор Гамільтона?	
3.	За якою формулою визначається оператор Гамільтона?	
4.	Як позначається вектор електричного зміщення?	
5.	За якою формулою визначається вектор електричного зміщення?	
6.	Навести формулювання теореми Гауса.	
7.	Навести математичний запис першої форми запису теореми Гауса.	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
8.	Що розуміють під дивергенцією електричного вектора зміщення?	
9.	Навести рівняння Пуассона.	
10.	Навести рівняння Лапласа	
11.	Як позначається об'ємна щільність зарядів електричного поля?	
12.	Навести математичний запис другої форми запису теореми Гауса.	
13.	Який напрям мають лінії вектору електричного зміщення \vec{D} , якщо об'ємна щільність зарядів в точці позитивна ($\rho > 0$)?	
14.	Який напрям мають лінії вектору електричного зміщення \vec{D} , якщо об'ємна щільність зарядів в точці негативна ($\rho < 0$)?	
15.	Який напрям мають лінії вектору електричного зміщення \vec{D} , якщо об'ємна щільність зарядів в точці негативна ($\rho = 0$)?	
16.	Навести формулу для визначення енергії електростатичного поля, утворених системою n заряджених тіл, які мають потенціали $\varphi_1 \dots \varphi_n$ і заряди $q_1 \dots q_n$.	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 30$.

Таблиця 18.2а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	∇
2.	\vec{D}
3.	Потік вектора електричного зміщення через будь-яку замкнуту поверхню, яка оточує деякий об'єм, дорівнює алгебраїчній сумі вільних зарядів, які знаходяться усередині цієї поверхні.

Номер відповіді	Відповіді
4.	Межа відношення потоку $\lim \frac{\oint \vec{D} \cdot d\vec{S}}{V}$ векторної величини скрізь замкнуту поверхню, яка обмежує деякий об'єм до об'єму V .
5.	$\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_a}$
6.	$\vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}$
7.	Розуміють суму часткових похідних по трьох координатних осях, помножених на відповідні одиничні вектори (орти).
8.	$\nabla^2 \varphi = -\frac{\rho}{\epsilon_a}$
9.	$\text{div } \vec{D} = \rho$
10.	$\nabla^2 \varphi = 0$
11.	$\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot \vec{E} = \epsilon_a \cdot \vec{E}$
12.	ρ
13.	Лінії входять, виток негативний.
14.	Лінії виходять, виток позитивний.
15.	$\frac{1}{2} \sum_{k=1}^n q_k \cdot \varphi_k$
16.	В даній точці поля нема ні витоків ні стоків ліній.

Таблиця 18.3 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Що розуміють під струмом провідності?	
2.	Яка величина характеризує властивість середовища проводити електричний струм?	
3.	Якою літерою позначається питома провідність?	

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
4.	Яку розмірність має питома провідність?	
5.	Як визначити силу струму через щільність струму і площу елемента поверхні?	
6.	Навести рівняння диференціальної форми закону Ома.	
7.	Навести рівняння узагальненого закону Ома і диференціальної форми другого закону Кірхгофа.	
8.	Навести рівняння диференціальної форми закону Джоуля-Ленца.	
9.	Навести рівняння диференціальної форми першого закону Кірхгофа.	
10.	Навести формулу для визначення вектору щільності струму.	
11.	Яку розмірність має щільність струму?	
12.	Як визначити потужність, що обумовлена виділенням тепла у провіднику при протіканні електричного струму?	
13.	Яку розмірність має потужність?	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 16$.

Таблиця 18.3а Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	$\vec{\delta} = \gamma \cdot \vec{E}.$
2.	$\vec{\delta} = \gamma (\vec{E} + \vec{E}_{\text{стор}}).$
3.	Питома провідність.
4.	$I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{S}.$
5.	$\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1} = \text{См/м}.$
6.	γ

Номер відповіді	Відповіді
7.	Упорядкований рух вільних електронів у металі і іонів у рідині під впливом електричного поля
8.	$p = \frac{\delta^2}{\gamma} = \gamma E^2.$
9.	$\vec{\delta} = \gamma E$
10.	$P = R \cdot I^2.$
11.	A/m ² .
12.	$\oint_S \vec{\delta} \cdot d\vec{S} = 0.$
13.	Вт.

Таблиця 18.4 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Якими величина характеризується магнітне поле?	
2.	Яким співвідношення зв'язані магнітна індукція, намагніченість і напруженість магнітного поля?	
3.	Чому дорівнює магнітна стала?	
4.	Навести формулювання закону повного струму.	
5.	Навести рівняння закону повного струму в інтегральній формі.	
6.	Навести рівняння закону повного струму в диференціальній формі.	
7.	Як позначається скалярний магнітний потенціал?	
8.	Як позначається векторний магнітний потенціал?	
9.	В чому вимірюється магнітний потік?	

У разі вірного виконання завдання $\Sigma_{\text{непарних}} - \Sigma_{\text{парних}} = 34$.

Таблиця 18.4а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1.	$\mu_0 \cdot (\vec{H} + \vec{J}) = \mu_0 \cdot \mu \cdot \vec{H} = \mu_a \cdot \vec{H}$
2.	лінійний інтеграл від напруженості магнітного поля вздовж любого замкнутого контуру рівний повному току, який пронизує замкнутий контур.
3.	$\text{rot } \vec{H} = \vec{\delta}$
4.	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.
5.	Намагніченістю \vec{J} і напруженістю магнітного поля \vec{H}
6.	φ_m
7.	$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I$
8.	\vec{A}
9.	Вб.

Таблиця 18.5 – Навчально-контролюючі завдання

Номер питання, завдання	Питання, завдання	Номер правильної відповіді
1.	Що розуміють під змінним електромагнітним полем?	
2.	Якими векторними величинами визначається змінне електромагнітне поле?	
3.	Зв'язок між якими величинами виражає перше рівняння Максвелла?	
4.	Як записується перше рівняння Максвелла?	
5.	Зв'язок між якими величинами виражає друге рівняння Максвелла?	
6.	Як записується друге рівняння Максвелла?	
7.	Що описує теорема Умова-Пойнтінга?	

При правильному виконанні завдання $\sum_{\text{непарні}} - \sum_{\text{парні}} = 10$.

Таблиця 18.5а – Відповіді на навчально-контролюючі завдання

Номер відповіді	Відповіді
1	$\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$;

Номер відповіді	Відповіді
2	Описує енергетичні співвідношення у електромагнітному полі.
3	Напруженістю електричного поля \vec{E} і напруженістю магнітного поля \vec{H} .
4	Між ротором напруженості електричного струму і швидкості зміни магнітного поля в тій же точці.
5	$\text{rot } \vec{H} = \vec{\delta} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$
6	Між ротором напруженості електричного поля і щільністю струму в тій же точці поля.
7	Сукупність змінних в часі і взаємно зв'язаних і обумовлюючих один одне електричного і магнітного полів.

ТЕМАТИЧНЕ КОМПЛЕКСНЕ КВАЛІФІКАЦІЙНЕ ЗАВДАННЯ

Умова

Діелектричний плоский конденсатор (рис.18.1) складається з слою діелектрика і повітря. Товщина слою діелектрика d_1 , а повітря d_2 . Площа пластин S .

Відносна діелектрична проникність діелектрика ϵ_1 , а повітря $\epsilon_2 \approx 1$. Електрична напруженість пробою діелектрика $E_{пр1}$, а повітря – $E_{пр2}$.

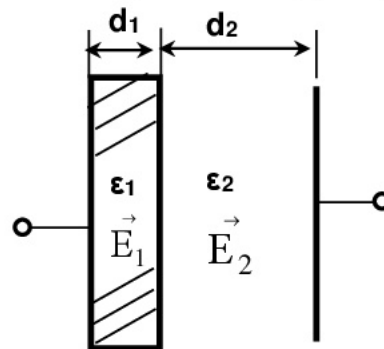


Рис.18.1

Визначити ємність конденсатора, гранично допустиму напругу його, електричну напруженість поля в діелектричному шарі.

Завдання

1. Визначити ємність конденсатора, наведеного на рис. 1.
2. Розрахуйте гранично допустиму напругу конденсатора.
3. Визначити електричну напруженість поля в діелектричному шарі.

**Варіанти вихідних даних
тематичного комплексного кваліфікаційного завдання**

Номер варіанта	d_1 , м	d_2 , м	$S_{л}$, м ²	ε_1 , Ф/м	$E_{пр 1}$, кВ/м	$E_{пр 2}$, В/м
1	0,002	0,003	0,04	5	70000	3700
2	0,004	0,005	0,06	6	80000	4700
3	0,004	0,005	0,07	8	90000	4500
4	0,006	0,008	0,05	6	60000	5500
5	0,006	0,008	0,04	7	65000	3500
6	0,005	0,008	0,06	5	85000	4300
7	0,002	0,003	0,07	9	95000	4800
8	0,004	0,005	0,05	10	78000	5600
9	0,002	0,003	0,04	10	86000	3900
10	0,004	0,005	0,06	9	97000	4200
11	0,004	0,005	0,07	5	69000	4900
12	0,006	0,008	0,05	7	62000	5700
13	0,006	0,008	0,04	6	83000	4200
14	0,005	0,008	0,06	8	94000	4800
15	0,002	0,003	0,07	9	90000	5200
16	0,004	0,005	0,05	5	80000	10000
17	0,005	0,008	0,06	6	90000	11000
18	0,002	0,003	0,07	8	90000	5200
19	0,002	0,003	0,07	9	72000	5700
20	0,004	0,005	0,05	10	93000	4200
21	0,002	0,003	0,04	10	104000	4800
22	0,004	0,005	0,06	9	100000	5200
23	0,004	0,005	0,07	5	91000	10000
24	0,006	0,008	0,05	7	96000	11000
25	0,006	0,008	0,04	6	88000	9200

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Овчаров В.В. Теоретичні основи електротехніки. /В.В. Овчаров. - К.: Урожай, 1993. - 224 с.
- 2 Зевеке Г.В. Основы теории цепей./Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов: учебник, 5 изд. - М.; Атомэнергоиздат, 1989. – 657 с.
3. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. Ч.2. /Л.А. Бессонов. – М.: Высш. Шк., 1978. – 263 с.
4. Нейман Л. Р. Теоретические основы электротехники. Т.2. / Л. Р. Нейман, К. С. Демирчан. – Л. : Энергоиздат, 1981. – 416 с.
- 5 Атабеков Г. И Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле. Ч. 2, 3. / Г. И. Атабеков. – М. : Энергия, 1979. – 432 с.
6. Попова І.О. Теоретичні основи електротехніки, частина 3: курс лекцій / І.О. Попова. – Мелітополь: ТДАТУ, 2018. – 184 с.