

Міністерство освіти і науки України
Відокремлений структурний підрозділ
«Любешівський технічний фаховий коледж
Луцького національного технічного університету»



Електротехніка та електрообладнання

Методичні вказівки до лабораторних робіт
для здобувачів освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр
галузь знань 13 “Механічна інженерія”
спеціальність 133 “Галузеве машинобудування”
денної форми навчання

Любешів 2022

УДК
К

До друку

Голова методичної ради ВСП «Любешівський ТФК ЛНТУ»

_____ Герасимик-Чернова Т.П.

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій коледжу

Бібліотекар _____ М.М. Демих

Затверджено методичною радою ВСП «Любешівський ТФК ЛНТУ»

протокол № _____ від «_____» _____ 2022р.

Рекомендовано до видання на засіданні циклової методичної комісії викладачів математичних та природничо-наукових дисциплін

протокол № _____ від «_____» _____ 2022 р.

Голова циклової методичної комісії _____ Остимчук А.В.

Укладач: _____ М.В. Баховська/, викладач вищої категорії

Рецензент: _____

Відповідальний за випуск: _____ Остимчук А.В, голова циклової методичної комісії викладачів математичних та природничо-наукових дисциплін.

Електротехніка і електрообладнання [Текст]: методичні вказівки до лабораторних робіт для здобувачів освітньо-професійного рівня галузь знань 13 “Механічна інженерія”, спеціальність 133 “Галузеве машинобудування”, денної форми навчання/уклад. М.В. Баховська – Любешів: ВСП «Любешівський ТФК ЛНТУ», 2022. – 56 с.

Методичне видання складене відповідно до діючої програми курсу «Електротехніка і електрообладнання» з метою організованого проведення лабораторних робіт.

Баховська М.В., 2022

РЕЦЕНЗІЯ

на методичні вказівки та завдання для лабораторних робіт з курсу «Електротехніка та електрообладнання»
для здобувачів освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр
галузь знань 13 “Механічна інженерія”
спеціальність 133 “Галузеве машинобудування”
денної форми навчання

Методичні вказівки та завдання для лабораторних робіт з курсу «Електротехніка та електрообладнання» включають в себе список теоретичних питань і задач, що охоплюють основні теми даного курсу і дозволяють студентам глибоко засвоїти матеріал дисципліни. У методичних вказівках чітко визначені та детально описані вимоги до виконання роботи, її структури і змісту. Наведений у розділі «Методичні вказівки до проведення роботи» докладний виклад теоретичного матеріалу, що є необхідним для розв'язання задач курсу, дозволяє студентам більш чітко представляти зв'язок між теоретичним і практичним рівнем даної дисципліни. Також вказана література, до якої студент може звернутися для отримання додаткових відомостей з курсу.

Методичні вказівки та завдання до лабораторних робіт з курсу розроблені на високому науково-методичному рівні, відповідають навчальному плану і програмі з даної дисципліни. Зазначені методичні вказівки рекомендуються до друку та використання у навчальному процесі.

Зразок звіту лабораторної роботи
Лабораторна робота №

Тема: Дослідження нерозгалуженого електричного кола змінного струму.

Мета: навчитися визначати основні параметри електричного кола при активному, реактивному та активно-реактивному навантаженнях.

1. Один і той же провідник матиме різні значення опору залежно від характеру струму, що протікає по ньому. У колах змінного струму провідник матиме більше значення опору, ніж у колах постійного струму завдяки поверхневому ефекту. У першому випадку опір називають активним і позначають літерою r , у другому випадку – омичним і позначають літерою R . При частоті електричного струму

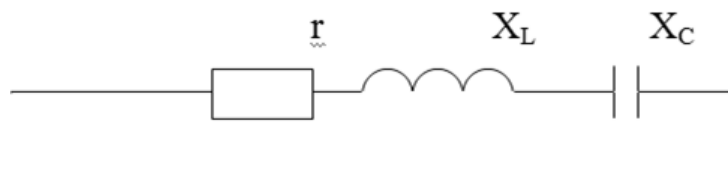
$f \ll 50$ згадані опори суттєво не відрізняються, а тому їх різницю не враховують.

2. Величина напруги, прикладеної до не розгалуженого кола змінного струму, визначатиметься так:

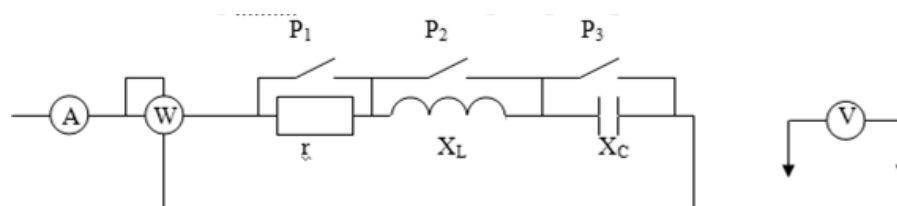
3. Визначаємо величину повного опору нерозгалуженого кола .

4. Резонанс напруг у нерозгалуженому колі виникає при умові, коли індуктивний опір X_L дорівнює ємнісному опору X_C .

5. Задача: $U=100\text{ В}$; $r = 8\text{ Ом}$; $X_L=10\text{ Ом}$; $X_C = 4\text{ Ом}$; $f = 50\text{ Гц}$.

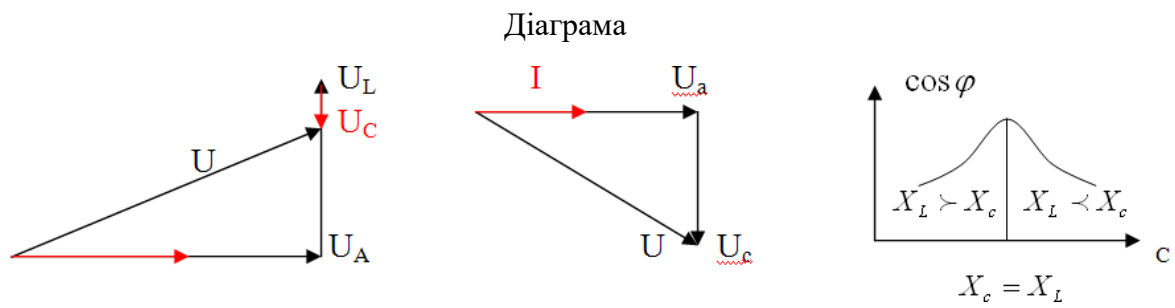


Електрична схема до лабораторної роботи



Результати вимірів та розрахунків

	У В І М К Н Е Н О							
	Резистор	Котушка	Конденсатор	Резистор та котушка	Резистор та конденсатор	Резистор, котушка та конденсатор		
$U(\text{В})$	44	44,4	44,8	43,6	44	44,6	42	42,8
$U_A(\text{В})$	41,2	—	—	5,2	35,6	4,7	11,5	40,4
$U_L(\text{В})$	—	43,2	—	36	—	34	30	27,6
$U_C(\text{В})$	—	—	44	—	20	2,5	7,3	28
$I(\text{А})$	0,44	0,48	0,81	0,08	0,38	0,075	0,09	0,07
$P(\text{Вт})$	17,5	5	1	2,5	14,5	2,5	2	1,5
$\cos\varphi$	0,94	0,23	0,03	0,72	0,81	0,8	0,52	0,5
$\sin\varphi$	—	0,97	0,97	0,71	0,45	0,75	0,54	0,01
$r(\text{Ом})$	93,64	2,5	—	—	93,68	58,75	127,7	577,1
$X_C(\text{Ом})$	—	—	54,32	—	52,63	33,3	81,1	400,0
$X_L(\text{Ом})$	—	90	—	450,0	—	453,3	333,3	394,2
$Z_{\text{колла}}(\text{Ом})$	100,0	92,5	55,3	545,0	115,79	554,6	466,6	611,4
$Q(\text{Вар})$	—	20,1	35,5	2,48	7,56	2,34	2,04	0,03
$S(\text{ВА})$	19,36	21,31	35,64	3,49	16,72	3,12	3,78	3,00



Висновки: Зі збільшенням ємності в нерозгалуженому колі змінного струму коефіцієнт потужності збільшується. Наявність резонансу напруги можна виявити при співвідношенні спадів напруг – $U_L = U_C$.

Лабораторна робота № 1

Дослідження законів для розрахунку електричних кіл

Мета: Дослідним шляхом перевірити справедливність законів розрахунку електричних кіл за допомогою програми EWB.

Робоче завдання

1. Дослідити параметри електричних кіл постійного струму з послідовним, паралельним та мішаним з'єднаннями резисторів.

2. Дослідити закони Кірхгофа.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Опрацювати теоретичні відомості за

літературою: Основна: Л-3, с. 1-26; Лекції – 2;3.

Додаткова: Л-9, с. 45-60; Л-13, с. 23-60.

2. Виконати письмово такі завдання:

2.1. Дати визначення поняття ЕРС, напруги, сили струму, опору провідника.

2.2. Назвати джерела постійного струму.

2.3. Перерахувати способи з'єднання споживачів електричного струму.

2.4. Сформулювати і записати закони Ома і Кірхгофа для розрахунку електричних кіл.

2.4. Пояснити і записати до звіту основні методи розрахунку параметрів електричних кіл постійного струму.

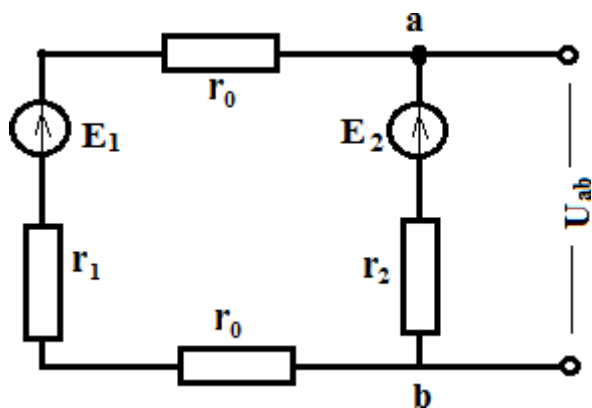


Рис.1. Схема до задачі.

Задача 1. Для кола, зображеного на схемі (рис. 1), визначити величину е.р.с. E_2 , якщо $E_1=100\text{В}$, $U_{ab}=50\text{В}$, r_0 взяти з таблиці 1, а значення $r_1=r_2$ у два рази менше.

Таблиця 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	20	22	24	26	27	28	30	32	34	36
Б	30	32	34	36	37	38	40	42	44	46
В	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

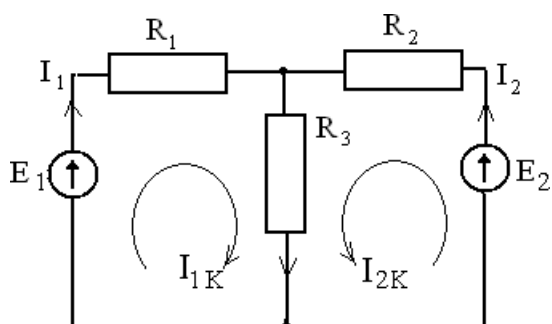


Рис. 2.Схема до задачі.

Задача 2. Для кола, зображеного на схемі (рис. 2), визначити струми у кожній вітці, якщо $E_1=E_2=100\text{В}$, R_3 взяти з попередньої таблиці, а значення $R_1=R_2$ у два рази більше. Розв'язати задачу двома способами - за законами Кірхгофа та методом контурних струмів.

Особливості правил техніки безпеки

1. Під час роботи не можна встановлювати електровимірювальні прилади один на одного, їх робоче положення повинно відповідати вимогам, що вказані на шкалі.
2. Уважно стежити за показами приладів при регулюванні напруги (сили струму), щоб не перевищити межу вимірювання приладу.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Послідовне з'єднання резисторів.

Скласти віртуальне електричне коло за схемою (рис. 3). Виміряти спади напруг на окремих ділянках, а також спад напруги на всій зовнішній ділянці кола, дані записати в таблицю 2. Дослід повторити тричі, при різних значеннях напруги. Зробити висновок щодо додавання спадів напруг при послідовному з'єднанні провідників і записати його до звіту.

Таблиця 2.

№ п/п	U_1	U_2	U_3	U_4	U	U_{Σ}

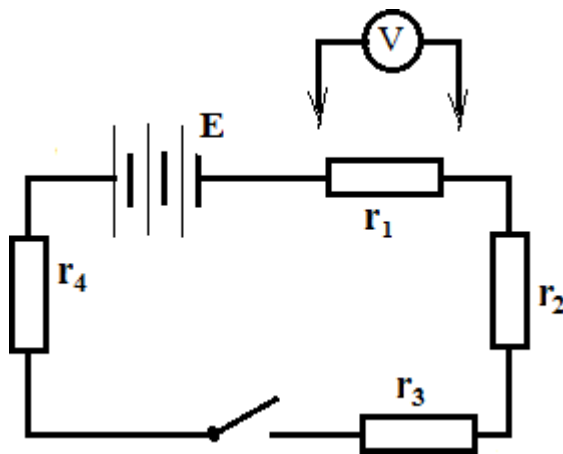


Рис. 3.

2. Паралельне з'єднання резисторів.

Скласти віртуальне електричне коло за схемою (рис. 4). Записати до таблиці 3 значення струмів та опорів резисторів кожної вітки та сумарний струм у колі. За даними таблиці 3 розрахувати сумарний опір кола R . Записати висновок щодо додавання струмів при паралельному з'єднанні резисторів.

Таблиця 3

№ п/п	I_1	I_2	I_3	I_4	R_1	R_2	R_3	R_4	R

Не змінюючи електричного кола, виміряти спади напруг на окремих ділянках, а також спад напруги на всій зовнішній ділянці кола; дані записати в таблицю 4. Порівняти значення спадів напруг на паралельних вітках. Розрахувати спад напруги U на зовнішній ділянці кола за формулою $U = I_1 R$. Порівняти розраховану напругу U з виміряною на клеммах джерела струму U_{ab} .

Таблиця 4

№ п/п	$U_{bb'}$	$U_{cc'}$	$U_{dd'}$	U_{ab}	I	$U = IR$	U

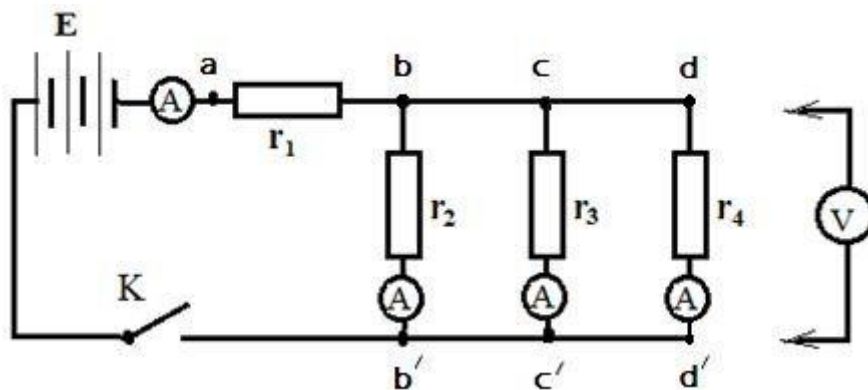


Рис. 4

3. Перевірка 1-го закону Кірхгофа.

Скласти віртуальне електричне коло за схемою (рис. 5 а,б), для кіл з постійним та змінним струмами відповідно. Дані записати до таблиці 5. Написати висновок щодо виконання першого закону Кірхгофа.

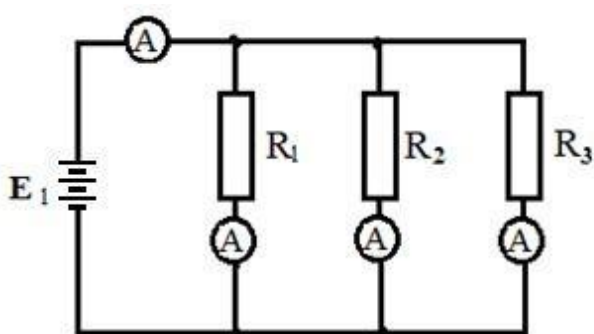


Рис. 5 а)

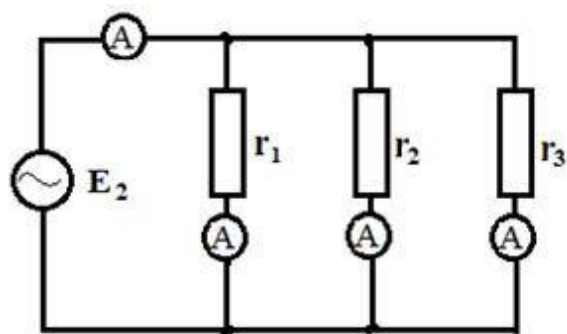


Рис. 5 б)

Таблиця 5

	I_1	I_2	I_3	ΣI
Постійний струм				
Змінний струм				

4. Перевірка 2-го закону Кірхгофа.

Скласти віртуальне електричне коло за схемою (рис. 6). Довільно вибрати значення е.р.с. та резисторів і встановити їх на схемі. Увімкнути коло й отримані значення параметрів занести до таблиці 6. Розрахувати значення спадів напруг за законом Ома $U = IR$. Перевірити виконання 2-го закону Кірхгофа для всіх контурів.

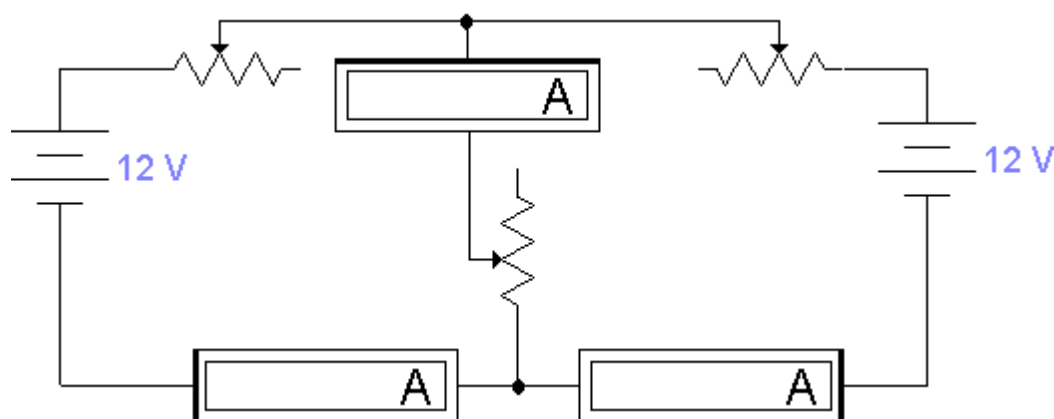


Рис. 6.

Таблиця 6

	ΣE	I_1	I_2	I_3	R_1	R_2	R_3	ΣIR
Контур – 1								
Контур – 2								

Контрольні запитання

1. Пояснити зміст поняття електрорушійної сили (е.р.с.), напруги, сили струму.
2. Що називають діючим значенням сили струму, напруги, е.р.с.?
3. Вивести формулу для обчислення потужності: $P = UI$.
4. Що називають опором провідника? Чим відрізняється опір ОМІЧНИЙ від АКТИВНОГО?
5. Яке з'єднання споживачів називають послідовним, паралельним і мішаним?
6. Як розподіляються струми, напруги і потужності при паралельному та послідовному з'єднанні споживачів?
7. Чому дорівнює повний опір кола:
а) при послідовному з'єднанні споживачів; б) при паралельному з'єднанні споживачів.
8. Пояснити і записати вираз закону Ома для повного кола і для ділянки кола.
9. Пояснити і записати вираз для 1-го закону Кірхгофа.
10. Пояснити і записати вираз для 2-го закону Кірхгофа.

Лабораторна робота № 2

Вивчення електровимірювальних приладів

Мета: 1. Вивчити будову і принцип дії вимірювальних приладів магнітоелектричної та електромагнітної систем; навчитися визначати ціну поділки, характеристики за позначеннями на їх шкалах, а також переваги і недоліки кожної із систем.

Робоче завдання

1. За шкалами електровимірювальних приладів визначити їх основні характеристики.
2. Вирахувати абсолютні похибки для запропонованих приладів.
3. Вирахувати ціну поділки і чутливість для всіх діапазонів приладів – вольтметра, амперметра та ватметра.
4. Вирахувати споживану потужність приладів.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за літературою:

Основна: Л-І, с.61-76, 82-90; Л-3, с.9-43.
Додаткова: Л-2, с.48-66; Л-5, с.252-262.

2. Виконати письмово такі завдання:

2.1. Перерахувати основні системи електровимірювальних приладів.

2.2. Порівняти основні характеристики приладів магнітоелектричної та електромагнітної систем, вказати їх переваги та недоліки. Замалювати будову цих приладів.

2.3. Дати визначення понять ціни поділки та чутливості електровимірювального приладу.

2.4. Пояснити поняття власної споживаної потужності приладу.

Задача. Як використати прилад магнітоелектричної системи, що має внутрішній опір r та струм повного відхилення показчика I для вимірювання напруги 36 В. Величину опору r взяти з *таблиці 1*, струм повного відхилення I взяти у десять разів меншим.

Таблиця 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	0,6	0,7	0,8	0,5	0,06	0,16	0,11	0,12	0,13	0,14
Б	0,17	0,18	0,19	0,02	0,021	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026
В	0,3	0,81	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39

Особливості правил техніки безпеки

Під час роботи не можна встановлювати електровимірювальні прилади один на одного, їх робоче положення повинно відповідати вимогам, що вказані на шкалі.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Визначити основні характеристики електровимірювальних приладів,

запропонованих викладачем, уважно розглянути умовні позначення на їх шкалах і для кожного з приладів заповнити *таблицю 2*:

Таблиця 2.

Назва приладу	Умовне позначення	Вимірювальна система	Межі	Внутрішній опір приладу	Ціна поділки	Чутливість	Тип струму	Клас точності	Абсолютна	Робоче	Міцність ізоляції	Споживана потужність

Контрольні запитання

1. Які системи найпоширеніших електровимірювальних приладів ви знаєте? Назвати їх основні переваги та недоліки.
2. Назвати основні умовні позначення на шкалах електровимірювальних приладів.
3. З яких основних вузлів складаються аналогові прилади?
4. Пояснити схему та принцип дії цифрових приладів?
5. Чому амперметри виготовляють з малим внутрішнім опором, а вольтметри з великим?
6. Чи можна вольтметр вмикати в коло послідовно, а амперметр паралельно?
7. Дати визначення абсолютної, відносної та зведеної похибок.
8. Що таке клас точності приладу. На які класи точності поділяють прилади?
9. Як розширити межі вимірювання вольтметра та амперметра?
10. Як розрахувати додатковий опір та шунт при розширенні меж вимірювання вольтметра та амперметра?

Лабораторна робота № 3

Вимірювання напруги та розширення меж вимірювання вольтметра

Мета: Оволодіти прийомами вимірювання напруги, використання додаткового опору для розширення меж вимірювання вольтметра, визначення його власних втрат.

Робоче завдання

1. Перевірити точність вимірювання технічного вольтметра, побудувати графік похибок та власну споживану потужність приладу.
2. Обчислити величину додаткового опору для розширення меж вимірювання вольтметра та виконати ним таке вимірювання.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою:

Основна: Л-І, с. 82 – 86; Л-3, с. 27-36.

Додаткова: Л-2, с. ІІ0-ІІ5 Л-4, с. 154-155,

2. Виконати письмово такі завдання:

2.1. Пояснити, чому вольтметр вмикається паралельно до навантаження і має порівняно великий власний внутрішній опір.

2.2. Навести способи розширення меж вимірювання вольтметра і пояснити фізичну суть принципу дії необхідних приладів. Виконати схеми.

2.3. Які з відомих вам систем електровимірювальних приладів використовують у вольтметрах?

Задача. Як використати електровимірювальний прилад магнітоелектричної системи для вимірювання напруги 380 В? Струм повного відхилення приладу, становить «?» А, його власний внутрішній опір становить 100 Ом. Величину струму повного відхилення взяти з таблиці 1.

Таблиця 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	15	26	5	27	37	44	54	61	77	89
Б	24	35	6	46	36	55	63	70	84	92

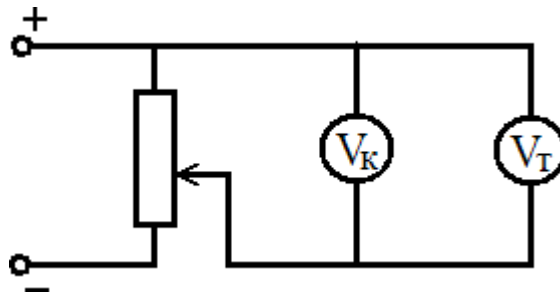
Особливості правил техніки безпеки

1. Прилади розмістити так, щоб було зручно переміщати повзунок РНШ та знімати покази приладів,
2. Уважно стежити за показами міліамперметра, не допускаючи його перевантаження.

Методичні рекомендації до виконання завдання.

1. Для перевірки похибки вимірювання технічного вольтметра скласти електричне коло за схемою рис.1. Виконати п'ять вимірювань, для різних значень напруг. Обрахувати абсолютну та відносну похибки. Результати занести до таблиці 2. За даними вимірювань побудувати графіки залежності величини поправок від напруги.

Рис. 1



Таблиця 2

Покази вольтметрів		Величина похибок	
Технічного	Контрольного	Абсолютна	Відносна

2. Для розширення меж вимірювання вольтметра скласти коло за схемою (рис. 2). Попередньо обчислити додатковий опір для розширення меж його вимірювань на число кратне 2 та 3. Для цього використати формулу $R_{\text{дод.}} = R_V(m - 1)$.

До таблиці 3 записати значення додаткового опору $R_{\text{дод.}}$; кількість поділок n_0 , на які відхилилась стрілка при закритому вимикачеві K та відповідну напругу U_0 ; кількість поділок n при відкритому вимикачеві K та відповідну напругу $U_{\text{розш.}}$. Порівняти ціну поділки вольтметра в обох випадках.

Таблиця 3.

№ п/п	$R_{\text{дод.}}$	n_0	U_0	n	$U_{\text{розш.}}$	$Z_0 = \frac{U_0}{n_0}$	$Z = \frac{U}{n}$	$\frac{Z}{Z_0}$

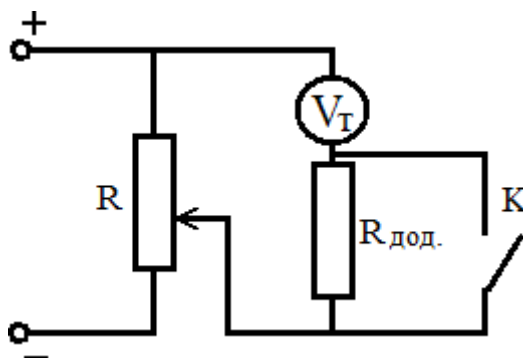


Рис. 2

3. Визначення власних втрат вольтметра виконати за електричною схемою (рис. 3), використовуючи міліамперметр. Розрахувати власну споживану потужність за результатами вимірювань $P = IU$, а також за заданим на шкалі

вольтметра опором та вимірюваною напругою. Порівняти результати обчислень. Дані занести до таблиці 4. Виконати 3 виміри для різних значень напруг.

Таблиця 4.

№ п/п	U	I	R_V	$P = IU$	$P = U^2/R$

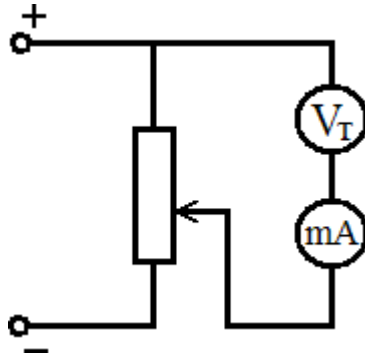


Рис 3.

Висновки

1. Зробити висновок про залежність величини поправок від значень вимірюваних напруг.
2. Як змінюється величина власної споживаної потужності технічного вольтметра від величини вимірюваної напруги.

Контрольні запитання

1. Який зміст та послідовність виконання роботи?
2. Чому вольтметри виготовляються з великим внутрішнім опором?
 - 1) Тому, що вони вмикаються паралельно до навантаження;
 - 2) Щоб не впливати на режим роботи електричного кола;
 - 3) Щоб через вольтметр проходив малий струм.
 - 4) Всі відповіді правильні.

3. Який прилад використовують в колах постійного струму для розширення меж вимірювання вольтметра?

- 5) Додатковий опір;
- 6) Трансформатор напруги;
- 3) Додатковий опір та трансформатор напруги;
- 4) Всі відповіді правильні.

3. Які дані треба мати, щоб розрахувати додатковий опір вольтметра?

4. Що таке абсолютна, відносна та зведена похибки вимірювального приладу?

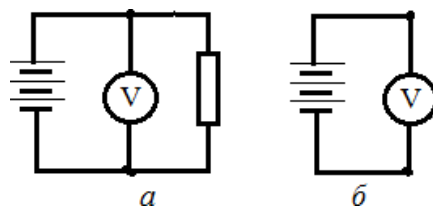
5. Яких систем прилади можна використати для вимірювання напруги?

6. Як вмикають вольтметр в електричне коло? Чому?

7. Що вимірює вольтметр увімкнений послідовно до споживача?

8. Вивести формулу для розрахунку величини додаткового опору для розширення меж вимірювання вольтметра.

9. Яку фізичну величину вимірюють вольтметром у випадках, зображених на рисунках (а) та (б)?



Лабораторна робота №4

Вимірювання сили струму та розширення меж вимірювання амперметра

Мета: Оволодіти прийомами вимірювання сили струму, використання шунта для розширення меж вимірювання амперметра та визначення власних втрат амперметра.

Робоче завдання

1. Перевірити точність вимірювання технічного амперметра, побудувати графік поправок та визначити власну потужність приладу.
2. Обчислити величину опору шунта для розширення меж вимірювання амперметра та виконати за його використання вимірювання сили струму.

Програма підготовки до виконання завдання

I. Опрацювати теоретичні відомості за літературою:

Основна: Л-I, с.82-86;Л-3, с. 27-36.

Додаткова: Л-2, с.55-61.

2. Виконати письмово такі завдання:

2.1. Пояснити, чому амперметр вмикається послідовно до навантаження і має досить малий власний внутрішній опір.

2.2. Вказати способи розширення меж вимірювання амперметра та пояснити фізичну суть принципу дії необхідних приладів. Виконати схеми вмикання.

2.3. Які системи електровимірювальних приладів можуть бути використані для виготовлення амперметрів.

Задача. Як використати прилад магнітоелектричної системи для вимірювання сили струму 5 А, якщо струм повного відхилення приладу становить « ∞ » А, а власний внутрішній опір становить 0,1 ом. величину струму повного відхилення взяти з таблиці 1.

Таблиця 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	1	2	3	2	5	4	0,5	0,8	0,9	0,6
Б	0,4	0,2	0,1	0,9	0,8	0,3	0,1 5	0,2 1	0,3 5	0,54

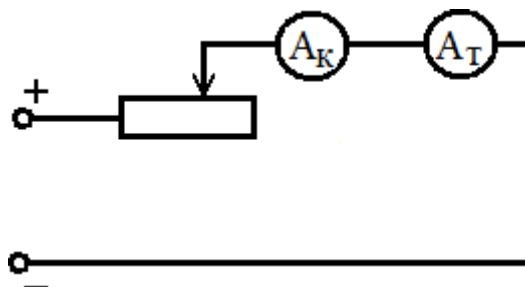
Особливості правил техніки безпеки

1. Прилади розташувати на робочому місці так, щоб було зручно пересувати повзунок реостата та спостерігати покази приладів.

2. Уважно стежити за показом мілівольтметра, не допускаючи його перева...

Методичні рекомендації до виконання робочого завдання

1. Для визначення похибки вимірювання технічного амперметра, скласти електричне коло за схемою рис. 1. Виконати п'ять вимірювань, для різних значень струму. Вирахувати абсолютну та відносну похибки технічного приладу. Результати занести до таблиці 2. За даними вимірювань побудувати графіки залежності величини поправок від напруги/



Таблиця 2

Покази амперметрів		Величина похибки		Поправка
Технічного	Контрольного	Абсолютна	Відносна	

2. Для розширення меж вимірювання амперметра скласти коло за схемою (рис. 2). Попередньо обчислити шунт для розширення меж його вимірювань на число кратне 2 та 3. Для цього використати формулу $R_{(m-1)} = \frac{R_A}{m-1}$

До таблиці 3 записати значення опору шунта $R_{ш.}$; кількість поділок n_0 , на які відхилилась стрілка технічного амперметра при закритому вимикачеві K та відповідну силу струму I_0 ; кількість поділок n при відкритому вимикачеві K та відповідну силу струму $I_{розш.}$. Порівняти ціну поділки амперметра в обох випадках.

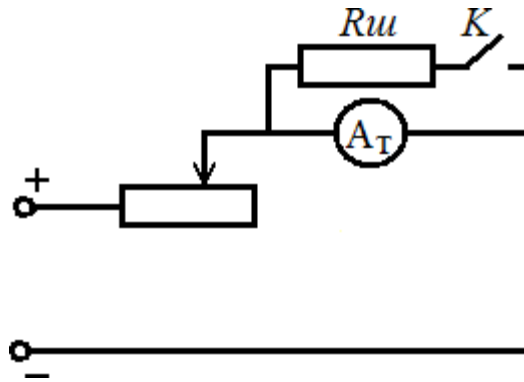


Рис. 2.

3. Для визначення власних втрат потужності технічного амперметра виконати електричну схему (рис.3). Вирахувати споживану технічним приладом потужність за силою струму та падом напруги на ньому, а також за силою струму і його внутрішнім опором, вказаним на шкалі. Результати вимірювань та обчислень занести до таблиці 3.

Таблиця 3.

№ п/п	U(mV)	I	R_V	$P = IU$	$P = I^2 R.$

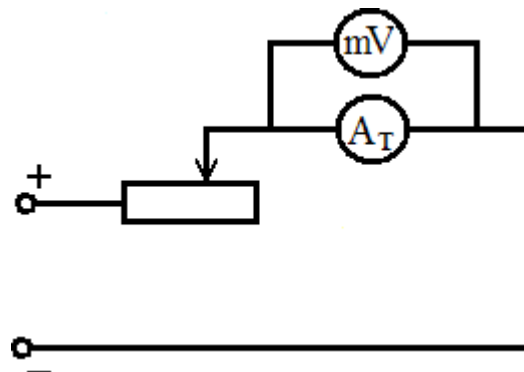


Рис. 3.

Контрольні запитання

1. Який зміст та послідовність виконання роботи

Чому амперметр виготовляють з малим внутрішнім опором?

- 1) Тому, що він вмикається послідовно до навантаження.
- 2) Щоб не впливати на режим роботи електричного кола.
- 3) Щоб спад напруги на клеммах амперметра був малим.
- 4) Всі відповіді вірні.

2. Чи можна амперметр використати в якості вольтметра?

- 1) Так. 2) Ні. 3) Так, при певних умовах.

3. Як можна розширити межі вимірювання амперметра в колах постійного струму?

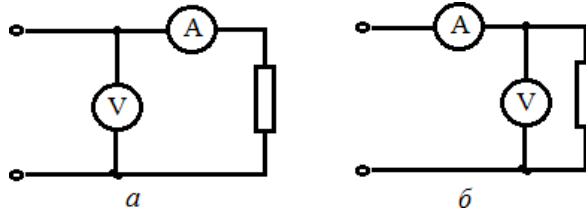
- 1) За допомогою трансформатора струму.
- 2) Користуючись шунтом.
- 3) За допомогою трансформатора струму та шунта.

4. Яке значення змінного струму вимірюють аналоговими приладами?

5. Чи може бути, щоб опір шунта був більшим за опір амперметра?

6. Що буде, якщо амперметр увімкнути паралельно до споживача?

7. У яких випадках прилади вмикають за схемою (а), а в якому випадку за схемою (б)?



8. Вивести формулу для розрахунку величини опору шунта.

9. Яких систем прилади можна використати для вимірювання сили струму?

Лабораторна робота № 5

Вимірювання опорів.

Мета: Оволодіти прийомами вимірювання опорів різними способами; вивчити принцип дії таких приладів: мультиметра, омметра, подвійного містка та мегаметра.

Робоче завдання

1. Перевірити градування омметра за допомогою магазину опорів.
2. Визначити опір електроплитки при різних її температурах. Побудувати графік залежності опору від температури спіралі плитки.
3. Визначити опори провідників різних матеріалів подвійним містком та визначити цей метал за допомогою його питомого опору.
4. За допомогою мегаметра визначити величину опору ізоляції електродвигуна.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою: Основна: Л-1, с. 82-86; Л-3, с. 50-69. Додаткова: Л-2, с. 78-81; Л-5, с. 132-141.
2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1. Дати визначення поняття електричного опору провідника. Вказати від чого він залежить.
 - 2.2. Перерахувати основні способи вимірювання опорів та проаналізувати їх.
 - 2.3. Замалювати електричну схему омметра, пояснити принцип дії цього приладу та правила користування ним.
 - 2.4. Записати вирази для визначення повного, активного та реактивного опору в колах змінного струму, а також співвідношення між ними.

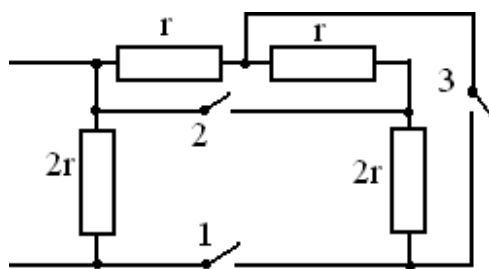


Рис.1. Схема до задачі.

Задача. 1. Визначити еквівалентний опір всього кола для таких 5 випадків, коли на схемі (рис.1) увімкнено: 1) вимикач – 1; 2) вимикач 1 та 2; 3) усі вимикачі; 4). вимикач 1 та 3.

Величину опору взяти з *таблиці 1*.

Таблиця 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Б	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32
В	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49

2. Визначити опір повзункового реостату, виготовленого з нікелевого дроту діаметром 0.5 мм, що намотаний виток за витком на керамічний циліндр діаметром 6 см та довжиною L , взятою з *таблиці 1*.

Особливості правил техніки безпеки

1. При вимірюванні опору електроплитки бути обережним, щоб не отримати опіків, температура її нагрівання висока.

2. Не вмикати на досить тривалий час гальванометр, омметр, гальванометр подвійного містка та інших приладів, оскільки це призводить до розряджання джерел їх живлення.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Виставити стрілку омметра на нуль. Встановити по черзі 5 значень опорів на магазині, які є точними, виміряти їх значення за допомогою омметра. Визначити абсолютну та відносну похибки вимірювань. Результати занести до *таблиці 2*.

Таблиця 2.

Покази магазину опорів $R_0(Ом)$	Покази омметра $R(Ом)$	Абсолютна похибка $\Delta R(Ом)$	Відносна похибка

2. Цифровим омметром визначити опір електроплитки в холодному стані. Увімкнути електричну плитку в електромережу і через кожні 3 хвилини вимірювати величину опору її спіралі. За величиною опору ніхромової спіралі, визначити її температуру за формулою $R_t = R_0(1 + \alpha t^{\circ}C)$. Де R_t – опір спіралі нагрітої плитки; R_0 – опір спіралі при кімнатній температурі; α – термічний коефіцієнт опору, взятий з таблиці; $t^{\circ}C$ – температура нагрітої плитки. Дослід повторити 5 разів. Результати занести до *таблиці 3*. Побудувати графік залежності величини опору від температури спіралі.

Таблиця 3.

Час – $t(c)$					
Опір – $R(Ом)$					
Температура $t^{\circ}C$					

3. Вивчити будову і правила користування містком опорів. Виміряти значення опорів 3 провідників, розрахувати їх питомий опір і за таблицею питомих опорів визначити матеріал, з якого вони виготовлені. Дані занести до *таблиці 4*.

Таблиця 4.

L (м)	D (мм)	S (мм ²)	R (Ом)	$\frac{Ом}{\rho, (мм^2)}$	Матеріал

4. Ознайомитися з принципом дії та будовою мегаметра. Користуючись мегаметром типу М1101, виміряти опір ізоляції між котушками електродвигуна та його корпусом.

Контрольні запитання

1. Пояснити зміст та послідовність виконання роботи.
2. Який фізичний зміст омичного, активного, індуктивного, ємнісного, та повного опорів?
3. Порівняти поняття активного та омичного опорів.
4. Назвати способи вимірювання опорів.

5. Як вмикаються в коло амперметр та вольтметр, при вимірюванні великих та малих опорів, відповідно до закону Ома?
6. Які особливості вимірювання опору провідників за допомогою омметра? Яка принципова будова омметра?
7. Пояснити принцип вимірювання опору містковою схемою.
8. Будова та принцип дії логометра.
9. В чому полягає принципова відмінність омметра та логометра?
10. Призначення, будова та принцип дії мегометра.

Вимірювання потужності та енергії в електричних колах змінного струму.

Мета: Вивчити будову і принцип дії ватметра та лічильника електричної енергії однофазного змінного струму; оволодіти прийомами вимірювання потужності та електричної енергії за допомогою ватметра та лічильника індукційної системи.

Робоче завдання

1. Користуючись вольтметром, амперметром та ватметром, визначити активну і повну потужність в електричному колі змінного струму.
2. Вивчити будову та принцип дії однофазного лічильника індукційної системи. За його допомогою виміряти спожиту енергію на активному навантаженні, визначити абсолютну та відносну похибки вимірювань.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою: Основна: Л-1. с. 75-76. Л-3. с. 36-43.
Додаткова: Л-2. с. 63-68, 71-78. Л-5. с. 161-162. Л-6 с. 147-148.
2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1. Довести, що електрична потужність визначається, як добуток величини струму на напругу.
 - 2.2. Дати коротку характеристику приладів електродинамічної, феродинамічної та індукційної систем.
 - 2.3. Перерахувати основні вузли і деталі однофазного лічильника індукційної системи, назвати їх функції, виконати схематичний малюнок.
 - 2.4. Охарактеризувати номінальну та дійсну сталі лічильників.

Задача. В електричне коло змінного струму увімкнена котушка індуктивності. Для визначення його параметрів кола використані прилади: амперметр, вольтметр, ватметр та лічильник електричної енергії. Межа вимірювання амперметра 3 А, вольтметра – 220 В. Стрілка ватметра, що має 150 поділок на шкалі з номінальним

струмом 5 А та номінальною напругою 300 В , відхилилась на n поділок. При цьому диск лічильника, на шкалі якого позначено, що 1 кВт/год відповідає 1280 об/хв , здійснив k обертів. Визначити активну, реактивну та повну потужності, що споживаються котушкою, відносну та постійну сталу лічильника, можливість його використання. Намалювати електричну схему до задачі. Кількість поділок n взяти з таблиці 1, кількість обертів диска прийняти в 10 раз більше. Час обертання диска 10 с .

Таблиця 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Б	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
B	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Особливості правил техніки безпеки

1. До початку роботи поставити ручку регулятора напруги (РНШ) у крайнє ліве положення, тобто, щоб напруги на клеммах РНШ не було.
2. Без дозволу керівника занять не дозволяється перемикати межівимірювача.
3. Зауважимо, що перша та третя клеми лічильника вмикаються до джерела електричного струму, а друга та четверта – до навантаження.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Скласти електричне коло за схемою (рис. 1)

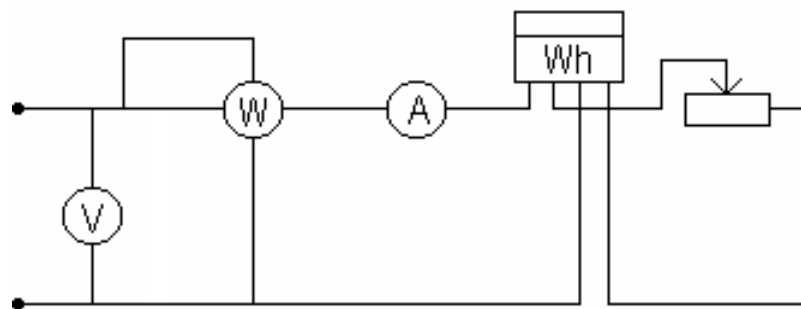


Рис. 1. Схема ввімкнення ватметра
та
однофазного
електролічильника.

2. Визначити повну потужність, що споживає реостат, за допомогою амперметра та вольтметра. Виміряти активну потужність за допомогою ватметра для цієї ж величини навантаження. Дослід повторити для 5 значень підведеної напруги.
3. Обчислити величину коефіцієнту потужності та значення реактивної потужності. Результати занести де таблиці 2.

Таблиця 2.

I (A)	U (B)	P (Bm)	$S=UI$ (BA)	$\cos \phi = P/S$	$Q=UI\sin \phi$ (Var)
------------	------------	-------------	----------------	-------------------	-----------------------

4. Вивчити будову однофазного лічильника, скориставшись розбірним лічильником та плакатами.

5. Визначити номінальну сталу лічильника, скориставшись даними вказаними на його шкалі.

6. Визначити дійсну сталу лічильника для 5 значень навантаження, встановлених реостатом. Для цього секундоміром виміряти час, за який диск лічильника виконує 10 обертів при кожному значенні навантаження. Записати до *таблиці 3* значення напруги, сили струму, номінальної сталої, час обертання та кількість обертів диска. Підрахувати значення дійсної сталої лічильника C_d , абсолютної ΔC та відносної β похибок вимірювання.

Таблиця 3.

U (В)	I (А)	C_n	t (с)	n (об)	C_d	$\Delta C = C_n - C_d$	$\beta = (C_n - C_d) / C_d$

Контрольні запитання

1. Який зміст та послідовність виконання роботи?
2. До якої системи електровимірювальних приладів належать ватметр і фазометр?
3. Які параметри електричного кола одночасно фіксує ватметр? Якими елементами кола?
4. Яку потужність вимірюють ватметром у колах змінного струму? Яка формула цієї потужності?
5. Як створюється обертовий момент диска однофазного лічильника?
6. Яку енергію вимірює побутовий лічильник? Формула розрахунку електричної енергії.
7. Які параметри одночасно фіксує лічильник? Якими елементами приладу?
8. Яке призначення постійного магніту однофазного лічильника?
9. Що таке самохід лічильника?

10. Пояснити зміст номінальної та дійсної сталої лічильника.

Дослідження характеристик електричних джерел освітлення.

Мета: Вивчити будову і принцип дії різних електричних джерел освітлення та навчитися визначати їх основні параметри.

Робоче завдання

1. Вивчити конструкцію, принцип дії та можливості використання люмінесцентних ламп та ламп розжарення.
2. Дослідити характеристики ламп при різних напругах. Побудувати графіки залежності освітленості від споживаної лампою потужності при різних напругах.
3. Порівняти світловіддачу різних типів досліджуваних ламп.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою: Основна: Л-1, с.283-304; Л-3, с. 303-310.
Додаткова: Л-15, с.32-42.
2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1 Визначити основні переваги електричних джерел освітлення перед відомими іншими.
 - 2.2 Схематично зарисувати будову лампи розжарення. Зазначити назву та призначення основних її частин.
 - 2.3 Виконати схему ввімкнення люмінесцентної лампи та пояснити призначення її окремих складових: інертного газу, парів ртуті та інших, а також дроселя і стартера.
 - 2.4 Перерахувати переваги і недоліки ламп розжарення та люмінесцентних ламп.
 - 2.5 Познайомитись з особливостями будови та принципом дії сучасних енергозберігаючих ламп.

Задача. Люмінесцентна лампа типу ЛД-220-75 споживає струм $0.6A$, при цьому створює світловий потік $\Phi=1200$ лм. Визначити повну потужність лампи, коефіцієнт потужності, світловий потік на поверхню площею S та світлову віддачу H . Величину площі взяти з таблиці 1.

Таблиця 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	0.6	1.2	0.7	1.4	0.8	1.8	2.0	1.0	1.5	1.9
Б	2.6	3.3	3.7	3.4	3.8	4.2	0.3	1.6	2.1	3.1
В	6.2	2.3	7.4	4.3	8.4	2.8	3.0	0.5	6.1	7.6

Особливості правил техніки безпеки

1. При роботі з лампами необхідно бути обережним, щоб не розбити скляний балон.
2. Перед тим, як вмикати напругу, закрити дерев'яним ящиком досліджувані лампи. Повзунок регулятора напруги поставити на нульове положення.
3. Забороняється вмикати лампу, якщо в її балон попало повітря або зіпсована спіраль.

Методичні рекомендації щодо виконання завдання

1. Вивчити будову і правила роботи з люксметром.
2. Вивчаючи будову лампи розжарення, знайти відповідні деталі на малюнку і на самій лампі. Скласти електричне коло для дослідження параметрів лампи розжарення за схемою, зображеною на рис. 1а. Після перевірки викладачем зібраного кола, увімкнути напругу. Збільшуючи регулятором величину напруги від $U=0,5U_n$ до значень $U=1,1U_n$, записати покази приладів для 5 значень.

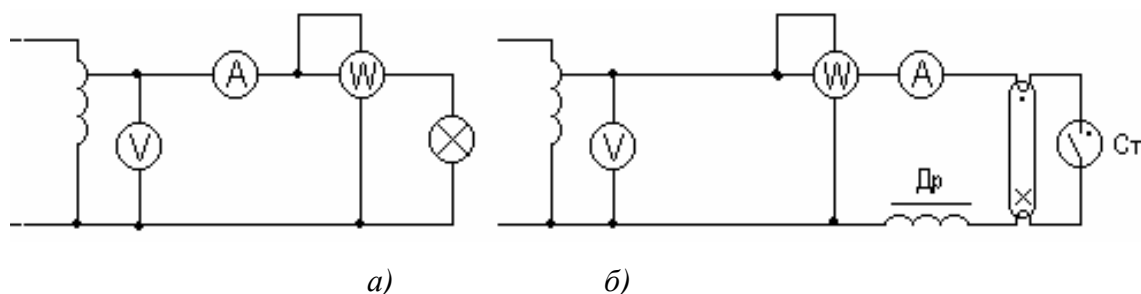


Рис.1. Схема дослідження ламп:

а) – розжарення, б) – люмінесцентної.

Вирахувати величину світлового потоку $\Phi = EF$ (F – площа освітлюваної поверхні), повну потужність лампи $S = UI$, коефіцієнт потужності $\cos\phi = P/S$ та світлову віддачу H . Результати занести до таблиці 2.

Таблиця 2.

Тип Лампи	U (В)	I (А)	P (Вт)	E (Лк.)	$S = UI$ (ВА)	$\Phi = EF$ Лм.	$H = \Phi/P$ (Лм/Вт)	$\cos\phi = P/S$

3. Повторити таке ж завдання для люмінесцентної, енергозберігаючої та світлодіодної ламп відповідно схемі, зображених на рис. 1б.

4. Познайомитися з будовою інших електричних ламп.

Визначити їх призначення, будову, потужність та інші особливості.

Контрольні запитання

1. Пояснити зміст та послідовність виконання роботи?
2. Які типи ламп ви знаєте?
3. Назвати основні елементи ламп розжарення.
4. Які види газорозрядних ламп ви знаєте.
5. Назвати основні елементи люмінесцентної лампи і пояснити принципи її дії.
6. Яке призначення стартера і дроселя в люмінесцентних світильниках?
7. Пояснити будову і принцип дії газорозрядних ламп ДРЛ.
8. Розшифрувати аббревіатуру: ЛБ, ЛДЦ, ЛХБ, ЛД, ЛТБ.
9. Що називається світловіддачею?
10. Які лампи мають велику світловіддачу і чому?

Лабораторна робота № 8.

Аналіз та розрахунок нерозгалуженого кола однофазного струму.

Мета: Дослідити основні параметри кола однофазного змінного струму прирізних активно-реактивних навантажень та умови створення резонансу струмів.

Робоче завдання

1. Визначити параметри кола при ввімкнених окремо резисторі, котушці індуктивності, конденсаторі.
2. Визначити параметри електричного кола для трьох випадків: при послідовному вмиканні резистора та котушки індуктивності; резистора та конденсатора; резистора, котушки індуктивності та конденсатора. Для останнього дослідів виконати три варіанти: $XL > X_C$; $XL < X_C$; $XL = X_C$.
3. Для всіх випадків нарисувати електричні схеми, векторні діаграми та вирахувати всі величини, що відзначені в таблиці 3.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою: Основна: Л-1, с.11-44; Л-3, с. 83-88.
Додаткова: Л-2, с. 7-24; Л-4, с.46-60.
2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1. Дати визначення та записати аналітичні вирази для миттєвих, амплітудних та діючих значень змінного струму, напруги та ЕРС.
 - 2.2. Визначити поняття: період, частота, фаза, початкова фаза та зсув фаз для змінного струму.
 - 2.3. Зарисувати електричні схеми, векторні діаграми та графіки для активного, індуктивного, ємнісного, активно-індуктивного та активно-ємнісного навантажень у колах змінного струму.
 - 2.4. Зарисувати електричні схеми, векторні діаграми струму та напруги для електричного кола з активно-індуктивно-ємнісним навантаженням при

$X_L \square X_C ; X_C \square X_L ; X_C \square X_L$, записати значення повного опору для кожного з видів навантажень.

2.5. Зарисувати електричну схему (рис. 1) з певною комбінацією вимикачів відповідно до вашого варіанту.

Таблиця 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 і 11	2 і 11	3 і 11	4 і 11	5 і 11	6 і 11	9	8	7	3 і 10

Визначити параметри одержаного електричного кола: силу струму; повний опір кола; коефіцієнт потужності; повну, реактивну та активну потужності. Побудувати векторну діаграму для сили струму та напруги.

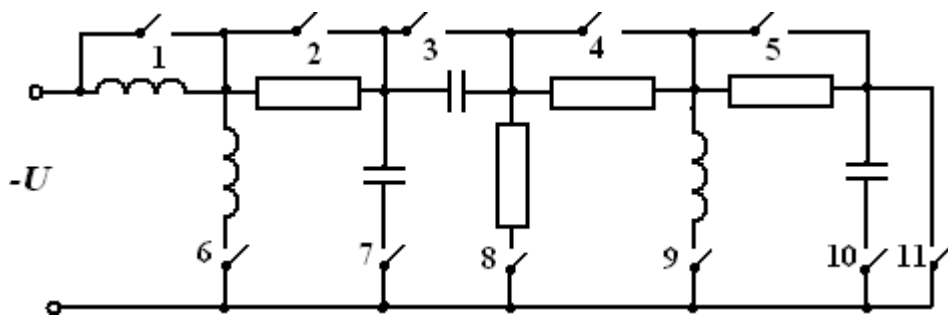


Рис. 1. Схема до завдання 2.5.

Задача. Конденсатор та котушка під'єднані послідовно до джерела змінного струму з частотою 50 Гц. Визначити всі параметри електричного кола і побудувати векторну діаграму для сили струму та напруг. Величину напруги взяти з таблиці 2. Величину активного опору котушки взяти у 10 раз меншу від величини напруги, величину індуктивності котушки взяти в 1000 разів меншою від величини напруги. Ємність конденсатора, що вимірюється в мкФ, взяти рівною величині напруги, а активним опором конденсатора знехтувати.

Таблиця 2.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
Б	60	80	100	120	140	160	180	200	260	480
В	210	250	270	290	310	330	350	370	390	410

Особливості правил техніки безпеки

1. Вимкнений конденсатор може зберігати залишковий заряд, тому після

вимкнення електричного кола його необхідно розрядити.

2. Особливо обережно необхідно виконувати вимірювання спадів напруг на кожній ділянці кола. При перемиканні діапазонів вимірювання амперметра обов'язково вимикати загальну напругу в електричному колі.

3. Не вмикати одночасно в коло котушку індуктивності та конденсатор без резистора.

Методичні рекомендації щодо виконання завдання

1. Скласти електричне коло за схемою, зображеною на рис. 2.

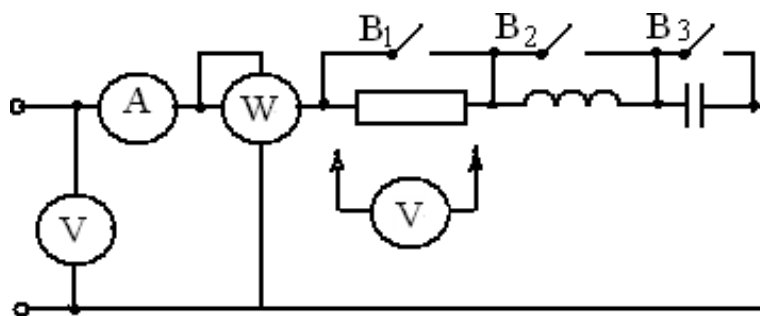


Рис. 2. Схема послідовного ввімкнення
активно-реактивного
навантаження.

2. Замкнути вимикачі B_2 та B_3 , а B_1 залишити розімкненим. Так як ключі мають шунтуючу дію, то матимемо коло лише з активним навантаженням.

3. За допомогою ключів отримати варіанти електричних кіл з активним, індуктивним, активно-індуктивним та активно-ємнісним навантаженнями.

4. Виміряти силу струму, потужність та напругу в колах для кожного випадку. Обчислити повний опір кола, коефіцієнт потужності, повну потужність. Результати занести до *таблиці 3*.

5. Для випадку, коли вмикаються реостат, котушка та конденсатор одночасно, змінюючи ємність конденсатора відповідно до *таблиці 3*, досягти явища резонансу.

6. Для всіх варіантів вмикання електричного кола побудувати векторні діаграми струмів та спадів напруг.

Таблиця 3.

Увімкнено

	Резистор	Котушка	Конденсатор	Резистор та катушка	Резистор та конденсатор	Резистор, катушка, конденсатор	C=8 (МкФ)	C=16 (МкФ)	C=32 (МкФ)
U(B)									
U _a (B)									
U _L (B)									
U _C (B)									
I(A)									
P(BT)									
cos□									
sin□									
r (OM)									
X _C OM)									
X _L (OM)									
Z (OM)									
Q (Bar)									
S (BA)									

Контрольні запитання

1. Пояснити зміст та послідовність виконання лабораторної роботи?
2. Якими параметрами характеризують однофазний змінний струм?
3. Якими способами можна виразити змінний струм, напругу, е.р.с.?
4. Яке співвідношення фаз коливання струму і напруги в колах з активним, індуктивним та ємнісним навантаженням? Виразити алгебраїчно та векторно.
5. Що називають діючим значенням сили струму, напруги, е.р.с., та як їх вирахувати?
6. Зобразити графічно залежність $i=f(t)$ для активного, індуктивного та ємнісного навантаження.
7. побудувати векторну діаграму для кола з трьома видами навантажень –активним, індуктивним та ємнісним.
8. Побудувати трикутник напруг, опорів та потужностей.
9. Що таке резонанс напруг?
10. Що називають коефіцієнтом потужності?

**Дослідження трифазного електричного кола змінного струму
при з'єднанні споживачів «зіркою» і «трикутником».**

Мета: Дослідити основні параметри електричного кола трифазного струму. Розрахувати і побудувати векторні діаграми струмів і напруг при з'єднанні активних споживачів «зіркою» і «трикутником».

Робоче завдання

1. Дослідити параметри трифазного кола при симетричному і несиметричному вмиканні активних споживачів зіркою.
2. Дослідити коло з симетричним навантаженням при обриві лінійного провідника.
3. Дослідити коло трифазного струму з симетричним навантаженням при вмиканні.
4. Побудувати векторні діаграми струмів та напруг для «зірки» і «трикутника».

Програма підготовки до виконання завдання

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою: Основна: Л-1, с.48-61; Л-3, с. 108-123. Додаткова: Л-4, с.70-86.
2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1. Дати визначення з'єднань споживачів «зіркою» та «трикутником».
 - 2.2. Які співвідношення між фазними та лінійними напругами і струмами при з'єднанні споживачів «зіркою» і «трикутником»? Накреслити електричні схеми таких з'єднань з позначенням всіх лінійних та фазних напруг і струмів.
 - 2.3. Виконати електричні схеми різних способів визначення потужності в трифазному колі при з'єднанні споживачів «зіркою» і «трикутником».
 - 2.4. Перерахувати переваги та недоліки з'єднання споживачів зіркою та трикутником.

Задача. Три активних опори з'єднанні спочатку зіркою, а потім трикутником у трифазному колі з лінійною напругою U . Визначити всі параметри кола для обох випадків з'єднання. Побудувати векторні діаграми струмів та напруг. Величину напруги взяти з *таблиці 1*. Величину активного опору взяти такою, що в 10 разів менша чисельного значення величини напруги.

Таблиця 1.

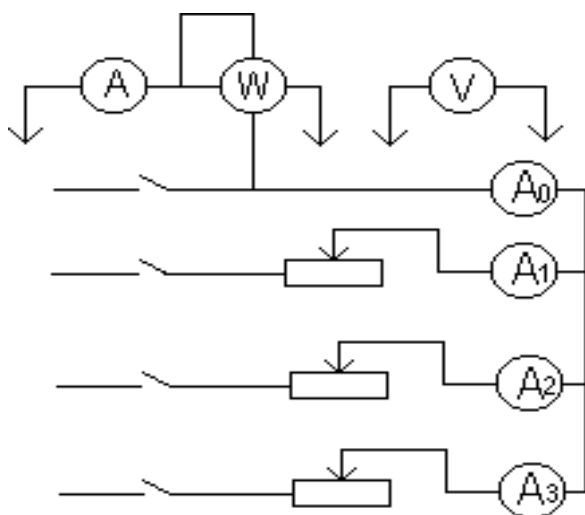
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	60	40	20	30	10	50	70	80	90	100
Б	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
В	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300

Особливості правил техніки безпеки

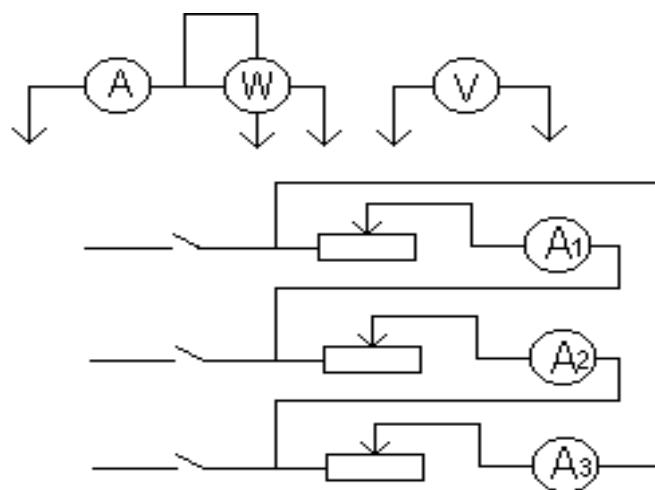
1. Перед вмиканням напруги слід перевірити межі вимірювання ватметра.
2. Перемикання вимірювальних приладів у всіх випадках здійснювати лише при вимкненій напрузі.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Для дослідження параметрів електричних кіл, у яких навантаження з'єднані зіркою або трикутником, скористатися схемами, що зображені на рис.1 та рис. 2 відповідно.



*Рис. 1. З'єднання споживачів
зіркою.*



*Рис. 2. З'єднання споживачів
трикутником*

2. При з'єднанні споживачів зіркою, здійснити виміри при симетричному і

несиметричному навантаженнях. Величини навантажень змінювати за допомогою опорів реостатів. Аналогічні досліди виконати при обриві лінійного та нульового проводів.

3. Для всіх випадків записати величини лінійних напруг U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} ; фазних напруг $U_{\phi 1}, U_{\phi 2}, U_{\phi 3}$; лінійних I_{L1}, I_{L2} , та фазних $I_{\phi 1}, I_{\phi 2}, I_{\phi 3}$ струмів.

Потужність всього кола $P \square P_1 \square P_2 \square P_3$. Зауважимо, що ватметр вимірює активну потужність лише однієї фази.

4. Повторити пункти 1-3 для кола при з'єднанні споживачів трикутником. Врахувати, що при з'єднанні споживачів трикутником, по-перше, відсутній нульовий провід; по-друге, при такому з'єднанні несиметричне навантаження не застосовують.

5. Обрахувати для всіх випадків співвідношення між лінійними та фазними струмами і напругами, величину активного опору в кожній фазі, величину активної потужності всього кола за відповідними формулами:

$$P \square 3I_{\phi}^2 r; P \square 3U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi; P \square 3U_L I_L \cos \varphi; P \square 3P_{\text{ватметра}}.$$

6. Побудувати векторні діаграми струмів та напруг. Вибрати масштабвекторів так, щоб діаграма мала кращу наочність.

Таблиця 2.

	З'єднання зіркою						З'єднання трикутником	
	Симетричне Навантаження			Несиметричне навантаження			Симетричне навантаження	
	Усе ввімкнено	Обрив нуля	лінійного провідника	Усе ввімкнено	Обрив нуля	лінійного провідника	Усе ввімкнено	Обрив лінійного провідника
I_A								
I_B								
I_C								
I_a								

I_b								
I_c								
I_0								
U_{AB}								
U_{BC}								
U_{CA}								
U_a								
U_b								
U_c								
R_A								
R_B								
R_C								
P_A								
P_B								
P_C								
$P_{\text{КОЛА}}$								
I_A/I_a								
I_B/I_b								
I_C/I_c								
U_{AB}/U_a								
U_{BC}/U_b								
U_{CA}/U_c								

Контрольні запитання

1. Який зміст та послідовність виконання лабораторної роботи?
2. Що називають трифазною системою?
3. Як з'єднують обмотки трифазних генераторів, що живлять електромережі?
4. Яке співвідношення між фазними та лінійними значеннями сили струму і напруги при з'єднанні споживачів «зіркою» і «трикутником»?
5. Як визначається активна потужність споживачів при з'єднанні їх «зіркою» і «трикутником» у трифазній системі?
6. Яке співвідношення між потужностями при з'єднанні споживачів «зіркою» і «трикутником»?
7. Яка величина струму в нульовому проводі при симетричному та несиметричному навантаженні; при обриві лінійного провідника?
8. Яка величина струму в нульовому проводі при обриві лінійного?
9. Яка напруга подається до приватних осель, фазна чи лінійна?
10. Пояснити поняття «заземлення» та «занулення». З якою метою їх застосовують?

Лабораторна робота №10

Дослідження лінійного електричного кола постійного струму.

Мета: Познайомитись з методами розрахунку електричних кіл постійного струму та їх практичного застосування.

Робоче завдання

1. Провести дослідження можливих режимів роботи джерел постійного струму при різних навантаженнях.
2. Перевірити справедливості методу накладання для розрахунку електричного кола постійного струму.
3. Побудувати потенціальну діаграму для одного із замкнутих контурів електричного кола.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Опрацювати теоретичний матеріал за літературою: Основна: Л-4, с.24-32; Л-7, с. 28-34. Додаткова: Л-6, с. 31-41
2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1. Сформулювати закони Кірхгофа, записати їх математичний вираз та пояснити фізичну суть.
 - 2.2. На прикладі будь-якого електричного кола постійного струму пояснити принцип побудови потенціальної діаграми.

Задача 1. Методом контурних струмів виконати розрахунок електричного кола, наведеного на схемі (рис. 1). Вважати, що опори резисторів мають такі значення: $r_1 \square r_2 \square r_3 \square 10 \text{ Ом}$. Величини опорів $r_2 \square r_4 \square r_6$ взяти з таблиці 1, а напругу джерел живлення взяти в десять разів більшою від величини відповідних опорів.

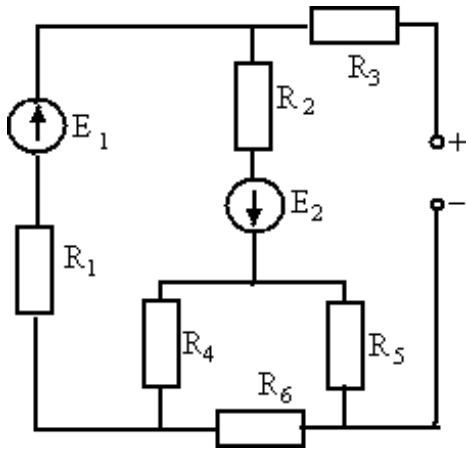


Рис. 1. Схема для розрахунку
електричного кола методом
контурних струмів

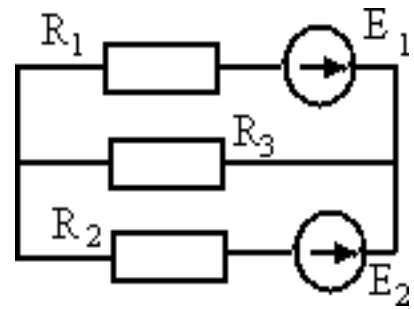


Рис. 2. Схема для розрахунку
електричного кола методом
накладання

Задача 2. Методом накладання виконати розрахунок електричного кола, зображеного на схемі (рис. 2). Величину опорів взяти з попередньої задачі, а ЕРС

$$E_1 = E_2 = 10 \text{ В}.$$

Задача 3. Методом вузлових напруг виконати розрахунок параметрів електричного кола у попередній задачі.

Таблиця 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	60	108	164	94	140	206	54	176	16	52
Б	72	154	230	98	106	28	46	90	70	50
В	20	25	36	48	56	26	24	14	38	42

Особливості правил техніки безпеки

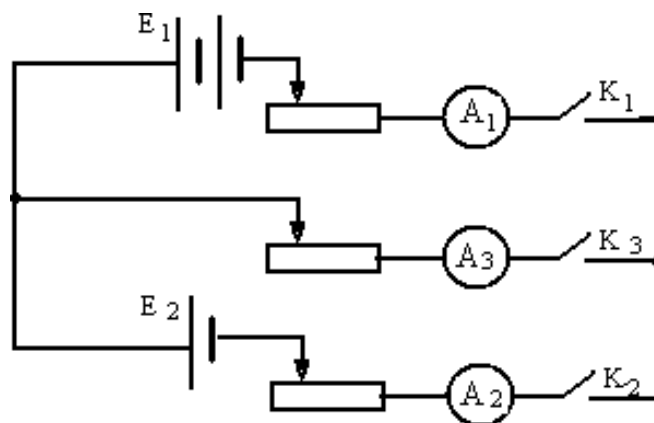
1. Електричні джерела постійного струму вмикаються відповідно до їх полярності.
2. Зміну величини струму реостатами виконувати плавно, не допускаючи значних коливань.

Методичні рекомендації щодо виконання завдання

1. Скласти електричне коло за схемою, зображеною на рис. 3. Виміряти величини прямих та зворотних струмів в окремих вітках, використовуючи при

цьому амперметри з двохсторонньою шкалою. Напрямок струму вважати прямим, якщо він співпадає з напрямком електрорушійної сили джерел E_1 або E_2 . Очевидно, при увімкненні ключів K_1 та K_2 , стрілки амперметрів A_1 та A_2 будуть відхилятися в ту або іншу сторону, показуючи прямий або зворотній електричний струм у вітках.

Рис. 3. Електрична схема до виконання роботи.



2. Для дослідження режиму розрядки джерела E_2 увімкнути всі три вимикачі. Змінюючи величину опорів реостатів, встановити прямий напрям струму I_2 . Записати покази амперметрів. При вимкнутих вимикачах, виміряти та записати до *табл. 2* величини опорів обох реостатів.

3. Для дослідження режиму холостого ходу джерела струму E_2 , увімкнути всі три вимикачі. Змінюючи величини опорів на реостатах, встановити величину струму на амперметрі A_2 рівною нулеві. Записати покази приладів до *таблиці 2*. Визначити величину опорів реостатів та записати їх значення до тієї ж таблиці.

Таблиця 2.

Режим роботи джерела	Параметри					
	$I_1(A)$	$I_2(A)$	$I_3(A)$	$R_1(Ом)$	$R_2(Ом)$	$R_3(Ом)$
Розрядка джерела						
Холостий хід						
Зарядка джерела						

4. Для дослідження режиму зарядки джерела E_2 , повторити досліди пунктів 2-3 так, щоб струм I_2 мав зворотній напрям. Записати покази приладів та значення опорів реостатів до *таблиці 2*.

5. Перевірити практично метод накладання при розрахунках електричного

кола постійного струму. Для цього встановити режим розрядки джерела E_2 . По черзі видаляти джерела E_1 та E_2 і виміряти амперметрами величини струмів, дані занести до таблиці 3. Виміряти величини опорів усіх реостатів у положенні розімкнених ключів. Здійснити розрахунки струмів окремих віток і порівняти їх значення з показами амперметрів.

Таблиця 3

	Значення струму у вітках		
Джерело E_1	I_1 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)
Джерело E_2	I_1 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)
Джерела E_1, E_2	I_1 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)

6. Побудувати потенціальну діаграму для контуру з джерелом E_2 .

Додаткове завдання

Перевірити практично метод розрахунку електричного кола методом вузлових напруг.

Контрольні запитання

1. Який зміст та послідовність виконання роботи?
2. Пояснити фізичну суть понять: сила струму, напруга, опір, потужність, електроенергія.
3. Як співвідносяться фізичні поняття напруги та ЕРС?
4. Пояснити фізичну суть закону Ома.
5. Пояснити фізичну суть законів Кірхгофа.
6. Чи може загальний спад напруги в замкнутому контурі, при побудові потенціальної діаграми, мати значення, що відрізняється від нуля?
7. Пояснити фізичну суть методу контурних струмів.
8. Пояснити фізичну суть методу вузлових напруг.
9. Пояснити фізичну суть методу накладання.
10. Які джерела постійного струму ви знаєте?

Дослідження роботи однофазного силового трансформатора.

Мета: Вивчити будову та принцип дії однофазного трансформатора, дослідити основні його характеристики в різних режимах роботи.

Робоче завдання

1. Дослідити режим холостого ходу однофазного трансформатора. Побудувати зовнішню характеристику і векторну діаграму для цього режиму.
2. Дослідити роботу однофазного трансформатора при активному, індуктивному та ємнісному навантаженнях. Побудувати зовнішні характеристики для таких видів навантажень.
3. Визначити кількість витків первинної та вторинної обмоток трансформатора за допомогою додаткової обмотки.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою: Основна: Л-1, с. 94-123; Л-2, с. 123-140. Додаткова: Л-3, с. 265-289; Л-4, с. 154-169.
2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1. Дати визначення і виразити математично принцип саморегулювання трансформатора.
 - 2.2. Побудувати векторну діаграму роботи трансформатора в режимі холостого ходу. Коротко пояснити хід побудови.
 - 2.3. Назвати основні можливі втрати потужності в трансформаторі та способи їх визначення.

Задача. Однофазний трансформатор з коефіцієнтом трансформації $K=0,01 \cdot S$ розрахований на номінальну потужність $S(kVA)$. Напруга первинної обмотки становить 400 В, величина магнітного потоку в магнітопроводі $\Phi=2 \cdot 10^{-1} Bб$, коефіцієнт потужності первинної та вторинної обмоток становить

$$\cos \phi_1 \approx 0,8; \cos \phi_2 \approx 0,7$$

Обчислити сили струмів первинної і вторинної обмоток, коефіцієнт корисної дії трансформатора і кількість витків у первинній та вторинній обмотках. Значення потужності у ватах взяти з *таблиці 1*.

Таблиця 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	200	500	180	420	240	440	160	300	280	470
Б	300	210	320	230	410	190	390	270	370	290
В	400	80	90	120	70	50	80	260	450	150

Особливості правил техніки безпеки

1. Перед вмиканням електричного кола в мережу, вивести ручку регулятора напруги РНШ в крайнє ліве положення (повернути ручку проти годинникової стрілки до кінця), що відповідає мінімальному значенню напруги на виході автотрансформатора.

2. Стежити за тим, щоб не пошкодити ізоляцію на обмотках трансформатора та не здійснити короткого замикання у вторинній обмотці.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Скласти електричне коло за схемою (рис. 1).

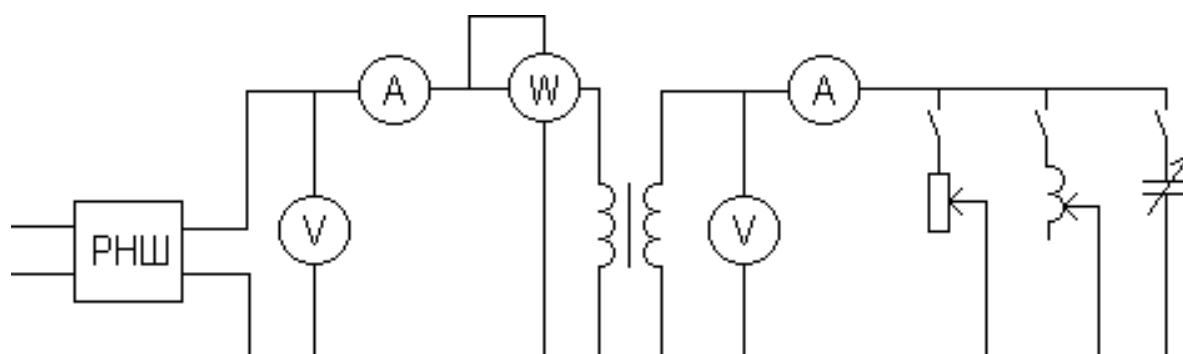


Рис. 1. Електрична схема для дослідження роботи однофазного трансформатора

2. Дослідити роботу трансформатора в режимі холостого ходу. Для цього розімкнути всі ключі у колі вторинної обмотки. Змінюючи напругу U_1 від 0 до 220В на первинній обмотці кратно 40 В, фіксувати напругу вторинної обмотки U_2 .

Дані вимірювань записати до *таблиці 2*.

Для кожного випадку розрахувати $\cos\phi$ та коефіцієнт трансформації K .

Таблиця 2.

U_1 (В)	I (А)	U_2 (В)	P (Вт)	$\cos\phi$	$K = \frac{U_2}{U_1}$

3. Дослідити трансформатор під навантаженням. Для цього вмикати по черзі окремо активний, індуктивний та ємнісний опори; записувати до *таблиці 3* покази приладів для 5 значень напруги на первинній обмотці. Обчислити для кожного випадку повну споживану потужність S , коефіцієнт потужності $\cos\phi$ та коефіцієнт трансформації K . Побудувати зовнішні характеристики трансформатора в одній координатній системі для різних за характером навантажень і пояснити отримані графіки.

Таблиця 3.

U_1 (В)	I_1 (А)	P (Вт)	U_2 (В)	I_2 (А)	$K = \frac{U_2}{U_1}$	$\cos\phi$	$S = UI$ (ВА)

4. Для визначення кількості витків у первинній та вторинній обмотках трансформатора скористатися додатковою обмоткою з кількістю витків n_2 . Через РНШ подати на первинну обмотку трансформатора напругу U_1 , виміряти напругу

$$K = \frac{U_2}{U_1}$$

на кінцях додаткової обмотки U_2 . Розрахувати коефіцієнт трансформації

Скориставшись коефіцієнтом трансформації, вирахувати кількість витків

первинної обмотки за формулою $n_1 = Kn_2$.

Контрольні запитання

1. Пояснити зміст та послідовність виконання лабораторної роботи?
2. Пояснити будову однофазного силового трансформатора.
3. Як визначити коефіцієнт трансформації?
4. Пояснити сутність виразу для обчислення ЕРС трансформатора.

5. Яке фізичне явище процесів лежить в основі роботи трансформатора?
6. Чи може працювати трансформатор від джерела постійного струму? Чому?
7. Пояснити принцип саморегулювання трансформатора.
8. Які втрати в трансформаторі відбуваються під час його роботи? В якому режимі їх можна виміряти?
9. Чому в режимі навантаження напруга на клеммах вторинної обмотки трансформатора зменшується при збільшенні навантаження?
10. Назвіть спеціальні види трансформаторів.

Дослідження трифазного асинхронного двигуна.

Мета: 1. Вивчити будову і принцип дії асинхронних двигунів. Дослідити механічну та робочі характеристики трифазного асинхронного двигуна.

2. Навчитись користуватися фазометром.

Робоче завдання:

1. Вивчити будову трифазного асинхронного двигуна.
2. Визначити початки і кінці фазних обмоток статора двигуна.
3. Провести дослідження асинхронного двигуна на холостому ході і при навантаженні. За експериментальними даними побудувати механічну та робочу характеристики двигуна.

Програма підготовки до виконання завдання

I. Опрацювати теоретичні відомості за

літературою: Основна: Л-1, с.123-154;

Л-2, с.140-156.

Додаткова: Л-3, с.291-345; Л-4, с.169-176.

2. Виконати письмово такі завдання:

2.1. Описати спосіб визначення початку і кінця фазних обмоток статора трифазного асинхронного двигуна.

2.2. Дати визначення коефіцієнту ковзання і виразити його математично.

2.3. Виконати електричні схеми різних способів пуску асинхронних двигунів та їх реверсування.

2.4. Дати визначення робочої та механічних характеристик двигуна, записати їх математично та зобразити графічно.

Задача. Трифазний асинхронний двигун увімкнений до мережі з лінійною напругою 380 В при частоті $f=50\text{ Гц}$. Номінальна потужність двигуна P_n ,

номінальна частота обертання ротора $n=600\text{ об/хв}$, коефіцієнт потужності

$\cos \phi \approx 0,84$

. Визначити номінальний струм у фазі статора, ККД, номінальне ковзання, число

пар полюсів обмотки статора, номінальний момент на валу ротора. Значення потужності взяти з *таблиці 1*.

Таблиця 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	1,2	5,6	3,5	2,2	1,8	20	16	0,6	7,8	3,2
Б	0,8	7,0	1,5	0,3	0,9	1,7	6,4	8,8	14	4,3
В	3,8	8,6	30	2,4	0,7	7,4	4,8	6,8	10	7,6

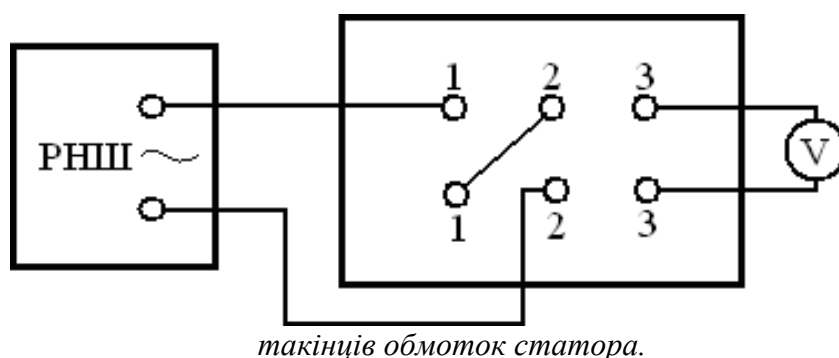
Особливості правил техніки безпеки

1. Перед виконанням завдань уважно вивчити правила користування фазометром і стробоскопічним тахометром.
2. Навантаження на валу асинхронного двигуна збільшувати плавно без поштовхів.
3. Запобігаючи перегріванню двигуна, не вмикати його на тривалий час під навантаженням.
4. Завдання виконувати обережно, не забуваючи про рухомі частини двигуна.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Для вивчення будови асинхронного двигуна використати стенд “Будова асинхронного двигуна” і плакат.
2. На папері замальовати клемний щиток, тобто три пари контактів (рис. 1).
3. За допомогою омметра визначити пари кінців обмоток статора двигуна і позначити їх на рисунку.
4. Визначити початки і кінці кожної фазної статорної обмотки. Для цього до однієї з обмоток, наприклад до контактів 3-3, під’єднують вольтметр. Інші дві обмотки з’єднують між собою послідовно і на їх вільні кінці подають напругу від РНШ (рис. 1).

Рис. 1. Зразок схеми для визначення початків



Якщо обмотки з’єднані узгоджено, то вольтметр зафіксує напругу. І, навпаки, якщо обмотки з’єднані зустрічно, то вольтметр напругу не зафіксує. Виконати маркування кожного початку та кінця обмоток на клеммах.

5. Приєднати вольтметр до іншої обмотки, а ті, що

залишилися, з'єднати послідовно і повторити пункти 2-4.

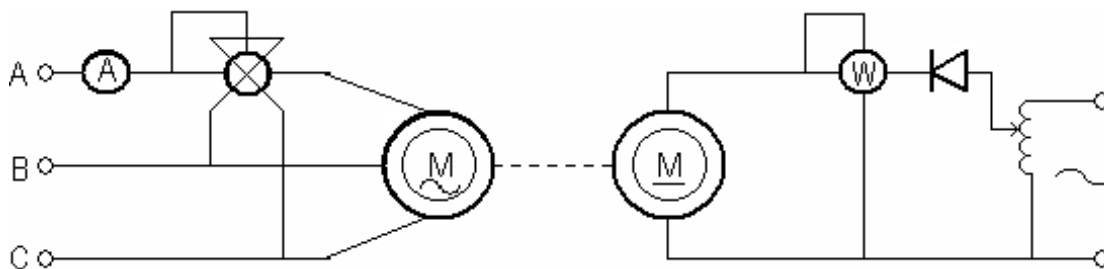


Рис. 2. Схема для дослідження параметрів асинхронного двигуна.

6. Зібрати електричне коло за схемою (рис. 2) і дослідити характеристики двигуна. Вивчити правила користування фазометром для визначення коефіцієнту потужності. Увімкнути трифазний двигун та дослідити його параметри в режимі холостого ходу: виміряти величину лінійного струму I_L , який споживає асинхронний двигун, його коефіцієнт потужності $\cos\phi$ та швидкість обертання ротора n_2 . Вирахувати ковзання S і споживану активну потужність P .

При обрахунках скористатися виразами: $P \approx 3U_\phi I_\phi \cos\phi \sqrt{3} U_L I_L \cos\phi$,
 $U_L \approx 380V$.

7. Дослідити робочі характеристики асинхронного двигуна. Вимірювати у такій послідовності: увімкнути постійну напругу для живлення двигуна постійного струму M , який має зустрічний обертовий момент відносно АД. Цей двигун є електромагнітним гальмом для асинхронного двигуна, він створює навантаження на його валові.

Поступово збільшуючи напругу постійного струму за допомогою РНШ, та записуючи покази приладів (параметри електричного кола) до табл. 1 для 5 випадків, довести коефіцієнт потужності до 0,6.

Параметрами кола асинхронного двигуна є лінійна напруга $U_L \approx 380V$, змінний лінійний струм I_L , коефіцієнт потужності $\cos\phi$, швидкість обертання ротора n_2 . Для двигуна постійного струму – споживана ним активна потужність P , напруга постійного струму U_n .

Вирахувати споживану асинхронним двигуном активну потужність P_1 , ковзання S , обертовий момент на валу M , ККД η і корисну потужність на валу P_2 . У досліджуваному двигуні швидкість обертання магнітного поля статора $n_1=1500$

об/хв., ККД двигуна постійного стуму $\eta_{n.c.}=0,5$. Результати занести до таблиці 2.

Таблиця 2.

Виміряти						Вирахувати				
U_L	U_n	I	P	$\cos\varphi$	n_2	S	P_1	P_2	M	η

За отриманими даними побудувати робочі та механічні характеристики двигуна.

Контрольні запитання

1. Який зміст та послідовність виконання лабораторної роботи?
1. Будова та принцип дії двигунів.
2. Яких конструкцій бувають ротори асинхронних двигунів? Від чого залежить застосування конкретної конструкції ротора?
3. Що називають ковзанням? Як змінюється ковзання при зменшенні навантаження на валу двигуна?
4. Пояснити принцип саморегулювання асинхронних двигунів.
5. Які характеристики відносяться до механічних, а які до робочих?
6. Переваги та недоліки асинхронних двигунів.
7. Де використовують асинхронні двигуни?
8. Пояснити будову і принцип дії однофазного асинхронного двигуна.
9. Які варіанти під'єднання трифазного асинхронного двигуна до однофазної мережі ви знаєте.

Дослідження генератора постійного струму паралельного та змішаного збуджень.

Мета: Вивчити будову, принцип дії та дослідити основні характеристики генератора постійного струму (ПС).

Робоче завдання

1. Вивчити будову, основні вузли та фізичні закони, які покладені в основу принципу дії генераторів.
2. За допомогою омметра визначити маркування контактів генератора.
3. Дослідити характеристику холостого ходу, зовнішню та регульовальну характеристики генератора з паралельним збудженням.
4. Дослідити регульовальну та зовнішню характеристики генератора змішаного збудження при узгодженому і неузгодженому вмиканні обмоток збудження.

Програма підготовки

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою: Основна: Л-1, с.180-197; Л-2, с.186-204.
Додаткова: Л-3, с.366-389; Л-4, с.187-205; Л-5, с.332-259.
2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1. Перерахувати основні вузли, вказати їх призначення і зарисувати електричні схеми генераторів постійного струму з різними способами ввімкнення обмоток збудження.
 - 2.2. Записати основні відмінності характеристик холостого ходу, зовнішньої та регульовальної для генераторів постійного струму з послідовним, паралельним та мішаним збудженням?
 - 2.3. Що таке реакція якоря та комутація?
 - 2.4. Записати причини, які викликають зменшення величини напруги нерегульованого генератора паралельного збудження при збільшенні

навантаження.

Задача. Номінальна напруга генератора постійного струму U , корисна потужність P . Опір обмотки якоря $r=0,1\text{Ом}$, послідовної обмотки збудження $r_c=0,02\text{Ом}$, паралельної $r_{ш}=12\text{Ом}$. Визначити ЕРС якоря, загальний струм, струм якоря і збудження, електричну потужність генератора. Величину напруги взяти в *таблиці 1*, величину потужності прийняти чисельно в 50 разів більшою від величини напруги.

Таблиця 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	24	40	58	74	28	46	64	80	34	52
Б	88	26	42	60	76	30	48	66	82	36
В	22	90	26	44	62	78	32	50	68	84

Особливості правил техніки безпеки

1. Перед увімкненням двигуна перевірити наявність його заземлення.
2. Під час роботи стежити, щоб на пасову передачу між двигуном та генератором не потрапляли сторонні предмети.
3. З метою запобігання К.З., при увімкненні навантаження реостат R_n повинен перебувати в середньому положенні.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Для вивчення будови генератора скористатися стендом та плакатом. Уважно розглянути основні частини та вузли всієї установки. За допомогою омметра визначити кінці паралельної (клеми $Ш_1$ та $Ш_2$), послідовної (клеми C_1 і C_2) обмоток збудження та обмотки якоря – клема $Я_1$ і $Я_2$.

2. Дослідити характеристику холостого ходу генератора з паралельним збудженням. Для цього скласти електричне коло за схемою (рис. 1), з'єднати провідником (закоротити) клема C_1 - C_2 послідовної обмотки збудження і ключем К вимкнути навантаження. Реостатом R_{36} встановити номінальну напругу на затискачах генератора. Регулюючи величину струму збудження, зменшити напругу на клемі генератора від номінального значення U_n до $U=0,5U_n$. Покази приладів записати до таблиці 1 для 5 випадків.

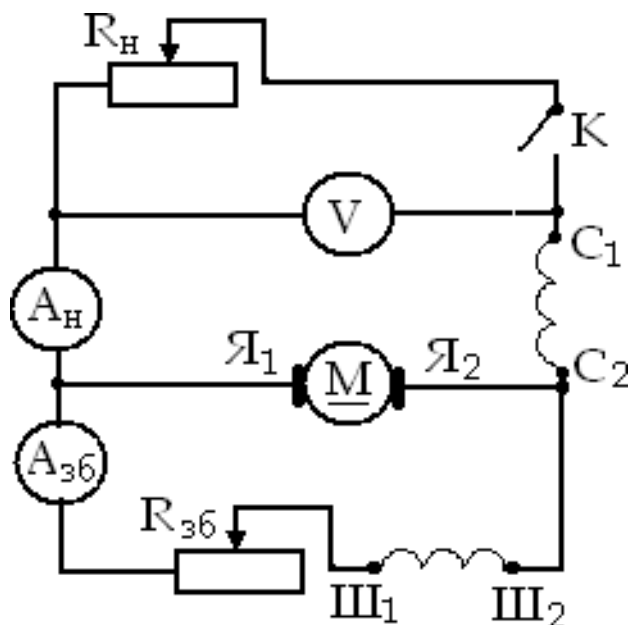


Рис. 1. Електрична
схема до
роботи

3. Дослідити зовнішню характеристику генератора з паралельним збудженням. Установити номінальну напругу (вказана в паспорті на генераторі) на виході генератора $U_{ном}$, увімкнути навантаження і, збільшуючи його до значення $I=I_n$, записати покази приладів до таблиці 2 для 5 випадків.

4. Для дослідження регульовальної характеристики генератора з паралельним збудженням, поступово навантажувати генератор за допомогою реостата R_n . Одночасно за допомогою реостата $R_{зб}$ змінювати струм збудження так, щоб напруга на клеммах генератора залишилась незмінною. Записати покази приладів для 5 випадків до таблиці 2.

5. Дослідити генератор в режимі – з мішаним збудженням. Зняти перемичку з клем C_1 – C_2 . Дослідити зовнішню характеристику з узгодженим та неузгодженим увімкненням послідовної обмотки збудження. При цьому виконати такі дії:

а) увімкнути мінімальне навантаження, збільшуючи його до значення $I=I_{ном}$. (вказана в паспорті на генераторі), записати покази приладів для 5 випадків;

б) поміняти місцями провідники на клеммах C_1 та C_2 , тим самим змінити напрямок струму у послідовній обмотці, а отже і напрямок магнітного поля цієї обмотки. Записати покази приладів для 5 випадків до таблиці 3.

Самостійно встановити, при якому напрямку струму у послідовній обмотці було узгоджене, а в якому зустрічне вмикання обмоток.

6. Для дослідження регульовальної характеристики генератора з мішаним

збудженням, одночасно зі зміною навантаження змінювати струм збудження так, щоб напруга на клемі генератора залишалася незмінною. Дослід провести для узгодженого вмикання обмоток. Дані записати для 5 випадків і занести до таблиці 3.

7. Для всіх випадків вирахувати опір зовнішнього кола, потужність навантаження, ККД генератора (значення споживаної потужності задає керівник заняття).

Таблиця
2.

Таблиця для дослідження генератора з паралельним збудженням

Характеристики											
Хол. хід.		Зовнішня					Регульовальна				
$I_{зб}$	U_r	I_n	U_r	R_n	P_n	η	$I_{зб}$	I_n	U_r	P_n	H
A	B	A	B	Ω	$Вт$		A	A	B	$Вт$	

Таблиця
3.

Таблиця для дослідження генератора з мішаним збудженням

Характеристики																	
Зовнішня при узгодженому ввімкненні						Зовнішня при неузгодженому ввімкненні						Регульовальна					
I_z	U	R_n	I_n	P_n	H	I_z	I_n	U	R_n	P_n	η	I_z	I_n	U	R_n	P	η
A	B	Ω	A	$Вт$		A	A	B	Ω	$Вт$		A	A	B	Ω	$Вт$	

8. Для всіх випадків побудувати в одній координатній системі характе

Контрольні запитання

1. Який зміст та послідовність виконання лабораторної роботи?
2. Де застосовуються генератори постійного струму з різними способами збудження?

3. Пояснити будову і принцип дії генераторів постійного струму з паралельним збудженням. Переваги та недоліки цих генераторів.
4. Пояснити будову і принцип дії генератора постійного струму з послідовним збудженням. Чим відрізняється зовнішня характеристика генератори постійного струму з послідовним збудженням від генератора постійного струму з паралельним збудженням?
5. Пояснити будову і принцип дії генератора з мішаним збудженням. Особливості зовнішньої характеристики такого генератора.
6. Яка ЕРС індукується в обмотках якоря генератора струму?
7. Яка частина генератора постійного струму нерухома по відношенню до його основного магнітного потоку?
8. Як змінюється сумарне магнітне поле генератора з мішаним збудженням, якщо його обмотки збудження перемкнути з узгодженого на неузгоджене збудження?
9. Як змінюється величина напруги на клеммах генератора мішаного збудження якщо його обмотки збудження перемкнути з неузгодженого на узгоджене вмикання?
10. Як зміниться сила струму в паралельній обмотці збудження компаундного генератора при збільшені навантаження на клеммах.

**Дослідження роботи двигуна постійного
струмуз послідовним та паралельним
збудженням.**

Мета: Вивчити будову двигуна постійного струму, засвоїти способи його вмикання і пуску; дослідити робочі та механічні характеристики двигуна при різних способах вмикання обмоток збудження.

Робоче завдання

1. Здійснити маркування виводів обмоток двигуна за допомогою омметра.
2. Дослідити характеристику холостого ходу двигуна при паралельному та послідовному ввімкненні обмоток збудження.
3. Дослідити робочу та регульовальну характеристики двигуна при паралельному та послідовному збудженні.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою:

Основна: Л-1, с.197-207; Л-2, с.
204-217. Додаткова: Л-3, с. 364-384, 205-215; Л-5, с.
332-382.

2. Виконати письмово такі завдання:

2.1. Назвати типи двигунів постійного струму (ДПС) за способом збудження, замалювати їх електричні схеми та записати рівняння швидкості.

2.2. Пояснити фізичну суть рівняння швидкості обертання якоря двигуна.

2.3. Записати рівняння і пояснити фізичну суть явища електричної рівноваги для двигунів послідовного та паралельного збудження

2.4. Записати і пояснити рівняння для визначення споживаної потужності.

2.5. Проаналізувати механічні характеристики двигуна постійного струму – холостого ходу, робочу та регульовальну.

Задача. Двигун постійного струму паралельного збудження живиться від джерела постійного струму напругою U , споживає струм I_n . Опір обмотки якоря

I_a , опір обмотки збудження $R_{зб}$, а коефіцієнт корисної дії $\eta \approx 0,85$. Визначити: споживану потужність; потужність на валу; втрати в якорі, обмотці збудження та механічні втрати. Величину напруги взяти з *таблиці 1*. Величину струму взяти у 5 раз меншою від чисельного значення напруги, опір якоря – у 100 раз, опір збудження – у 2 рази.

Таблиця 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
А	110	220	350	50	140	250	370	70	180	300	90	330
Б	40	100	230	130	250	150	270	170	290	190	50	400
В	340	410	120	240	360	60	160	200	80	320	70	210

Увага! При складанні електричного кола за робочою схемою і при виконанні завдання обов'язково враховувати технічні дані електродвигуна.

Особливості правил техніки безпеки

1. Перед вмиканням напруги, повністю вивести РНШ. Для цього повернути ручку регулювання напруги проти стрілки годинника до положення обмеження.
2. При зміні навантаження на валу двигуна потрібно вимикати напругу.

Методичні рекомендації щодо виконання завдання

1. За допомогою омметра визначити кінці обмоток збудження та якоря. Вони мають різну величину опору. Опір обмотки збудження більший від опору обмотки якоря.
2. Для дослідження характеристик двигуна з послідовним збудженням у режимі холостого ходу (без навантаження на валу) зібрати електричне коло за схемою, зображеною на рис. 1. Змінюючи силу струму якоря I_a (а отже й струму збудження $I_{зб}$), виміряти частоту обертання якоря для 5 випадків.

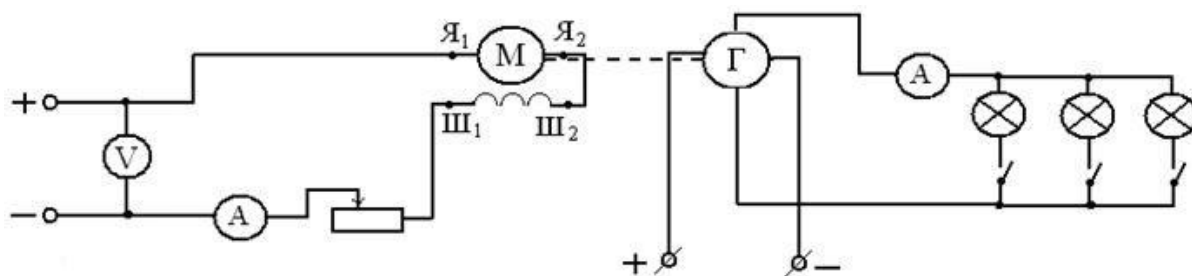


Рис. 1. Схема для дослідження двигуна з послідовним збудженням.

Результати вимірювань занести до таблиці 2.

Таблиця 2.

$U(B)$	$I_{зб}(A)$	$n(об/хв)$	$S(BA)$
Послідовне збудження			
Паралельне збудження			

3. При дослідженні характеристик двигуна з послідовним збудженням у режимі навантаження, схема залишається попередньою.

Навантаженням для ДПС є генератор, який живить 3 електричні лампи, розташовані на стенді. При вимкнених лампочках генератор, а отже й двигун, працює в режимі ХХ. Для створення механічного навантаження на валу двигуна, вмикають по черзі електричні лампочки. Тому механічне навантаження (механічний обертовий момент) на валу двигуна залежить від кількості ламп, увімкнених до генератора.

Для кожного значення обертового моменту фіксувати частоту обертання валу n за допомогою тахометра, а також напругу живлення U та споживаний двигуном струм I_n . Дані вимірювань занести до таблиці 3.

Таблиця 3.

U (В)	I (А)	n (об/хв)	S (ВА)	M (Нм)	P (Вт)	η

За даними вимірювань обчислити споживану двигуном повну потужність S , корисну потужність на валу P та коефіцієнт корисної дії η . Розрахунки корисної

потужності та ККД здійснити за такими виразами: розрахунків $P = \frac{Mn}{0,159}$; $\eta = \frac{P}{S}$. Результати занести до таблиці 3.

4. Для дослідження характеристик двигуна з паралельним збудженням на холостому ході, скласти електричне коло за схемою, зображеною на рис. 2. Змінюючи струм збудження $I_{зб}$, виміряти швидкість обертання якоря n для 5

значень.

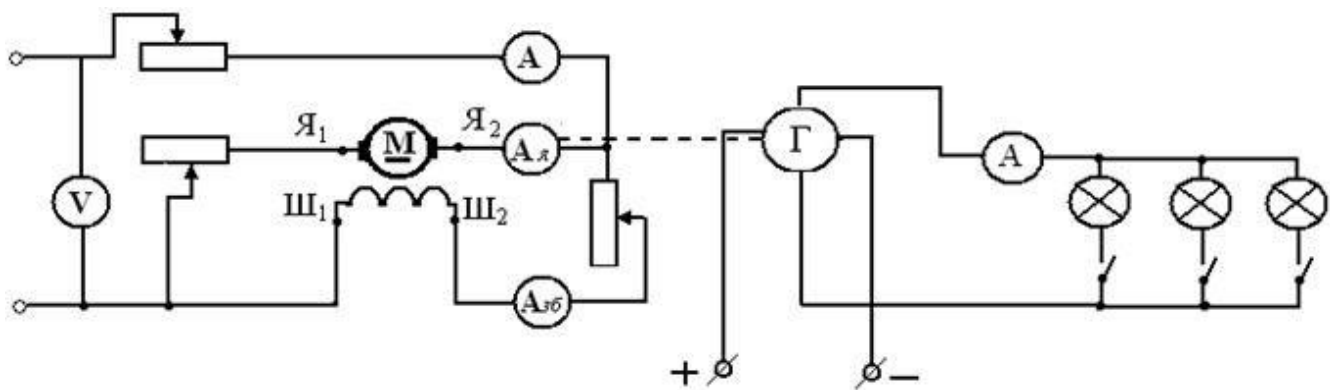


Рис. 2. Схема для дослідження двигуна з паралельним збудженням.

Результати вимірювань занести до таблиці 2.

5. Для дослідження робочих характеристик навантаженого двигуна з паралельним збудженням (рис. 2), виконати дії пункту 3. Покази приладів занести до таблиці 4.

Таблиця 4.

U (В)	$I_{зб}$ (А)	$I_{я}$ (А)	$I_{за}$ ε (А)	S (ВА)	P (Вт)	n (об/хв)	M (Нм)	η

6. При дослідженні регульовальної характеристики двигуна з паралельним збудженням, встановити постійне навантаження M (увімкнені три лампочки). Змінюючи силу струму якоря і струм збудження так, щоб напруга на затискачах двигуна та частота обертання якоря залишалися постійними, записати покази решти приладів до табл. 5. Завдання виконати для 5 випадків.

Таблиця 5.

U (В)	$I_{зб}$ (А)	$I_{я}$ (А)	$I_{за}$ ε (А)	n (об/хв)	F (Н)

7. Побудувати характеристики: регульовальні, холостого ходу $n \square f(I_{зб})$ та робочі $M \square f(P); n \square f(P); \eta \square f(P)$

Додаткове завдання

1. Дослідити зовнішні характеристики двигуна, що відображають залежність частоти обертання та струму якоря від зміни навантаження на його валу.

2. Розробити схему і дослідити характеристики двигуна з незалежним збудженням.
3. Назвати фізичні закони, що проявляються в роботі двигуна постійного струму.

Контрольні запитання

1. Пояснити зміст і послідовність лабораторної роботи.
2. Назвати основні вузли ДПС, пояснити принцип його дії.
3. Яка частина ДПС називається якорем?
4. Яке призначення колектору машини?
5. Для чого зменшують пусковий струм?
6. Як зміниться частота обертання якоря (рис. 12), якщо опір резистора збільшити?

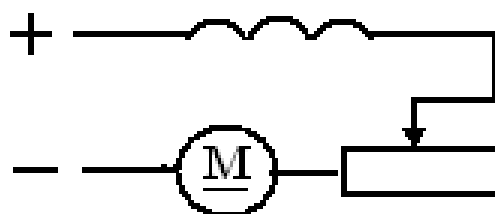


Рис.12.

7. Чому у міському транспорті використовують двигуни постійного струму?
8. Чим регулюють швидкість обертання якоря двигуна з паралельним збудженням?
9. Чим регулюють швидкість обертання якоря двигуна з послідовним збудженням?
10. Як змінюється ККД двигуна, при збільшенні його навантаження?

Дослідження універсального двигуна.

Мета: Вивчити будову колекторного універсального двигуна, способи його вмикання в мережу постійного та змінного струмів; дослідити основні його характеристики.

Робоче завдання

1. Дослідити залежність частоти обертання ротора універсального двигуна від величини напруги живлення та струму якоря. Досліди виконати для змінного і постійного струмів живлення.
2. Дослідити споживану двигуном потужність при зміні навантаження на валу для змінного та постійного струмів.
3. Познайомитися з типом і будовою електроприводів ручних електричних інструментів.

Програма підготовки

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою: Основна: Л-1, с. 207, 328-342; Л-2, с.179-186. Додаткова: Л-4, с.215-221.
2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1. Описати будову колекторного універсального двигуна та призначення його частин.
 - 2.2. Перерахувати електричні приводи, що використовуються в сучасних електромеханічних побутових апаратах; назвати умови вибору типу електродвигуна. Дати визначення, математичне і графічне відображення електромеханічної та механічної характеристик універсального двигуна.
 - 2.3. Перерахувати схожість та відмінність конструкцій основних вузлів

універсального колекторного двигуна та машини постійного струму.

Задача. 1) Довести, що формула для розрахунку потужності на валу

$$N = \frac{\pi d n}{t} F$$

електродвигуна має такий вигляд: . Де: N – потужність на валу двигуна;

d – діаметр шківу; n – число обертів валу за час t ; сила F – навантаження на валу.

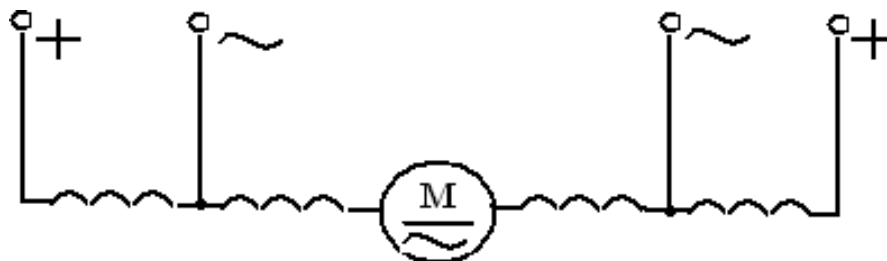


Рис. 1. Схема обмотки збудження універсального колекторного двигуна.

2) Чому вмикання універсального двигуна в мережу змінного струму обмежується двома котушками, а для постійного струму використовуються 4 котушки, як показано на схемі (рис. 1).

Особливості правил техніки безпеки

1. Перед пуском універсального двигуна повністю ввести реостат.
2. У режимі холостого ходу швидкість обертання ротора не повинна перевищувати її номінального значення.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Скласти електричне коло за схемою, зображеною на рисунку 2.

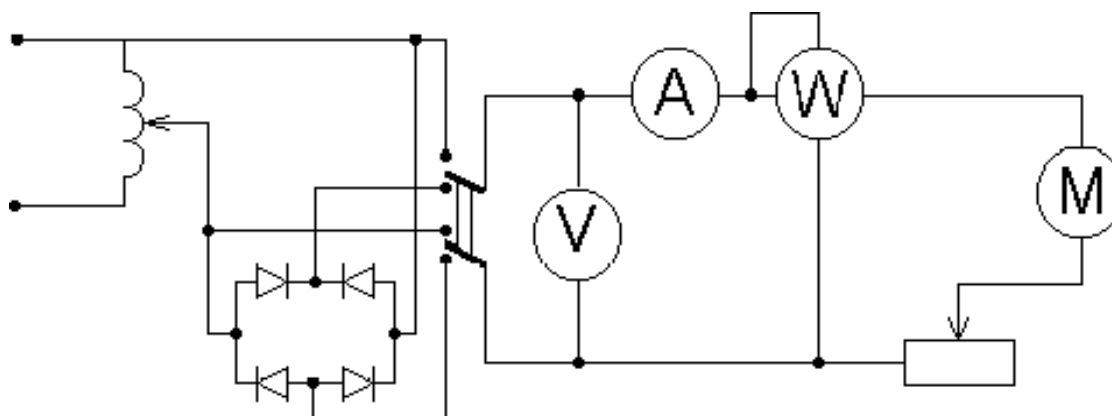


Рис.2. Електрична схема до виконання роботи.

2. Для дослідження залежності частоти обертання ротора n від величини постійної напруги живлення U в режимі холостого ходу, здійснити 5 вимірювань

для різних її значень при незмінній величині струму якоря. (для змінного та постійного струмів живлення).

3. Виконати 5 дослідів для вимірювання частоти обертання ротора залежно від величини споживаного струму якоря при стабільній постійній напрузі без навантаження на валу двигуна. Дані вимірювань занести до *таблиці 1*.

Таблиця 1.

Постійна напруга				Змінна напруга			
$I = \text{const}$		$U = \text{const}$		$I = \text{const}$		$U = \text{const}$	
U (В)	n (об/хв)	I (А)	n (об/хв)	U (В)	n (об/хв)	I (А)	n (об/хв)

4. Дослідити механічні характеристики двигуна. Для цього змінювати величину механічного навантаження на шків і за допомогою стробоскопа визначати частоту його обертання.

5. Перевести перемикач в положення змінної напруги живлення і повторити пункти 2-3.

Регулювання навантаження здійснювати завдяки натягу стрічки динамометра, яка має зчеплення з шківом, і при цьому гальмує вал двигуна з силою тертя F , що виникає між ними.

Записати покази приладів при постійному та змінному струмах для 5 показів динамометра: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5Н. Напруга повинна бути стабільною (однаковою) для всіх 5 вимірів.

Вирахувати для кожного випадку коефіцієнт потужності $\cos \phi$, потужність на валу N та ККД двигуна. Результати вимірювань та обчислення занести до таблиці 2.

Таблиця 2.

F (Н)	U (В)	I (А)	P (Вт)	N (об/хв)	N (Вт)	$\cos \phi$	

Контрольні запитання

1. Пояснити зміст та послідовність виконання лабораторної роботи.
2. Які двигуни використовуються в різних побутових електромеханічних пристроях і апаратах, ручних електричних інструментах та які причини їх вибору?
3. Пояснити принцип дії та будову універсального колекторного двигуна.
4. Як зміниться показ амперметра, якщо перемикач перевести з положення 2 у положення I (див. рис. 3):

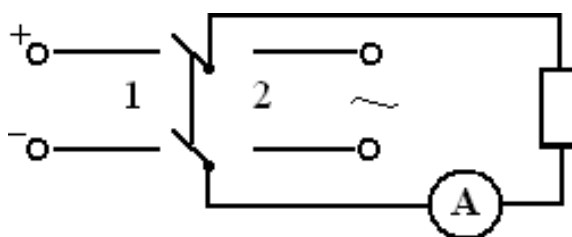
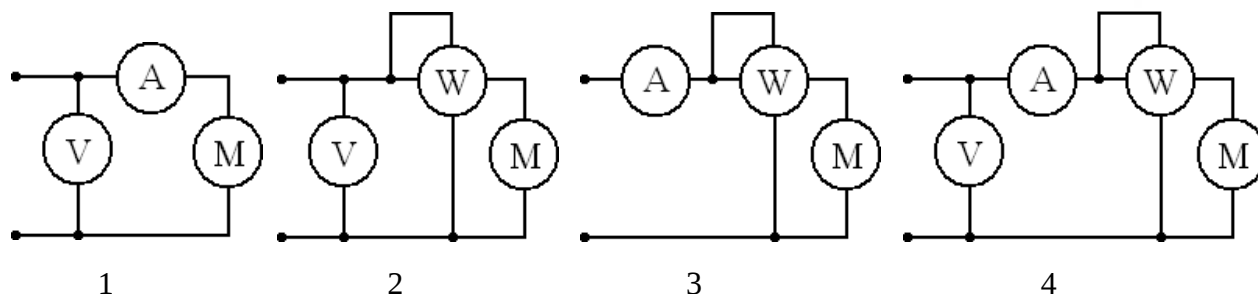


Рис. 3.

5. Як з'єднані обмотки індуктора і якоря в універсальних двигунах.
6. Чому повністю оминають обмотку збудження двигуна при живленні його змінним струмом, а при постійному струмові використовують частину обмотки статора?
7. Як зміниться величина опору універсального двигуна, якщо його від'єднати від мережі постійного струму та увімкнути до мережі змінного струму однакової напруги?
8. Залежність між якими параметрами є механічна характеристика універсального двигуна?
9. Як регулюють частоту обертання універсального двигуна?
10. Яка з поданих схем може бути використана для визначення коефіцієнту потужності двигуна?



Дослідження параметрів змінного струму.

Мета: Поглибити знання з розділу електротехніки «Змінний струм», навчитися працювати з програмою EWB при дослідженні параметрів електричних кіл змінного струму.

Робоче завдання

1. Скласти віртуальні електричні кола і дослідити графіки змінного струму трьох видів гармоній – синусоїдної, трикутної та П-подібної.
2. За допомогою віртуального осцилографа визначити амплітудні значення струму і напруги заданих гармоній.
3. Порівняти співвідношення між амплітудними значеннями струму і напруги з діючими значеннями цих параметрів. Виміри здійснити за допомогою віртуального осцилографа і вольтметра.

Програма підготовки

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою: Основна: Л-1, с. 11-44;
Л-2, с. 7-24. Додаткова: Л-8, с.206-212.
2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1. Вивести вираз для встановлення співвідношення між амплітудними та діючими значеннями напруги (струму) – синусоїдальної, трикутної та П- подібної гармоній змінного струму.
 - 2.2. Зарисувати робочі схеми до виконання роботи.
 - 2.3. Зарисувати таблицю для запису даних вимірювань.
3. Знати основні елементи програми EWB і прийоми виконання віртуальних електричних кіл у ній.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. У програмі EWB скласти електричне коло, що має функціональний генератор, який утворює синусоїдну, трикутну і П-подібну гармоніки, ідеальний генератор змінної напруги, перемикач [Space], вольтметр V та осцилограф (рис. 1).

2. Встановити на функціональному генераторі гармоніку трикутної форми (рис. 2).

3. Встановити параметри функціонального генератора та генератора змінної синусоїдної напруги:

- амплітудне значення функціонального генератора $U_{\max} = 20 \text{ В}$;
- діюче значення напруги генератора синусоїдної гармоніки $U = 20 \text{ В}$;
- частоту гармонійних коливань $f = 50 \text{ Гц}$.

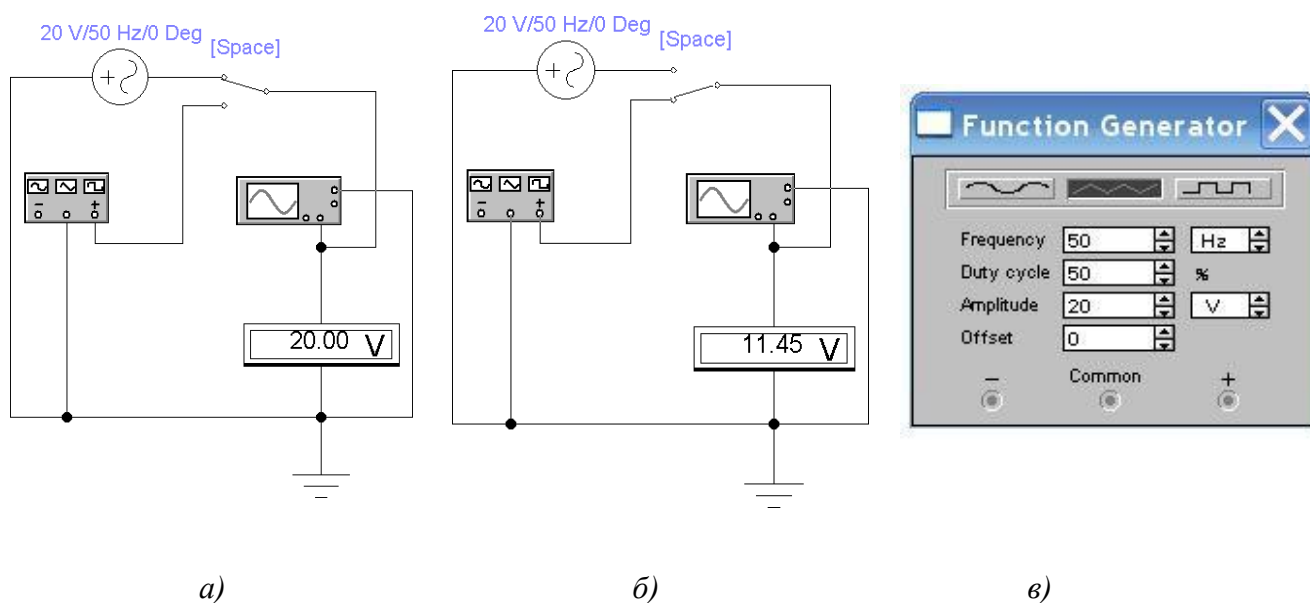


Рис. 1. Схема електричного кола з генератором синусоїдального струму – а, функціональним генератором (ФГ) – б, панель ФГ – в.

3. Вольтметр виставити в режим вимірювання діючого значення змінної напруги (AC), так як «по умовчанию» він працює в режимі вимірювання постійної напруги (DC).

4. Перемикачем [Space] за допомогою клавіші z увімкнути по черзі генератори синусоїдної напруги та функціональний і здійснити вимірювання амплітудних значень напруги на виході генераторів за показами осцилографа (рис. 2). Для цього на панелі осцилографа підвести візирні лінійки до вершин графіків і прочитати величини амплітудних значень напруги. Дані записати до *таблиці 1*.

5. За показами вольтметра виміряти діючі значення напруги. Дані показів записати до таблиці 1.

6. За завданням викладача здійснити 5 вимірів при різних значеннях напруги і частоти. Переконалися у справедливості співвідношень діючих і

амплітудних значень напруги синусоїдального струму – $U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$ та гармоніки

трикутної форми – $U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{3}}$.

Таблиця 1.

№ п/п	Форма гармоніки	$U_{\max}$ (В)	U (В)	$I_{\max}$ (А)	I (А)
1	Синусоїдальна				
2	Трикутна				
3	П-подібна				

7. За допомогою курсора вибрати на функціональному генераторі гармоніку П-подібної форми (рис. 3) і повторити п. 1-6. Пересвідчитись, що максимальні і діючі значення параметрів змінного струму, що має гармоніку П-подібної форми, будуть рівними: $I = I_{\max}$ та $U = U_{\max}$.

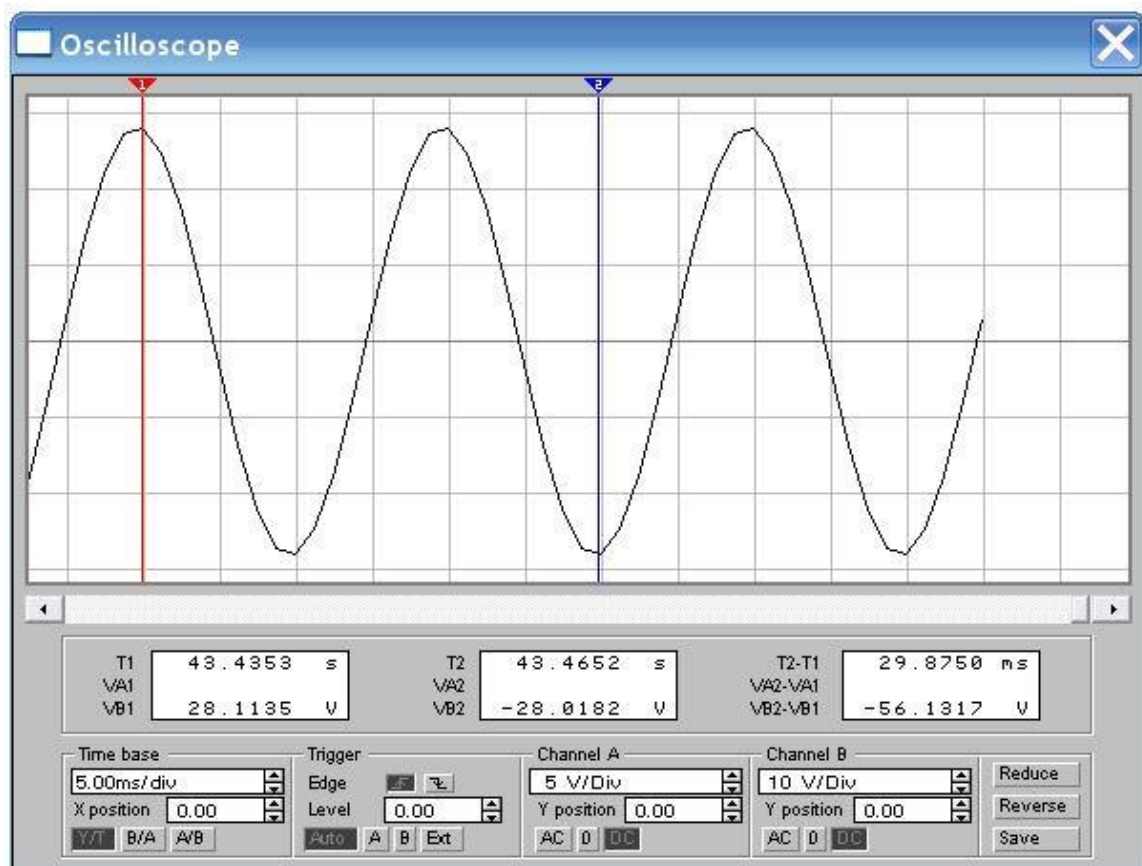
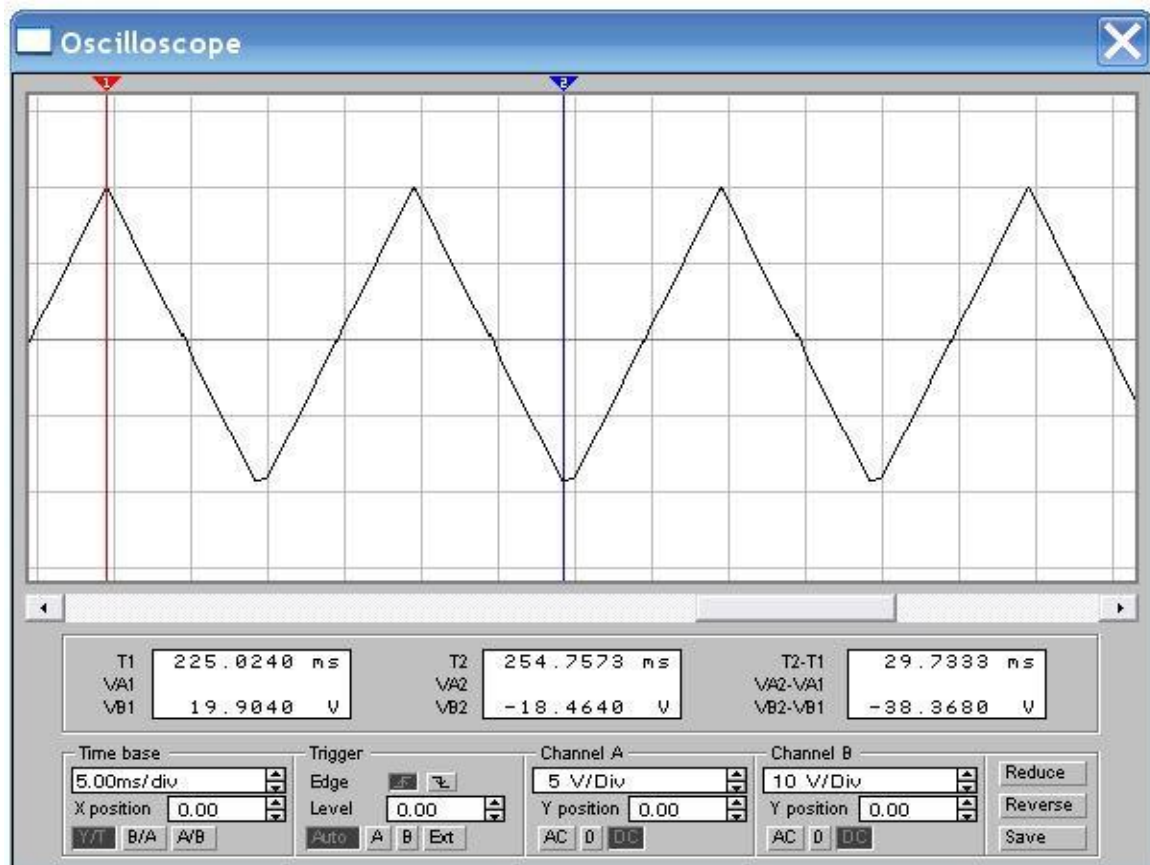


Рис. 2. Осцилограми змінних струмів: синусоїдного ідеального генератора та трикутної гармоніки функціонального генератора.

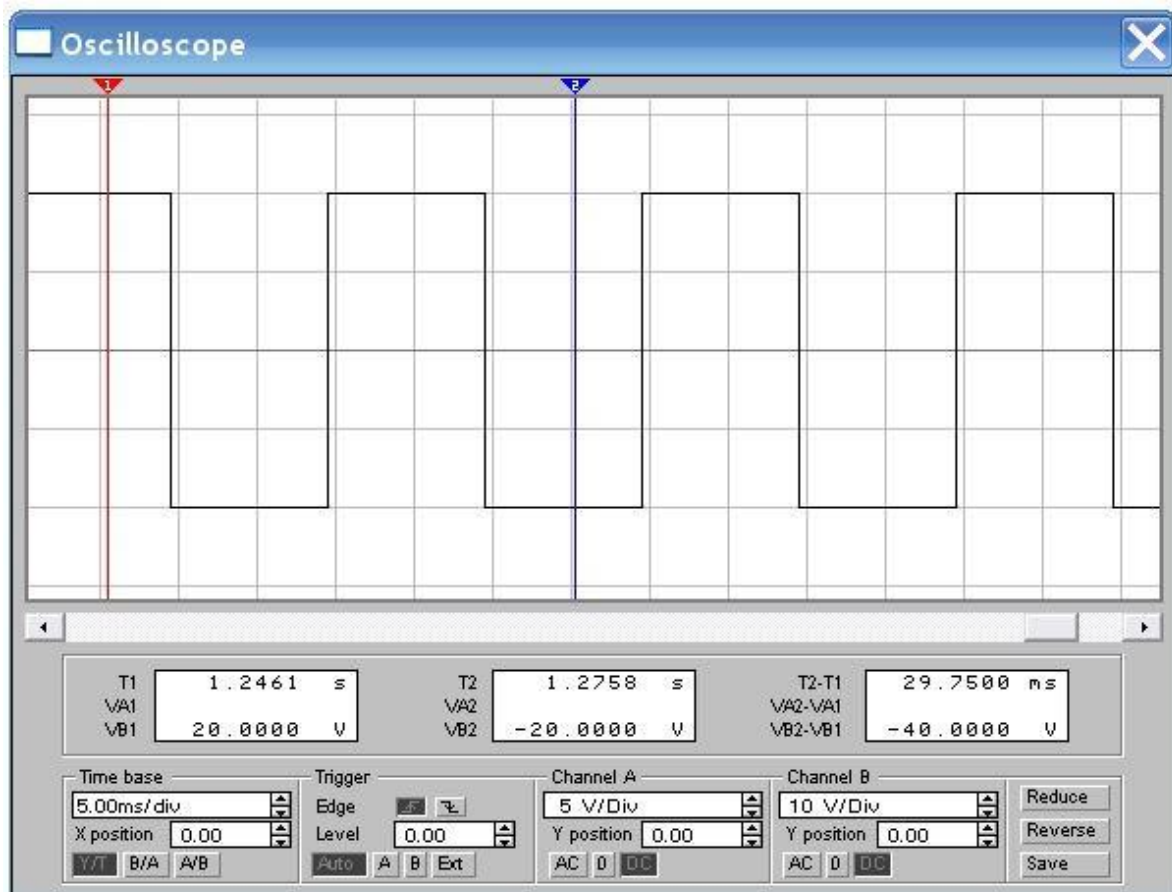


Рис. 3. Осцилограма змінного струму функціонального генератора
П-подібної форми.

Контрольні запитання

1. Який зміст та послідовність виконання роботи?
2. Який струм називається змінним?
3. За яким законом змінюються електричні параметри (сила струму і напруга) в колах змінного струму?
4. Що таке фаза коливань?
5. Що називають початковою фазою?
6. Дати визначення понять миттєвого, амплітудного та діючого значення струму і напруги.
7. Як співвідносяться амплітудні значення синусоїдної, трикутної та П-подібної гармонік, якщо діючі значення струмів однакові?
8. Записати вирази для обчислення діючих значень напруг синусоїдної, трикутної та П-подібної гармонік.

9. Як визначити амплітудне значення напруги за допомогою віртуального електричного кола (рис. 1).
10. Як визначити діюче значення напруги за рис. 1.

Дослідження параметрів електричного кола при паралельному з'єднанні двох або більше генераторів змінного струму.

Мета: За допомогою програми EWB дослідити явище суперпозиції змінних струмів однакової частоти.

Робоче завдання

1. Скласти віртуальне електричне коло за схемою, зображеною на рис. 1 і задати значення параметрів змінних струмів обох віртуальних генераторів.
2. Порівняти співвідношення між амплітудними значеннями та фазами коливань струмів окремих генераторів з амплітудою і фазою коливань результуючого струму.
3. Розрахувати початкову фазу та амплітудне значення резонансного струму та порівняти ці параметри з показами віртуальних приладів.

Програма підготовки

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою:

Основна: Л-1, с. 11-44; Л-2, с. 7-24.

Додаткова: Л-8, с. 212-218.

2. Виконати письмово такі

завдання:

- 2.1. Розрахувати амплітудне значення сумарного струму, який виник у наслідок суперпозиції (додавання) двох інших струмів, створених окремими генераторами змінного струму. Для цього скористатися теоретичною частиною даної лабораторної роботи.
 - 2.2. Розрахувати початкову фазу коливань новоствореної гармоніки.
 - 2.3. Зарисувати робочі схеми до виконання роботи.
 - 2.4. Зарисувати таблицю для запису даних вимірювань.
3. Знати основні елементи побудови електричних схем в програмі EWB.

Задача. Два генератори змінного струму мають частоту обертання якоря

$n \square 120 \frac{об}{хв}$, початкові фази $\phi_1 \square \frac{\pi}{2}; \phi_2 \square \frac{\pi}{3}$. Діючі значення струмів відповідно

дорівнюють – $I_1 \square 5A; I_2 \square 10A$. Обчислити амплітудне значення сумарного струму I_{3max} та початкову фазу. Записати закон, за яким змінюється змінний струм сумарної гармоніки.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Визначити діючі значення струмів.

1.1. Скласти коло за схемою, зображеною на рис. 1. На схемі є два генератори змінного струму, 3 амперметри, резистори (R_1, R_2, R_3), осцилограф та перемикач (Space).

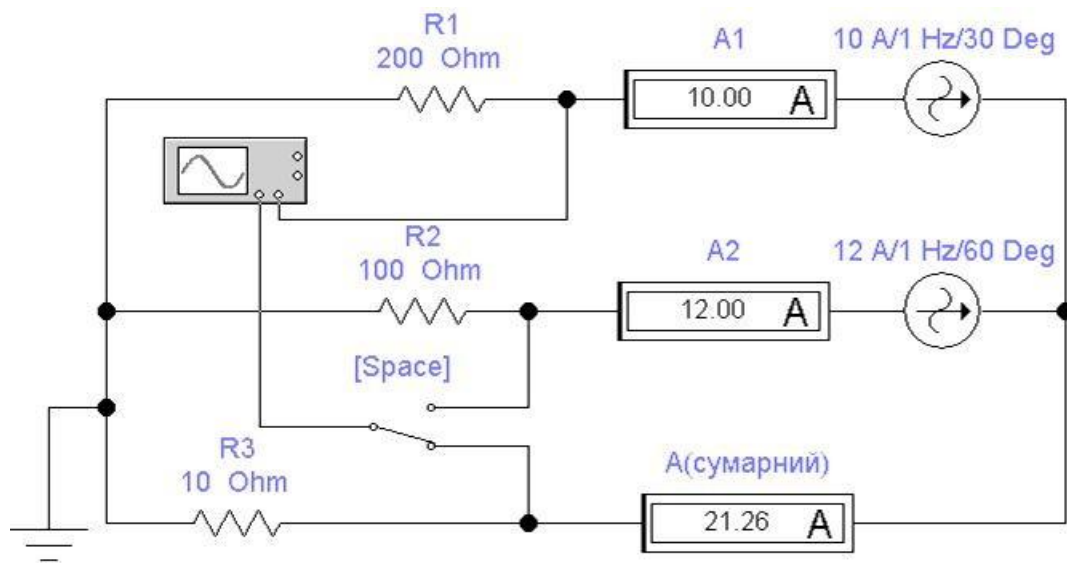


Рис. 1. Схема віртуального електричного кола для визначення амплітудного значення, а також фази сумарного струму.

1.2. За допомогою діалогового вікна задати параметри кола (табл. 1) і встановити режим роботи амперметрів – АС (змінний струм).

Таблиця 1.

$f(Гц)$	ϕ_1	ϕ_2	$R_1(Ом)$	$R_2(Ом)$	$R_3(Ом)$	$I_1(A)$	$I_2(A)$
1	60	-60	200	100	150	5	10

1.3. Увімкнути коло, амперметри покажуть значення струмів. Покази приладів записати до таблиці 2.

1.4. За заданими числовими значеннями параметрів двох генераторів ($\phi_1; \phi_2; I_1; I_2$) обчислити амплітудне значення струму I_3 та початкову фазу ϕ_3 і

порівняти їх з показами приладів (табл. 2).

Таблиця 2.

№ п/п	I_1 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)	$I_{\max 1}$ (A)	$I_{\max 2}$ (A)	$I_{\max 3}$ (A)	ϕ_3

2. Встановити перемикач (Space) в інше положення, при якому осцилограф увімкнений в контур двох зустрічно увімкнених генераторів. Таке положення перемикача увімкне осцилограф на віднімання струмів, створених генераторами. Виконати п. 1.1. – 1.4.

3. Визначити фазу коливань сумарної гармоніки за допомогою осцилографа.

3.1. Скласти електричне коло за попередньою схемою. За допомогою курсору встановити режим роботи осцилографа (Expand).

3.2. Поставити перемикач у праве положення для фіксації каналом В осцилографа сумарної фази коливань струму на резисторі R_3 . На осцилографі з'явиться дві синусоїди – канал А фіксує осцилограму на резисторі R_1 , а канал В – на резисторі R_3 .

3.3. Поставити візирні лінійки в точки, які відповідають, наприклад, нульовим значенням струмів I_1 , I_3 . Так як період коливань вказаний на горизонтальній координаті дорівнює 1 с. (частота 1Гц.), то ціна поділки дорівнює 0,1с. або $360^\circ/10=36^\circ$.

3.4. Визначити різницю фаз між коливаннями змінного струму I_1 та I_3 . Для цього можна скласти пропорцію, з якої й визначимо різницю фаз:

$$(T_1 \square T_3) \square (\phi_1 \square \phi_3);$$

$$T \square 360^\circ.$$

З цієї пропорції визначимо різницю фаз та початкову фазу коливань сумарної гармоніки: $(\phi \square \phi) \square \frac{(T_1 \square T_3)}{T} 360^\circ$

Контрольні запитання

1. Пояснити зміст і послідовність виконання роботи.

2. Який струм називається змінним?
3. Що таке фаза коливань?
4. Що таке діюче значення струму (напруги)?
5. Яке співвідношення між діючим та амплітудним значенням синусоїдного змінного струму (напруги)?
6. Пояснити поняття резонансу струмів.
7. Які фізичні величини впливають на величину зсуву фаз між струмом і напругою?
8. Як розрахувати сумарне значення сили струму (напруги) в мережі, яке живиться від двох генераторів, що з'єднані паралельно.
9. Які значення сили струму (напруги) можна виміряти за допомогою електричного осцилографа? Як це здійснюється?
10. Як виміряти зсув фаз між струмами (напругами) двох генераторів за допомогою осцилографа?

Дослідження лінійного електричного кола постійного струму.

Мета: Познайомитися з методами розрахунку електричних кіл постійного струму: накладання, контурних струмів та вузлових напруг.

Робоче завдання

1. Здійснити дослідження можливих режимів роботи джерел постійного струму при різних навантаженнях.
2. Перевірити справедливості методу накладання для розрахунку електричного кола постійного струму.
3. Побудувати потенціальну діаграму для замкнутого контуру електричного кола.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Опрацювати теоретичний матеріал за літературою: Основна: Л-4, с.24-32; Л-7, с. 28-34.
Додаткова: Л-6, с. 31-41; Л-8, с.206-212.
2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1. Сформулювати закони Кірхгофа, записати їх математичний вираз та пояснити фізичну суть.
 - 2.2. Пояснити суть методів розрахунку електричного кола: накладання, вузлових напруг, колових струмів.
 - 2.3. На прикладі будь-якого електричного кола постійного струму показати, як будується потенціальна діаграма, пояснити її фізичну суть.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Скласти віртуальне електричне коло за схемою (рис. 1). Амперметри увімкнути так, щоб зберегти їх полярність відносно джерел ЕРС, а також вибрати режим вимірювання постійного струму (DC). Величину ЕРС обох джерел вибрати довільно.

2. Увімкнути електричне коло загальним ключем. Ключі K_1 , K_2 , K_3 розімкнути. Почергово вмикати одночасно ключі $K_1 - K_3$ та $K_2 - K_3$, амперметри A_1, A_2 та A_3 при цьому мають показати прямий струм (додатні числа). Напрямок струму вважати прямим, якщо він співпадає з напрямком електрорушійної сили джерел E_1 та E_2 у відповідних вітках. І, навпаки, якщо струм протікає у зворотному напрямку відносно джерела ЕРС у даній вітці, його називають зворотнім.

3. Дослідити режим розрядки джерела E_2 (якщо значення його ЕРС менше від джерела E_1). Для цього увімкнути всі три вимикачі. Змінюючи величину опорів реостатів, досягти умови, щоб прямий струм I_2 переважав зворотній струму цієї вітки, створений джерелом E_1 (амперметр A_2 покаже додатне число).

4. Записати до *таблиці 1* покази всіх трьох амперметрів та опори реостатів.

5. Для дослідження режиму холостого ходу джерела струму E_2 увімкнути всі три вимикачі. Змінюючи величини опорів реостатів, встановити величину струму на амперметрі A_2 рівною нулевій (прямий і зворотній струми однакові). Записати покази амперметрів та значення опорів реостатів до *таблиці 1*.

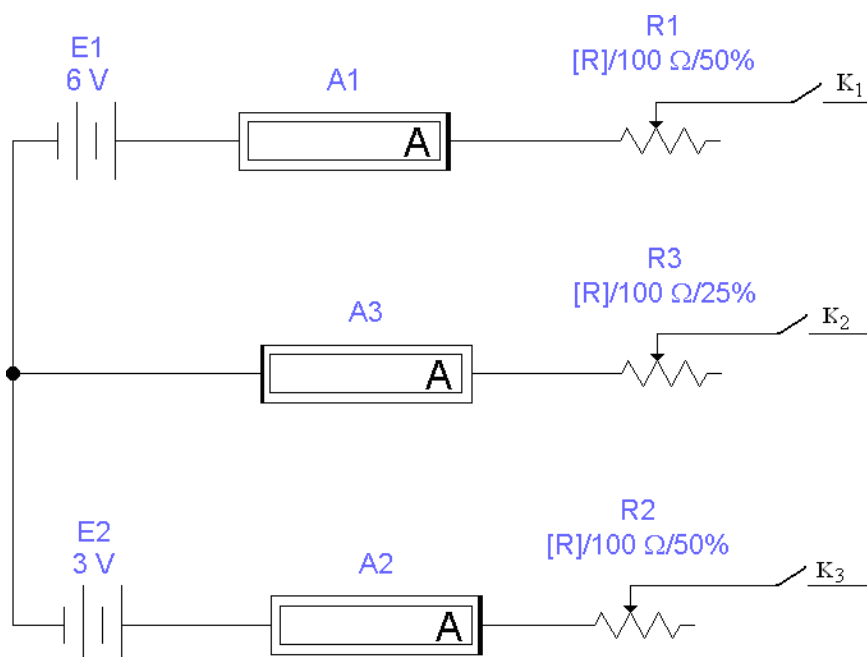


Рис. 1. Електрична схема до виконання роботи.

6. Для дослідження режиму зарядки джерела E_2 повторити досліди пунктів 2-3 так, щоб струм I_2 був зворотнім (амперметр A_2 покаже від'ємне число). Записати покази приладів та значення опорів реостатів до *таблиці 1*.

Таблиця 1.

Режим роботи джерела	Параметри					
	$I_1(A)$	$I_2(A)$	$I_3(A)$	$R_1(Ом)$	$R_2(Ом)$	$R_3(Ом)$
Розрядка джерела						
Холостий хід						
Зарядка джерела						

7. Побудувати потенціальну діаграму для контуру з джерелом E_1 .

8. Перевірити практично метод накладання при розрахунках електричного кола постійного струму у такій послідовності:

а) від'єднати джерело $EPC-E_2$, а кінці провідників, що були приєднані до клемджерела, з'єднати між собою;

б) увімкнути вимикачі та виміряти амперметрами величини струмів I_1 , I_2 , I_3 , зумовлені джерелом E_1 . Дані записати до таблиці 2. Амперметр A_1 покаже прями́й

струм I_1 у вітці з джерелом E_1 , а амперметр A_2 покаже зворотній струм даної I_2 для вітки;

в) не змінюючи опорів реостатів, вилучити з кола джерело E_1 , замкнути звільнені кінці провідників, увімкнути джерело E_2 . Значення струмів таблиці 2; I_1 , I_2 , I_3 записати до

г) не змінюючи опорів реостатів, увімкнути обидва джерела струму і покази амперметрів I_1 , I_2 , I_3 записати до таблиці. Порівняти сумарне значення струмів

I_1 , I_2 , I_3 з показами амперметрів. Записати висновок.

та
1 2 1 2
3 3

Таблиця 2.

	Значення струму у вітках		
Джерело E_1	I_1 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)
Джерело E_2	I_1 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)

Джерела E_1, E_2	$\square 1 (A)$	$\square 2 (A)$	$\square 3 (A)$

Контрольні запитання

1. Який зміст та послідовність виконання роботи?
2. Який струм називають постійним?
3. Назвіть закони, методи за якими розраховують параметри електричних кіл постійного струму.
4. Пояснити фізичну суть I закону Кірхгофа.
5. Пояснити фізичну суть II закону Кірхгофа.
6. У чому полягає фізична суть методу колових струмів?
7. Пояснити фізичну суть методу вузлових напруг.
8. Пояснити фізичну суть методу накладання.
9. Чи може загальний спад напруги в замкнутому контурі, при побудові потенціальної діаграми, мати значення, що відрізняється від нуля?
10. Чи можна в електричному колі, що зображене на схемі до виконання лабораторної роботи, добитися значення струму I_3 , рівного нулеві.

Дослідження трифазного електричного кола змінного струму при з'єднанні споживачів зіркою та трикутником.

Мета: Навчитися визначати основні параметри кола трифазного струму, а також засвоїти методи розрахунку і побудови векторних діаграм струмів і напруг при з'єднанні активних приймачів зіркою та трикутником.

Робоче завдання

1. Дослідити трифазне коло при симетричному вмиканні активних споживачів зіркою з нульовим проводом і при його обриві.
2. Дослідити трифазне коло при несиметричному вмиканні споживачів зіркою з нульовим проводом.
3. Дослідити симетричне коло трифазного струму при вмиканні активних споживачів трикутником.
4. Побудувати векторні діаграми струмів та напруг для активних споживачів при їх симетричному з'єднанні зіркою та трикутником.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою: Основна: Л-1, с.48-61; Л-3, с. 108-123. Додаткова: Л-4, с.70-86; Л-8, с.206-212.
2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1. Сформулювати означення з'єднань споживачів зіркою та трикутником.
 - 2.2. Які співвідношення між фазними і лінійними напругами (струмами) при з'єднанні споживачів зіркою та трикутником. Намалювати електричні схеми таких з'єднань з позначенням всіх лінійних напруг і струмів.
 - 2.3. Виконати електричні схеми різних способів визначення потужності в трифазному колі при з'єднанні споживачів зіркою і трикутником.
 - 2.4. Перерахувати переваги та недоліки з'єднання споживачів зіркою і

трикутником.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Для дослідження параметрів трифазного кола при з'єднанні споживачів зіркою з нульовим проводом та трикутником, можна використати схеми зображені на (рис.1) і (рис.2). Використовуючи ПК, змодельовати ці схеми на комп'ютері, використовуючи програму Electronics Workbench.

У цій програмі відсутні трифазні генератори. Тому, при виконанні схем, в якості джерела трифазного струму використати три однофазних генератора змінного струму, з'єднавши їх зіркою з нульовим проводом. Встановити на них зсув фаз у 120^0 (зразок виконаних схем подано на рис.3 та рис.4)

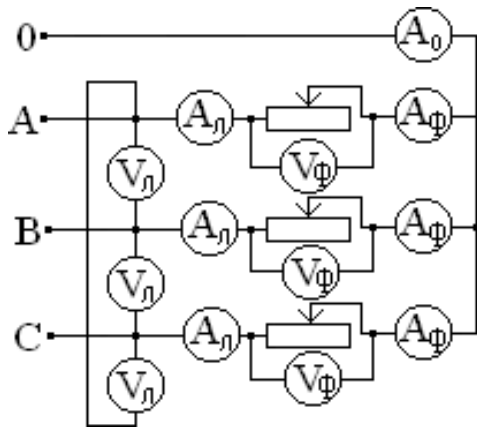


Рис. 1. З'єднання споживачів зіркою.

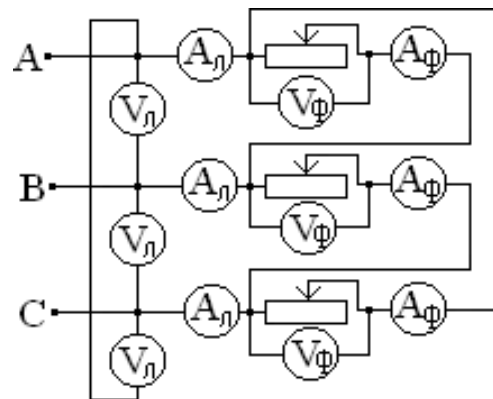


Рис. 2. З'єднання споживачів трикутником.

2. При з'єднанні споживачів зіркою з нульовим проводом виміри здійснити при симетричному і несиметричному навантаженнях, які встановлюються за допомогою величин опорів резисторів R . Такі ж досліди повторити при обриві лінійного та нульового проводів.

3. Для всіх випадків вимірювань записати величини лінійних напруг U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} ; фазних напруг U_{ab}, U_{bc}, U_{ca} ; лінійних I_A , та фазних I_a, I_b, I_c струмів.

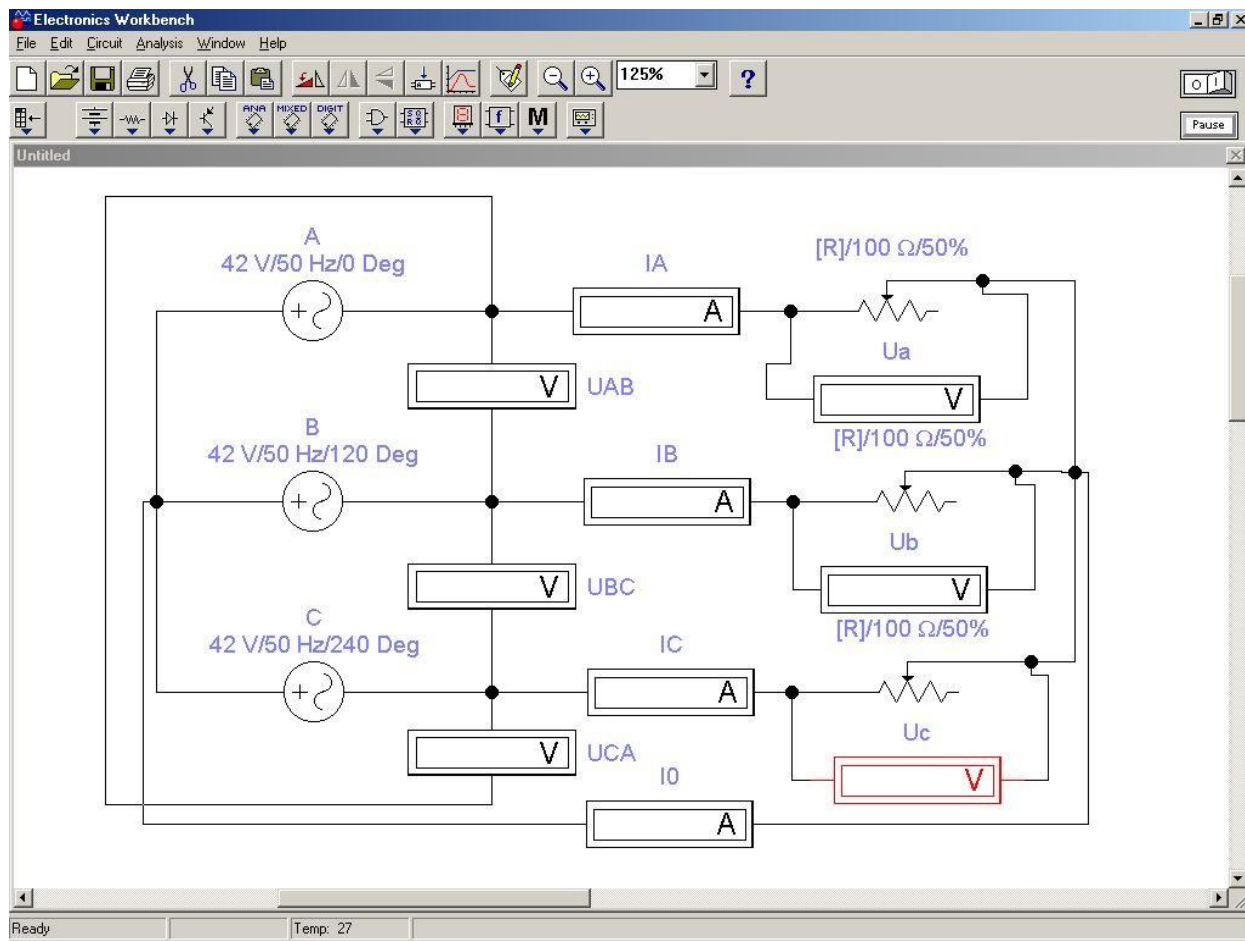


Рис. 3. Зразок з'єднання споживачів зіркою.

4. При з'єднанні споживачів трикутником, виміри виконати для випадків з симетричним навантаженням та при обриві лінійного проводу.
5. Вирахувати для всіх випадків співвідношення між лінійними та фазними струмами і напругами, величину активного опору в кожній фазі.
6. Порівняти споживану потужність одними і тими ж резисторами при симетричному з'єднанні їх зіркою і трикутником. Дані занести до *таблиці 1*.

Таблиця 1.

	З'єднання зіркою						З'єднання трикутником	
	Симетричне навантаження			Несиметричне навантаження			Симетричне навантаження	
	Усе ввімкнено	Обрив нуля	лінійного проводу	Усе ввімкнено	Обрив нуля	лінійного проводу	Усе ввімкнено	лінійного проводу
I_A								

I_B								
I_C								
I_a								
I_b								
I_c								
I_0								
U_{AB}								
U_{BC}								
U_{CA}								
U_{ab}								
U_{bc}								
U_{ca}								
R_A								
R_B								
R_C								
P_{AB}								
P_{BC}								
P_{CA}								
$P_{\text{кола}}$								
I_A/I_a								
I_B/I_b								
I_C/I_c								
U_{AB}/U_a b								
U_{BC}/U_b c								
U_{CA}/U_c a								

7. При побудові векторних діаграм струмів та напруг підібрати масштаб векторів так, щоб діаграма мала кращу наочність.

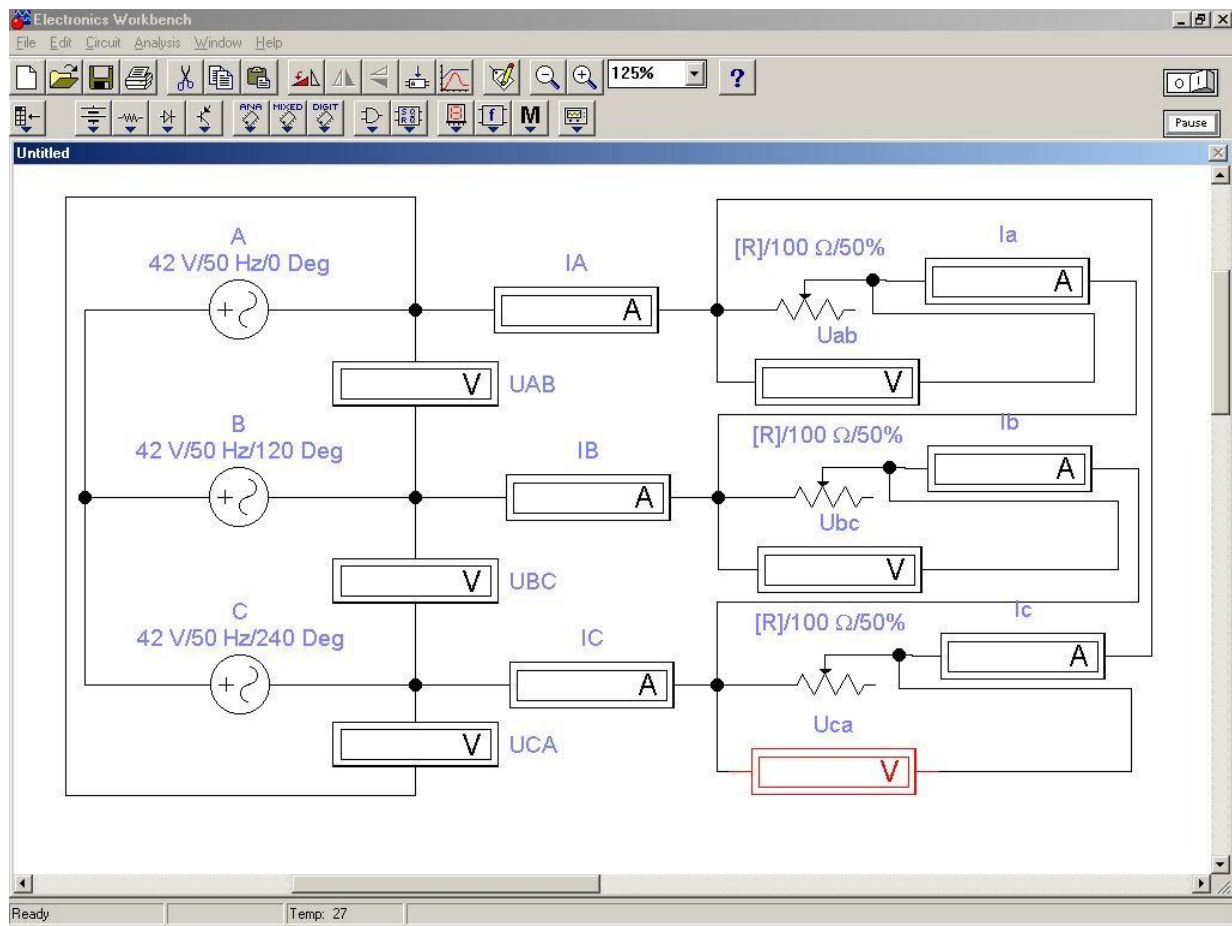


Рис. 4. Зразок з'єднання споживачів трикутником

Контрольні запитання

1. Який зміст та послідовність виконання лабораторної роботи?
2. Що називають трифазною електричною системою?
3. Дати визначення поняття з'єднання споживачів зіркою і трикутником.
4. Яке співвідношення між фазним та лінійним струмом (напругою) при з'єднанні споживачів зіркою.
5. Яке співвідношення між фазним та лінійним струмом (напругою) при з'єднанні споживачів трикутником.
6. Чому дорівнює струм у нульовому проводі при симетричному навантаженні, при обриві лінійного проводу?
7. Чому дорівнює струм в нульовому проводі при обриві лінійного, якщо споживачі з'єднанні зіркою?
8. Яке співвідношення між споживаними потужностями одних і тих же споживачів при з'єднанні їх спочатку зіркою, а потім трикутником?
9. Як визначається активна потужність споживачів при з'єднанні їх в трифазній

системі зіркою та трикутником?

10. Як вимірюється активна потужність споживачів при з'єднанні їх в трифазній системі зіркою та трикутником?

Дослідження напівпровідникових випрямлячів.

Мета: Навчитися досліджувати основні параметри кола напівпровідникового діода за допомогою програми *EWB* та засвоїти методи розрахунку і побудови вольт-амперних характеристик в програмі *Excel*.

Робоче завдання

За допомогою комп'ютерної програми *EWB* виконати такі завдання:

1. Дослідити форму графіків одно та двох півперіодного випрямлення змінного струму.
2. Дослідити вольт-амперну характеристику діода.
3. Побудувати графічно вольт-амперну характеристику діода в програмі *Excel*.

Програма підготовки

1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою:

Основна: Л-1, с. 226-239; Л-3, с.237-261.

Додаткова: Л-2, с. 115-130; Л-8 с.206-212.

2. Виконати письмово такі завдання:

2.1. Записати основні властивості напівпровідників.

2.2. Пояснити фізичну суть утворення р-п переходу і його властивості.

діода. 2.3. Пояснити будову і принцип дії діода і транзистора.

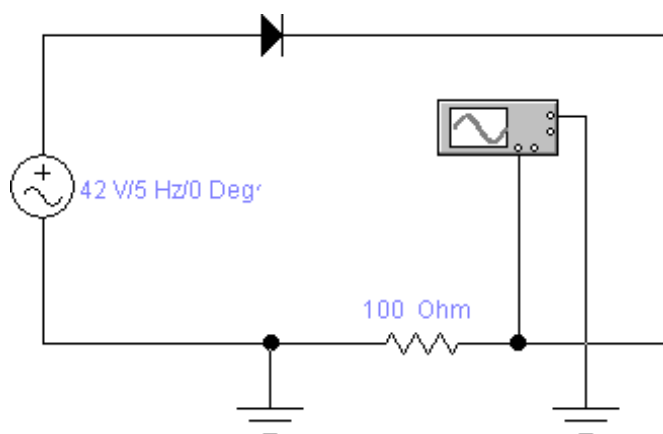
2.4. Пояснити зміст вольт-амперної та навантажувальної характеристики

2.5. Зарисувати схеми одно- та двох півперіодного випрямлячів.

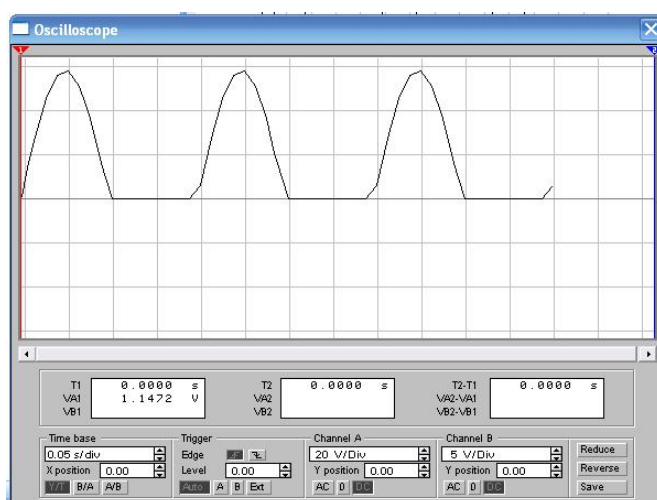
Методичні рекомендації до виконання завдання

Завдання 1. Дослідити явище випрямлення змінного струму за допомогою напівпровідникових діодів з використанням осцилографа.

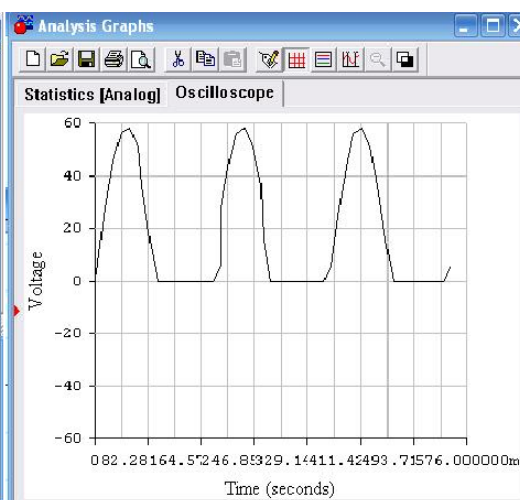
1. Скласти віртуальне електричне коло за схемою рис. 1 (а).
2. Увімкнути ключ, отримати осцилограму (б) і графік (в) та зарисувати його форму. Пояснити форму графіка.
3. Скласти віртуальне коло двопівперіодного випрямлення змінного струму за схемою середньої точки вторинної обмотки трансформатора, зображеною на рис. 2 (а). Увімкнути ключ, отримати осцилограму (б), зарисувати форму графіка (в) і пояснити його.
4. Скласти коло за містковою схемою рис. 3. За отриманою осцилограмою зарисувати графік випрямленої напруги (струму) і пояснити його.
5. Порівняти графіки одночасного двопівперіодного випрямлення напруги (струму) за схемами середньої точки трансформатора та діодного моста, що представлені на рис. 4.



а)



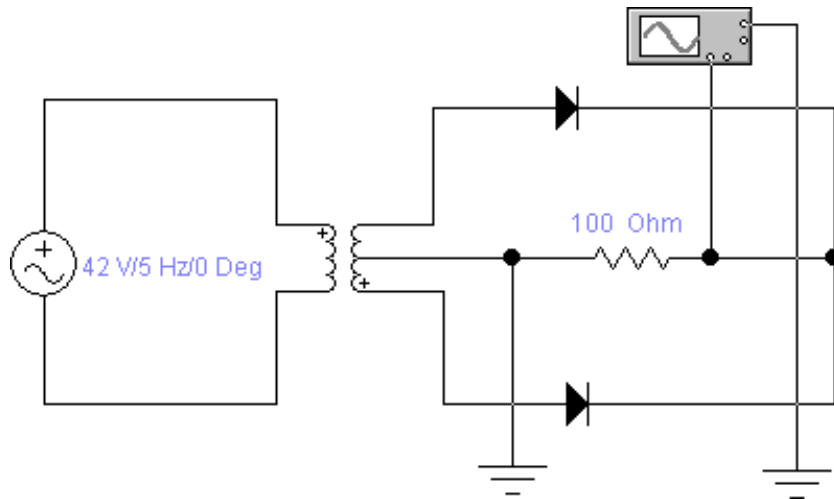
б)



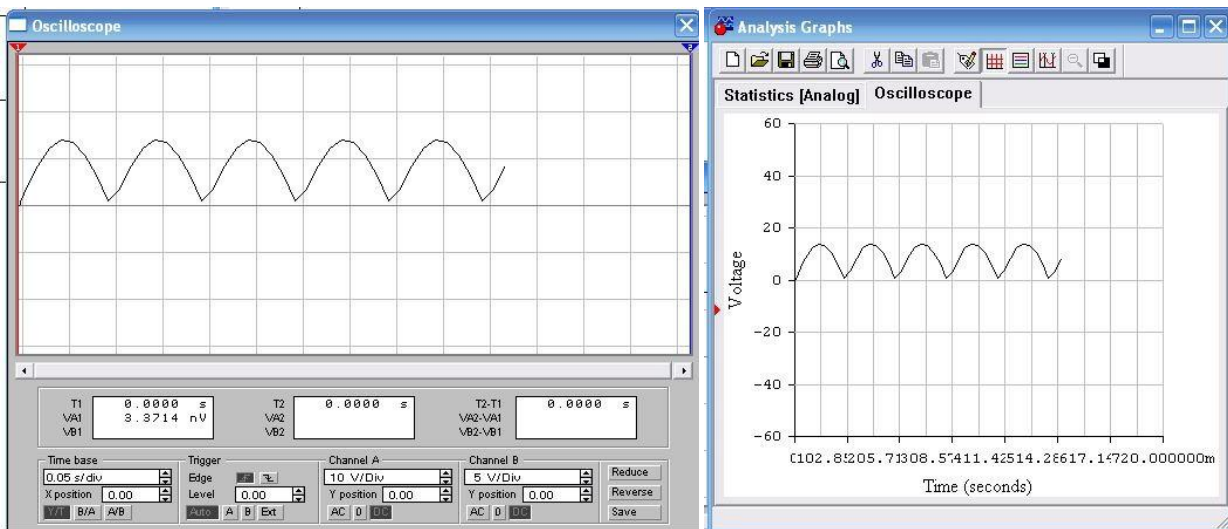
в)

Рис. 1. Схема віртуального електричного кола для дослідження однопівперіодного випрямлення напруги (струму) за допомогою напівпровідникового діода – а),

осцилограма – б), графік випрямленого струму – в).



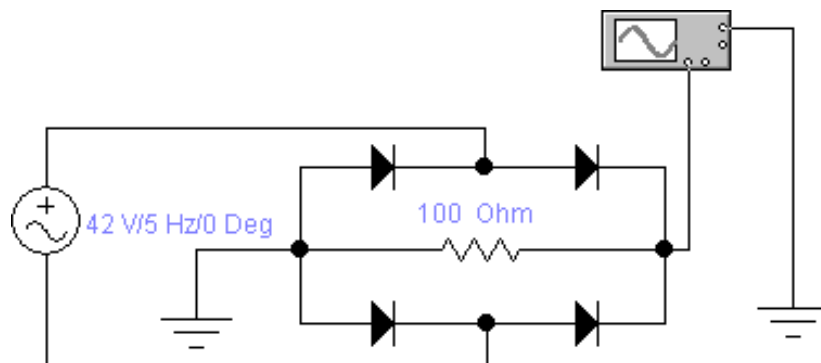
а)



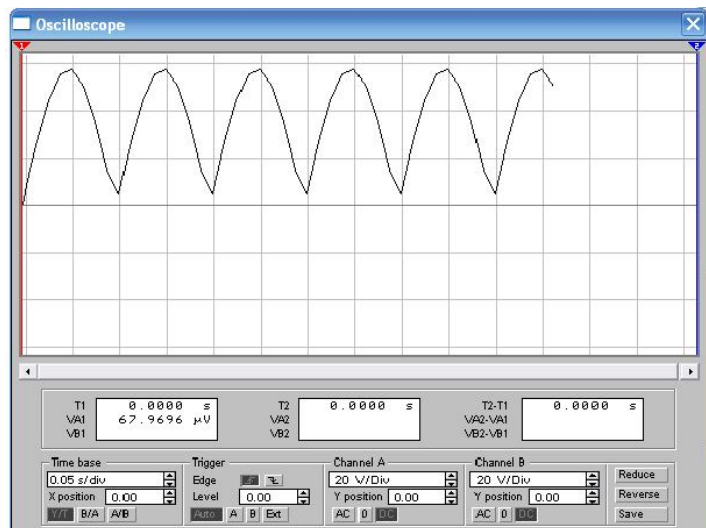
б)

в)

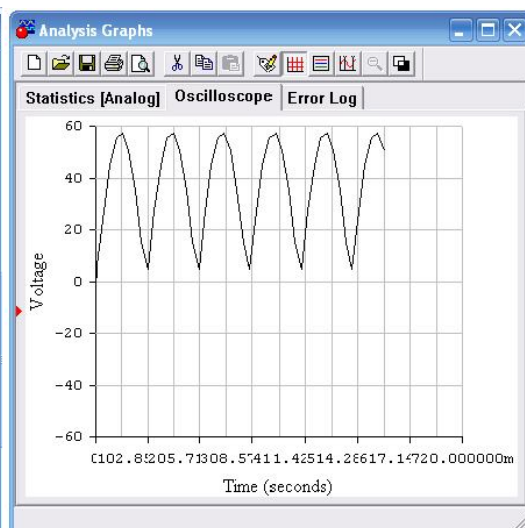
Рис. 2. Схема віртуального електричного кола для дослідження двопівперіодного випрямлення напруги (струму) за схемою середньої точки вторинної обмотки трансформатора – а), осцилограма – б), графік випрямленого струму – в).



а)

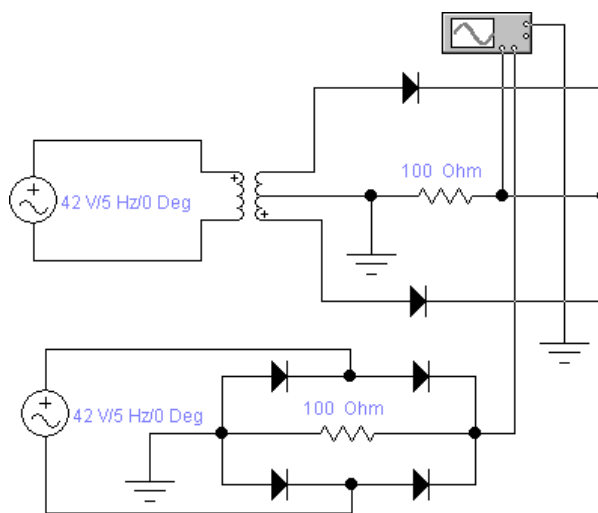


б)

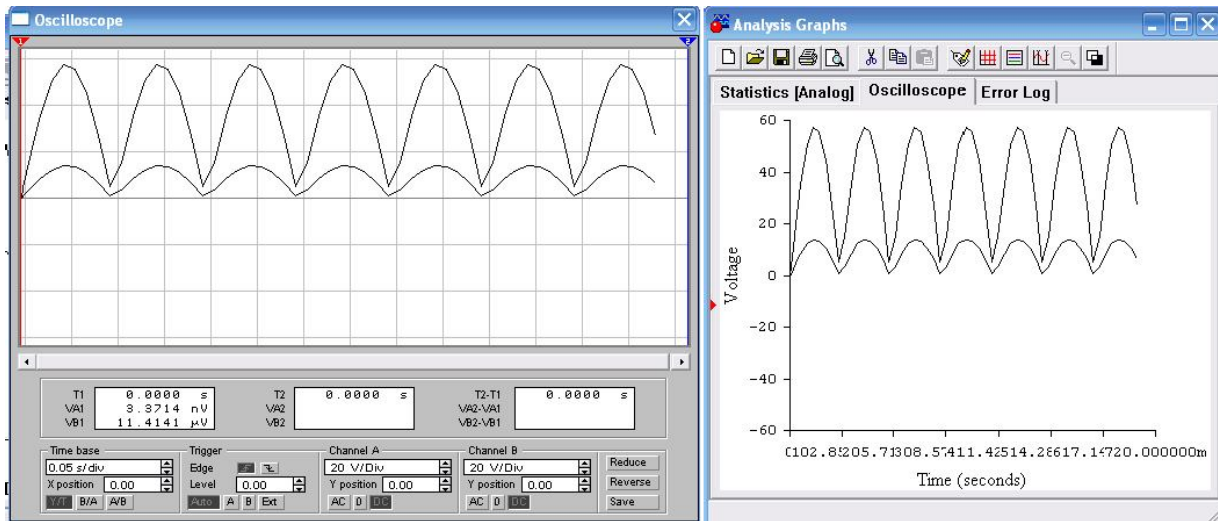


в)

Рис. 3. Схема віртуального електричного кола для дослідження двопівперіодного випрямлення напруги (струму) за схемою діодного моста – а), осцилограма – б), графік випрямленого струму – в).



а)



б)

в)

Рис. 4. Схема віртуального електричного кола для дослідження двопівперіодного випрямлення струму за схемою середньої точки вторинної обмотки трансформатора та діодного моста – а), осцилограми напруг (струмів) – б), графіки випрямлених напруг (струмів) – в).

Завдання 2. Дослідити вольт-амперну характеристику діода.

1. Скласти віртуальне електричне коло за схемою зображеною на рис. 5.
2. Змінюючи значення прямої напруги U від 0 до 1В через кожних 0,5 В, фіксувати значення прямого струму I . Дані заносити до *таблиці 1*.
3. Змінюючи значення зворотної напруги від 0 до 3000В, записати до *таблиці 2* значення зворотного струму.

U(B)	I(A)

4. У програмі Excel побудувати графіки залежності прямого та зворотного струмів діода від значення прикладеної до нього напруги.

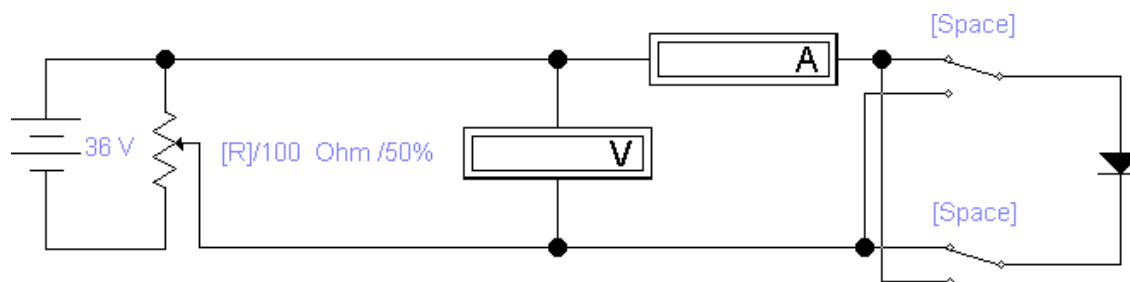


Рис. 5. Схема віртуального електричного кола для дослідження вольт-амперної характеристики діода.

Контрольні запитання

1. Поясніть зміст і послідовність виконання роботи.
2. Чим відрізняються провідники від напівпровідників?
3. Які напівпровідникові сплави мають n -провідність?
4. Які напівпровідникові сплави мають p -провідність?

5. У чому полягає явище утворення **p-n** переходу?
6. Пояснити фізичний зміст вольт-амперної характеристики діода.
7. Пояснити принцип дії двопівперіодного випрямлення з середньою точкою трансформатора.
8. Пояснити принцип дії випрямляча, який працює за схемою Герца.
9. Пояснити принцип дії випрямляча, що працює за схемою середньої точки трансформатора.
10. Пояснити принцип дії випрямляча, що працює за схемою діодного моста у 3-фазному колі.

Дослідження розгалуженого кола змінного струму.

Мета: Визначити основні параметри електричного кола змінного струму з паралельним з'єднанням різних видів навантажень, здійснити їх обчислення і побудувати векторні та часові діаграми.

Робоче завдання

1. Визначити параметри електричного кола з паралельним вмиканням активно-індуктивного, активно-ємнісного та активно-індуктивно-ємнісного навантажень.
2. Для всіх випадків скласти електричні кола та виконати векторні і часові діаграми.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за літературою: Основна: Л-І, с.41-45; Л-3, с.96-104. Додаткова: Л-2, с.29-35; Л-4, с.60-67.
2. Письмово дати відповіді на такі запитання:
 - 2.1. Як визначити загальний струм в розгалужених колах змінного струму, якщо даються значення струмів в окремих вітках?
 - 2.2. Пояснити фізичний зміст поняття «провідність». Визначити аналітично величини активної, реактивної та повної провідностей в розгалуженому електричному колі.
 - 2.3. Пояснити фізичний зміст резонансу струмів, охарактеризувати співвідношення основних параметрів в такому режимі.
 - 2.4. Накреслити часову та векторну діаграми розгалуженого кола в режимі резонансу струмів.

Задача. Котушка та конденсатор увімкнені паралельно до змінної напруги U . Визначити всі параметри електричного кола, якщо активний опір котушки в 5

разів, а індуктивність котушки в 100 разів менше величини напруги. Ємність конденсатора (в мкФ) прийняти у 20 разів меншою напруги, підведеної до кола. Активним опором конденсатора знехтувати. Побудувати векторну діаграму напруги та струму. Величину напруги взяти в таблиці.

Таблиця 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100
Б	210	220	230	240	250	260	270	280	290	200
В	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390

Особливості правил техніки безпеки

Обережно зменшувати ємність конденсатора, щоб не довести її до нуля.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Скласти електричне коло за схемою, зображеною на рис. 1.
2. Дослідження виконати у такій послідовності: спочатку увімкнути резистор та котушку; потім резистор та конденсатор; і, насамкінець, резистор, котушку та конденсатор. Записати покази приладів. Останній дослід виконати для всіх можливих значень ємності конденсатора.

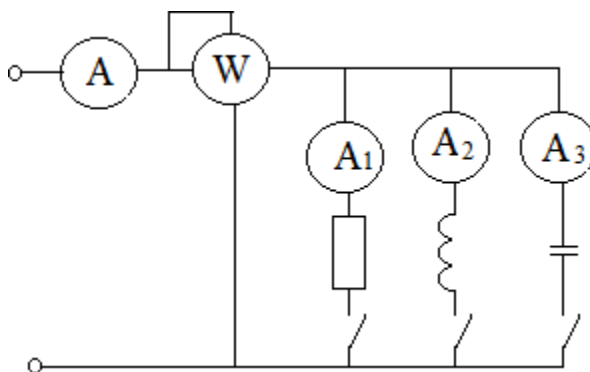


Рис. 1. Схеми електричного кола

За даними вимірювань побудувати векторні діаграми, а також розрахувати: провідності активного опору, котушки, конденсатора, загальну провідність кола, а також повну і реактивні потужності, обчислити коефіцієнт потужності. Результати розрахунків записати до таблиці 2:

Таблиця 2.

Увімкнено	U (В)	I (А)	I _a (А)	I _L (А)	I _C (А)	P (Вт)	Y катуш- ки	Yрезис- тора	Yкон- денс.	cosφ	Скол а (ВА)	Q кола (ВАр)
R _L та X _L												
R _C та X _C												
R, X _L та X _C												
C=8												
C=16												
C=32												

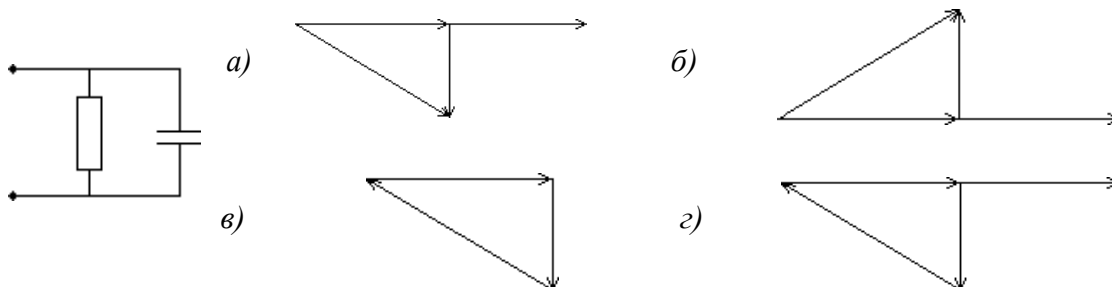
3. Визначити параметри котушки та конденсатора.

Контрольні запитання

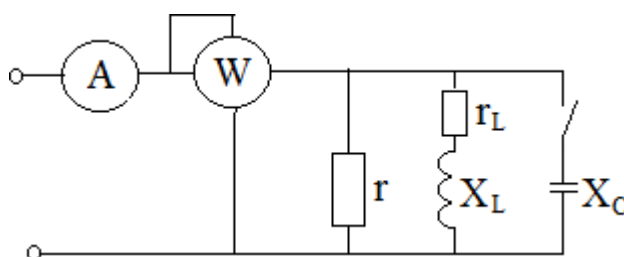
1. Чим відрізняється електричне коло розгалужене?
2. Як відрізняються вирази для додавання опорів у розгалужених та нерозгалужених колах?
3. При якому з'єднанні споживачі споживатимуть більшу потужність – паралельному чи послідовному?
4. Що називають резонансом струмів (напруг)?
5. Яке явище спостерігається при паралельному з'єднанні споживачів – резонанс?
6. Від чого залежить кут зсуву фаз між струмом та напругою в розгалужених колах змінного струму?
7. Яке співвідношення визначає коефіцієнт потужності для розгалуженого кола змінного струму?

а) $\cos \varphi = \frac{X_L}{Z}$; б) $\cos \varphi = \frac{r}{Z}$; в) $\cos \varphi = \frac{X_C}{Z}$; г) всі відповіді правильні.

8. Яка з векторних діаграм відповідає даному розгалуженому колу:



9. Як зміняться покази ватметра і амперметра при замиканні ключа К?



- а) амперметра збільшаться, ватметра зменшаться; б) амперметра зменшаться, ватметра збільшаться; в) амперметра та ватметра збільшаться; г) амперметра та ватметра зменшаться.

10. Пояснити зміст та послідовність виконання лабораторної роботи.

Дослідження трифазного трансформатора.

Мета: Ознайомитись з принципом дії та основними характеристиками трифазного трансформатора.

Робоче завдання

1. Визначити кількість витків первинних та вторинних обмоток, коефіцієнти трансформації для різних способів з'єднання його обмоток, а також розподіл магнітних потоків в осерді.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за літературою: Основна: Л-I, с.127-129; Л-3, с.123-133. Додаткова: Л-2, с.106-107; Л-4, с.147-154.
2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1. Пояснити призначення трифазних трансформаторів.
 - 2.2. Записати закон Кірхгофа для магнітного кола на прикладі трифазного трансформатора.
 - 2.3. Пояснити групи з'єднання котушок трифазного трансформатора за допомогою векторних діаграм.
 - 2.4. Визначити втрати потужності трифазного трансформатора.

Задача. Визначити ККД трифазного трансформатора ТМ-100/10 при номінальному навантаженні та коефіцієнтах потужності $\cos\varphi_1=1$ і $\cos\varphi_2=0,8$. Потужність холостого ходу трансформатора становить 760 Вт, потужність

короткого замикання взяти $P_{к.з.} = \frac{S}{2K}$. Значення коефіцієнту трансформації дається

таблиці 1.

Таблиця 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

А	1,4	0,6	2,1	1,5	5,0	2,3	1,6	9,0	2,8	1,8
Б	2,0	0,7	4,0	0,9	6,0	1,3	8,0	1,8	1,7	0,4
В	0,3	3,1	0,5	1,6	2,2	3,5	0,6	3,7	2,4	1,9

Особливості правил техніки безпеки

Перемикаючи вольтметр для визначення первинної та вторинної напруги тільки при вимкненому трансформаторі.

Методичні рекомендації до виконання завдання

1. Для визначення кількості витків в обмотках трансформатора скористатися додатковою обмоткою. Намотати певну кількість витків (за вказівкою викладача) на вторинну обмотку трансформатора, подати напругу на первинну обмотку, виміряти напругу на первинній та додатковій обмотках. Результати дослідження записати до *таблиці 2*.

За виразом коефіцієнта трансформації $k = \frac{n_2}{n_1} = \frac{U_2}{U_1}$ розрахувати кількість витків обмоток.

n
1 U
1

Таблиця 2

№ п/п	U_1	U_2	$n_{до}$ d	$U_{дод}$	n_2	n_1

2. Визначити магнітні потоки в кожному осерді і переконатись, що магнітний потік в стержні, на якому розташована первинна обмотка, дорівнює сумі магнітних потоків в осердях, на яких розташовані вторинні обмотки. Для цього зробити необхідні виміри параметрів і занести їх до *таблиці 3*.

Таблиця 3

№ п/п	U_A	U_B	U_C	n_1	Φ_A	Φ_B	Φ_C

3. З метою визначення коефіцієнтів трансформації для різних способів з'єднання «зірка-зірка», «зірка-трикутник», «трикутник-зірка» та «трикутник-трикутник», виміряти напруги на первинних та вторинних обмотках і розрахувати коефіцієнти трансформації для всіх випадків. Дані записати до *таблиці 4*. При

цьому первинну обмотку увімкнути до кола змінного струму через РНШ з напругою, що відповідає номінальній напрузі цієї обмотки.

Таблиця 4

Вид з'єднан ня	UЛ 1 (В)	UФ 1 (В)	UЛ 2 (В)	UФ 2 (В)	k_{ϕ}	$k_{\text{л}}$	$\frac{k_{\phi}}{k_{\text{л}}}$
							
							
							
							

Для всіх випадків побудувати векторні діаграми е.р.с. При цьому масштабпервинної напруги прийняти більшим, ніж вторинної.

Додаткове завдання

Дослідити паралельну роботу трифазних трансформаторів. Виконати схемувмикання та перелік необхідних приладів.

Контрольні питання

1. Який зміст та послідовність виконання роботи?

2. Скільки клем має трифазний трансформатор?

а) три; б) чотири; в) шість; г) дванадцять.

3. Чому на практиці спосіб з'єднання Δ/Δ майже не використовується?

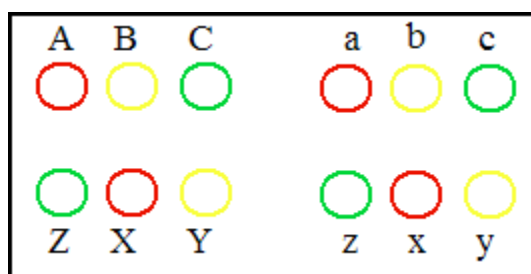
4. Чому обмотка низької напруги трансформатора розташована ближче до осердя, а вищої напруги – далі?

- а) так зручніше при монтажу електричної схеми обмоток;
 - б) при розміщенні низької напруги ближче до осердя треба менше ізоляції;
 - в) обмотка вищої напруги вимагає більш ретельного догляду; г)
- всі відповіді вірні.

5. Як визначається група з'єднання трифазного трансформатора?

- а) за допомогою лінійних напруг первинної та вторинної обмоток; б)
 - за допомогою векторів ЕРС первинної та вторинної обмоток;
 - в) за допомогою векторів лінійних ЕРС первинної та вторинної обмоток; г)
- всі відповіді вірні.

6. На рисунку зображено клемний щиток 3-фазного трансформатора. Які клеми мають бути приєднані до мережі живлення?



- а) A,B,C,a,b,c; б) Z,X,Y,z,x,y; в) A,B,C,Z,X,Y; г) a,b,c,z,x,y.

7. Число витків кожної фази первинної обмотки 1000В, у кожній фазі вторинної обмотки 200. Лінійна напруга мережі живлення 1000В. Визначити напругу на виході трансформатора.

- а) 200 В; б) 5000 В; в) 1000 В; г) для рішення недостатньо даних.

8. Розв'язати попередню задачу для з'єднання Δ/Δ .

- а) $\frac{200}{\sqrt{3}}$ В; б) $\frac{1000}{\sqrt{3}}$ В; в) $200 \cdot \sqrt{3}$; г) для рішення недостатньо даних.

9. Розв'язати попередню задачу для з'єднання Δ/λ .

а)

200 В; б) $1000 \cdot \sqrt{3}$ В; в) $200 \cdot \sqrt{3}$; г) для рішення недостатньо даних.

$\sqrt{3}$

10. За яких умов електромережі обмотки з'єднують зіркою?

- а) при високих напругах і малих струмах; б) при низьких напругах і низьких струмах;
в) при низьких напругах і високих струмах; г) при високих струмах.

Дослідження роботи синхронного трифазного генератора на його моделі.

Мета: Вивчити будову та принцип дії трифазного синхронного генератора та ознайомитись з її характеристиками: холостого ходу і зовнішніми.

Робоче завдання

1. Побудувати характеристику холостого ходу та зовнішню характеристику трифазного синхронного генератора на його моделі.

Програма підготовки до виконання завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за

літературою: Основна: Л-І, с.175-203; Л-3, с.162-179. Додаткова: Л-2, с.166-179; Л-4, с.183-190.

2. Виконати письмово такі завдання:

2.1. Перерахувати основні частини трифазних синхронних генераторів, пояснити їх призначення та намалювати загальну електричну схему.

2.2. Коротко пояснити вплив активного, індуктивного та ємнісного навантажень на роботу синхронного генератора, його коефіцієнт потужності і напругу на клеммах.

2.3. Перерахувати умови вмикання синхронних генераторів на паралельну роботу та пояснити фізичний зміст цих умов.

2.4. Дати визначення характеристики холостого ходу, зовнішньої та регулювальної характеристик для трифазних синхронних генераторів.

Задача. Трифазний синхронний генератор, потужність якого $S_{кВА}$, число обертів ротора n , напруга становить 400В, частота 50Гц, ККД 85%. Визначити кількість пар полюсів, силу струму якоря та потужність первинного двигуна. Величину потужності генератора взяти з таблиці. Число обертів прийняти чисельно в десять разів меншою за величину потужності.

Таблиця 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	3	0,6	2	0,2	4,1	2,5	4,0	5,0	3,0	0,4
Б	1	2	0,24	15	12	7,6	3,6	8,4	4,8	0,64
В	0,3	3,4	2,6	1,6	2,2	4,6	0,8	3,6	2,4	1,4

Особливості правил техніки безпеки

Обертаючи ротор синхронної машини, необхідно бути обережним, щоб не викликати пошкодження моделі.

Методичні рекомендації до виконання завдання

Для ознайомлення та вивчення будови синхронного генератора використати плакати та модель машин. Уважно розглянути основні частини, звернути увагу на будову ротора, кількість пар полюсів статора, колектора та інше. Записати номінальні паспортні дані моделі генератора.

Для проведення досліду холостого ходу зарисувати електричну схему установки, передбачивши джерело постійного струму для збудника, реостат для регулювання струму збудження, амперметр для вимірювання струму збудження, а також вольтметр для визначення напруги на клеммах моделі генератора. Рівномірно обертаючи ротор моделі, змінюючи величину струму збудження, записати покази амперметра та вольтметра для п'яти його значень. Дані занести до *таблиці 2*.

*Таблиця
2*

№ п/п	$U_{зб}$	$I_{зб}$	$U_{ген}$

Побудувати графік залежності $U_{ген} = f(I_{зб})$.

Щоб зняти зовнішню характеристику моделі генератора, повторити попереднє завдання, передбачивши вимірювання струму для різних видів навантаження: активного, індуктивного та ємнісного. Дані вимірювань занести до *таблиці 3*.

Таблиця 3

№	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	X_{L1}	X_{L2}	X_{L3}	X_{L4}	X_{L5}	X_{C1}	X_{C2}	X_{C3}	X_{C4}	X_{C5}
---	-------	-------	-------	-------	-------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

п/п															
$U_{зб}$															
$I_{зб}$															
$I_{нав}$															
$U_{ген}$															

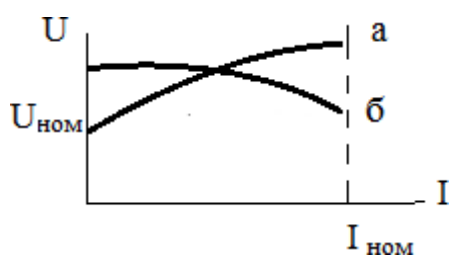
Побудувати зовнішню характеристику генератора.

Додаткове завдання

Використавши другу модель генератора трифазного струму, виконати дослід для вмикання двох генераторів на паралельну роботу методом точної синхронізації.

Контрольні питання

1. Пояснити принцип дії синхронних машин.
2. Який зміст та послідовність виконання завдання?
3. Чому дорівнює коефіцієнт ковзання синхронного генератора?
а) 1; б) 0; в) нескінченно великий.
4. Як практично регулюють частоту струму генератора?
а) величиною струму збудження;
б) швидкістю первинного двигуна;
в) швидкістю обертання магнітного поля статора-якоря;
г) відповіді дати неможливо.
5. Чи можна трифазну обмотку синхронного генератора великої потужності розташувати на роторі?
а) так; б) ні; в) можна але не доцільно.
6. Двохполюсний ротор обертається з частотою 3000 об/хв. Яка частота струму?
а) 50 Гц.; б) 500 Гц.; в) 300 Гц.
7. Для забезпечення синусоїдної форми ЕРС, що індукується, простір між ротор і статором синхронного генератора роблять:
а) меншим в середині полюсного наконечника, більшим на краях; б) більшим на середині полюсного наконечника і меншим на краях; в) строго однаковим по всьому заокругленню.
8. За яких умов залежність $U = f(I)$ буде зовнішньою характеристикою синхронного генератора?
а) $\omega = \text{const}$; б) $\cos\varphi = \text{const}$; в) $I_{\text{зб}} = \text{const}$.
9. Яким чином знімалися ці характеристики?



- а) а і б – при зниженні напруги; б) а – при підвищенні напруги, б – при зниженні напруги;
в) а – при зниженні напруги, б – при підвищенні напруги; г) а і б – при підвищенні напруги.

10. Які генератори працюють на теплових гідроелектростанціях, а які на АЕС? Чим вони відрізняються?

Лабораторна робота №24

Тема: Дослідження сонячних батарей.

Мета: Виміряти параметри сонячних батарей при послідовному і паралельному їх з'єднанні, побудувати характеристики залежності ЕРС від освітленості.

Робоче завдання:

1. Вивчити будову дослідної установки і її роботу.
2. Виконати послідовне і паралельне з'єднання сонячних батарей та виміряти їх сумарну е.р.с.
3. Визначити потужність світлодіодної лампи.
4. Дослідити залежність е.р.с. сонячної батареї від освітленості її поверхні, за даними вимірювань побудувати графік такої залежності.

Програма підготовки до виконання завдання

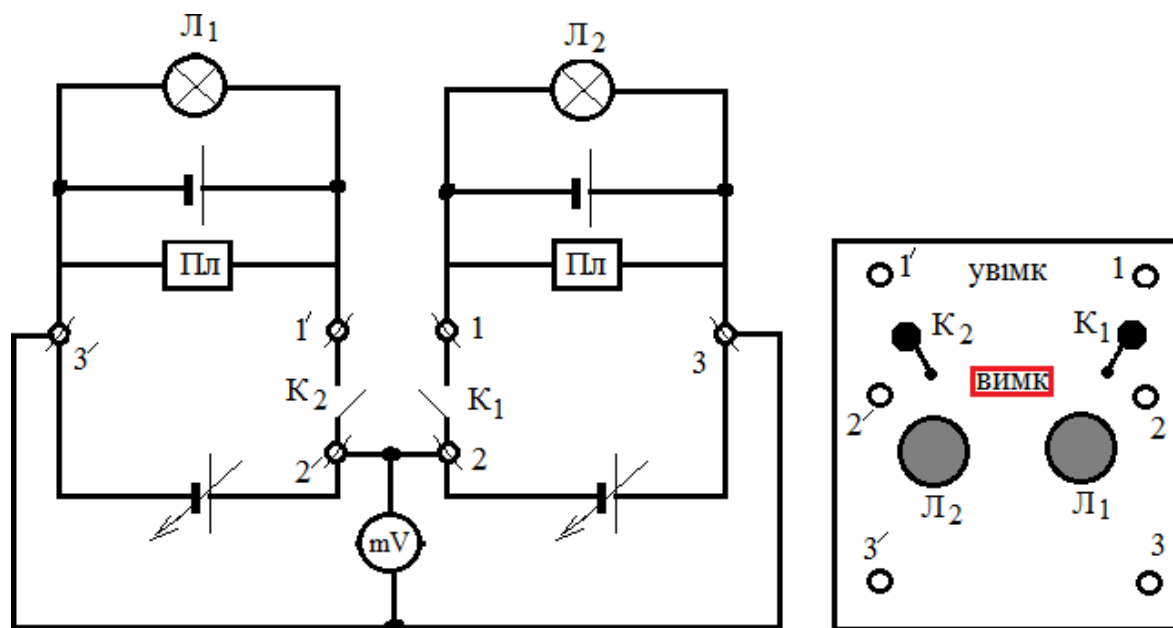
1. Опрацювати теоретичні відомості за літературою:

- 1) Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики: У 3 т.: Навч. пос. для студ. вищ. техн. і пед. навч. закл. освіти / За ред. І.М. Кучерука. – К.: Техніка, 1999. Т.3. Оптика. Квантова фізика. – 520 с.
- 2) Москатов Е. А. Источники питания. — Киев.: "МК-Пресс", СПб.: "КОРОНА-БЕК", 2011.—208 с, ил. ISBN 978-5-7931-0846-1 ("КОРОНА-БЕК") ISBN 978-966-8806-71-1 ("МК-Пресс")
- 3) Мачулін В., Литовченко В., Стріха М. Сонячна енергетика: порядок денний для світу й України // Вісник Національної академії наук України. Загальнонауковий та громадсько-політичний журнал. — 2011, №5.
- 4) Ерохов В.Ю. Поверхнева функціональна мультитекстура для фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії // Восточно- Европейский журнал передовых технологий. Научный журнал. - Харьков: Технологический центр, 2009. - № 3/7 (39).
- 5) <https://uk.wikipedia.org/wiki/>.

2. Виконати письмово такі завдання:
 - 2.1. Дати визначення поняття фотоелектрична комірка та пояснити принцип її дії.
 - 2.2. Перерахувати втрати в сонячному елементі.
 - 2.3. Сонячні панелі та їх застосування.
 - 2.4. Перерахувати матеріали з яких виготовляють сонячні панелі.
 - 2.5. Який оптимальний температурний режим сонячних батарей?

Методичні рекомендації до виконання завдань

1. Вивчення дослідної установки і спостереження її роботи.
 - 1.1. Розглянути всі елементи установки і пояснити їх призначення. Відшукати ці елементи на електричній схемі.
 - 1.2. Увімкнути тумблери K_1 і K_2 , накрити активні елементи сонячної батареї темним папером. Подивитись, що відбувається з світлодіодною лампочкою. Пояснити, яке явище при цьому відбувається.
 - 1.3. Відкрити активні елементи батарей. Подивитись, що відбувається з світлодіодною лампочкою. Пояснити, яке явище при цьому відбувається.

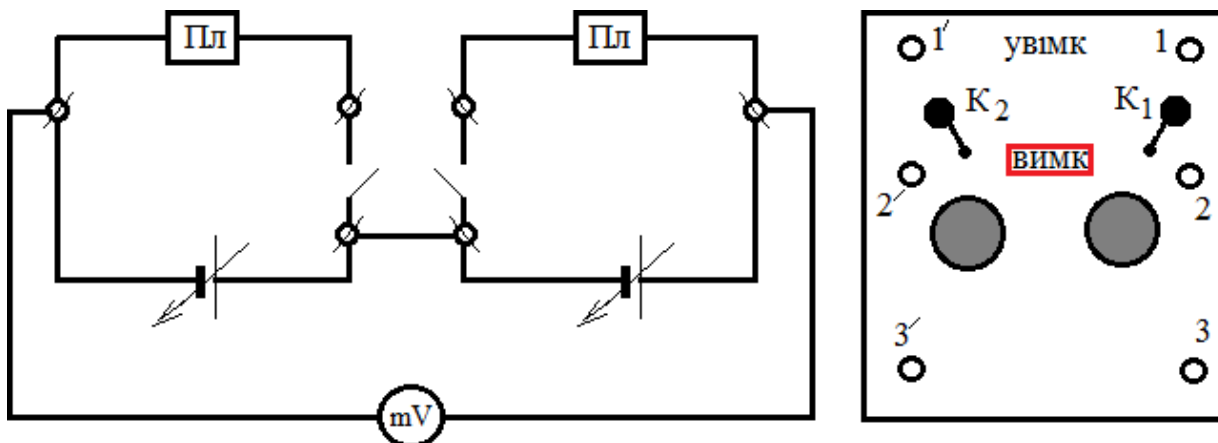


2. Послідовне з'єднання сонячних батарей.
 - 2.1. Вимкнути тумблери K_1 і K_2 . Виміряти ЕРС на окремих сонячних батареях (E_1 та E_2). Для цього прислати мілівольтметр по черзі до клем 3-2 та 3'-2', дані вимірювань занести до таблиці 1.

2.2. З'єднати перемичкою клеми 2-2' між собою. Приєднати до клем 3-3' мілівольтметр, виміряти сумарну ЕРС на , дані занести до таблиці 1.

Таблиця 1.

E_1	E_2	E



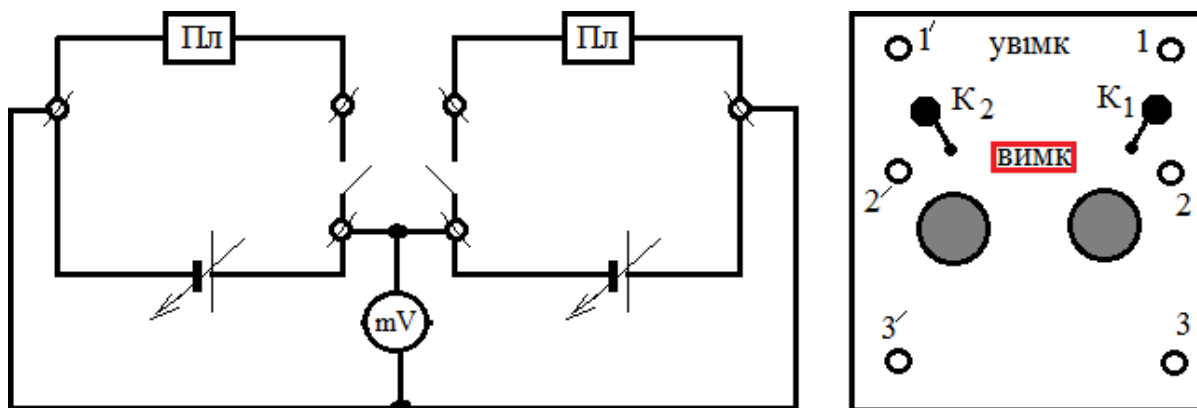
3. Паралельне з'єднання сонячних батарей.

3.1. Вимкнути тумблери K_1 K_2 . Виміряти ЕРС на окремих сонячних батареях (E_1 та E_2). Для цього приєднати мілівольтметр по черзі до клем 3-2 та 3'-2', дані вимірювань занести до таблиці 2.

3.2. З'єднати перемичкою клеми 2-2' між собою. Приєднати до клем 2'-3' мілівольтметр, виміряти сумарну ЕРС (E), дані занести до таблиці

Таблиця 2.

$ЕРС_1$	$ЕРС_2$	$ЕРС$



4. Визначення потужності світлодіодної лампи.

4.1. Зняти перемичку 2-2'. Вимкнути тумблер K_1 . Міліамперметр приєднати до клем 1-2. Виміряти споживаний струм, дані вимірювань занести до таблиці 3.

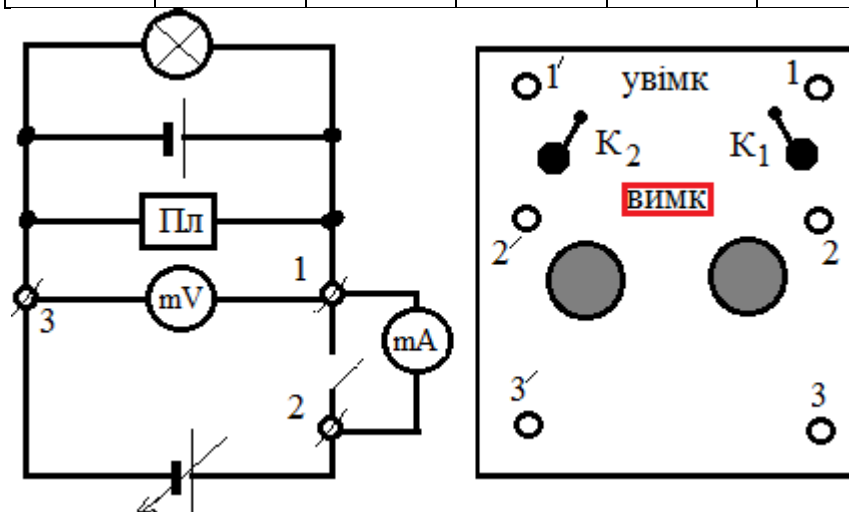
4.2. Виміряти спад напруги на лампі. Для цього приєднати мілівольтметр до клем 3-2 і його покази занести до таблиці 3.

4.3. Аналогічні виміри здійснити для іншої лампи. Значення U' (мВ), I' (мА) занести до таблиці 3.

4.4. Розрахувати споживану лампами потужність за виразом: $P = I \cdot U$

Таблиця 3.

U(мВ)	I(мА)	P(мВт)	U'(мВ)	I'(мА)	P'(мВт)



5. Дослідження залежності ЕРС сонячної батареї від освітленості її поверхні (рис.7).

5.1. Вимкнути тумблери K_1 і K_2 .

5.2. Під'єднати мілівольтметр до сонячної батареї (клеми 3-2), за допомогою якого виміряти ЕРС (E_1) при різних значеннях світлового потоку.

5.3. Освітленість поверхні активного елементу батареї виміряти за допомогою люксметра. Змінювати величину освітленості поверхні активного елементу за допомогою лампи-світильника. Дані вимірювань занести до таблиці 4.

5.4. Повторити аналогічні вимірювання й для іншої лампи. Значення освітлення s та відповідні величини ЕРС – E_2 занести до таблиці 4.

5.5. Побудувати графіки залежностей $E - f(s)$.

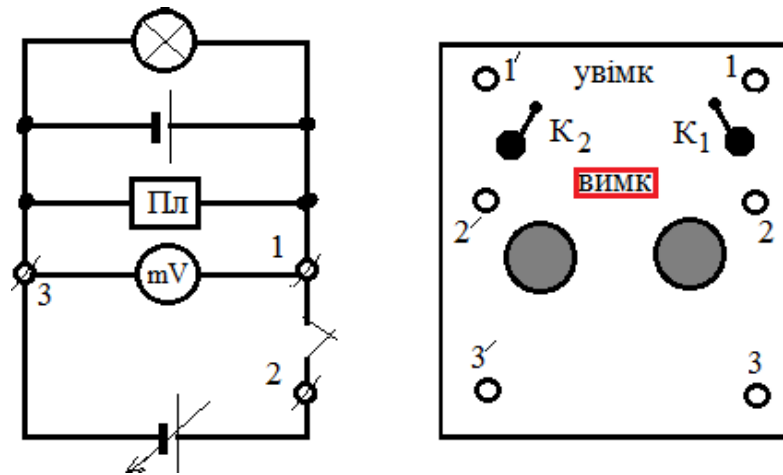


Рис. 7. Схема установки для дослідження залежності ЕРС сонячної батареї від освітленості її поверхні

Таблиця 4.

№ п\п	s (лк)	E_1 (В)	s (лк)	E_2 (мВ)

Контрольні запитання

1. Що називають сонячною батареєю?
2. На яких законах базується принцип дії напівпровідникового світлодіода.
3. В чому полягає дослід Столетова?
4. Які носії заряду у напівпровідникових матеріалах є основними, а які донорними?
5. Що таке запірний шар? Як він виникає?
6. Що називають фотоелектричною коміркою? Принцип її дії.
7. Що називають панеллю сонячної батареї?
8. Які матеріали використовують для виготовлення сонячних батарей?
9. Які втрати сонячної енергії відбуваються в сонячних батареях?
10. Від чого залежить величина е.р.с. сонячної батареї?

Література :

1. Вартабедян В. А. Загальна електротехніка. -К.: Вища школа. Головне видавництво, 1986.
2. Будіщев М.С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка. —Львів: Афіша, 2001. — 424 с.
3. Борко П.М.. Електротехніка: лабораторний практикум. - К.: Вища школа, 1977.
4. Гуржій А.М. Електротехніка з основами промислової електроніки: Підруч. для проф.-тех. навч. закладів/ А.М. Гуржій, А.М. Сільвестров, Н.І. Поворознюк. — К.: Форум, 2002. — 382 с.
5. Иванов А.А. Электротехника, лабораторный практикум. - К.: Вища школа, 1982.
6. Общая электротехника. Программы педагогических институтов, под ред. Тхоржевского Д.А. 1980.
7. Паначевний Б.І., Свергун Ю.Ф. Загальна електротехніка: теорія і практикум. - К.: Каравела, 2003. — 440 с.
8. Пасечник Н.Д. Элементарная электротехника. - К.: Техника, 1964. Л-9.
- Трегуб А.П. Электротехника. - К.: Вища школа, 1987.
10. Бушок Г.Ф. Курс фізики. Фізичні основи / Г.Ф. Бушок, В.В. Левандовський, Г.Ф. Півень. — К.: Либідь, 2001. - 448 с.

Рецензія

Методичні вказівки до лабораторних робіт для здобувачів освітньо-професійного рівня галузь знань 20 “Електрична інженерія” спеціальність 208 “Агроінженерія” денної форми навчання.

Методичне видання складене відповідно до діючої програми курсу «Електротехніка і електрообладнання» з метою організованого проведення лабораторних робіт, містить лабораторні роботи, в яких вказано тему, мету, робочі завдання, програму підготовки до виконання завдань, методичні рекомендації до завдань, контрольні запитання.

Рекомендовано для студентів інженерних спеціальностей денної та заочної форми навчання.