

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КІРОВОГРАДСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ВИННИ ЧЕНКА

**Лабораторний практикум  
з шкільного курсу фізики  
та методики її викладання  
Частина VI  
(для студентів фізико-математичного факультету)**

Кіровоград, 2009

ББК 74.265.2

Л - 12

УДК 53 (07)

Рецензенти: Садовий М.І. – доктор педагогічних наук, професор;

**Величко С.П., Вовкотруб В.П. Лабораторні роботи з шкільного курсу фізики та методики її викладання. Частина VI. Методичні рекомендації для студентів, вчителів і викладачів фізики /За ред.. С.П.Величка. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2009. - с.**

Друкується за рішенням вченої ради Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка  
(протокол №2 від 29 вересня 2008 року)

© Величко С.П.,  
Вовкотруб В.П., 2009

## Зміст

<i>Лабораторна робота №43.</i>	
Лаб. робота «Дослідження математичного маятника».	4
<i>Лабораторна робота №44</i>	
Вивчення джерел вторинного електроживлення.	9
<i>Лабораторна робота №45</i>	
Дослідження роботи електромагнітного реле.	14
<i>Лабораторна робота №46</i>	
4. Визначення залежності опору напівпровідникових фоторезистора і фотодіода від освітленості.	18
<i>Лабораторна робота №47</i>	
5. Дослідження характеристик операційного підсилювача.	19
<i>Лабораторна робота №48</i>	
6. Вивчення осцилографа і застосування його для дослідження періодичних процесів.	23
<i>Лабораторна робота №49</i>	
7. Вивчення треків заряджених частинок за фотознімками.	26
Література	28

*Лабораторна робота №43*  
**Дослідження математичного маятника**

**Обладнання:** 1. Модуль математичного маятника, зібраний на лабораторному штативі з фотодавачем і пусковим електромагнітом.  
2. Модуль – полігон з електронним секундоміром.

**Завдання:** 1. Виконати завдання по вимірюванню періоду коливань маятника та залежності періоду від довжини маятника.

2. Виконати вимірювання часу проходження маятником положення рівноваги і визначити максимальну швидкість руху кульки. Визначити максимальну кінетичну енергію.

3. Виконати необхідні вимірювання і визначити максимальну потенціальну енергію.

4. Порівняти максимальні значення кінетичної і потенціальної енергій, зробити висновки щодо закону збереження і перетворення механічної енергії при здійсненні механічних коливань.

*Короткі теоретичні відомості*

Загальний вигляд полігону до вивчення коливань математичного маятника зображено на рисунку 1.

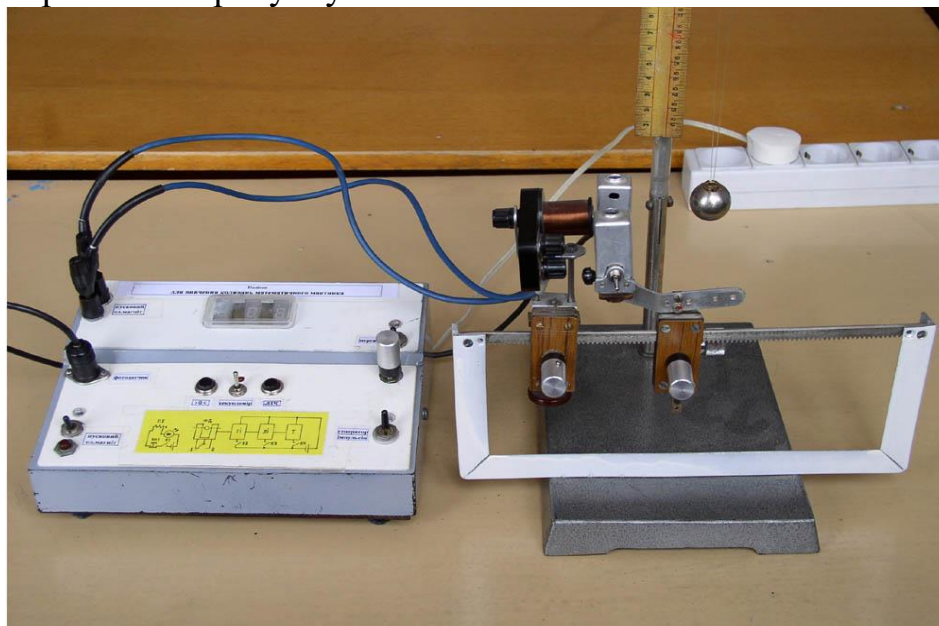


Рис. 1. Експериментальна установка до вивчення механічних коливань математичного маятника.

Зміст наведеного нижче варіанту роботи практикуму по вивченню механічних коливань складає не лише визначення періоду коливань маятника, а й експериментальне вивчення процесу енергетичних перетворень та визначення моменту інерції маятника. До обладнання включено використання лічильника імпульсів у комплекті із генератором імпульсів, що сприяє поглибленню знань і формуванню вмій

використання елементів електроніки, а використання фотодатчика практично відтворює зміст роботи практикуму “Складання і використання фотореле” за шкільними програмами.

Із модулів комплексу саморобних приладів в даній роботі використано: лічильник імпульсів, генератор імпульсів, одновібратор і фотодавач. Відмітимо, що кожний модуль зібраний на базі відповідної мікросхеми. На корпусах встановлені однакові і специфічні гнізда для з'єднання модулів за допомогою спеціальних шнурів з відповідними штекерами через які окрім інформації підводиться і електроживлення від одного модуля до другого. Тож достатньо підвести живлення від джерела лише до одного із сполучених між собою модулів.

Розрядність лічильника залежить від кількості сполучених однорозрядних лічильників, приєднаних до основного модуля з органами керування. Таким лічильником можна підраховувати електричні імпульси подані до його входу. Разом із ввімкненим генератором імпульсів лічильник працює як секундомір. В залежності від положення перемикача на “10 Гц”, або “100 Гц” точність вимірювання часу відповідно 0,1 або 0,01 с.. Також може бути використаний варіант з плавним регулюванням частоти коливань разом із звуковим індикатором роботи генератора. Ввімкнення секундоміра здійснюють або шляхом натискання відповідної кнопки на модулі органів керування, або від ввімкнених до входу давачів. В даній роботі використовується фотодавач, який працює в інфрачервоному діапазоні. В ньому на виході з'являється високий рівень (наруга певної величини), або при закритому фотоприймачі, або при відкритому в залежності від положення на ньому перемикача. Наявність такого стану на вході генератора забезпечує генерацію імпульсів, а отже відлік часу секундоміром.

Для відліку часу між двома черговими короткотривалими спрацюваннями датчика, останній підключається до генератора імпульсів через модуль одновібратора, який являє собою лічильний тригер. Тож при надходженні до входу одновібратора послідовності імпульсів на його виході рівень змінюється на протилежний з кожним черговим імпульсом. Відповідно, якщо фотоприймач фотодатчика буде послідовно то відкриватись, то закриватись – з черговим відкриванням секундомір ввімкнеться, а з наступним – вимкнеться і т. д.

Використання електронних модулів дозволяє досить ефективно і точно виконувати вимірювання в процесі виконання одного коливання маятника, багаторазове повторення досліду, виконання більшої кількості завдань з витратою значно меншого часу.

Період коливань математичного маятника визначається за формулою:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Нехтуючи масою нитки можна вважати, що центр мас знаходиться у центрі кульки. При відхиленні, наприклад, вправо на невеликий кут  $\varphi$ ,

його цент мас зміщується на висоту  $h$  відносно нульового рівня (положення рівноваги), тому маятник одержує потенціальну енергію  $W = mgh$ . Відпустивши, маятник зміщується із зростаючою швидкістю до положення рівноваги в результаті дії на нього рівнодійної сил тяжіння і натягу нитки. Досягнувши положення рівноваги ( $h = 0$ ) потенціальна енергія переходить в кінетичну – швидкість досягає максимального значення  $v_{\max}$ . Рухаючись за інерцією, але вже із спадаючою швидкістю, маятник зміщується вліво, його кінетична енергія переходить в потенціальну. Досягнувши висоти, близької до  $h$ , маятник на мить зупиняється, а потім повторення зміщення у протилежному напрямку з переходом потенціальної енергії у кінетичну і т. д.

Завдання роботи полягає в дослідженні та експериментальній перевірці закономірностей коливань маятника: визначення періоду коливань, порівняння потенціальної і кінетичної енергій в положення рівноваги та при максимальному відхиленні, визначенні моменту інерції та порівнянні одержаних результатів з розрахованими теоретично.

Фотодатчик складається з випромінювача (світлодіода) та фотоприймача (фотодіода). При попаданні випромінювання на фотоприймач на виході фотодатчика в залежності від положення перемикача з'являється або зникає електричний сигнал. Вихід датчика ввімкнений до одновібратора.

Лабораторний лічильник-секундомір зібрано з таких модулів: пульта керування, генератора імпульсів і однорозрядних лічильників. Модулі сполучені між собою за допомогою відповідних колодок і гнізд. В даній роботі використано три однорозрядних лічильники, чим забезпечено вимірювання часу в межах 0,99 с з точністю 0,01 с. Живлення лічильника-секундоміра і електромагніта здійснюється від блоку, розташованого в корпусі модуля.

Для утримання маятника в крайньому відхиленому положенні використано електромагніт. Він вмикається через кнопковий вимикач. Величину відхилення маятника від положення рівноваги  $a$  відраховують за саморобною широкою лінійкою-шкалою, яку розташовують в паралельній площині до руху маятника (рис. 1), тоді для розрахунку вертикального зміщення  $h$  маємо:

$$h = l - \sqrt{l^2 - a^2},$$

а для запасу потенціальної енергії:

$$W_n = mg(l - \sqrt{l^2 - a^2}).$$

Фотодатчик встановлено під точкою підвісу маятника так, щоб промінь випромінювача проходив горизонтально центр мас кульки в положення рівноваги. Для визначення швидкості руху кульки перемикачі фотодатчика і одновібратора знаходяться в положенні І. За таких умов секундомір буде фіксувати час  $t$  перекривання променя кулькою при її

русі. За такий час кулька проходить шлях, рівний її діаметру  $d$ . Середня швидкість кульки в околі положення рівноваги визначається за формулою:

$$v_{\max} = \frac{d}{t},$$

враховуючи проходження кульки вправо і вліво.  
Відповідна кінетична енергія

$$W_{\kappa} = \frac{md^2}{2t^2}.$$

### *Порядок виконання роботи*

1. Зберіть експериментальну установку до вивчення коливань математичного маятника, відповідно до рисунку 2.

2. Встановіть фотодавач для фіксації часу руху маятника в положенні рівноваги. Ввімкніть живлення елементів установки, відхиліть маятник в положення фіксації електромагнітом, переведіть перемикач на фотодавачеві в положення I, встановіть на табло секундоміра нулі.

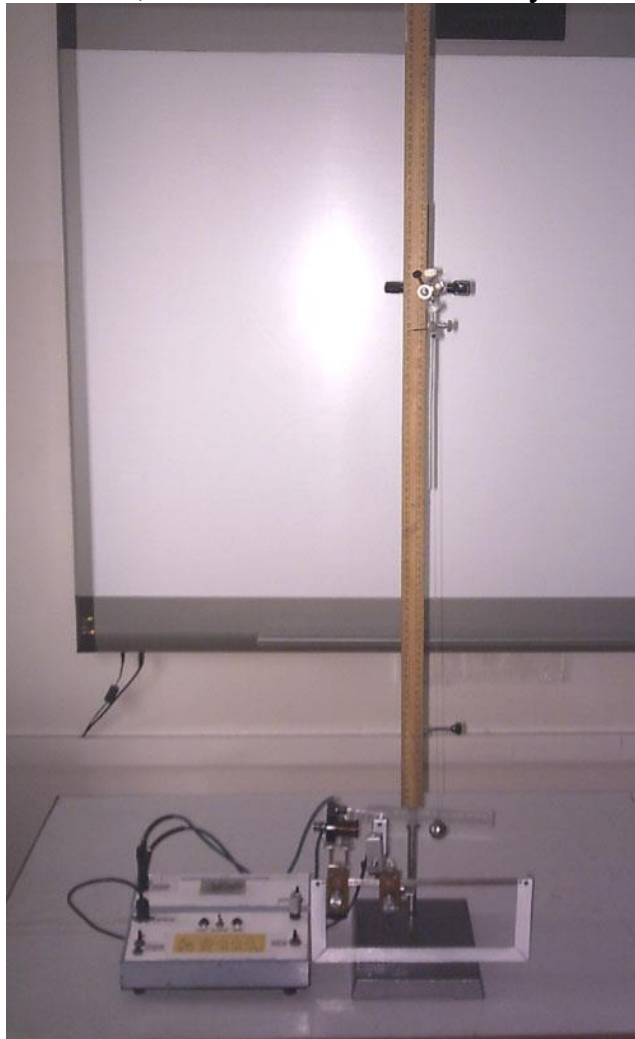


Рис. 2. Загальний вигляд експериментальної установки для вивчення коливань математичного маятника.

3. Виконайте пуск маятника короткотривалим натисненням відповідної кнопки: маятник виконає одне коливання, секундомір зафіксує час проходження маятника через положення рівноваги двічі: вправо і вліво.

4. Повторіть дії пункту 7 2 – 4 рази, фіксуючи кожного разу показання секундоміра, занесіть дані до таблиці.

1. Виміряйте штангенциркулем діаметр кульки маятника, запишіть дані в відповідну колонку таблиці.

2. Перемістіть фотодавач в положення крайнього відхилення маятника, переведіть перемикач на фотодавачі в положення II, встановіть на табло секундоміра нулі.

3. Виконайте пуск маятника: маятник виконає одне коливання, секундомір зафіксує час його перебігу (період). Занесіть дані до таблиці.

4. Виконайте вимірювання амплітуди за шкалою та довжину маятника, визначте вертикальне зміщення маятника для відповідного значення амплітуди, дані занесіть до таблиці.

5. Розрахуйте максимальне значення потенціальної і кінетичної енергії, порівняйте їх, зробіть висновки.

6. Виконайте розрахунки похибок до визначених величин.

#### *Контрольні запитання*

1. Як залежить період математичного маятника від маси вантажу?

2. Як залежить період математичного маятника від довжини маятника?

3. За якою формулою розраховують максимальну кінетичну енергію коливань маятника?

4. За якою формулою розраховують максимальну потенціальну енергію коливань маятника?

5. Запишіть формулу для визначення зміщення по вертикалі маятника за максимального зміщення від положення рівноваги?

6. Чому при визначенні максимальної швидкості маятника двічі враховують величину діаметра кульки?

7. В яких двох режимах функціонує фотодавач, встановлений на експериментальній установці?



*Лабораторна робота №44*  
Вивчення джерел вторинного електроживлення.

*Мета:* вивчити фізичні принципи будови і дії основних джерел вторинного електроживлення (ДВЕ), дослідити основні особливості роботи.

*Обладнання:*

1. Лабораторний модуль для складання і дослідження роботи одно- і двоперіодного напівпровідникових випрямлячів змінного струму.
2. Лабораторний модуль для дослідження роботи двохполярного джерела живлення.
3. Лабораторний модуль для дослідження роботи джерела живлення стабілізованої напруги;
4. Низьковольтне джерело змінного струму (на 4-8 В);
5. Осцилограф лабораторний.
6. Вольтметри постійного і змінного струму (мультиметр).
7. З'єднувальні провідники і шнури.

*Короткі теоретичні відомості.*

Живлення електронних пристроїв здійснюється від джерел вторинного електроживлення (ДВЕ). До їх складу входять: силовий трансформатор  $Tr$ , випрямляч  $D$ , фільтр  $ЗФ$ , стабілізатор  $Ст$ .

Первинна обмотка силового трансформатора вмикається в мережу, з вторинної обмотки знімають струм потрібної напруги;

Випрямляч, збирають з одного чи сукупності діодів  $D$ . На базі одного діоду збирають однонапівперіодний випрямляч, а на 2-х, або 4-х - двохнапівперіодний (зокрема мостовий) випрямляч.

Фільтр  $ЗФ$  зменшує пульсації випрямленої напруги до необхідних значень. Досить поширеним є фільтр, який складається з резистора, що вмикається в коло послідовно, і конденсатора, ввімкненого паралельно до навантаження. Зменшення пульсацій відбувається тому, що при зростанні напруги в колі діод відкритий і через нього відбувається заряджання конденсатора, завдяки чому стрімкість зростання напруги на навантаженні стає значно пологішою. А під час спадання напруги в колі діод закритий, конденсатор навпаки розряджається, компенсуючи частково спад напруги на навантаженні. Разом і на резисторі  $R_{\phi}$  відбувається більший спад змінної ніж постійної складової напруги.

Стабілізатор  $Ст$  підтримує незмінною напругу споживача за умов змін напруги в мережі або опору навантаження. Нині виготовляють стабілізатори у вигляді мікросхем відповідно до значення необхідної стабілізованої напруги. В даній лабораторній роботі використано мікросхему КРЕН 5А, яка забезпечує стабільною напругу значенням 5 В.

Загальна структурна схема ДВЕ наведена на рис. 1. В залежності від умов і потреб в ДВЕ можуть бути відсутніми певні елементи, що частково і досліджують в процесі виконання роботи.

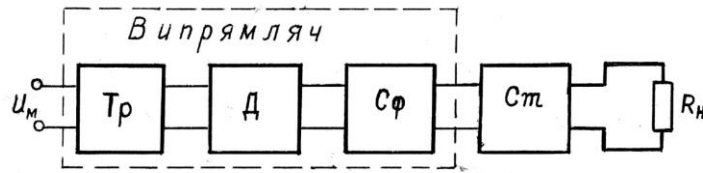


Рис. 1.

Лабораторний модуль для складання і дослідження роботи одно- і двоперіодного напівпровідникових випрямлячів змінного струму являє собою корпус з верхньою робочою поверхнею, на нижній частині якої вмонтовані два ряди контактних гнізд. В корпусі вмонтовано понижувальний силовий трансформатор, кінці вторинної обмотки якого приєднані до крайніх лівих гнізд верхнього і нижнього рядів на робочій поверхні. До кожної пари протилежно розташованих гнізд приєднані напівпровідникові діоди (4 шт.), конденсатори (2 шт.) і резистор навантаження, які з'єднують провідниками за необхідною схемою. Загальний вигляд модуля зображений на рис. 2.

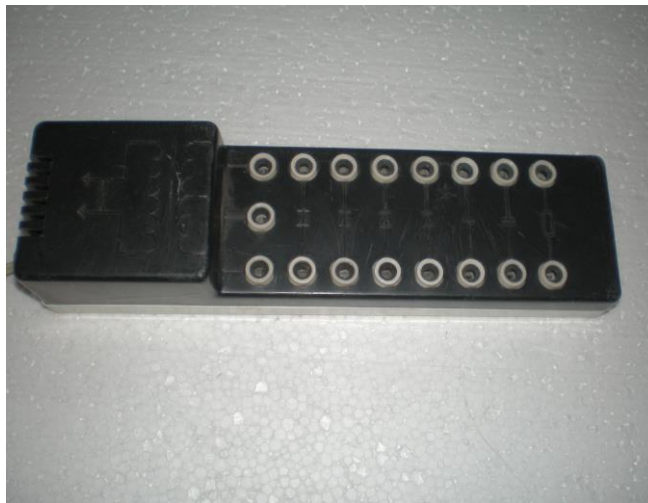


Рис. 2.

Лабораторний модуль для дослідження роботи джерела живлення стабілізованої напруги зображений на рис. 3, а принципова схема на рис. 4. На верхній робочій панелі розташоване таке джерело живлення, зібране за допомогою колодок з контактними штирями, до яких приєднані елементи і окремі вузли електричних ланцюгів : напівпровідниковий випрямляючий міст

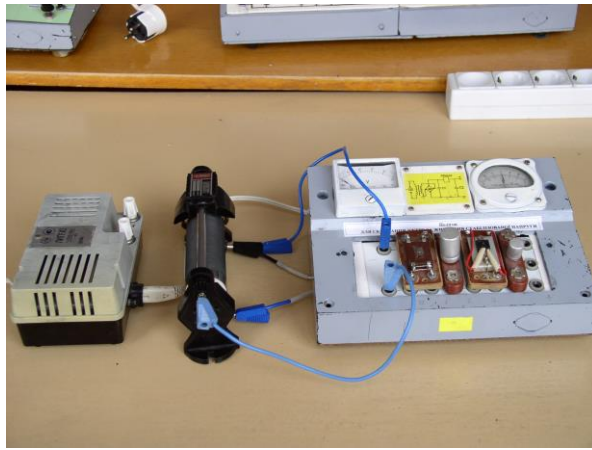


Рис. 3.

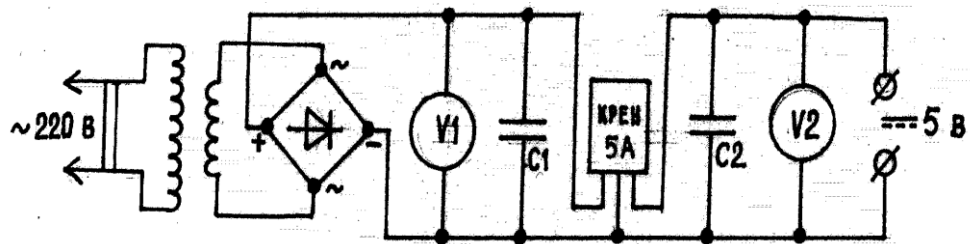


Рис. 4.

двохнапівперіодного випрямляча, 2 електролітичних конденсатори на 20 мкФ і 100 мкф, розрахованих на напругу 50 В, мікросхема КРЕН 5А, 2 одноватних резистори 200 Ом і 500 Ом, колодки із з'єднаними провідником штирями. Вище розташовані два вольтметри: змінного і постійного струму. Лівий вольтметр (змінного струму) підключений до вихідних гнізд вторинної обмотки трансформатора). Правий вольтметр підключений до навантажувального резистора (до виходу ДВЕ). При виконанні роботи до крайніх лівих гнізд подають регульований змінний струм напругою 0 - 12 В.

Ряд електронних пристроїв живлять двополярною напругою. Принципова схема приставки для одержання двополярної напруги із однополярної зображена на рис. 5.

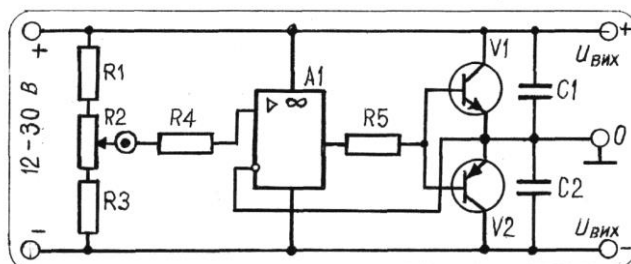


Рис. 5.

Для дослідження відповідного ДВЕ використовується модуль зображений на рис. 6.



Рис. 6.

*Виконання роботи:*

**I. Складання однонапівперіодного випрямляча і дослідження його роботи.**

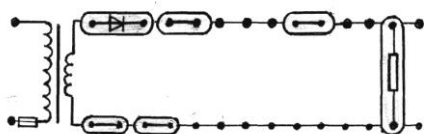


Рис. 7.

1.1. Зберіть однонапівперіодний випрямляч за рис. 7.

1.2. Підключіть полігон до мережі.

1.3. Виміряйте напругу на вході і виході випрямляча, результати занесіть до звіту.

1.4. Зніміть осцилограму випрямленого струму і перенесіть до звіту.

1.5. За одержаними результатами і осцилограмою зробіть висновки щодо якості випрямленого струму і можливого застосування таких випрямлячів.

**II. Складання двонапівперіодного випрямляча і дослідження його роботи.**

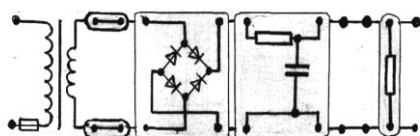


Рис. 8.

2.1. Зберіть двонапівперіодний випрямляч за рис. 8.

2.2. Підключіть полігон до мережі.

2.3. Виміряйте напругу на вході і виході випрямляча, результати занесіть до звіту.

2.4. Зніміть осцилограму випрямленого струму і перенесіть до звіту.

2.5. Підключіть між виходом випрямляча і навантаженням RC-фільтр і зніміть осцилограму напруги навантаження.

2.6. За одержаними результатами і осцилограмами зробіть висновки щодо якості випрямленого струму.

**III. Дослідження роботи ДВЕ стабілізованої напруги.**

3.1. Зберіть ДВЕ за рис. 9.

3.2. Підключіть вольтметри до виходу джерела змінного струму і виходу випрямляча.

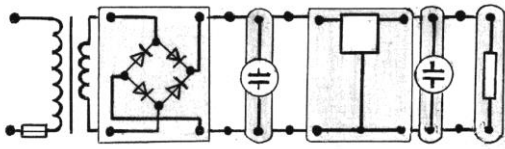


Рис. 9.

3.3. Введіть повністю реостат і ввімкніть струм.

3.4. Змінюючи напругу на вході з допомогою реостата до повного його виведення, знімайте показання вольтметрів через кожні 0,5 В,

результати заносьте до звіту.

3.5. Повторіть вимірювання зворотного напрямку зміни входньої напруги до повного введення реостата, результати занесіть до звіту.

3.6. Відключіть полігон від мережі, розберіть установку.

3.7. За одержаними даними побудуйте графік залежності вихідної напруги до входньої.

3.8. За графіком зробіть висновки щодо значення стабілізованої напруги та її дотримання за умов збільшення і зменшення входньої напруги.

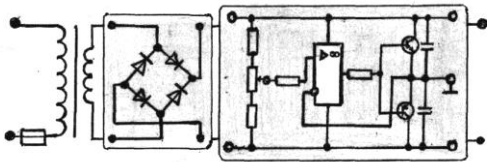


Рис. 10.

#### IV. Дослідження роботи ДВЕ двополярної напруги.

4.1. Зберіть ДВЕ для одержання двополярної напруги за рис. 10.

4.2. Підключіть полігон до джерела електроживлення (тумблер

розташований на правій бічній стороні модуля).

4.3. Виміряйте напругу на вході приставки, результати занесіть до звіту.

4.4. Підключіть вольтметр до вихідних клем « $U_{\text{вих}+} - 0$ », а потім до клем « $0 - U_{\text{вих}}$ » дотримуючись полярності ввімкнення. За умови використання мультиметра про зміну полярності вихідної напруги свідчить знак «мінус», що з'являється чи зникає зліва на табло.

4.5. Зміщуючи повзунок змінного резистора  $R_2$  в допустимих межах, вимірюйте значення вихідної напруги на кожній парі клем і визначте їх суму.

4.6. Включіть вольтметр до гнізд « $U_{\text{вих}+} - U_{\text{вих}-}$ ». Повторіть вимірювання за можливих положень повзунка резистора  $R_2$ .

4.9. За результатами аналізу і порівняння вимірювань зробіть висновки щодо особливостей роботи і призначення двополярного ДВЕ.

#### Контрольні запитання

1. Які навчальні прилади, пристосування, модулі деталі потребують сучасні навчальні фізичні кабінети і лабораторії?

2. Де використовують стабілізовані джерела електроживлення ?

3. Де використовують двох полярні джерела живлення?

4. Які відмінності у конструкціях двохнапівперіодних випрямлячів, зібраних за схемою із середньою точкою та містковою схемою?

5. Накресліть принципову схему випрямляча (місткова схема).

6. Що являє собою осцилограма випрямленого струму одноперіодним випрямлячем?

*Лабораторна робота №45*  
**Дослідження роботи електромагнітного реле.**

*Мета:* Дослідити параметри електромагнітного реле.

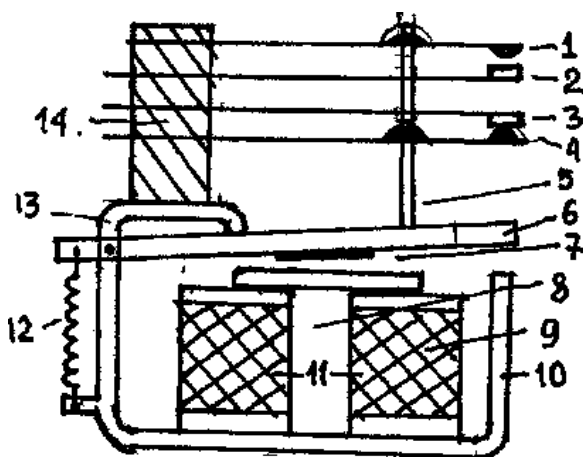
*Обладнання:* Модуль для вивчення роботи електромагнітного реле.

*Короткі теоретичні відомості*

Реле – це пристрій, який перетворює поступову зміну вхідної величини в стрибкоподібну зміну вихідної величини. За видом фізичних величин розділяють електричні, механічні, теплові, оптичні, магнітні, акустичні реле.

Електричні реле – це пристрої, в яких вхідну електричну величину (струм, напругу, частоту) перетворюють в механічне переміщення рухомої частини, зв'язаної з контактною системою. Тому таке реле часто називають електромеханічним. При подачі до входу сигналу певної величини механічне переміщення рухомої частини реле забезпечує замикання або розмикання контактів, ввімкнених в керуюче коло.

Рис. 1. Нейтральне реле з поворотним якорем. 1.- замикаючий рухомий контакт; 2 - замикаючий контакт; 3- розмикаючий нерухомий контакт; 4- розмикаючий рухомий контакт; 5 - тяга;



6 - якорь; 7- штифт; 8 – осердя; 9 – каркас з обмоткою; 10 – ярмо; 11 – виводи обмотки; 12 – повертаюча пружина; 13 – опорна скоба; 14 – колодка; 15 – виводи контактів.

За родом вхідного струму електромагнітні реле бувають постійного та змінного струмів. Реле постійного струму в свою чергу діляться на нейтральні (робота яких не залежить від полярності вхідного сигналу) і поляризовані реле, (робота яких залежить від полярності). На рис. 1 зображено будову реле з поворотним якорем.

Магнітопровід, що складається з ярма (корпусу) 10, осердя 8 і якоря 6 виготовлене із магнітом'якої сталі (наприклад, сталі марки 3А). На осерді розміщено каркас з обмоткою 9. В нормальному стані, тобто при відсутності струму в обмотці, якорь максимально віддалений від осердя і під дією поворотної пружини 12 і контактних пружин рухомих контактів 1 і 4 фіксуються опорною скобою 13. При цьому пара контактів 1 і 2 розімкнуті, а пари 3 і 4 - замкнуті.

При протіканні через обмотку електричного струму якорь притягується до осердя електромагнітним зусиллям, переборюючи дію механічних сил пружини і через тягу 5, діючи на рухомі контакти, замикає контакти 1 і 2 і розмикає контакти 3 і 4. Для повернення якоря в попереднє положення після

вимкнення струму використовується поворотна пружина 12 і латунний штифт 7, який запобігає замкненню якоря внаслідок залишкового магнетизму в магнітопроводі.

Властивості реле можна описати різними параметрами. Зокрема для аналізу роботи реле застосовують часові діаграми. За рахунок індуктивності котушки струм в ній збільшується або зменшується не миттєво, а поступово. Це визначає час спрацювання і час відпускання реле.

*Час спрацювання реле ( $t_{спр.}$ )* - проміжок часу від подачі на вхід сигналу до початку дії сили на керуючу ланку. За часом спрацювання розрізняють нормальні реле (50 - 150 мс); швидкодіючі (< 50 мс), уповільнені (0,15-1 с) і реле часу (>1 с). Допустима величина  $t_{спр}$  визначається потрібною швидкістю передачі сигналу.

*Час відпускання реле ( $t_{відп.}$ )* - проміжок часу між подачею до входу сигналу відпускання та початком дії на керуючу ланку.

В автоматичі часто з'являється потреба зміни часу спрацювання і часу відпускання реле. Для цього використовуються електромагнітні реле в сукупності з конденсаторами і активними опорами (так звані схемні методи). В основі принципу їхньої дії лежить зміна тривалості перехідних процесів в обмотці реле.

Для прискорення спрацювання реле послідовно з обмоткою включається опір  $R_d$  і одночасно підвищується напруга живлення так, щоб робочий струм реле  $I_p$  не змінився (рис 2).

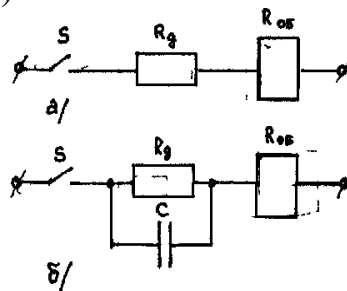


Рис. 2. Схеми прискорення спрацювання реле.

Пояснюється це тим, що збільшення струму в обмотці відбуваються швидше ніж без додаткового опору.

Для зменшення часу спрацювання досить широко застосовують схему з конденсатором  $C$ , приєднаним паралельно додаткового опора  $R_d$ . (рис. 2 б). При замиканні вимикача  $S$  струм перехідного процесу проходить через конденсатор  $C$  в обхід  $R_d$ . Після заряджання конденсатора струм зменшується до  $I_p$ .

Для уповільнення спрацювання паралельно котушці реле підключають конденсатор (рис. 3).

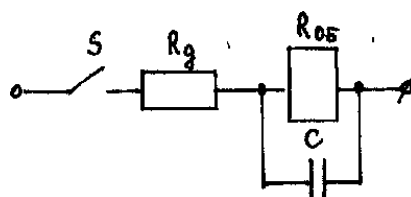


Рис. 3. Схема уповільнення спрацювання реле.

При ввімкненні перемикача  $S$  струм перехідного процесу спочатку проходить через конденсатор  $C$  в обхід обмотки реле. У кінці перехідного процесу, коли конденсатор зарядиться, струм починає проходити через обмотку. Таким чином досягається уповільнення спрацювання реле, пропорційне ємності конденсатора  $C$ . Додатковий резистор обмежує струм в початковий момент.

Всі схеми уповільнення відпускання реле основані на використанні енергії, накопиченої в магнітному полі котушки для підтримання струму після розриву кола живлення реле (рис. 4). В схемі після розмикання кола

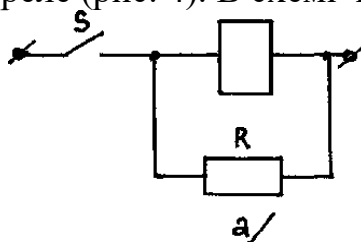


Рис. 4. Схеми уповільнення відпускання реле.

живлення обмотки реле магнітний потік, що зменшується, наводить в обмотці  $E.P.C.$  самоіндукції під дією якої в колі обмотки і опори  $R$  тече струм, що утримує якір в притягнутому стані. Така схема характерна додатковими втратами потужності на опорі  $R$ . Цього не відбувається в схемі послідовно з опором ввімкнено діод  $V$ .

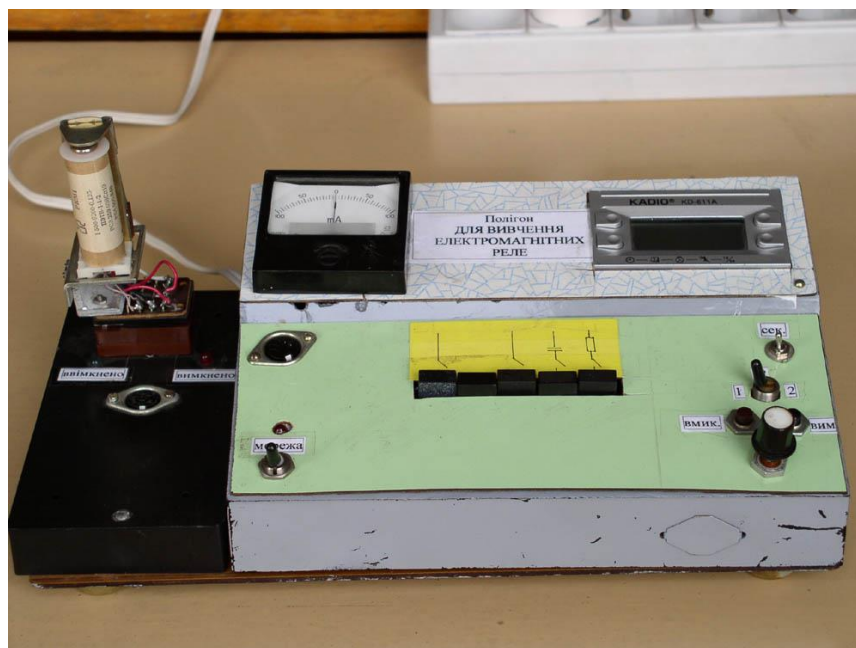


Рис. 5.

Загальний вигляд полігону для дослідження роботи електромагнітного реле зображено на рис 5. На поверхні полігону розміщені: роз'єм для підключення колодки з реле, міліамперметр, секундомір та органи керування – кнопки «ввім.» і «вимк.», ручка регулювача напруги живлення обмотки реле, 5 клавiш перемикача виду завдання, тумблер ввімкнення загального



живлення полігону, перемикач і кнопки керуванням станом секундоміра. Біля органів керування виконано відповідне маркування, зокрема, відповідно до кожної клавіші перемикача виду завдання зображено елемент принципової схеми, аналогічних до тих, що на рис. 2-4. Полігон живиться від мережі, до досліджуваних реле і органів керування підведений струм напругою, що не перевищує 24 В.

#### Порядок виконання роботи

1. Вивчити принципи дії, конструктивні особливості електромагнітних реле, ознайомитися з макетом і приладами, що використовуються в роботі.

2. Приєднати модуль до джерела живлення (мережі).

3. Виведіть регулював напруги в крайнє ліве положення і ввімкніть струм. Повільно зменшуючи, а потім збільшуючи напругу, за показаннями міліамперметра визначіть струм спрацювання і струм відпускання реле. Розрахуйте коефіцієнт повернення реле.

4. Дослідити схемні методи прискорення і уповільнення спрацювання та сповільнення відпускання реле.

5. Виконайте вимірювання часу ввімкнення реле. Для цього переведіть перемикач в положення I, встановіть на табло секундоміра нулі, введіть напругу. Тепер різко натисніть на кнопку «ввік» і відпустіть: з натиском ввімкнеться секундомір, а коли спрацює реле (ввімкнеться), секундомір вимкнеться, зафіксувавши на табло час спрацювання.

6. Виконайте вимірювання часу вимкнення реле. Для цього переведіть перемикач в положення II, встановіть на табло секундоміра нулі, введіть напругу і ввімкніть реле. Тепер різко натисніть на кнопку «вимк» і відпустіть: з натиском ввімкнеться секундомір, а коли спрацює реле (вимкнеться), секундомір вимкнеться, зафіксувавши на табло час вимкнення.

6. Результати вимірювань занести до таблиці I.

Таблиця I.

$I$ ввімкнення	$I$ вимкнення	$t$ спрацювання	$t$ відпускання

#### *Контрольні запитання*

1. Для чого використовують електромагнітні реле?
2. Яка причина запізнення ввімкнення реле після прикладення до обмотки напруги?
3. Яка причина запізнення вимкнення реле після відключення напруги від обмотки реле?
4. Про що свідчать світіння світлодіодів, розташованих близько біля реле?  
Які функції виконує осердя електромагніта?

**Визначення залежності опору напівпровідникових фоторезистора і фотодіода від освітленості.**

- Мета:* Дослідити залежність опору напівпровідників від освітленості.
- Обладнання:*
1. Джерело постійного струму.
  2. Міліамперметр 43125-У (або мультиметр).
  3. Вольтметр 43123-У (або мультиметр).
  4. Мультиметр.
  5. Освітлювач.
  6. Набірне поле «Школяр».

*Виконання роботи*

1. Складіть електричне коло за схемою, зображеною на рис. 33 (див. інструкцію до набірної плати «Школяр»). Загальний вигляд установки показаний на рис. 34 (там же).
2. Замкніть вимикач. Дослідіть залежність опору фоторезистора від відстані до джерела світла, зафіксувавши показання вольтметра і амперметра за зміни відстані через кожні 3-5 см. Результати вимірювань занесіть до таблиці звіту.
3. За вимірними значеннями розрахуйте опір напівпровідника (фоторезистора).
4. Вимкніть струм. Складіть електричне коло з фотодіодом, зображене на рис. 35 (там же). Для вимірювання опору використовуйте мультиметр.
5. Дослідіть залежність опору фотодіода від освітленості. Зафіксуйте значення опору фотодіода для послідовності відстаней до джерела світла.
6. За результатами вимірювань побудуйте графік залежності опору фотодіода від відстані до джерела світла.
7. Зробіть висновки.

*Контрольні запитання*

1. Запишіть рівняння Ейнштейна для фотоефекту.
2. Яка причина зміни опору напівпровідників від зміни освітленості?
3. Як змінюється густина потоку випромінювання із зміною відстані до джерела світла?
4. Чому значення опору напівпровідника розраховані через прикладену напругу і пропущений струм відрізняються від значень вимірних омметром (мультиметром)?
5. Чим різняться фоторезистор і фотодіод?

*Лабораторна робота №47*  
**Дослідження характеристик операційного підсилювача.**

- Обладнання:* 1) полігон для вивчення електронних підсилювачів;  
2) двополярний блок живлення;  
3) генератор низькочастотних електричних коливань лабораторний;  
4) цифрові вольтметри (або два мультиметри, вмонтованих на полігоні);  
5) з'єднувальні шнури і провідники;

*Короткі теоретичні відомості*

З різноманітних підсилювачів електричних сигналів операційні підсилювачі, які виготовляються за інтегральною технологією, є найбільш універсальними. Поєднані зі схемами зворотного зв'язку, вони призначені для виконання різних операцій над аналоговими й імпульсними величинами. Такі пристрої широко застосовуються не лише як підсилювачі, а й у різних генераторах, джерелах еталонної напруги, компараторах, активних фільтрах, електронних ключах тощо. Характерні досить малими габаритами і масою вони здатні працювати в діапазоні температур  $-60 - +125^{\circ}\text{C}$ . Коефіцієнт підсилення становить  $10^6$  і вищий для сигналів частотою від нуля до кількох мегагерц. Разом з тим такі підсилювачі дешеві і доступні для широкого використання, а термін експлуатації перевищує 20 років.

Операційні підсилювачі мають низький вхідний опір, кола захисту на вході від надмірно високої напруги і на виході від надмірно високої сили струму. Живляться вони від симетричних двохполярних джерел живлення напругою від  $\pm 5$  до  $\pm 27\text{В}$ . Останнім часом частіше використовують струми з напругою  $\pm 5$  і  $\pm 15\text{В}$ .

Операційні підсилювачі характеризуються тими ж параметрами, що й інші підсилювачі. Знання параметрів дозволяє швидко і грамотно проектувати різні електронні блоки і пристрої, виконані на базі таких підсилювачів, які запобігають експлуатацію в недопустимих режимах.

На рис. 1 подано умовне позначення операційного підсилювача. Він має два входи і один вихід. Вхід, до якого прикладається напруга, зсунута за фазою на  $180^{\circ}$  відносно вихідної напруги, називається інвертуючим і позначається кружком. Другий вхід є неінвертуючим, напруга, яка до нього прикладається, за фазою співпадає з вихідною напругою.

На рис. 2 зображена вигляд однієї із найвагоміших характеристик – амплітудної (передаточної) характеристики, що являє собою залежність вихідної напруги від вхідної  $U_{\text{вих}}=f(U_{\text{вх}})$  за нульової частоти. Крива 1 відповідає залежності вихідної напруги від напруги, прикладеної до інвертуючого входу, а крива 2 — до неінвертуючого. Такі характеристики одержують за умови прикладання напруги до одного із входів і відсутності напруги на другому вході. Похила ділянка кривих підкреслює лінійність досліджуваної залежності.

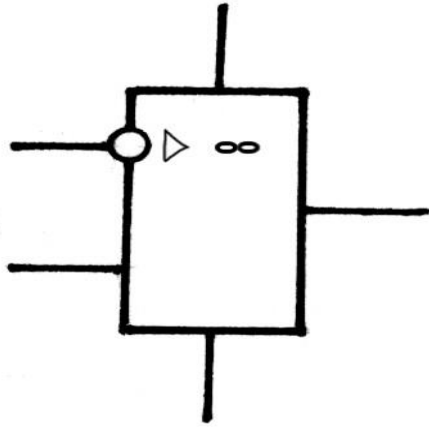


Рис. 1.

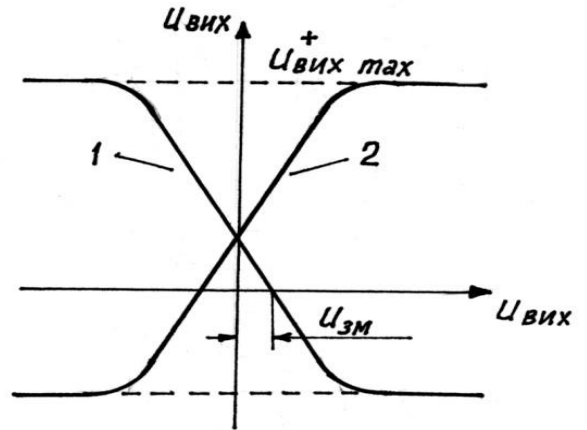


Рис. 2.

Горизонтальні ділянки кривих відповідають режимам роботи, для яких вхідна напруга виходить за межі лінійної ділянки передаточної характеристики. Значення вихідної напруги  $U_{вих.max}^+$  і  $U_{вих.max}^-$ , що характеризують ці ділянки, здебільшого на 1 – 2 В менші значень напруги живлення.

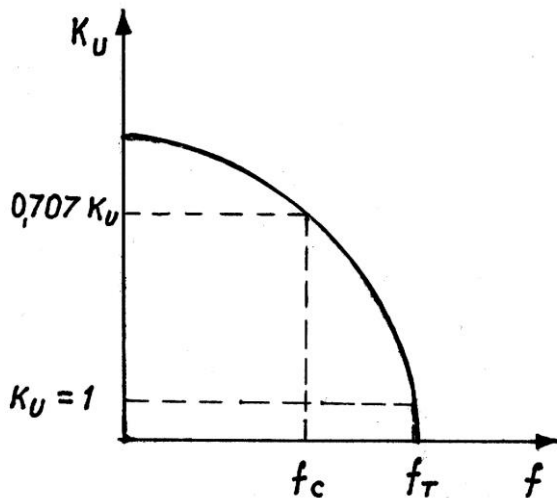


Рис. 3

Коефіцієнт підсилення  $K_U$  - це відношення приросту вихідної напруги до відповідного приросту вхідної напруги.

Напруга зміщення  $U_{зм}$  визначається значенням вхідної напруги, якій відповідає нульовому значенню вихідної напруги.

Підсилення сигналів різних частот визначається амплітудно-частотною характеристикою, яка зображена на рис. 3. З останньої визначають частоту зрізу  $f_{зр}$  (значення частоти, якій відповідає зниження модуля коефіцієнта підсилення в  $\sqrt{2}$  разів) і частоту одиничного підсилення  $f_m$  (значення частоти, якій відповідає коефіцієнт підсилення рівний одиниці). Для зняття амплітудно-частотної характеристики збирається схема інвертуючого, або неінвертуючого підсилювача. Вхідну напругу (значеннями 1-10 мВ) прикладають з виходу генератора низької частоти.

Одним з електронних пристроїв, зібраних на базі операційного підсилювача, є суматор. Він дозволяє одержати на виході напругу, рівну сумі

значень напруги, прикладених до входів, тобто  $U_{вих} = K_{U_{33}}(U_1 + U_2 + U_3)$ , де  $K_{U_{33}}$  – коефіцієнт підсилення.

Варіант експериментальної установки, зібраної на базі полігону, зображений на рис. 4. На ньому виділено модулі операційного підсилювача,

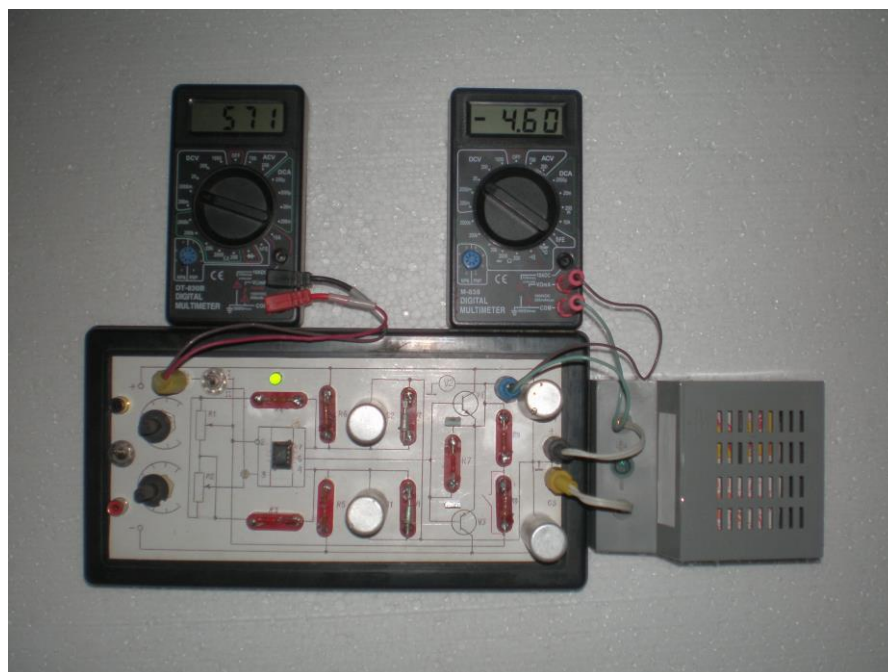


Рис. 4.

ланцюгів зворотного зв'язку. Зліва і справа розташовані гнізда для приєднання двополярного джерела живлення (для зручності такі контакти, експериментатор може обирати зручний для нього варіант). Ввімкнення живлення здійснюють ключем SA1. Біля верхнього краю розташовані гнізда для приєднання цифрових вольтметрів. До гнізда V1 приєднують вольтметр для вимірювання напруги на інвертуючому і неінвертуючому входах підсилювача. Підключення того, чи іншого з них здійснюється перемикачем SA2, а зміну рівнів вхідних сигналів здійснюють змінними резисторами R1 і R2.

Модулі двополярного живлення та генератора низькочастотних коливань виконані окремими блоками. Їх приєднують до полігону шнурами із специфічними штекерами, чим забезпечується однозначність виконання таких маніпуляцій.

Для збирання і дослідження роботи суматора використовують джерело живлення з можливістю одночасного одержання кількох значень низьковольтної напруги постійного струму.

#### *Виконання роботи*

1. Приєднати полігон до блоку модуля живлення відповідними шнурами.

2. Приєднати мультиметри до відповідних гнізд: на мультиметрі для вимірювання напруги вхідних сигналів перемикач встановити в положення для вимірювання напруги в межах 0-2000 мВ, на мультиметрі для вимірювання напруги вихідного сигналу – в межах 0-20 В.

3. Встановити повзунки резисторів R1 і R2 в середнє положення. Ввімкніть струм ключем SA1.

4. Плавнo змінюйте резистором R1 напругу сигналу на інвертуючому вході, для послідовності значень з кроком 2 мВ відмічайте відповідні показання напруги вихідного сигналу. Запишіть результати вимірювань до таблиці.

5. Вимкніть струм. Встановити повзунки резисторів R1 і R2 в середнє положення.

6. Ввімкніть струм. Плавнo змінюйте резистором R2 напругу сигналу на неінвертуючому вході, для послідовності значень з кроком 2 мВ відмічайте відповідні показання напруги вихідного сигналу. Запишіть результати вимірювань до таблиці.

7. За значеннями вимірювань побудуйте графік залежності  $U_{вих}=f(U_{вх.})$  За виконаним графіком розрахуйте коефіцієнт підсилення за формулою

$$K_n = \frac{\Delta U_{вих}}{\Delta U_{вх.}}$$

7. За графіком визначте значення напруги зміщення, результати занесіть до таблиці. Вимкніть живлення установки.

8. Зробіть висновки щодо призначення і характеристик операційного підсилювача.

#### *Контрольні запитання*

1. З яких основних вузлів складається операційний підсилювач?
2. Що розуміють під коефіцієнтом підсилення? За якою формулою його розраховують?
3. Що розуміють під напругою зміщення?
4. Які два входи має ОП?
5. Яке джерело електроживлення використане в експериментальній установці?

## Лабораторна робота №48

Вивчення осцилографа і застосування його для дослідження періодичних процесів.

Обладнання: 1. Осцилограф лабораторний;  
2. Генератор лабораторний;  
3. Експериментальне поле для складання одно- і двоперіодного випрямлячів.

### Короткі теоретичні відомості

**Осцилограф** призначений для спостереження залежності величини, яка швидко змінюється з часом; залежності однієї величини, що коливається, від іншої; для вимірювання частоти періодичних процесів, малих проміжків часу і ін.

Для одержання на екрані графіка залежності якої-небудь величини від часу на вхід Y подається напруга, пропорційна цій величині, а на вхід X – напруга, пропорційна часу. Така напруга генерується в генераторі розгортки, який є в самому осцилографі. Якщо досліджувана величина являє собою періодичний сигнал. То використовується генератор неперервної розгортки. Він приєднується до входу X зсередини. В результаті промінь рівномірно зміщується вправо. Дійшовши до кінця, він повинен швидко повернутись у початкове положення і відразу ж знову розпочати рух вправо. Це забезпечується тим, що напруга в кінці циклу відразу спадає до нуля, а потім зростає пропорційно часу (рис. 6).

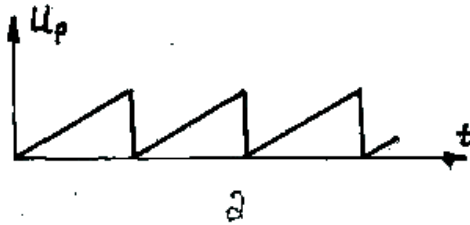


Рис. 6.

При вимкненому генераторі розгортки промінь під впливом напруги, прикладеної до входу Y здійснюватиме коливання вгору і вниз.

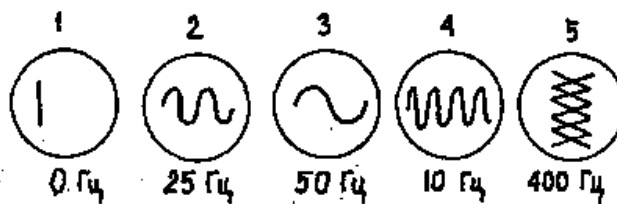


Рис.7.

Якщо ввімкнути розгортку, то промінь одночасно буде зміщуватись з постійною швидкістю вправо, виконуючи зображення залежності напруги, прикладеної до входу Y, від часу (рис.7). Частоту розгортки (тобто

швидкість руху променя вправо) можна змінювати. Якщо частота розгортки більша частоти сигналу, то на екрані буде суцільна мало наочна картина. Тому рекомендується розпочинати дослідження сигналу, подаючи спочатку малу частоту розгортки. Картина на екрані буде стійкою лише в тому випадку, якщо частота сигналу кратна частоті розгортки. В противному випадку зображення буде “бігати” по екрані. Зупинити зображення можна за допомогою спеціального пристрою, що називається каналом синхронізації. Якщо пристрій ввімкнено, то частоту розгортки можна підбирати не так ретельно.

Для вимірювання напруги з допомогою осцилографа слід врахувати, що перш ніж потрапити на пластини, змінна напруга, прикладена до входу  $Y$ , ділиться в певну кількість разів подільником (якщо напруга завелика) або підсилюється (якщо вона замала). Таким чином висота зображення на екрані визначається і величиною самого сигналу і положенням регуляторів подільника та підсилювача.

За допомогою осцилографа можна виміряти частоту синусоїдальних коливань. Для цього напругу невідомої частоти  $f_y$  подають на вхід  $Y$ , а на вхід  $X$  подається синусоїдальна напруга відомої частоти  $f_x$  від спеціального генератора (наприклад звукового). В результаті промінь буде коливатись у двох взаємно перпендикулярних напрямках. На екрані одержиться одна з фігур Ліссажу. За нею можна визначити в скільки разів  $f_y$  відрізняється від  $f_x$ . Якщо  $f_x=f_y$ , то одержиться пряма або еліпс, в залежності від зсуву фаз  $\varphi$ . Якщо  $f_y=2f_x$ , одержиться фігура типу вісімки (або лежачої вісімки), потрійної вісімки і т.д. Кількість кілець фігури відповідає відношенню частот.

В осцилограф можуть бути вмонтованими вузли і блоки, які розширюють можливості вимірювань.

### Виконання роботи

1. Ознайомитись з призначенням і особливостями використання обладнання, наведеного в переліку до даної роботи.

#### *І. Дослідження роботи осцилографа*

2. Скласти установку, приєднавши до входу осцилографа гнізда експериментального поля зі змінною низьковольтною напругою. Ручками регуляторів встановіть на екрані стійку картину графіка змінного струму промислової частоти, відобразіть графік у звіті.

3. Приєднайте до гнізд низьковольтної напруги однонапівперіодний випрямляч. З виходу випрямляча сигнал подайте до входу осцилографа. Встановіть чітку і стійку картину осцилограми пульсуючого струму, відобразіть вигляд графіка у звіті.

4. Приєднайте до гнізд низьковольтної напруги двонапівперіодний випрямляч. З виходу випрямляча сигнал подайте до входу осцилографа. Встановіть чітку і стійку картину осцилограми випрямленого струму, відобразіть вигляд графіка у звіті.



5. Приєднайте до виходу двонапівперіодного випрямляча фільтр, а з виходу останнього сигнал подайте до входу осцилографа. Встановіть чітку і стійку картину осцилограми, відобразіть вигляд графіка у звіті.

6. За одержаними осцилограмами зробіть висновок щодо графічного відображення певних параметрів електричних сигналів.

7. Ввімкніть до входу осцилографа вихід генератора звукових коливань (рис. 7). Змінюючи частоту виходу з генератора, одержіть на екрані осцилографа фігури Ліссажу. Занесіть до звіту дані про частоту розгортки та частоту досліджуваного сигналу.



Рис. 7.

#### *Контрольні запитання*

1. Які осцилограми струму чи напруги ви спостерігали на екрані осцилографа в процесі виконання роботи?
2. Від чого залежить кількість усталених періодів синусоїд напруги на екрані?
3. Чому під час роботи трансформатор треба розміщувати не дуже близько від осцилографа?
4. Чому вмикання конденсатора веде до згладжування пульсацій?
5. Чому телефон може виконувати функцію мікрофона?

## Лабораторна робота №49

### Вивчення треків заряджених частинок за фотознімками. Вивчення будови дозиметра і складання радіологічної карти місцевості

Мета: Ознайомитись з методикою і особливостями виконання експериментальних завдань з фізики атома і атомного ядра. Виконати дві лабораторні роботи.

Обладнання: 1. Фотографії треків заряджених частинок.

2. Лінійка, олівець.

3. Дозиметр-радіометр МКС-05 побутовий.

4. Інструкції до дозиметрів.

#### Короткі теоретичні відомості

Лабораторна робота **Вивчення будови дозиметра і складання радіологічної карти місцевості.** Радіометр МКС-05 «ТЕРРА-П» призначений для вимірювання еквівалентної дози (ЕД) та потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма-випромінювання, а також оцінки поверхневої забрудненості бета-радіонуклідами. Додатково в дозиметрі реалізовано функції годинника та будильника.

Для контролю радіаційної чистоти приміщень, будівель і споруд, предметів побуту, одягу, поверхні ґрунту на присадибних ділянках і транспортних засобів натискають на кнопку «РЕЖИМ». Дозиметр починає працювати в режимі вимірювання ПЕД гамма-випромінювання в  $\mu\text{Sv/h}$ , супроводжуючи роботу короткочасними звуковими сигналами від зареєстрованих гамма-квантів. До завершення інтервалу вимірювання буде спостерігатись мигання цифрових розрядів індикатора. Після завершення інтервалу вимірювання на цифровому індикаторі висвічується результат вимірювання гамма-фону.

Для вимкнення дозиметра натискають та утримують в натиснутому стані протягом 4-х секунд кнопку РЕЖИМ.

Лабораторна робота **Вивчення треків заряджених частинок за готовими фотографіями..**

Обладнання: 1. Фотографії треків заряджених частинок. 2. Аркуш кальки, або напівпрозорого білого паперу. 3. Олівець і лінійка.

На фотографії зображають зазвичай треки двох заряджених частинок. Трек I належить протону, трек II – частинці, яку необхідно ідентифікувати. Лінії індукції магнітного поля перпендикулярні до площини фотографії. Початкові швидкості частинок однакові і перпендикулярні до краю фотографії.

Ідентифікація невідомої частинки здійснюють через порівняння її питомого заряду із питомим зарядом протона. Для цього вимірюють і порівнюють радіуси треків частинок на початкових ділянках треків. За таких умов для руху частинки в магнітному полі записують:

$$qBv = \frac{mv^2}{R} \quad \text{або} \quad \frac{q}{m} = \frac{v}{BR}.$$

З формули видно, що відношення питомих зарядів частинок обернене до відношення радіусів їх треків.

Для визначення радіусу кривизни трека проводять дві хорди і до їх центрів проводять перпендикуляри. Точка перетину перпендикулярів являється центром кола. Значення радіуса вимірюють лінійкою.

#### *Виконання роботи*

##### *Завдання 1.*

1. Ознайомитись з будовою і правилами користування дозиметрами.
2. Виконати вимірювання рівня радіоактивності в приміщеннях лабораторії, однієї з аудиторій, столовій та на подвір'ї навчального корпусу.
3. Скласти радіологічну карту (таблицю) місцевості університету.

##### *Завдання 2.*

1. Перевести треки на окремий аркуш.
2. Виконати необхідні креслення і виміряти радіуси кривизни треків в їх початковій ділянці.
3. Порівняти питомі заряди невідомої частинки і протона.
4. Ідентифікувати невідому частинку за результатами вимірювань і розрахунків.

#### *Контрольні запитання*

1. Через який час після початку вимірювання одержують результати на табло дозиметра?
2. З чим пов'язана відмінність радіаційного фону у порівняно близьких областях місцевості?
3. Які заряджені частинки відхиляються в одну сторону, а які в протилежні, ввійшовши у магнітне поле?
4. Чому для визначення радіуса кривизни траєкторії руху елементарної частинки креслять хорди близько розташовані одна від одної?
5. Що означає: «...ідентифікувати невідому частинку?»

## Література

1. Анциферов Л.И. Пищиков И.М. Практикум по методике и технике школьного физического эксперимента: Учеб пособие для студентов пед. ин-тов по физ.-мат. спец.- М.: Просвещение, 1984.- 255 с.
2. Бурсиан Э.В. Физические приборы: Учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов.- М.: Просвещение, 1984.- 271 с.
3. Величко С.П. Розвиток системи навчального експерименту та обладнання з фізики у середній школі.- Кіровоград, 1998.-302 с.
4. Вовкотруб В.П. Ергономіка навчального фізичного експерименту. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2005. – 308 с.
5. Гуржій А.М., Величко С.П., Жук Ю.О. Фізичний експеримент у загальноосвітньому навчальному закладі (Організація та основи методики): Навчальний посібник. – К.: ІЗМН, 1999. – 303 с.
6. Кабардин О.Ф.И др. Факультативный курс физики: 9 кл. Учеб. Пособие для учащихся. – 3-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1986. – 239 с.
7. Коршак Є.В., Миргородський Б.Ю. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту. Практикум:вч. посібник для пед. інститутів,- К.: Вища школа, 1981,- 280 с.
8. Коршак Є.В., Ткачук Р. З. Методичне обґрунтування блочно-функціонального принципу у вивченні елементів радіоелектроніки // Фізика та астрономія в школі. – 1998. - №4. – С. 8-10.
9. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Техника, 1971.
10. Основы методики преподавания физики в средней школе /Под ред. А.В.Перышкина.Г.Разумовского, В.А.Фабриканта,- М.: Просвещение, 1964,- 398 с.
11. Петренко В., Павленко А. Експериментальне дослідження навчальної адаптації студентів-першокурсників природничих спеціальностей університетів // Зб. наукових праць. Педагогічні науки, Випуск 24.- Херсон: Айлант, 2001.- С. 56-61.
12. Практикум з фізики в середній школі: Дидакт. матеріал: Посібник для вчителя: /Л.І.Анциферов, В.А. Буров, Ю.І. Дік і ін.: За ред. В.А.Булова, Ю.І.Діка. - 3-є вид., перероб. - К.: Рад. шк., 1990.- 176 с
13. Прокопенко М.М. Опис лабораторних занять з набірним полем «Школяр» - Житомир, 2005. – 76 с.
14. Тригг Дж. Л., Решающие эксперименты в современной физике. Перевод с англ., - М., 1974.
15. Федішова Н.В, Комплект для вивчення фізичних основ роботи електронно-обчислювальної техніки //Фізика та астрономія в школі,- 1999,- №2,- С. 23-27.
16. Федішова Н.В. Комплект автоматичних пристроїв і функціональних вузлів електронної техніки для фізичного експерименту //Наукові записки,- Випуск 16,- Серія: Педагогічні науки.-Кіровоград: РВГ ІЦ КДПУ ім. В.Винниченка, 1999,- С. 40-45.