

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича
Навчально-науковий інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук
Кафедра електроніки і енергетики

Пояснювальна записка до дипломного проекту
Релейні Пристрої енергетичних Систем.
(Розробка Лабораторного Практикуму)

Виконав:
студент 4 курсу, 433 ск.фн. групи
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіки.

Коцюбка Ярослав Олегович

Керівник:

доц. Нічий Сергій Васильович

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри № ____

Від “ ____ ” _____ 2024 р.

зав. кафедри _____ проф. Майструк Е. В.

Чернівці – 2024

Анотація

У дипломному проекті проведений розрахунок та побудова схем функціональних пристроїв до лабораторних робіт з дисципліни “Енергетична Електроніка”.

Проведений розрахунок необхідних компонентів та побудовані схеми для функціональних пристроїв лабораторних робіт, оформлено методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт.

Дипломний проект містить 2 розділи, список використаної літератури та додаток. Він написаний українською мовою та містить: 67 сторінок, 54 рисунків, 7 таблиць та список використаної літератури.

					ДП 141.433ск.94 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	підпис				
Розроб.	Коцюбка				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Нічий					2	50
Реценз.					ЧНУ 433 ск. гр.		
Н. Контр.	Андрущак						
Затверд.	Нічий						

Зміст.

Всуп	5
Розділ 1. - Огляд навчальних стенів по курсах “Промислова електроніка”	
Перелік пристроїв промислової електроніки які вивчаються в курсі.	6
1.1. Дослідження тиристорів та тиристорних регуляторів напруги.	6
1.2. Будова та застосування тиристора	6
1.3. Загальні параметри тиристорів.	8
1.4. Оптронні тиристори.	9
1.5. Симісторний регулятор потужності.	11
1.6. Оптосимістори.	14
1.7. Позначення Диністора на схемі.	17
1.8. Типи динисторів.	18
1.9. Основні характеристики диністорів.	19
1.10. Схема роботи Диністора.	19
1.11. Сфери застосування диністорів.	21
1.12. Як перевірити працездатність диністора.	21
1.13. Принцип роботи діак та триак.	22
1.14. Діак (діод змінного струму).	25
1.15. Огляд Симісторів.	25
1.16. Дослідження електромеханічних реле.	26
1.17. Дослідження роботи реле.	27
1.18. Дослідження реле часу.	28
1.19. Принцип дії реле часу.	29
1.20. Дослідження теплових реле.	31

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

1.21. Будова теплового реле.	34
1.22. Структура реле напруги.	35
Розділ 2. Методичні розробки для Курсу “Промислова Електроніка”	40
§2.1. Лабораторна робота №1. Дослідження тиристора та оптронного тиристора.	40
§2.2 Лабораторна Робота №2. Дослідження електромеханічного реле.	47
§2.3 Лабораторна Робота №3. Дослідження роботи реле.	49
§2.4 Лабораторна Робота №4. Дослідження реле часу та фотореле.	51
§2.5 Лабораторна Робота №5. Дослідження теплового реле.	53
§2.6 Лабораторна Робота №6. Тиристорні регулятори Напруги.	55
Висновок.	62
Список використаної Літератури.	63
Додаток А. Техніка Безпеки.	65

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Вступ.

Промислова електроніка є важливим курсом для підготовки електриків, електромеханіків, енергетиків та інших спеціалістів у галузі електротехніки та електромеханіки. Підготовка таких фахівців містить у собі набуття певних спеціальних навичок і знань з проектування, експлуатації, монтажу, налагодження, випробувань промислових енергетичних установок та енергетичних мереж, Дані фахівці повинні уміти користуватись контрольно-вимірювальним обладнанням та розробляти інформаційно-керуючі пристрої і системи. Тому основна мета курсу є надати можливість зрозуміти принципи роботи устаткування, використовуваного в промисловості, уміти правильно його експлуатувати і формулювати завдання з розроблення нового устаткування. Сферою діяльності фахівців у галузі промислової електроніки є виробництво, де використовуються автоматизовані складальні лінії, промислові роботи, автоматичні системи управління та пристрої управління живленням. Промислова електроніка є частиною і компонентом більш загальної галузі науки і техніки - електроніки.

Мета курсу - розробити лабораторний практикум, щоб дати майбутнім фахівцям необхідні знання та навички з експлуатації пристроїв автоматики в електричних мережах, зокрема електронних і механічних силових перемикачів.

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Розділ 1. - Огляд навчальних стенів по курсах “Промислова електроніка”

Перелік пристроїв промислової електроніки які вивчаються в курсі.

1.1. Дослідження тиристорів та тиристорних регуляторів напруги.

Тиристиори - це напівпровідникові прилади, призначені для односпрямованого перетворення струму (струм тече тільки в одному напрямку, а в іншому - тільки під час пробою). Компонент має два стабільних стани: вимкнений (низька провідність) та увімкнений (висока провідність). Призначення тиристора - діяти як електричний перемикач (вимикач струму), тобто він не може самостійно переходити у вимкнений стан. Пристрій виконує функції розімкнутого ланцюга в мережі постійного струму і перемикаючого пристрою в випрямляючому діоді. Основним матеріалом, що використовується при виготовленні цих напівпровідникових приладів, є кремній. Для моделей, що працюють на великих струмах, корпус виготовляється з полімерних матеріалів або металу.

Основне застосування тиристорів - управління сильними навантаженнями за допомогою слабого сигналу, що подається на керуючий електрод; в динисторах, які є двотактними приладами, пристрій переходить в провідний стан, коли напруга між анодом і катодом перевищує напругу відкритого ланцюга.

1.2. Будова та застосування тиристора

Пристрій складається з трьох електродів:

- анод;
- катод;
- керуючий електрод.

На відміну від двошарового діода, тиристор складається з чотирьох шарів: p-n-p-n. Обидва пристрої проводять струм в одному напрямку. У більшості моделей напрямок струму позначається трикутником. Зовнішня напруга подається на провідний катодний електрод n-типу зі знаком "-" і на провідний анодний електрод p-типу зі знаком "+".

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6



Рисунок 1.1. Схема Тиристора.

Тиристри використовуються у зварювальних інверторах, блоках живлення автомобільних зарядних пристроїв, генераторах і простих світлових сигналізаціях.

Тиристри належать до групи повністю керованих напівпровідникових приладів. Вони стають активними, коли отримують імпульс певної полярності від керованого об'єкта. На швидкість активації та подальшу функцію впливають:

- швидкість, збільшення амплітуди керуючого імпульсу;
- температура оточення пристрою;
- характер навантаження - індуктивне, реактивне;
- величина струм навантаження;
- рівень напруги.

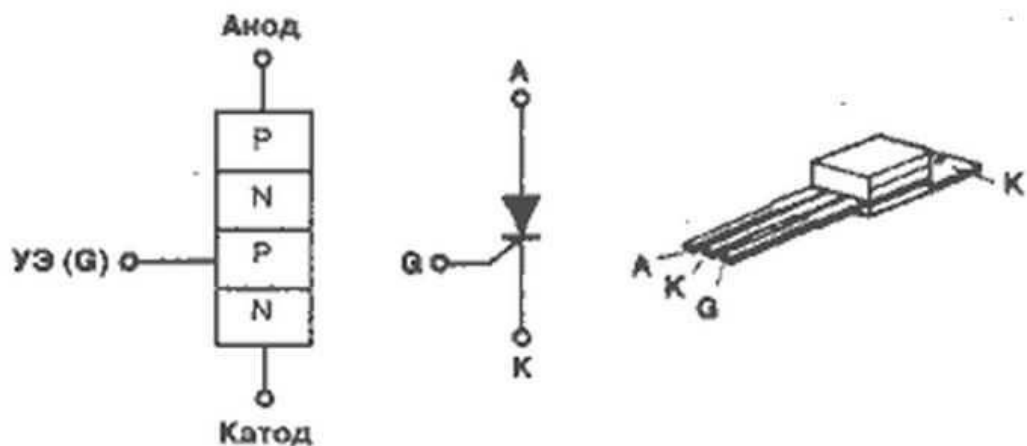


Рисунок 1.2. Внутрішня Будова Тиристора(P і N переходи і де знаходяться на тиристрі).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для переходу з одного стану в інший використовується керуючий сигнал. Для повного вимкнення тиристора потрібен додатковий крок. Існує кілька способів вимкнення:

1. автоматичне включення (автоматичне перемикання);
2. примусове вимкнення (форсоване вимкнення).

Під час роботи можуть відбуватися незаплановані переходи з одного положення в інше через різницю в енергетичних і температурних характеристиках.

1.3. Загальні параметри тиристорів.

1. Напруга перемикання - мінімальна напруга, при якій тиристор переходить у провідний стан;
2. Пряма напруга - це пряме падіння напруги при максимальному анодному струмі. 3 Зворотна напруга - максимально допустима напруга на тиристорі у вимкненому стані;
3. Зворотна напруга - максимально допустима напруга на тиристорі у вимкненому стані;
4. Максимально допустимий прямий струм - максимально допустимий прямий струм;
5. Максимально допустимий прямий струм - максимальний струм у відкритому стані;
6. Зворотний струм - максимальний зворотний струм;
7. Зворотний струм - це струм при максимальній зворотній напрузі; Максимальний струм керування електродом;
8. Час затримки вмикання/вимикання;
9. Максимально допустима споживана потужність.

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Принцип роботи тиристорів в колах змінної напруги характеризується виникненням "автоматично" закритого стану при падінні струму нижче порогу утримання. Коли напруга між анодом і катодом подається безперервно, на виході тиристора виробляється імпульс струму певної частоти. Це і є структура імпульсного джерела живлення. За допомогою тиристора синусоїда перетворюється в імпульс.

Однією з головних переваг цього обладнання є його проста конструкція та надійна робота. У той же час, в такі пристрої були внесені різні удосконалення, завдяки чому можна підібрати оптимальне рішення, яке повністю відповідає встановленим технічним вимогам.

Існують наступні типи таких пристроїв

- Фазові Регулятори потужності цього типу можуть використовуватися для індуктивних навантажень або навантажень зі змінним опором. Під час роботи ці пристрої регулюють вихідну напругу пристрою.

- Циклічні Регулятори потужності цього типу використовуються для навантажень з фіксованим опором або ємнісних навантажень. Вони перемикаються, коли струм навантаження перевищує нуль.

Їх можна використовувати для найрізноманітніших застосувань. Використання цього обладнання виправдано, коли мова йде про підтримку певного температурного показника під час роботи різного роду печей (сушильних, випалювальних і т.д.), електронагрівачів та іншого подібного обладнання. Регулятори потужності можуть контролювати рівень напруги електричних ламп.

1.4. Оптронні тиристори.

Силові тиристори - це напівпровідникові прилади на основі монокристалів напівпровідників з трьома і більше р і n-переходами, що мають два стійких стани:

1. положення "вимкнено" - низькопровідне положення;
2. положення "увімкнено" - положення високої провідності.

Існують різні типи тиристорів, які можна коротко класифікувати

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

- за Метод керування
- за Провідністю:
- Тиристри односторонній потік струму (наприклад, триністри);
- Тиристри струм у двох напрямках (наприклад, симістор, симетричний диністор).

Вольт-амперна характеристика (ВАХ) тиристорів є нелінійною, що вказує на те, що опір тиристора має від'ємну похідну. У порівнянні, наприклад, з транзисторними перемикачами, керування тиристорами має деякі особливості. Перехід тиристора з одного стану в інший в електричному ланцюзі відбувається лавиноподібно і викликається зовнішніми впливами, такими як напруга (струм) або світло (у випадку фототристорів). Після того, як тиристор перейшов у стан увімкнення, він залишається в цьому стані навіть після зняття керуючого сигналу. Поки струм через тиристор перевищує певне значення, так званий струм утримання, тиристор залишається відкритим.

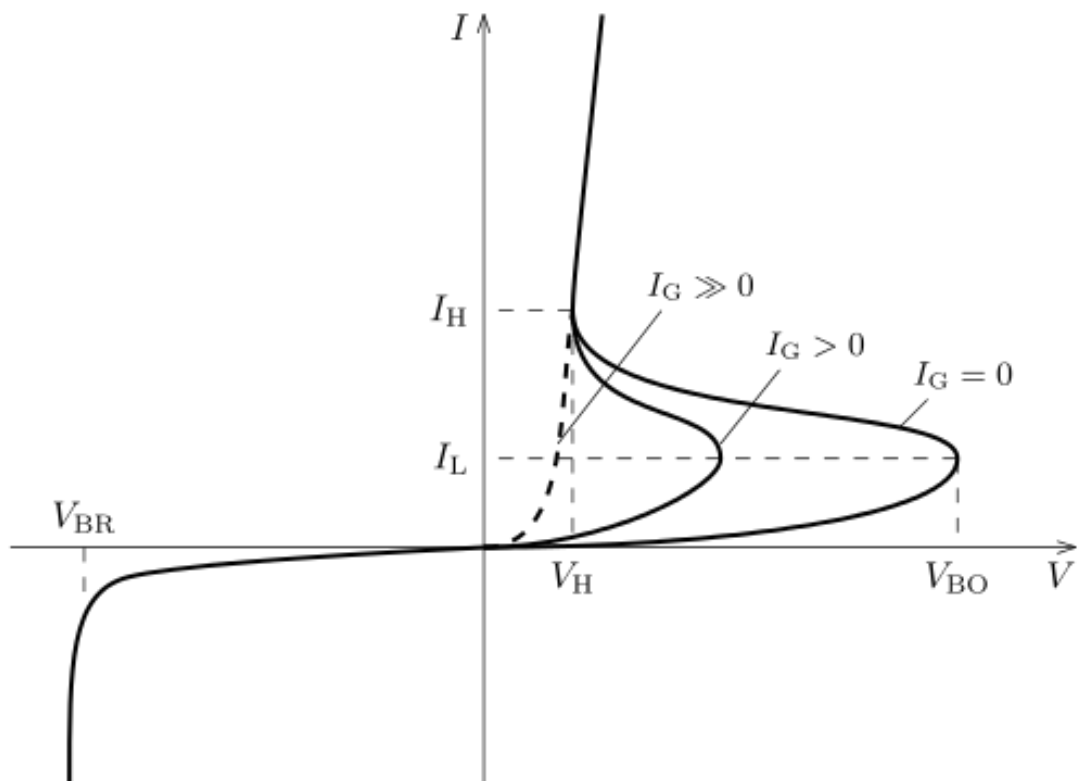


Рисунок 1.3. ВАХ Тиристора.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Така характеристика неможлива, оскільки тиристори мають фіксовані анод і катод, тоді як електрод симістора має як анод, так і катод. Тому, на відміну від тиристорів, які можуть пропускати струм тільки в одному напрямку, симістори можуть пропускати струм у двох напрямках. Саме тому симістори чудово працюють в мережах змінного струму.

Дуже проста схема, що демонструє принцип роботи і області застосування симісторів - це електронний регулятор потужності. Його можна використовувати як навантаження для будь-якої лампи розжарювання, паяльника, вентилятора тощо.

1.5. Симісторний регулятор потужності

Після підключення пристрою до електромережі на один з електродів симістора подається змінна напруга. Через діодний міст на керуючий електрод подається негативна керуюча напруга. При перевищенні порогу перемикання симістор відкривається і через навантаження протікає струм. Коли вхідна напруга симістора змінює полярність, симістор вимикається. Потім процес повторюється.

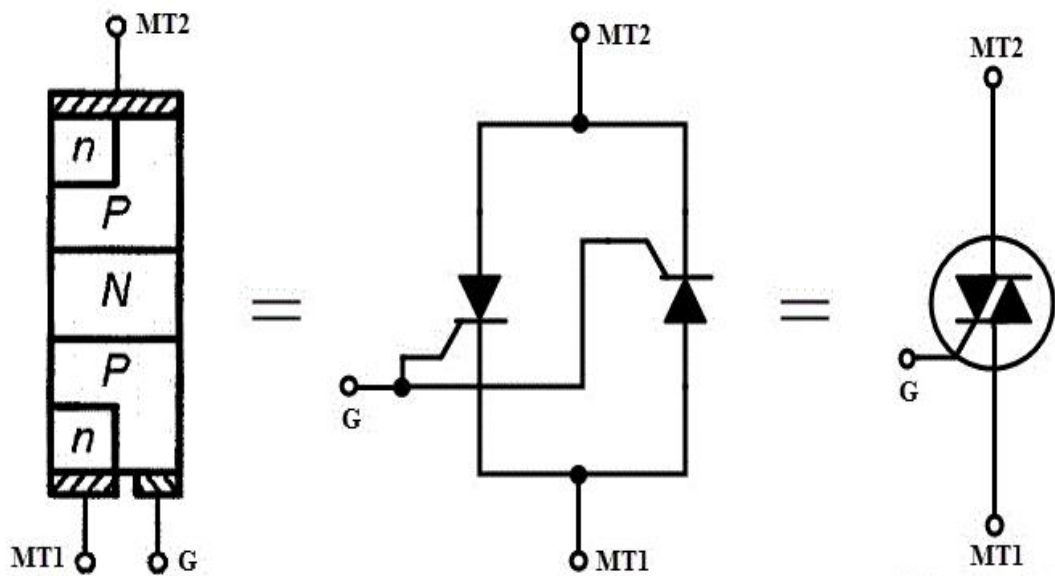


Рисунок 1.4. Позначення і конструкція Симістора з P і N переходами.

Чим вищий рівень напруги керування, тим швидше симістор вмикається і тим довша тривалість імпульсу на навантаженні. Чим нижча напруга керування, тим менша тривалість імпульсу на навантаженні. Напруга після симістора стає

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

пилкоподібною з регульованою тривалістю імпульсів. У цьому випадку яскравість світіння лампочки і температуру жала паяльника можна регулювати, змінюючи керуючу напругу.

Симістор керується як негативним, так і позитивним струмом. Залежно від полярності керуючої напруги розрізняють чотири сектори або режими роботи.

Якщо розглядати симістори як електронні перемикачі або реле, то їх переваги незаперечні:

- Низька вартість.
- Порівняно Більший термін служби порівняно з електромеханічними пристроями (електромагнітними та некерованими реле).
- Відсутність іскріння та брязкоту від контактів.

Недоліки

- Симістор дуже чутливі до перегріву і встановлюються в радіаторах.
- Не працює на високих частотах, тому що немає часу на перемикання з відкритого стану в закритий.
- Реагує чутливий до зовнішніх електромагнітних перешкод, що може спричинити хибні спрацьовування.

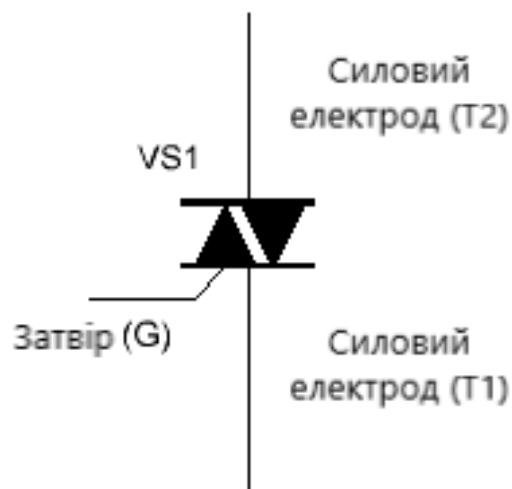


Рисунок 1.5. Конструкція Симістора

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Для запобігання помилкових спрацьовувань між клемми живлення симістора підключено RC-ланцюг. Номінал резистора R1 змінюється від 50 до 470 Ом, а ємність конденсатора C1 - від 0,01 до 0,1 мкФ. У деяких випадках ці значення підбирають експериментально.

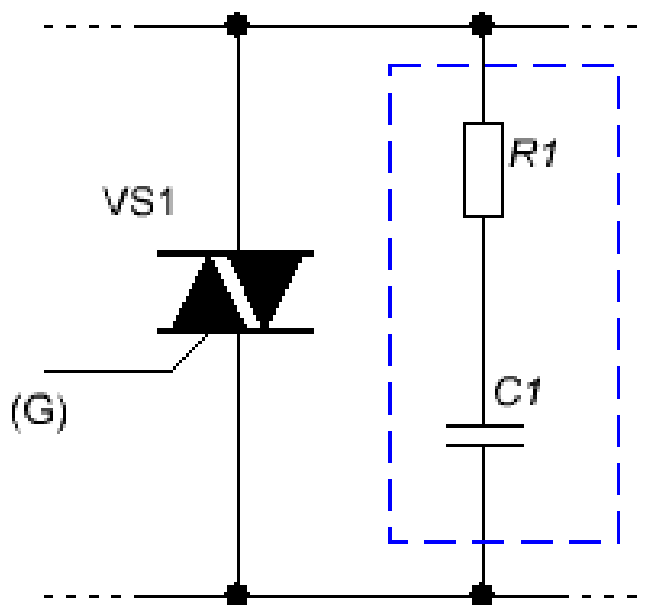


Рисунок 1.6. Симістор і його принципове позначення.

Основні параметри симістора.

Корисно розглянути основні параметри симістора KU208G. Він був розроблений і випущений досить давно, але залишається затребуваним.

Його параметри:

Максимальна зворотна напруга - 400 В. Це означає, що мережа 220 В може відмінно контролювати навантаження і при цьому ще залишиться вільне місце.

В імпульсному режимі напруга така ж.

Максимальний струм у відкритому режимі - 5 А.

В імпульсному режимі максимальний струм - 10 А.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Мінімальний постійний струм, необхідний для увімкнення симістора, становить 300 мА.

Мінімальний імпульсний струм - 160 мА.

Напруга холостого ходу становить 2,5 В при 300 мА.

Напруга холостого ходу - 5 В при 160 мА.

Час вмикання - 10 мс.

Час замикання - 150 мс.

Як бачимо, комбінація струму і напруги є необхідною умовою для увімкнення симістора. Якщо струм високий, напруга буде низькою, і навпаки. Зверніть увагу на велику різницю між часом увімкнення та вимкнення (10 мкс проти 150 мкс).

1.6. Оптосимістори

Сучасним і перспективним типом симістора є оптичний синхронний симістор. Назва говорить сама за себе. Замість керуючого електрода симістор містить світлодіод, який керується за допомогою зміни напруги на світлодіоді.

Оптосимістор належить до класу оптронів і забезпечує дуже хорошу гальванічну розв'язку (порядку 7500 В) між ланцюгом керування і навантаженням а також призначений для керування високовольтними навантаженнями за допомогою мікроконтролера, забезпечуючи дотримання рівня і повну гальванічну розв'язку ланцюга. Ці радіоелементи складаються з арсенід-гелієвого інфрачервоного світлодіода, з'єднаного через оптичний канал з двонаправленим кремнієвим перемикачем. Останній спрацьовує при нульовій напрузі живлення і може підтримуватися комутаційною схемою, розташованою на тому ж кремнієвому кристалі.

Такі радіоелементи особливо корисні для керування більш потужними симісторами, наприклад, при реалізації високовольтних або потужних реле. Такі оптрони призначені для забезпечення зв'язку між логічним елементом низького рівня

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

напруги (наприклад, ТТЛ-вентилем) і навантаженням, що живиться від мережі (110 або 220 вольт).

Оптрони можуть бути розміщені в невеликому 6-контактному DIP-корпусі, внутрішня структура якого показана на схемі нижче.

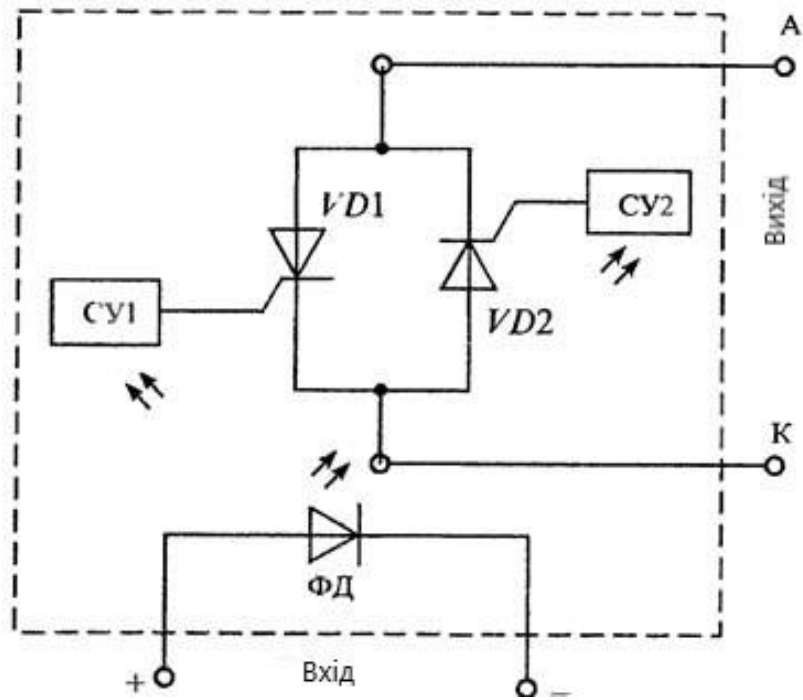


Рисунок 1.7. Внутрішня структура Оптрона

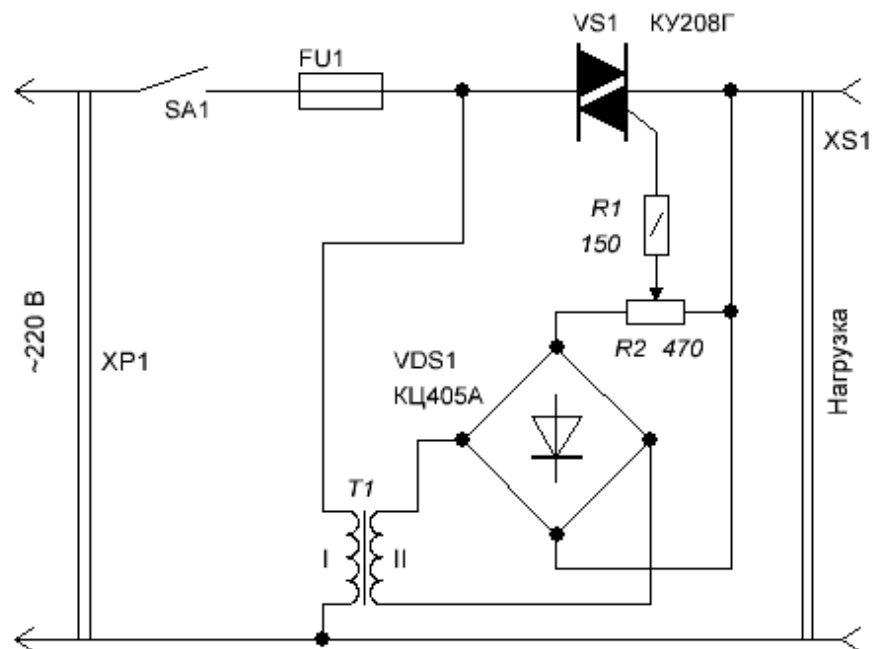


Рисунок 1.8. Симісторний регулятор потужності

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Як бачите, світлодіод і симистор змонтовані всередині корпусу і керуються випромінюванням світлодіода; виводи, позначені N/C і NC, не використовуються і не підключаються до елемента схеми; NC розшифровується як Not Connected, що означає "не підключений".

Найціннішим аспектом оптосимулятора є повна гальванічна ізоляція між ланцюгами керування та живлення. Це підвищує електробезпеку та надійність всієї схеми.

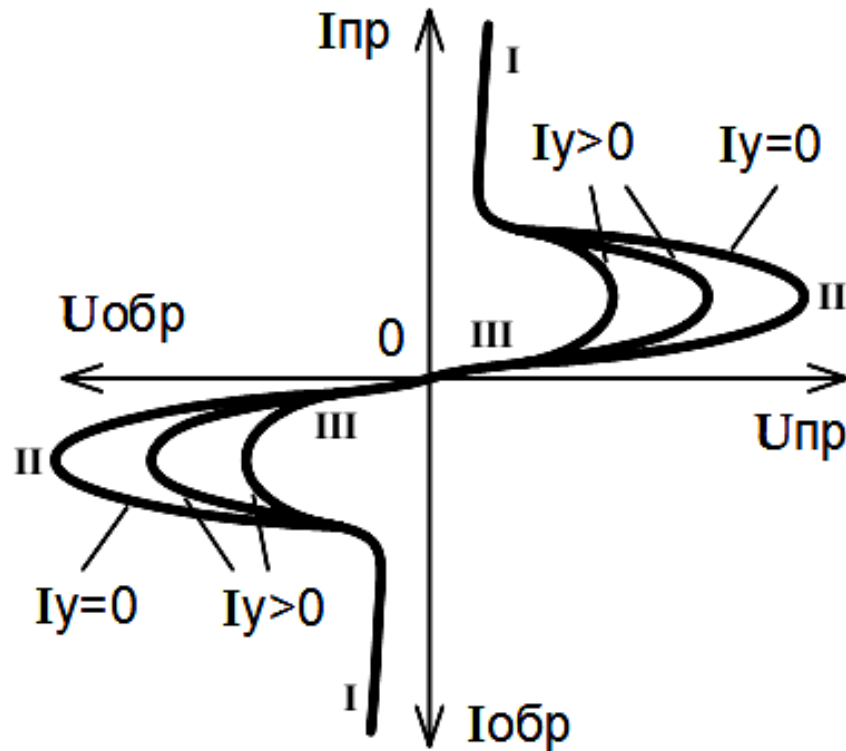


Рисунок 1.9. ВАХ Симістора

Діністори - це тип некерованого тиристора, також відомий як тригерний діод. Вони виготовляються з напівпровідникових монокристалів з декількома рп-переходами. Вони мають два стабільних стани: увімкнений і вимкнений. Вони підходять для безперервних ланцюгів з максимальним номінальним струмом 2 А. Їх також можна використовувати в імпульсному режимі, якщо максимальний струм становить 10 А, а напруга знаходиться в діапазоні 10-200 В. Елемент зазвичай функціонує як електронний перемикач. Відкрите положення відповідає високій провідності, а закрите - низькій. Перехід від відкритого до закритого стану відбувається майже миттєво.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

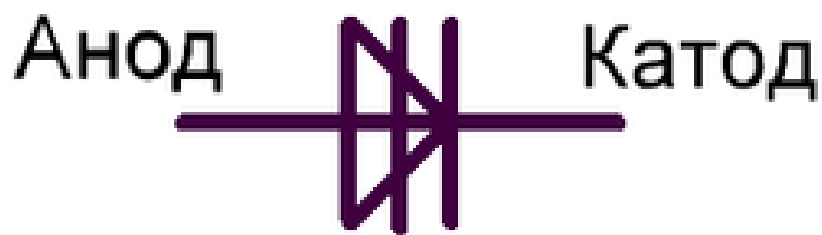


Рисунок 1.10. Диністор на схемі

1.7. Позначення диністора на схемі.

Чіткого стандарту зображення цього елемента на схемах не існує. Найпоширеніший варіант - зображення діода плюс додавання вертикальної характеристики. У зарубіжних позначеннях цей елемент іноді позначають тригерним діодом, літерами VD, VS, V і D.

Існує декілька варіацій схематичного зображення симисторів.

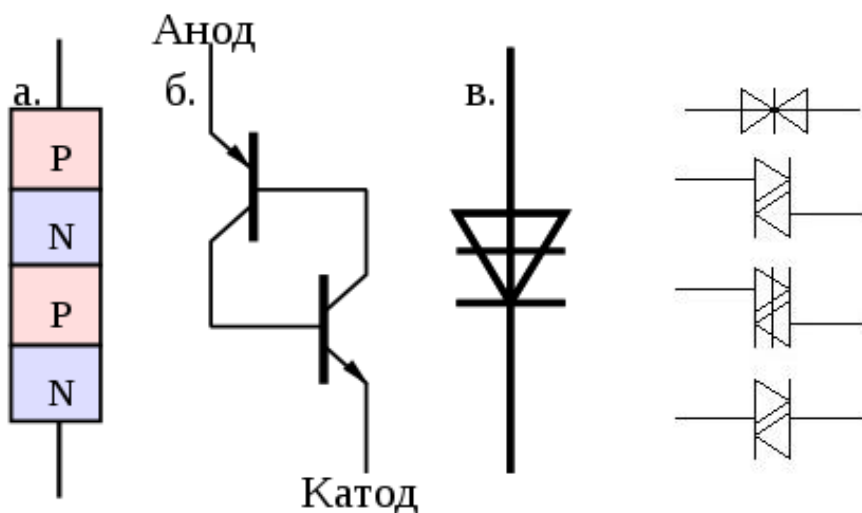


Рисунок 1.11. Умовні позначення Диністорів.

Маркування на корпусі складається з букв і цифр. Найпоширеніший вітчизняний динамометр - КН102 (А ... І). Перша буква алфавіту вказує на матеріал, з якого

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

виготовлено динамометр: К - кремній; тризначне число - номер розробки. Буква в кінці маркування - буквенний код напруги ввімкнення.

Характеристики напівпровідникових некерованих тиристорів

Структура динистора - це чотиришарова структура з трьома р-п переходами. Емітерні переходи р-n1 і р-n3 мають пряме зміщення, тоді як перехід р-n2 є колекторним переходом, має зворотне зміщення і високий опір. Висновок.

- анод походить з р-області;
- катод - походить з n-області.

Відмінність динистора від діода полягає в кількості рп-з'єднань (діод має одне рп-з'єднання); відмінність звичайного тиристора від тиристора - у відсутності третього керуючого входу.

Основні переваги діодів з тригером

- Гарантує малі втрати потужності;
- можуть працювати в широкому діапазоні температур від -40 до +125°C;
- можна досягти високих вихідних напруг.

Недоліком є те, що роботу цього пристрою неможливо контролювати.

1.8. Типи динисторів.

Залежно від конструктивних особливостей розрізняють такі типи динисторів

- Однополярні. Вони працюють тільки з позитивним зсувом. При перевищенні максимально допустимої зворотної напруги елемент перегорає.
- Симетричні. Еквівалентна потужність і може працювати як з прямим, так і зі зворотним зсувом.

Потужні динистори зі зворотним відключенням (RTS) широко використовуються в сучасній електронній апаратурі. Завдяки своїм зворотним імпульсним характеристикам ці пристрої можуть перемикати струми до 500 кА в

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

мікросекундному або субмілісекундному діапазоні. Вони використовуються для комутації імпульсних струмів у напівпровідникових перемикачах в ланцюгах живлення силових агрегатів.

1.9. Основні характеристики диністорів.

При виборі відповідного диністора враховують такі параметри

- Різниця Потенціалу відкритого стану у вольтах. Відображається у відношенні до номінального струму відкритого контуру.
- Найменша Струм холостого ходу, в міліамперах. Ця характеристика залежить від температури пристрою. З підвищенням температури мінімальне значення струму зменшується.
- Час перемикання, інтервал часу в мікросекундах, протягом якого тригерний діод переходить з одного стійкого стану в інший.
- Струм вимкненого стану. Залежить від значення зворотної напруги. В даному випадку значення становить 500 мкА.
- Ємність. Вимірюється в пікофарадах і показує загальну паразитну ємність пристрою. Якщо це значення високе, пристрій не можна використовувати у високочастотних ланцюгах.

1.10. Схема роботи Диністора.

Основний принцип роботи диністора полягає в тому, що струм починає текти, коли досягається певне значення напруги. Це значення напруги є постійним і не може бути змінене, оскільки тригерний діод не може бути керованим.

Візуальним представленням того, як працює династор, є вольт-амперна характеристика (ВАХ). Форма сигналу симетричного елемента вказує на те, що він може працювати в будь-якому напрямку прикладеної напруги. Верхня і нижня гілки є центрально-симетричними. Такі компоненти можна включати в ланцюг незалежно від полярності.

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

□ Червона зона - вимкнений стан, в якому напруга струму нижча за напругу перемикавання. Струм через тригерний діод не проходить.

□ Синій - відображає момент увімкнення, коли напруга на клеммах досягає напруги увімкнення і пристрій увімкнеться.

□ Зелений - відкритий стан, коли характеристики елемента стабілізуються. Характеристика тригерного діода показує максимальне значення струму, яке може протікати через нього.

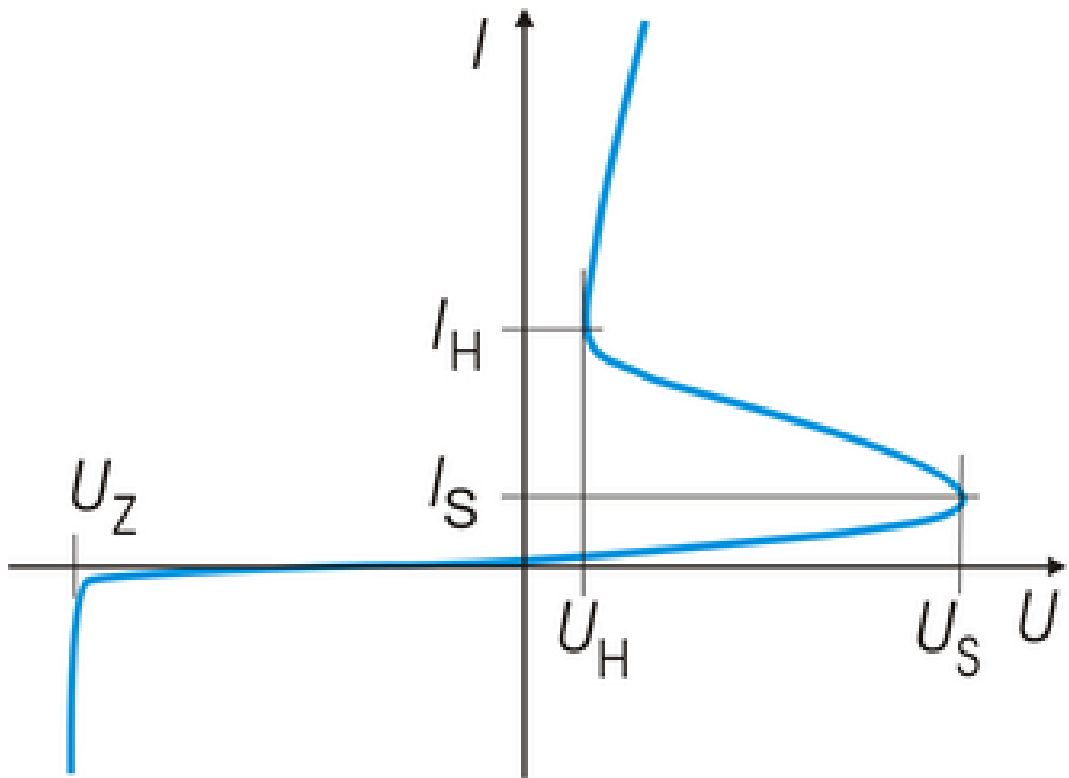


Рисунок 1.12. ВАХ Диністора.

Асиметричні динамо-машини можна підключати до ланцюга тільки з правильною полярністю. При зворотному підключенні елемент вимикається при напрузі, що не перевищує допустимого значення, при перевищенні якого компонент перегорає.

Тригерні діоди функціонально схожі на класичні діоди, але мають суттєві відмінності. Напруга відкритого ланцюга діода дуже низька - від десятків до сотень мілівольт, тоді як напруга перемикавання диністера становить кілька вольт. Щоб

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

вимкнути пристрій, необхідно зменшити прохідний струм до значення, меншого за струм утримання, або розімкнути ланцюг живлення.

1.11. Сфери застосування диністорів.

Експлуатаційні характеристики пристрою дозволяють використовувати його в наступних схемах

□ Тиристорний регулятори потужності та генератори імпульсів. Диністор в схемі необхідний для генерації імпульсу, який вмикає тиристор.

□ Високочастотний Перетворювачі, що живлять люмінесцентні лампи. Для цього використовуються симетричні пристрої. Монтаж може бути звичайним або накладним.

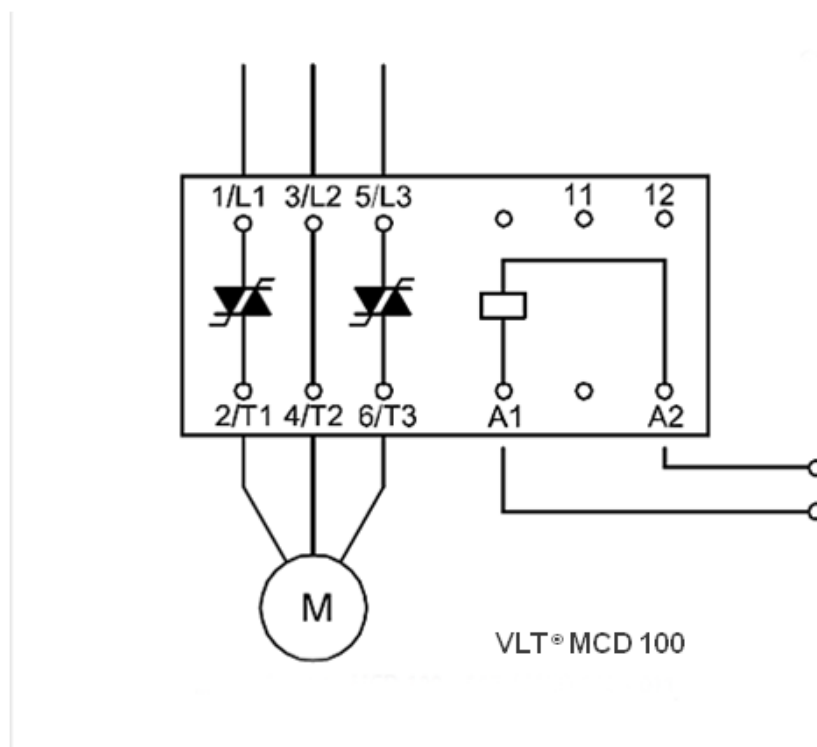


Рисунок 1.13. Схема управління двигунами з плавним пуском

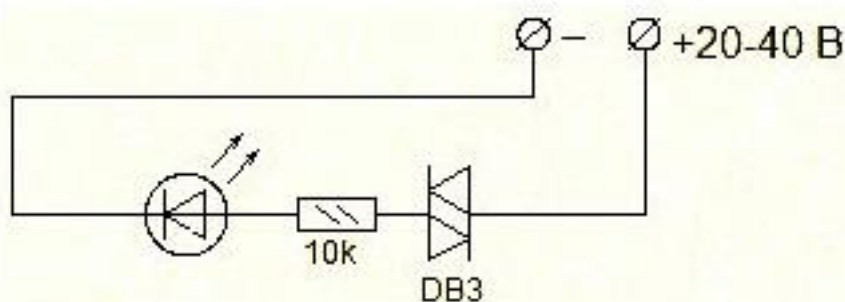
1.12. Як перевірити працездатність диністора.

Вихід з ладу цього пристрою трапляється дуже рідко. Через свої технічні характеристики протестувати динамо-машину мультиметром неможливо, тому для детальної перевірки збирають просту тестову схему.

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

До складу тестової схеми входить наступне:

Для складання цієї схеми вам знадобиться резистор 10 кОм, світлодіоди для світлових індикаторів, елементи для тестування, а також лабораторне джерело живлення з регульованою напругою постійного струму в діапазоні 30-40 В.



1.14. Схема перевірки Диністора

- Вихідна напруга становить приблизно 30 В і повільно збільшується до загоряння світлодіода; зафіксуйте напругу, при якій загоряється світлодіодний індикатор, і відніміть різницю потенціалів, споживану світлодіодом.
- Перевірте стандартний діапазон комутаційних напруг динамометра, що тестується, за допомогою довідника За. Якщо значення, отримані в результаті тесту, знаходяться в межах цього діапазону, пристрій повністю справний.
- При Якщо в тестовий ланцюг включені односпрямовані диністори, необхідно дотримуватися полярності.

1.13. Принцип роботи діак та тріак.

Електронні пристрої, такі як резистори, симістори та діоди, є важливими компонентами.

ДІАС - це електронні компоненти, що використовуються для керування струмом у ланцюгах змінного струму (АС). Це двоконтактний пристрій, який активується, коли на кожен клему подається достатня напруга. При активації він дозволяє струму

тексти в обох напрямках, доки струм не буде відключений або напруга не впаде нижче певного значення.

ДІАС часто використовуються в схемах керування живленням та освітлювальних системах, які контролюють інтенсивність світла. Вони також використовуються в системах керування швидкістю обертання двигуна та системах контролю температури.

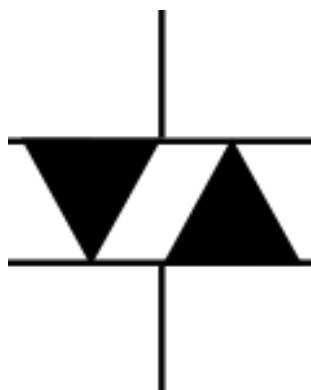


Рисунок 1.15. Діак на схемі.

Симістори - це триполюсні пристрої, що використовуються для керування струмом у колах змінного струму (АС). Вони схожі на діоди, але мають здатність керувати струмом в обох напрямках. Симістори зазвичай використовуються в ланцюгах керування потужністю та для регулювання інтенсивності світла в освітлювальних системах.

Симістори також використовуються в системах керування швидкістю обертання двигуна та контролю температури. Вони є важливим компонентом електроніки і використовуються в багатьох електронних пристроях, таких як телебачення, радіо та аудіосистеми.

Діак і Тріак працюють подібним чином. Обидва пристрої активуються, коли на їхні відповідні клеми подається достатня напруга, а також є напівпровідниковими пристроями і не мають рухомих частин. Вони виготовлені з напівпровідникових матеріалів, які дозволяють струму протікати при подачі достатньої напруги. При активації струм тече в обох напрямках.

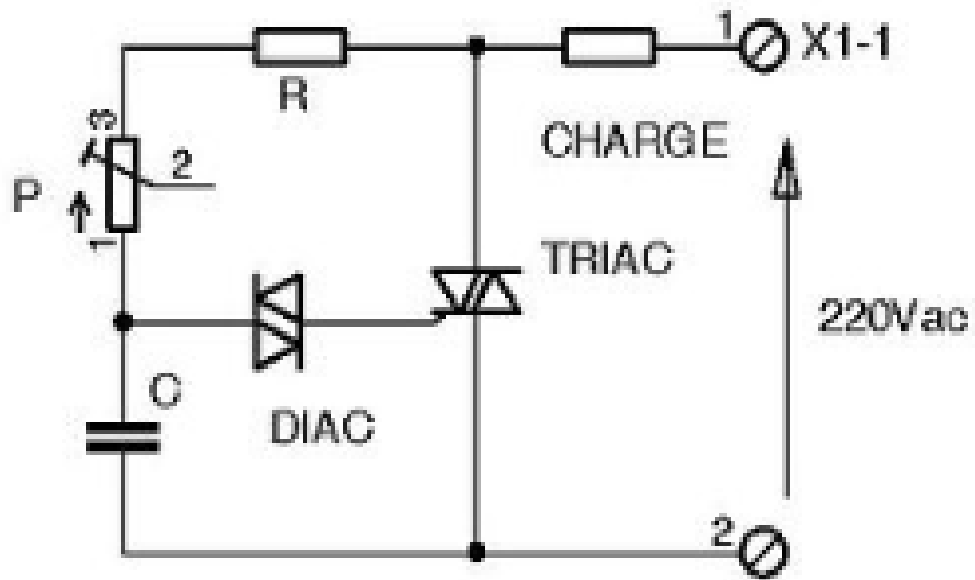


Рисунок 1.16. Типове використання діака в системі запуску симістора.

Діоди та симістори є дуже корисними пристроями в електроніці і використовуються в найрізноманітніших електронних пристроях. Ці пристрої корисні, коли потрібно контролювати струм у ланцюзі.

Що таке тиристори SCR DIAC і TRIAC?

Тиристори SCR, тиристори DIAC і тиристори TRIAC - це напівпровідникові пристрої, які зазвичай використовуються в схемах керування живленням. Ці пристрої багато в чому схожі, але кожен з них має свої унікальні характеристики і підходить для різних застосувань.

SCR (кремнієвий керований випрямляч)

SCR - це пристрої, які дозволяють струму текти тільки в одному напрямку. Коли на клему керування подається струм запуску, тиристор відкривається і струм починає текти; SCR залишається відкритим, поки струм через пристрій не стане нульовим, навіть якщо струм запуску зникає. SCR часто використовуються в системах керування потужністю, таких як керування швидкістю обертання двигуна і керування освітленням.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.14. Діак (діод змінного струму).

Діак - це двонаправлені пристрої, які дозволяють струму текти в обох напрямках. Діоди вмикаються, коли напруга на їхніх клеммах досягає порогу спрацьовування. Діоди зазвичай використовуються в тригерних схемах симісторів і в системах керування напругою змінного струму.

1.15. Огляд Симісторів.

Симістори є двонаправленими пристроями і дозволяють струму текти в обох напрямках. Симістор відкривається, коли на одну з клем подається струм запуску. Після того, як симістор відкрився, струм тече в обох напрямках, поки струм через пристрій не досягне нуля. Симістори широко використовуються в системах керування змінним струмом, таких як керування швидкістю обертання двигуна і регулювання яскравості освітлення.

Різниця між тиристорами і симісторами.

У світі електроніки тиристори, симістори та діоди є важливими компонентами, які широко використовуються в електричних ланцюгах. У цій статті ми обговоримо відмінності між тиристорами та симісторами.

По-перше, важливо розуміти, що і тиристори, і симістори - це напівпровідникові пристрої, які використовуються для керування струмом. Однак тиристори - це односпрямовані пристрої, а симістори - двоспрямовані.

Це означає, що тиристор може проводити струм тільки в одному напрямку, тоді як симістор може проводити струм в обох напрямках. Це робить симістори ідеальними для застосувань, де потрібне керування змінним струмом (АС).

Інша важлива відмінність полягає в тому, що тиристори можна вимкнути лише тоді, коли струм, що протікає через них, дорівнює нулю. Симістор, з іншого боку, можна вимкнути в будь-який момент за допомогою відповідного ланцюга керування.

Основна відмінність між тиристорами і симісторами полягає в тому, що тиристори є односпрямованими, а симістори - двоспрямованими. Крім того,

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

тиристор можна вимкнути лише тоді, коли струм, що протікає через нього, дорівнює нулю, тоді як симістор можна вимкнути в будь-який момент за допомогою відповідної схеми керування.

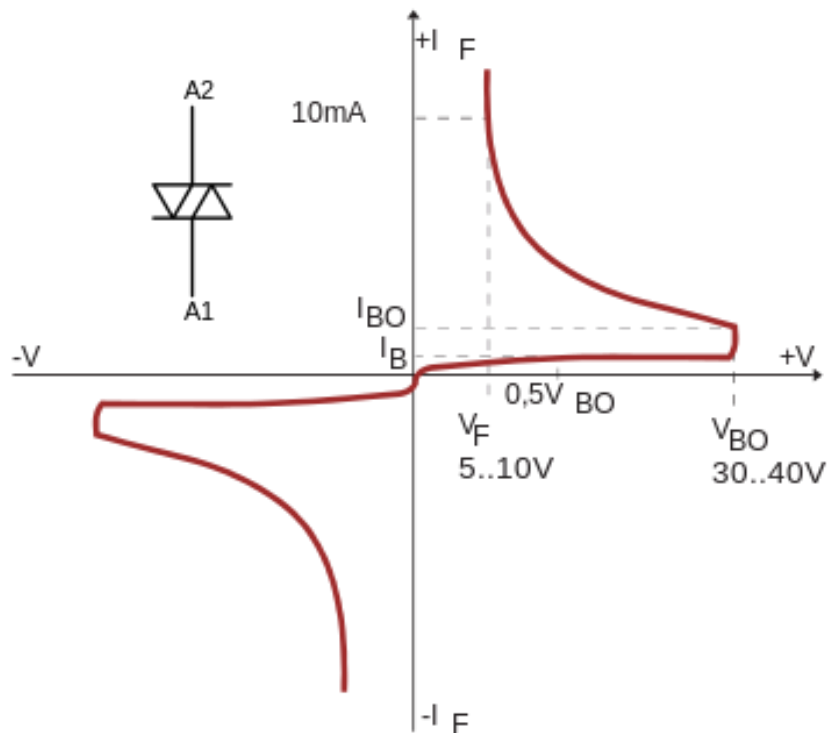


Рисунок 1.17. ВАХ Діак.

1.16. Дослідження електромеханічних реле.

Реле - це пристрій, що використовується для керування електричним ланцюгом. Воно працює за принципом електромагніту і складається з декількох основних компонентів, таких як котушки, контакти і пружини, які створюють магнітне поле, коли через нього протікає струм. Коли струм протікає через котушку, створюється магнітне поле і контакти рухаються.

Основні типи реле

Реле мають систему класифікації, яка значно полегшує пошук і вибір елементів, необхідних для електричного кола. Ця класифікація базується на таких критеріях

- За Тип контакту - перемикаючий, нормально відкритий, нормально закритий;
- За Тип керуючого сигналу - постійний або змінний;

- □ За Тип виконання - електромагнітні, герконові, напівпровідникові тощо
- □ За Параметри, що контролюються - струм, напруга, потужність та інші.

Загалом при класифікації реле враховується понад 30 характеристик. Крім того, кожна група цих пристроїв поділяється на безліч різновидів за кількісними характеристиками. Однією з основних груп є електромагнітні реле, які використовуються повсюдно.

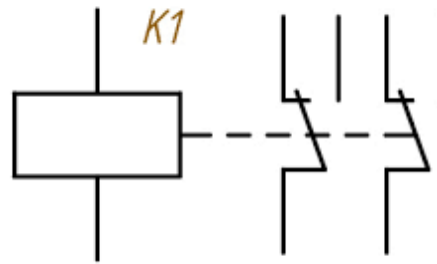


Рисунок 1.18. Принципове позначення реле.

1.17. Дослідження роботи реле.

В основі роботи електромагнітних реле лежить принцип електромагнітної індукції. Коли на котушку подається керуючий струм, її сердечник скорочується і приводить в дію виконавчий механізм, який замикає або розмикає контакти основного ланцюга. Керуючий струм набагато менший за струм головного ланцюга.

Реле з нормально розімкненими контактами використовуються для вмикання та вимикання живлення частини, що споживає струм. Нормально замкнуті контакти в основному характерні для захисних реле і відключають обладнання, якщо контрольований параметр виходить за допустимі межі. Реле з перемикаючими контактами поєднують в собі обидва типи пристроїв, описаних вище.

Контакти являють собою дві металеві пластини, які з'єднуються і роз'єднуються за допомогою пружин. Контакти рухаються, коли магнітне поле, що генерується котушкою, досягає певної сили. Це розмикає і замикає електричний ланцюг.

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Пружина - це елемент, який повертає контакти у вихідне положення, коли магнітне поле зникає і струм більше не протікає.

Реле можна використовувати для керування найрізноманітнішим обладнанням, зокрема освітлювальними приладами, двигунами, клапанами та іншими електричними пристроями. При вмиканні або вимиканні пристрою на котушку реле подається керуючий струм, контакти переміщуються і змінюється стан електричного кола.

1.18. Дослідження реле часу.

Реле часу - це електричні пристрої, здатні реалізувати незалежні функції витримки часу на основі використання механічних, електромеханічних, електромагнітних або електронних елементів.

При експлуатації електрообладнання, що живиться від мережі змінного струму, корисно використовувати реле часу для забезпечення автоматичного вимкнення. Це зменшує споживання електроенергії та можливість виникнення пожежі, якщо обладнання залишиться без нагляду.

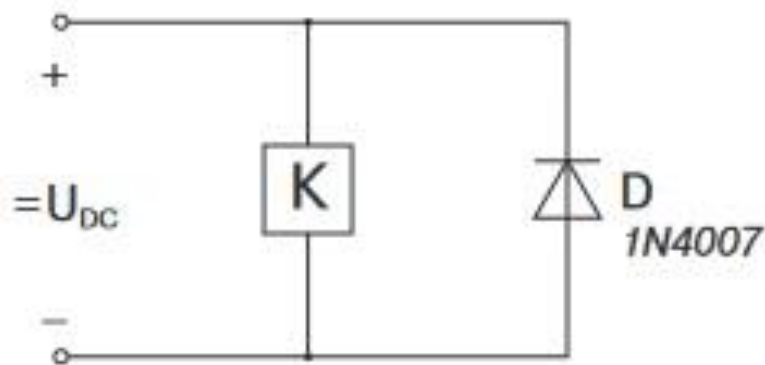


Рисунок 1.19. Реле на схемі з диністором.

1.19. Принцип дії реле часу.

Принцип дії полягає в тому, що після отримання керуючого сигналу контакти затримуються на певний час перед замиканням (або розмиканням). Величину

затримки можна регулювати за бажанням, змінюючи швидкість фізичної величини, що впливає на елемент реле з моменту отримання сигналу до моменту досягнення порогу спрацьовування.

Будова.

Конструкції реле часу розрізняються за механізмами скорочення. Найдосконалішими в цьому відношенні є електронні реле часу, також відомі як електронні таймери. Електронні таймери є надзвичайно точними з часом опромінення від десятих часток секунди до декількох років. Крім того, багато електронних таймерів легко програмуються і мають механізм зворотного зв'язку, який може подавати сигнал про помилку при виконанні команди. Це пов'язано з тим, що електронні таймери базуються на цифрових рішеннях і є повноцінними мікроконтролерами, а не просто логічними пристроями.

До інших механізмів, які уповільнюють роботу системи, належать якірні таймери та сторожові таймери. Тут час відраховується пружиною, стиснутою електромагнітом. Швидкість ходу залежить від сили струму, що подається на обмотку. Такі механізми часто використовують у потужних реле часу, розрахованих на струми в кілька тисяч ампер. Завдяки своїй конструкції вони також виконують функцію захисту від теплового перевантаження.

Далі можна згадати моторні реле часу. У них використовується електродвигун з редуктором і контактами для відліку інтервалів часу. Також заслуговують на увагу редуктори на основі гідравлічних і пневматичних механізмів. Вони регулюють інтервали шляхом подачі повітря або рідини в робочу зону. Нарешті, слід згадати про електромагнітні механізми уповільнення. Вони використовуються тільки в мережах постійного струму і забезпечують затримку в часі за рахунок додавання котушки короткого замикання.

Крім того, конструкції реле часу можна класифікувати відповідно до їхньої версії. Наприклад, існують модульні версії, придатні для монтажу на DIN-рейку або просто в електричні шафи. Існують також вбудовані версії, які не мають власного корпусу і джерела живлення, корисні для побудови більш складних систем. Існує також

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

моноблочна версія, де реле часу є повністю автономним пристроєм з власним джерелом живлення і виходами для підключення навантаження.

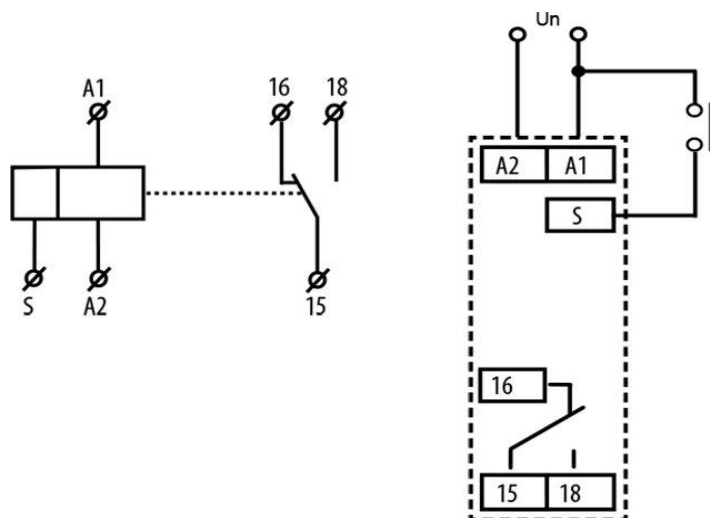


Рисунок 1.20. Реле на схемі

Принцип дії реле часу полягає в тому, що замість того, щоб виконувати дію відразу після отримання керуючого сигналу, дія виконується через певний проміжок часу. Таким чином можна автоматизувати виконання операцій із затримкою в часі та забезпечити послідовність роботи інших елементів схеми. Однак створення часових інтервалів - це лише спрощений опис принципу дії, на практиці сучасні реле часу можуть виконувати кілька функцій одночасно. Так, до основних функцій реле часу відносяться затримка вмикання, затримка вимикання, вмикання або вимикання на заданий час, періодична подача певних імпульсів і комутація електричних ланцюгів (триланцюгові реле часу). Крім того, пускові реле широко застосовуються для комутації обмоток електродвигунів за схемою "трикутник-зірка" для зменшення пускових струмів.

Реле часу класифікуються за принципом дії:

- □ Пневматичні (механічні) Реле з пневматичним демпфером (зі сповільнювачем), швидкість якого визначає часову затримку. Діапазон регулювання - 0,4-180 с. Зазвичай використовуються з низькою точністю для встановлення часу витримки. Для контрольних цілей;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

● □Реле Електромагнітний тип якоря затримує час затримки постійного струму. Магнітні ланцюги з міцною мідною втулкою або кільцем для запобігання різким змінам магнітного потоку в осерді реле під час увімкнення та вимкнення живлення. Час спрацьовування регулюється в діапазоні від 0,07 до 0,11 с, а час вимикання - в діапазоні від 0,5 до 1,5 с. Використовуються в пристроях релейного захисту та автоматики;

● □Електромагнітні Реле часу змінного і постійного струму з годинниковим механізмом (якір). У режимі очікування механізм закритий. При спрацьовуванні якір реле підтягується вгору, а пружина якоря відпускається. Годинниковий механізм приводиться в рух обертанням рухомих контактів. Налаштування реле встановлюється на круглій шкалі годинникового механізму в діапазоні 0,1-20 секунд.

● □Реле Годинники з моторним приводом. Для тривалих експозицій від десятків секунд до десятків годин. Електродвигун складається з редуктора з фіксованим передавальним числом і електричних контактів. Може використовуватися як денне реле для ввімкнення електроустановок та обладнання, а також для перемикання мережевого живлення в певний час протягом доби.

1.20. Дослідження теплових реле

Теплові реле - це спеціальні пристрої, які вимикають енергоспоживаюче обладнання при перевантаженні. Теплові реле запобігають виходу з ладу електродвигунів через перевантаження робочим струмом. Кожен двигун має номінальний робочий струм, і якщо критичний стан перевантаження зберігається занадто довго, обмотки силового агрегату перегріваються, руйнуючи шар ізоляції і викликаючи вихід з ладу всього двигуна.

Будова та принцип дії теплових реле

В основі роботи теплових реле лежать закони фізики, сформульовані вченими 19 століття Жюлем і Ленцом, які визначають залежність тепла, що виділяється на певних ділянках електричного кола, від сили струму. Конструкція цього пристрою

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

включає в себе тепловідвідну спіраль. Поруч з нею знаходиться біметалева пластина, яка реагує на випромінюване тепло.

Два металеві сплави з різною теплопровідністю використовуються для виготовлення термопластика, який змінює форму під час нагрівання/охолодження. Ця властивість біметалевого елемента лежить в основі роботи реле теплового захисту. Збільшення або зменшення струму навантаження викликає зміну просторового положення і механічний удар штовхача, який розмикає або замикає контактну групу пристрою, підключеного до обмотки магнітного пускача. Спрацьовує пускач електродвигуна, відключаючи навантаження від мережі.

До стандартних конструкцій теплових реле відносяться елементи;

- важіль
- □ контакти пружину;
- □ кнопку "повернення";
- □ штовхач реле;
- □ штангу роз'єднувач;
- □ біметалеву пластину температурної компенсації;
- □ двигун уставки;
- □ ексцентрик.

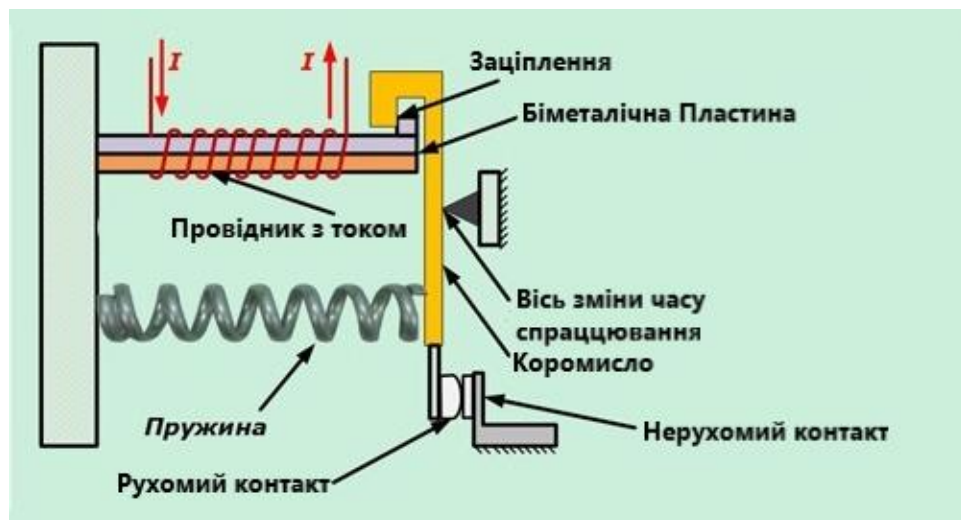


Рисунок 1.21. Конструкція теплового Реле.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На роботу реле теплового захисту з біметалевих пластин впливає температура навколишнього середовища, яка додатково нагріває робочі елементи пристрою. Для усунення цього явища пристрій оснащений компенсаційною біметалевою пластиною, яка згинається в напрямку, протилежному основному елементу.

Для регулювання використовується двоступеневий ексцентрик. Обертання балансувальної ручки вліво зменшує струм спрацьовування, обертання вправо - збільшує. Значення струму спрацьовування реле регулюється збільшенням або зменшенням зазору між штовхачем і основною пластиною за рахунок впливу ексцентрика на додаткову біметалічну пластину.

Конструкція теплового реле визначається його принципом дії, який, в свою чергу, визначається сферою застосування. Залежно від призначення, теплові реле в основному можна розділити на два різних типи. Реле прямої дії спрацьовують, коли температура середовища перевищує задане значення. У реле непрямої дії завданням пристрою є контроль сили струму, що протікає через реле, і, таким чином, термічний вплив на конструктивні елементи пристрою для виконання ними своєї функції. Другий тип найчастіше використовується для захисту електродвигунів. Більшою мірою захисту можна досягти за допомогою електронних теплових реле, які керують сигналами від термісторів або позисторів, встановлених безпосередньо на обмотках. Тепер давайте розглянемо будову теплового реле.

1.21. Будова теплового реле

Крім сфери застосування, теплові реле мають різну конструкцію залежно від температури, яку вони контролюють. Наприклад, оптичні термореле використовуються для дуже високих температур. Існує багато різних типів конструкцій.

Теплові реле працюють за наступними принципами:

- Зміна форми біметалу;
- Зміна об'єму речовини (газ, ртуть);
- Зміна щільності речовини;

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- Зміна проникності;
- Зміна питомого опору;
- Зміна діелектричної проникності;
- Електроніка; Електроніка;
- Оптика
- Акустика.

Оскільки біметалеві пристрої часто використовуються в електротехніці, механізм дії теплових реле описано на прикладі біметалевих пристроїв. Основними елементами теплового реле є нагрівальний елемент і біметалева пластина. Останній термін означає компонент, що складається з двох заклепаних або зварених пластин, виготовлених з різних металів. Зазвичай це латунь і немагнітна сталь. Ці матеріали мають різні коефіцієнти температурного розширення, тому при нагріванні одна пластина розтягується сильніше, а вся деталь згинається з міцним з'єднанням.

Біметалеві пластини нагріваються, коли робочий струм електродвигуна проходить через розташовану поруч нагрівальну котушку, через саму пластину або через обидва елементи. Під час нормальної роботи електродвигуна компоненти підібрані таким чином, що кількість нагріву недостатня для згинання пластини. Однак, як тільки виникає аварійна ситуація (наприклад, заклинювання робочої машини або кінематичної передачі чи втрата фази), струм збільшується.

Тепловое реле

1. Ніхромовий Нагрівач;
2. Біметалічна Пластина;
3. Гвинт;
4. Защілка;
5. Важіль;
6. Пружина;
7. Кнопка повернення;
8. Рухомий контакт.

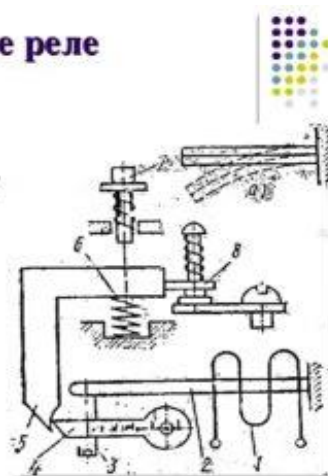


Рисунок 1.22. Конструкція теплового Реле наглядно.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.22. Структура реле напруги

Котушка

Котушка є найважливішим елементом електромагнітного реле і виготовляється з ізолюваного мідного дроту діаметром 0,02 мм або більше. Під час роботи котушки піддаються впливу багатьох несприятливих умов навколишнього середовища, таких як тепло, імпульсні перешкоди та висока вологість. Конструкція котушки повинна забезпечувати надійну роботу під впливом всіх цих факторів.

Робота реле в електричних ланцюгах схильна до помітних негативних впливів. Котушка електромагнітного реле поводить як котушка індуктивності, коли знімається напруга живлення. В результаті в ланцюзі з'являються перенапруги, що більш ніж в 10 разів перевищують напругу живлення. Це відбувається як в котушках постійного, так і змінного струму. Такі імпульсні перешкоди можуть впливати на роботу електронних систем.

Найпростіше рішення для котушок постійного струму - підключити звичайний випрямляючий діод паралельно клемам котушки (катод - "+"). У багатьох випадках для цієї мети ідеально підходять діоди типу 1N4007 (1A/1000V).

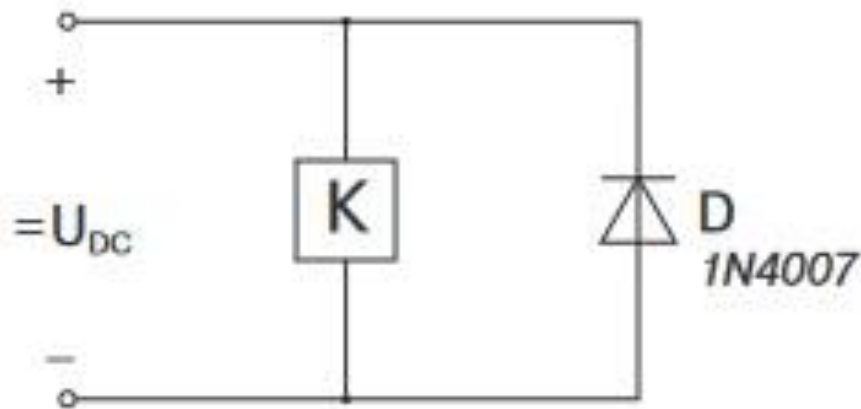


Рисунок 1.23. Приклад Схеми

У котушках динаміків для придушення перенапруг найчастіше використовується один з двох варіантів: RC-ланцюг або варистор з двонаправленими характеристиками стабілітрона. Також доступні реле з вбудованими захисними елементами. Для реле, змонтованих на блоках, також доступні спеціальні додаткові

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

модулі типу "М" як для постійного (діод), так і для змінного струму (варистор, RC-ланцюг). Для реле, встановлених на друкованих платах, захисні елементи повинні бути припаяні якомога ближче до котушки. Захисний елемент гарантує, що перенапруга, яка виникає при від'єднанні котушки реле, не вплине на ланцюг керування або інші електричні та електронні компоненти пристрою.

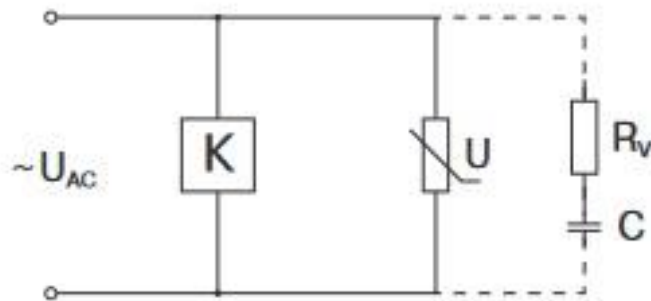


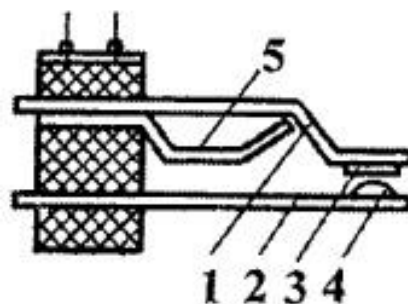
Рисунок 1.24. Реле з RC-ланцюгом.

Котушки включають в себе наступне

- Каркас: обмотки побудовані на каркасі. Каркас виготовляється з лакованого паперу, картону або пластику.
- Безкаркасні: обмотки побудовані безпосередньо на сердечнику магнітної системи. Безкаркасні котушки використовуються рідко. Зазвичай котушки покривають захисною плівкою, лаком або епоксидною сумішшю.

Контакти.

Контакти - другий за важливістю елемент реле.



- 1,2 - струмопровідні елементи
- 3,4 - контактні накладки
- 5 - упор

Рисунок 1.25. Конструкція крнтактів Реле.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Струмопровідні елементи виготовляються з гнучких матеріалів для забезпечення необхідної сили притискання. Контактні площадки виготовляються з високопровідних і незаймистих матеріалів, таких як срібло, платина, золото або вольфрам.

Існують різні типи контактів, найпоширеніші з яких - плоскі, конічні та напівкруглі.

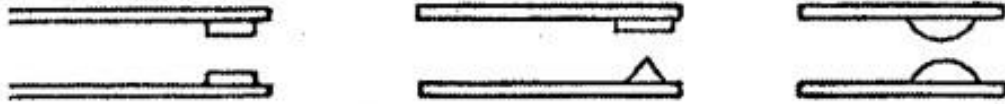


Рисунок 1.26. Види контактів Реле.

Матеріал контакту

Вибір матеріалу контактів залежить від типу реле. Найчастіше використовуються такі матеріали:

- Чисте срібло Ag
- Срібно-нікелевий сплав AgNi (Ag 90%, Ni 10%)
- Оксид срібла та олова AgSnO₂
- Оксид срібла-кадмію AgCdO
- Срібно-нікелеве + золоте покриття AgNi + Au
- Вольфрам W
- Срібло Ag
- Чисте срібло (99% Ag)

Має винятково високу електро- і теплопровідність та відмінну стійкість до окислення серед відомих металів, але присутність атмосферної сірки на поверхні таких матеріалів призводить до утворення плівок сульфиду срібла і збільшення контактного опору. Для забезпечення належного електричного контакту з цим матеріалом комутаційне навантаження має бути не менше 100 мА 10.

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

- Срібно-нікелеві сплави (Ag 90%, Ni 10%)

Універсальний, сучасний матеріал, придатний для використання з будь-яким навантаженням постійного струму (DC) або змінного струму (AC). Найкраще підходить для комутації навантажень постійного струму, що характеризуються дифузією контактного матеріалу. Дифузія від катода (-) до анода (+) призводить до швидкого зносу контактів і великого зазору між ними.

- Оксид срібла-кадмію, AgCdO

Ця сполука (90% Ag, 10% CdO) має широкий спектр застосування з точки зору потужності навантаження завдяки своїй чудовій стійкості до електричної дуги під час перемикання. Застосовується в резистивних та індуктивних навантаженнях, таких як двигуни, нагрівальні елементи, лампи розжарювання і соленоїди. Від 12 до 380 В, від 100 мА до 30 А. Найпоширеніший стандартний матеріал. Наявність домішок сірки не впливає на стан контактів. В останні роки використання реле з такими контактами зменшилося через токсичність кадмію.

- Оксид срібла-олова AgSnO₂

Цей матеріал має властивості, подібні до срібного сплаву AgCdO, але є більш жаростійким і менш схильним до перенесення матеріалу між контактами. Контакти AgSnO₂ характеризуються рівномірним зносом під час роботи з підвищеною частотою зміни навантаження. У порівнянні з AgCdO він нетоксичний, а також менш схильний до отруєння кадмієм, ніж AgCdO.

- Срібно-нікелеве + золоте покриття AgNi + Au

Золоті покриття товщиною 0,2-0,5 мкм використовуються для захисту підкладки від окислення під час зберігання; захисний шар 02-05 мкм зникає, як тільки реле починає працювати. Золото має низьку стійкість до механічного зносу і низьку температуру плавлення. При комутації великих струмів (від 1 А) золоте покриття зникає і контакти реле зберігають срібно-нікелеві властивості, придатні для комутації стандартних навантажень.

- Вольфрам W

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Найміцніший матеріал з високою стійкістю до електричної дуги. Характеризується дуже низькою чутливістю до вм'ятин. Через відносно високий контактний опір вольфраму ці контакти підходять тільки для комутації навантажень середньої напруги 60 В і 1 А. Реле з вольфрамовими контактами зустрічаються відносно рідко.

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Розділ 2. Методичні розробки для Курсу “Промислова Електроніка”

§2.1. Лабораторна робота №1. Дослідження тиристора та оптронного тиристора.

Мета: Ознайомитися з принципом роботи тиристора та оптронного тиристора на практиці.

Хід виконання лабораторної роботи:

Частина перша:

Для виконання данної лабораторної роботи студенту потрібно ознайомитись з розділами від 2.1 по 2.2 після чого приступити до вииконання лабораторної роботи.

1) Для виконання данної частини лабораторної роботи студенту потрібно ознайомитись з структурою та принципом роботи тиристора після чого приступити до вииконання лабораторної роботи.

2) Студенту потрібно зберіть схему згідно з рис.2.1.;

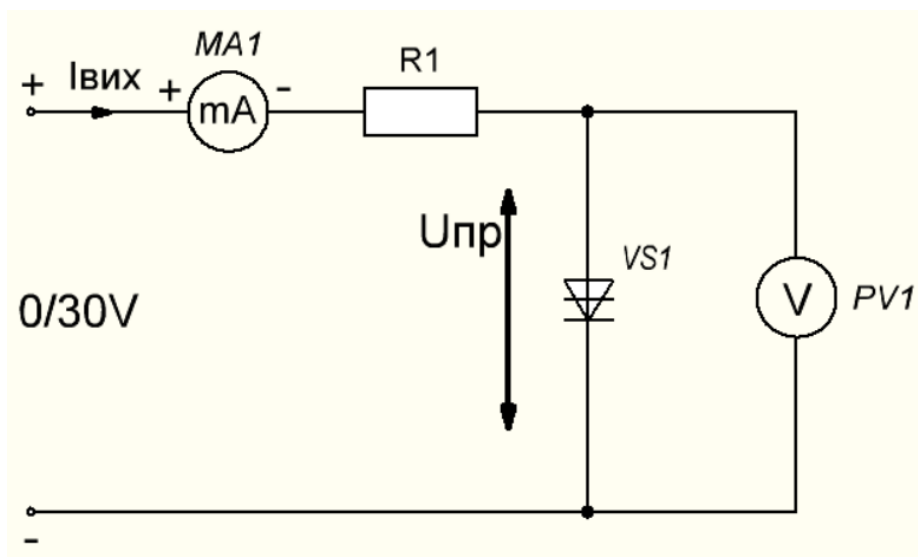


Рис 2.1.

R1-Резистор 680 Ом; VS1-Діодний теристор KHI2A; MA1-Міліамперметр 50 мА; PV1-Вольтметр 15V.

3) Необхідно підключити схему до гнізд блоку живлення та генератора сигналу «+15V» та «-15V»;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4) Змінюючи ручками «+15V» і «-15V» блоку ПГС напруга, живлення, зніміть вольт-амперну характеристику (пряма гілка) діодного тиристора (тиристора) $I_{пр} = f(U_{пр})$;

5) До стрибка струму напруги на диністорі відрахувати по вольтметру блоку живлення та генератора сигналу, після стрибка струму підключити PV1;

В результаті лабораторної роботи у студентів повинні получитись така схема і такий графік.



Рис.2.2. Фотографія зібраної схеми.

Таблиця 2.1. Типові Данні результатів вимірювань.

Uд	Iд
9,2	0
9,5	0
9,7	0
10	0
10,2	0
10,5	0
10,7	0
11	0,01

11,2	0,01
11,5	0,01
11,7	0,01
12,2	0,01
12,5	0,01
12,7	0,01
13	0,01
0,8	22
0,8	23
0,8	24
0,8	25
0,8	26
0,8	27
0,8	28
0,8	29
0,8	30
0,8	31

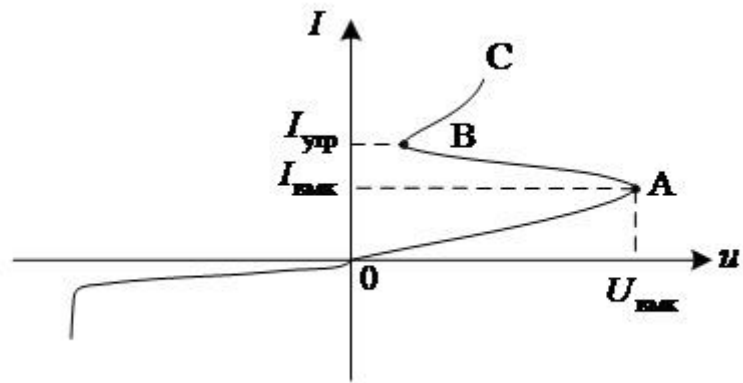


Рис. 2.3. Типовий графік з результатів вимірювань.

б) Зібрати схему згідно з Рис.2.4.;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

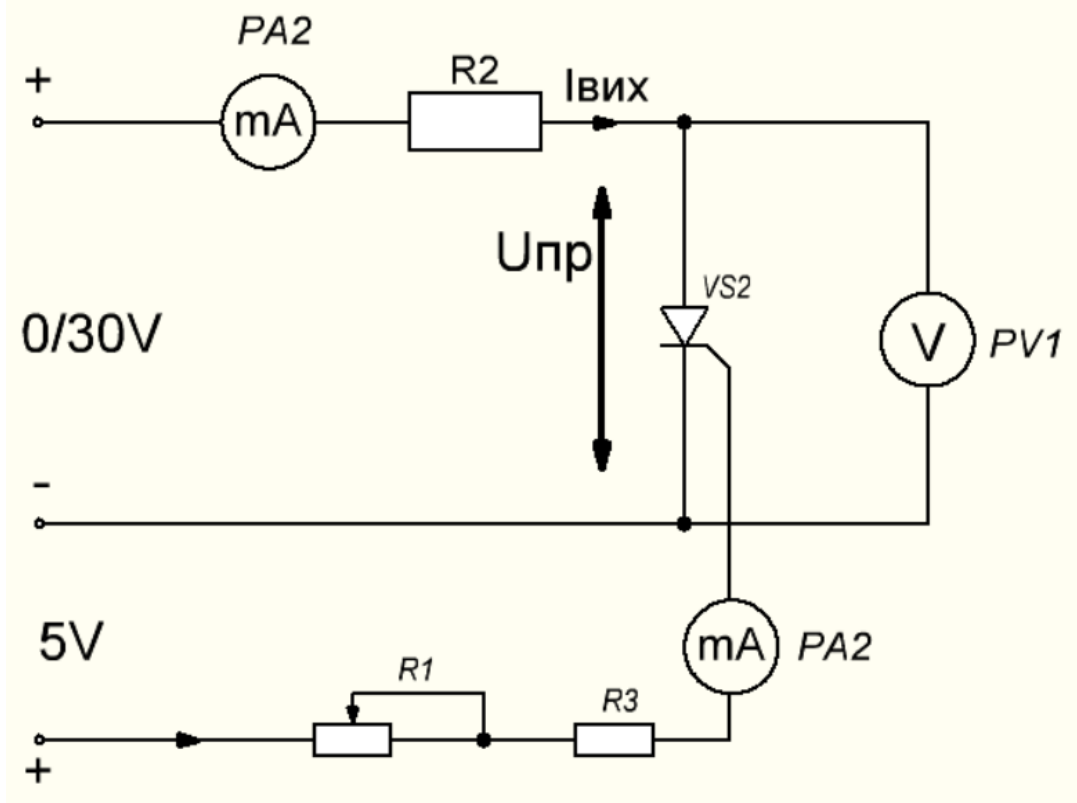


Рисунок 2.4.

R1-Резистор змінний 22 кОм; R2-Резистор 470 Ом; R3-Резистор 470 Ом; VS1-Тристор КУ101Б; МА1-Міліамперметр 50 мА; МА2-Міліамперметр 30 мА; PV1-Вольтметр 15V.

7) Підключити схему до гнізд блоку живлення та генератору сигналів «+15V», «-15V»;

8) Змінюючи ручками і «+15V» і «-15V» блоку живлення та генератору сигналів напруги живлення, зніміть вольт-амперну характеристику тріодного тиристора $I_{пр} = f(U_{пр})$ при струмах в електроді, що управляє 5, 10, 15 мА, керуючий струм встановлюється за допомогою змінного резистора R1;

9) За даними вимірювань побудуйте вольт-амперні характеристики диністора та тріодного тиристора;

В результаті лабораторної роботи у студентів повинні получитись така схема і такий графік з таблицею.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рис.2.5. Фотографія зібраної схеми.

Таблиця 2.2. Типові Данні результатів вимірювань.

9V		20V		30V	
I _{уп}	U _д	I _{уп}	U _д	I _{уп}	U _д
0,2	9,35	0,2	20,1	0,2	30,6
0,3	9,34	0,3	19,99	0,3	30,5
0,5	9,33	0,5	19,98	0,5	30,5
0,6	9,31	0,6	19,96	0,6	30,48
0,7	9,27	0,7	19,91	0,7	30,45
0,8	9,23	0,8	19,88	0,8	30,39
0,9	9,17	0,9	19,80	0,9	30,33
1	8,99	1	19,70	1	30,28
1,1	0,825	1,1	0,867	1,1	0,90

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ДП 141.433ск.94 ПЗ

Арк.

44

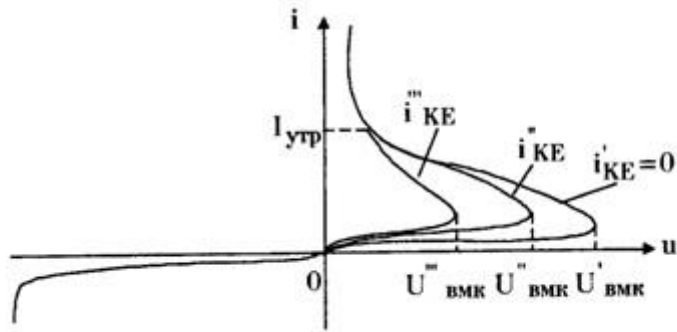


Рис.2.6. Типовий графік з результатів вимірювань.

Друга частина лабораторної роботи проводиться у наступній послідовності:

1) Для виконання даної частини лабораторної роботи студенту потрібно ознайомитись з Структурою та принципом роботи оптронного тиристора після чого приступити до вииконання лабораторної роботи.

2) Студенту потрібно зібрати схему згідно з Рис.2.7.;

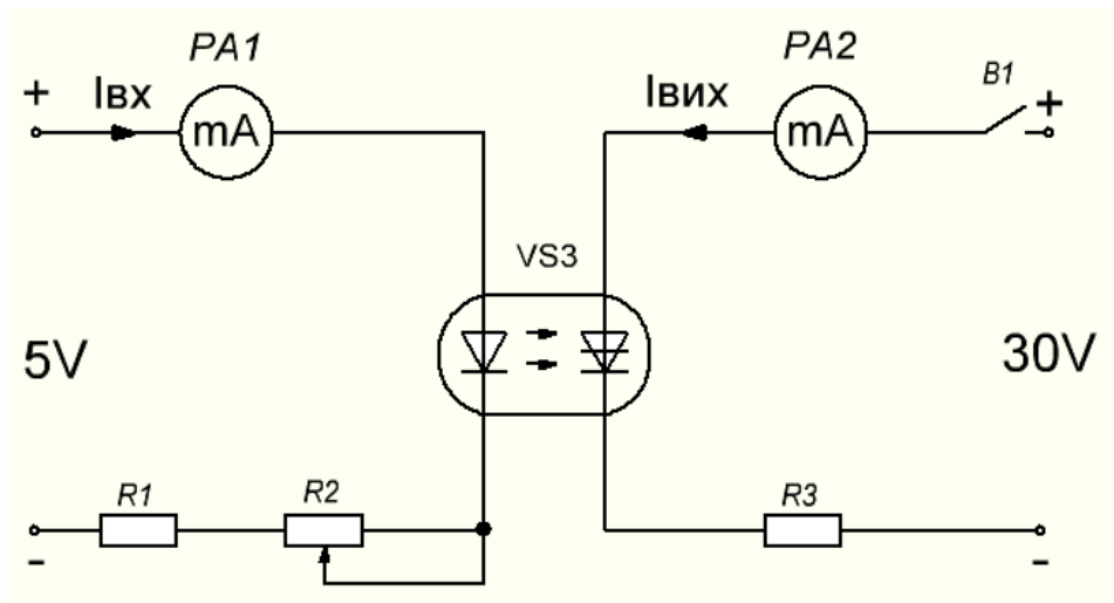


Рисунок 2.7.

$R1$ -Резистор 470Ом; $R2$ -Резистор 2.2 кОм; $R3$ -Резистор 3.3 кОм; $VS1$ -Тиристорний оптрон А0УІ03А; $MA1$ - Міліамперметр 50 мА; $MA2$ - Міліамперметр 30 мА; $B1$ -Тумблер МТІ.

3) Підключити схему до гнізд «+15V», «-15V», блоку живлення та генератору сигналів;

4) Встановить напругу джерел «+15V» і «-15V» по 15V;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

5) Змінюючи резистор R2, визначте струм спрацьовування оптрона (I_{op});

6) Встановіть за допомогою ручок «+5V», «-5V» блоку живлення та генератора сигналів мінімальні напруги джерел «+15V», «-15V», а за допомогою резистора R2 струм, близький струму спрацьовування;

7) Змінюючи ручками «+15V», «-15V» на блоці Блоку живлення та генератора сигналу напруга живлення, зніміть вольт-амперну характеристику оптрона $I_{вих} = f(U_{пр})$, $U_{вих}$ вимірюється вольтампером Блок живлення та генератор сигналу;

8) За даними вимірювань побудуйте вольт-амперну характеристику оптрона;

Примітка: Для відключення оптрона необхідно зменшити керуючий струм до мінімуму та анодну напругу.

В результаті лабораторної роботи у студентів повинні получитись така схема і такий данні.

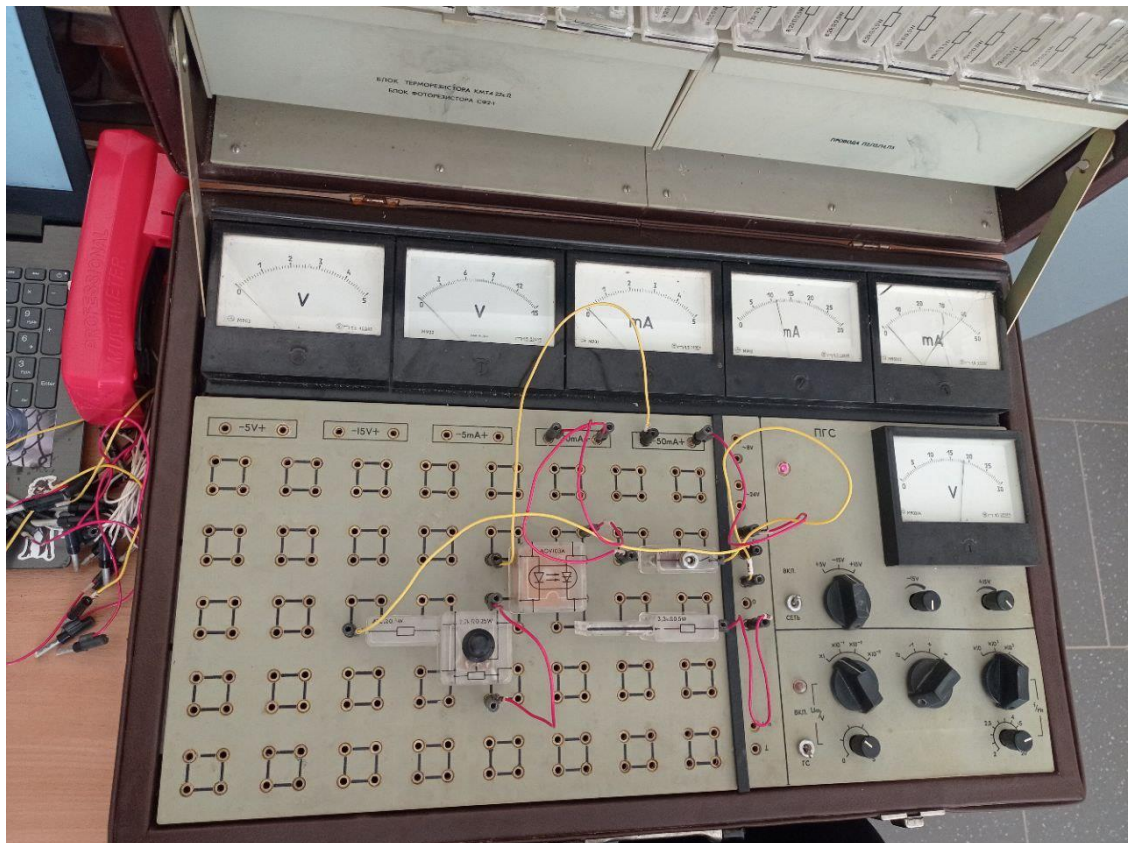


Рис.2.8. Фотографія зібраної схеми.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Іуп	Уд	Ід
20	6	7,5
20	6	7
20	6	6
20	6	5
20	6	4
20	6	3
20	6	2
20	6	1

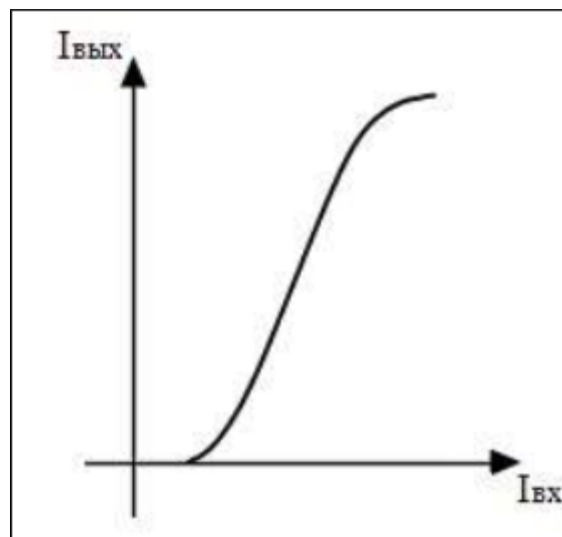


Рис.2.9. Типовий графік з результатів вимірювань.

§2.2 Лабораторна Робота №2. Дослідження електромеханічного реле.

Мета: Ознайомитися на практиці з роботою Електромеханічного реле

Хід виконання роботи.

1) Для виконання данної лабораторної роботи студенту потрібно ознайомитись з Структурою та принципом роботи електромеханічного реле після чого приступити до вииконання лабораторної роботи;

2) Студенту потрібно зібрати схему згідно з рисунком 2.10.;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

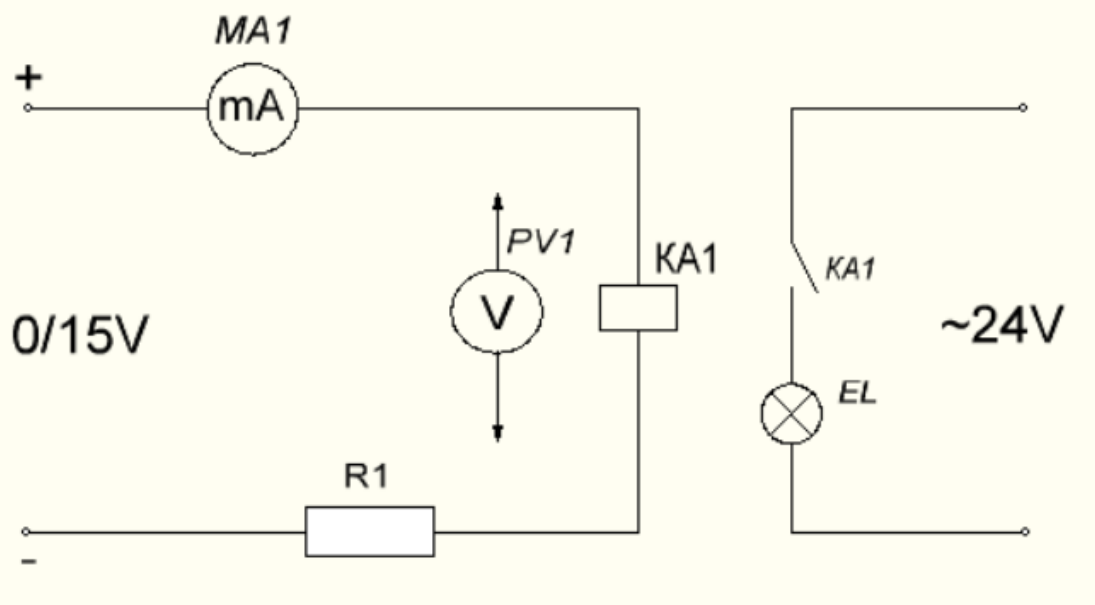


Рис.2.10. Схема дослідження Електромеханічного реле

R1-Резистор 33 Ом; MA1-Міліамперметр 50 мА; PV1- Вольтметр 5V; KA-Р реле РЗС-10; EL - лампа МН-26-10/12АІ.

- 3) Встановіть на блоці живлення та генераторів напруги ручку «+15V» у крайнє ліве положення;
- 4) Підключіть схему до гнізд "+15V", 0, "~24V" і увімкніть тумблер мережу - вкл;
- 5) Поступово збільште ручкою «+15V» блоку живлення та генератора напруги живлення схеми і в момент загоряння лампи *EL* запишіть показники міліамперметра ($I_{ор}$ -струм спрацьовування реле) та вольтметра ($U_{ор}$ -напруга спрацьовання реле);
- 6) Поступово зменшуйте напругу живлення схеми і в момент коли лампа Л1 згасне запишіть показання міліамперметра ($I_{отп}$ -ток відпуску реле) і вольтметра ($U_{отп}$ - напруга відпустки реле);
- 7) Обчисліть коефіцієнт відпустки реле

$$K_B = \frac{I_{отп}}{I_{ор}}$$

В результаті лабораторної роботи у студентів повинні получитись така схема і такий графік.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

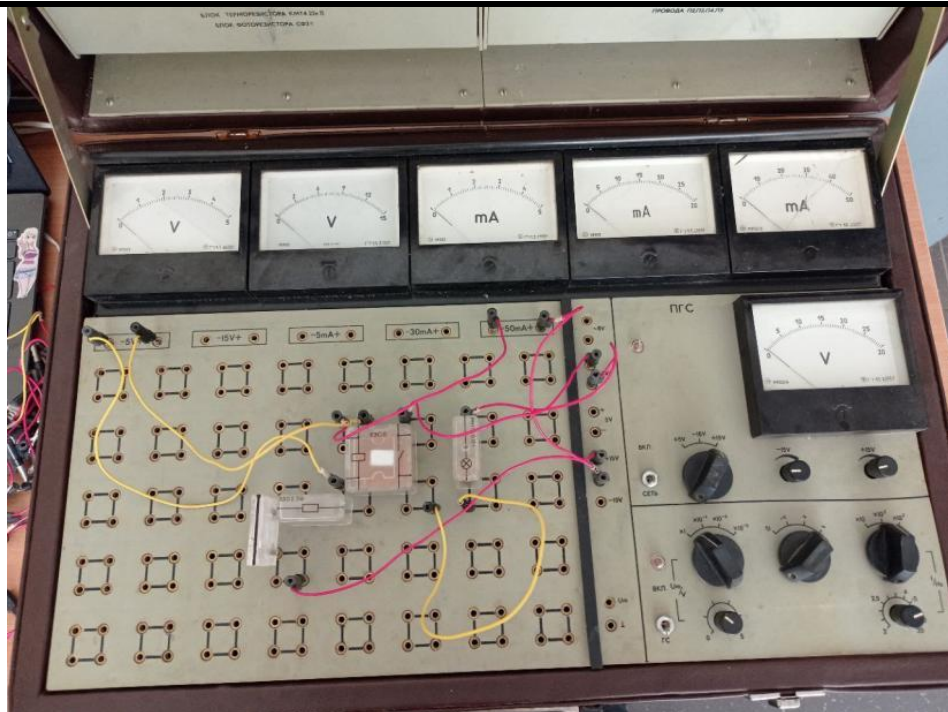


Рис.2.11.

Таблиця 2.4. Типові Данні результатів вимірювань.

	I	U
Ввімкнення	18мА	11,7V
Вимкнення	8мА	5,2V



Рис. 2.12. Типовий графік з результатів вимірювань.

§2.3 Лабораторна Робота №3. Дослідження роботи фотореле.

Мета: Дослідити роботу реле на практичній основі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141.433ск.94 ПЗ

Арк.

49

Хід виконання роботи.

1) Для виконання данної лабораторної роботи студенту потрібно ознайомитись з Структурою та принципом роботи реле після чого приступити до вииконання лабораторної роботи.

2) Студенту потрібно зібрати схему згідно з рис 2.13.

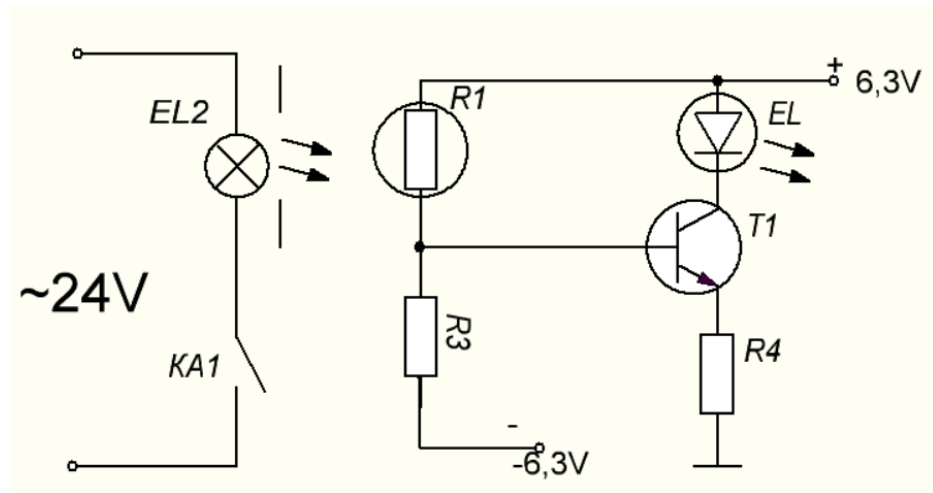


Рисунок 2.13.

R1 - фоторезистор C12-1A; R2 - резистор 150 кОм; R3 - резистор 22 кОм; R4 - резистор 1 кОм; EL - світлодіод АЛ307Б; T1 - транзистор КТ315А; EL2 - лампа МН26-0,12А-1; В1 - тумблер МТІ.

3) Включіть блок живлення та генератор сигналу і по його вольтметру встановіть ручками "+15V", "0V", "-15V" та "~24V";

4) Вставте у отвір блоку лампи порожнисту втулку фото резистора і увімкніть тумблер В1, загориться світлодіод EL;

5) Витягніть з відвернення блоку лампи фоторезистор, світлодіод згасне.

В результаті лабораторної роботи у студентів повинні получитись така схема і така таблиця.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

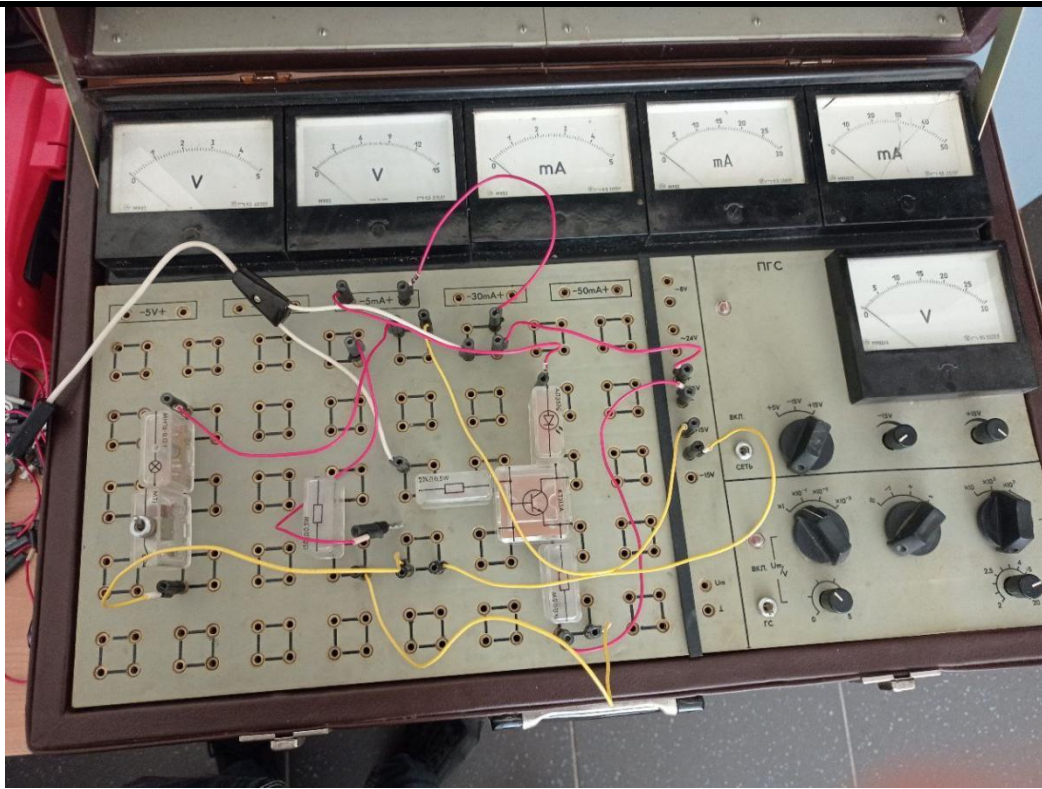


Рис.2.14. Фотографія зібраної схеми.

Таблиця 2.5. Типові Данні результатів вимірювань.

U Компл.	I Діода
5	0
7,5	0,3
10	1,2
12,5	2,2
15	2,5
17,5	2,7
20	2,7

§2.4 Лабораторна Робота №4. Дослідження реле часу.

Мета: Ознайомитись з влаштуванням та принципом роботи Реле часу та фотореле.

Хід виконання роботи.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1) Для виконання данної лабораторної роботи студенту потрібно ознайомитись з влаштуванням і принципом роботи реле часу та фотореле після чого приступити до виконання лабораторної роботи.

2) Студенту потрібно зібрати схему згідно з рис. 2.15.

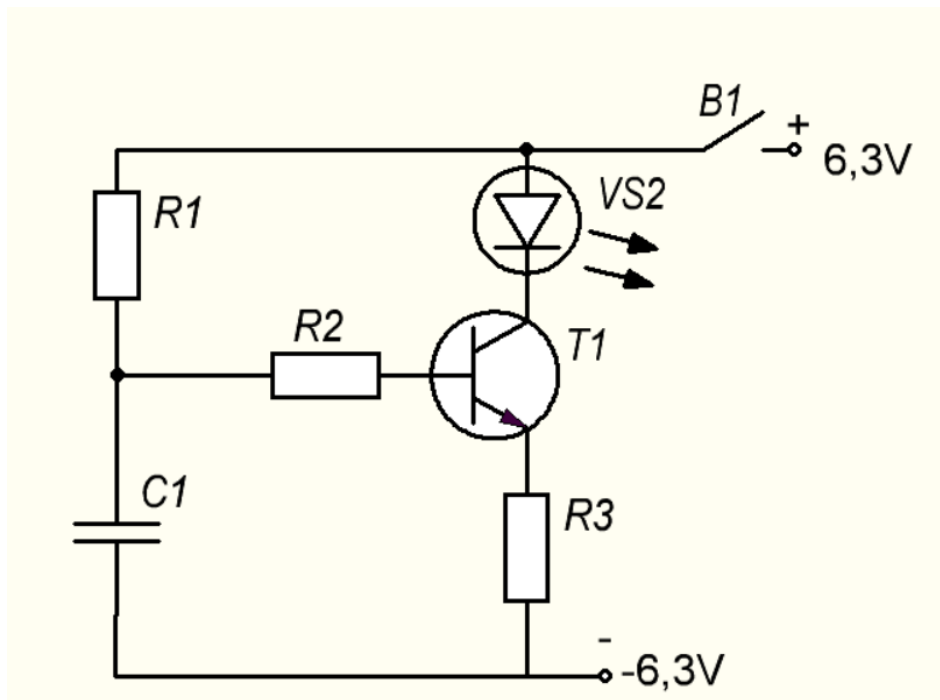


Рисунок 2.15.

R1 - резистор 150 кОм; *R2* - резистор 22 кОм; *R3* - резистор 1кОм; *C1* - конденсатор 100 мф, 16V; *EL1* - світлодіод АЛ3075; *T1* - транзистор КТ315А; *B1* - тумблер МТІ.

3) Включіть блок живлення та генератору сигналу і по його вольтметру встановіть ручками «+15V», «-15V» напруга +/- 6.3В а потім підключіть схему до гнізд «+15V», «0V», «-15V» блоку блоку живлення та генератору сигналу;

4) Визначте час, що минув від моменту включення тумблера до загорання світлодіода *VS1* - час спрацьовування реле.

В результаті лабораторної роботи у студентів повинна получитись така схема.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

№	Час спрацювання
1	10
2	11
3	13
4	8
5	12

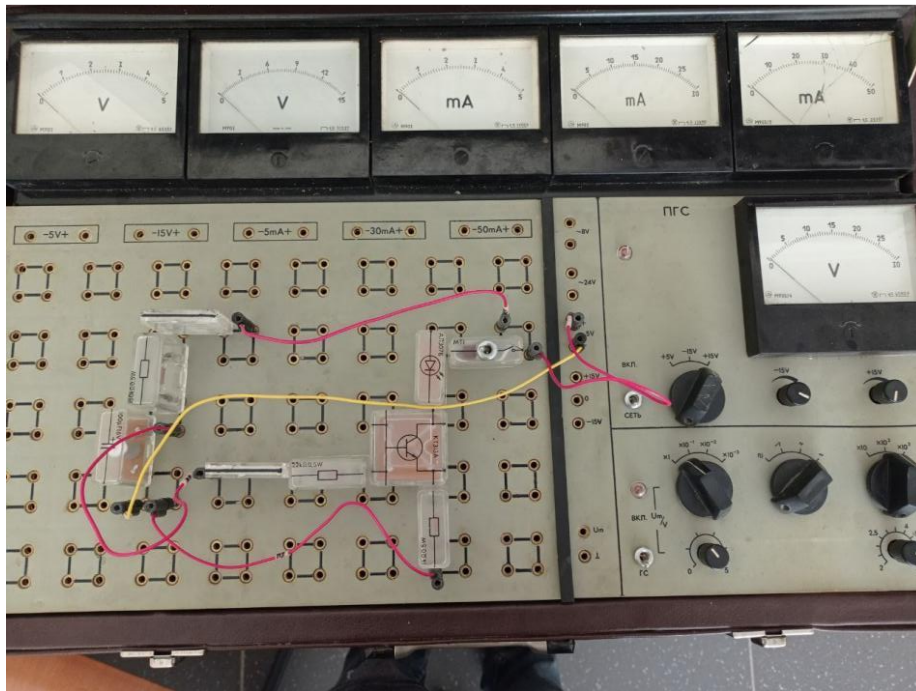


Рис.2.16. Фотографія зібраної схеми.

§2.5 Лабораторна Робота №5. Дослідження теплового реле.

Мета: Ознайомитись з влаштуванням та принципом роботи теплового реле на практиці.

Хід виконання роботи.

1) Для виконання даної лабораторної роботи студенту потрібно ознайомитись з влаштуванням, принципом роботи та компонентами теплового реле після чого приступити до виконання лабораторної роботи.

2) Студенту потрібно зібрати схему згідно з рис. 2.17;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

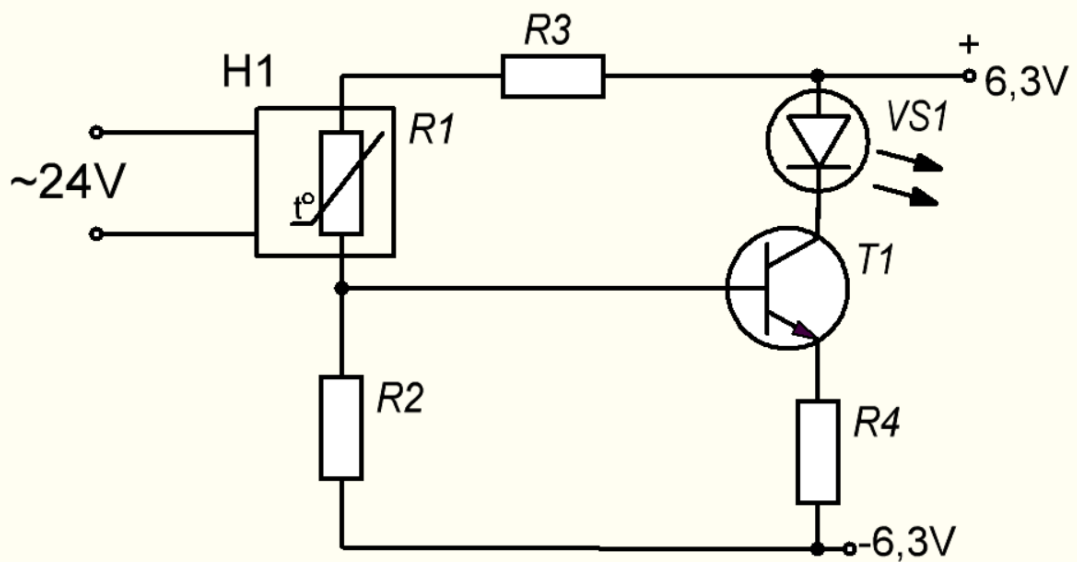


Рис. 2.17.

R1 - терморезистор КМТ-4 22 кОм; R2 - резистор 2,2-3,3 кОм; R3 - резистор 10 кОм; R4 - резистор 1 кОм; H1 - нагрівач 3W (резистор ПЭВ-3 510 Ом ± 10%); VS1 - світлодіод АЛ3075; T1 - транзистор КТЗІБА;

3) Увімкніть блок живлення та генератору напруги і за його вольтметром встановіть ручками «+15V», «-15V» напруга $\pm 6.3\text{В}$ а потім підключіть схему до гнізд «+15V», «0V», «-15V» цього-ж блоку;

4) Увімкніть тумблер В1 і через 10-15 хвилин вставте терморезистор R1 в нагрівач Н1, через 30-40 секунд спрацює реле - загориться світлодіод EL1;

5) Вийміть терморезистор з нагрівача, через 30-40 секунд реле відключитися - згасне світлодіод;

В результаті лабораторної роботи у студентів повинні отримуватись такі данні і схема.

Таблиця 2.7. Типові Данні результатів вимірювань.

№	Час спрацювання
1	34
2	40
3	38

4	35
5	32

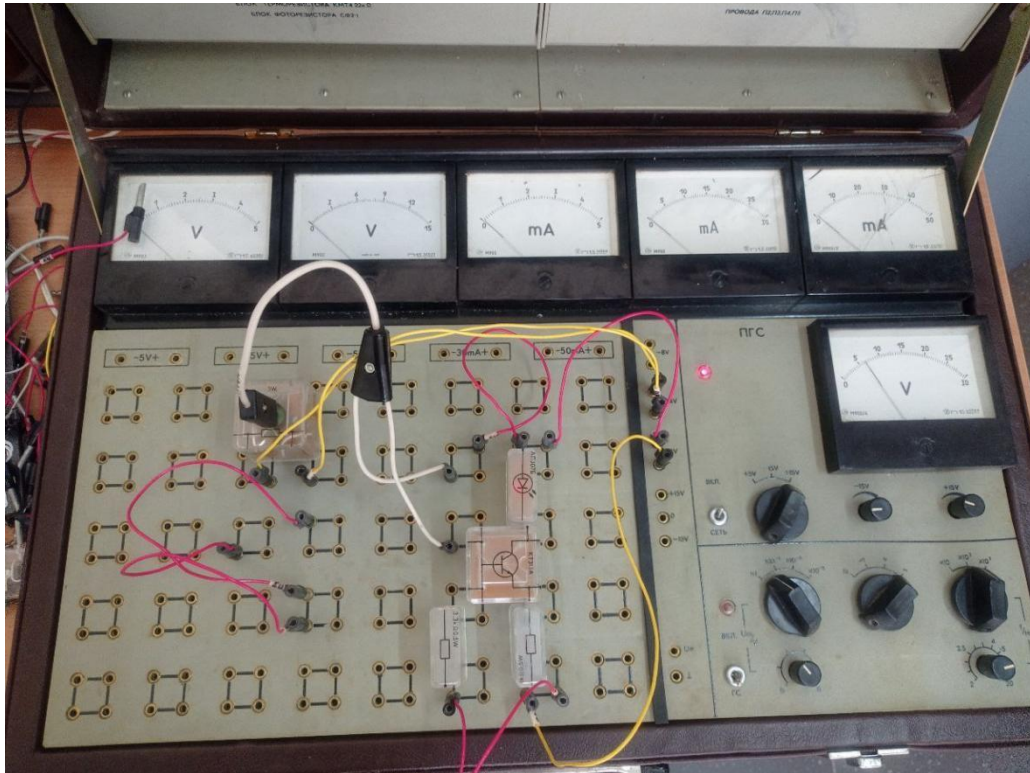


Рис.2.18. Фотографія зібраної схеми.

§2.6 Лабораторна Робота №6. Тиристорні регулятори Напруги.

Мета: ознайомитись з принципом роботи тиристорних регуляторів потужності на практиці.

Хід виконання лабораторної роботи.

1) Для виконання данної лабораторної роботи студенту потрібно ознайомитись з влаштуванням, принципом роботи та компонентами тиристорних регуляторів напруги після чого приступити до виконання лабораторної роботи.

2) Студенту потрібно зібрати схему згідно з рис.2.19.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

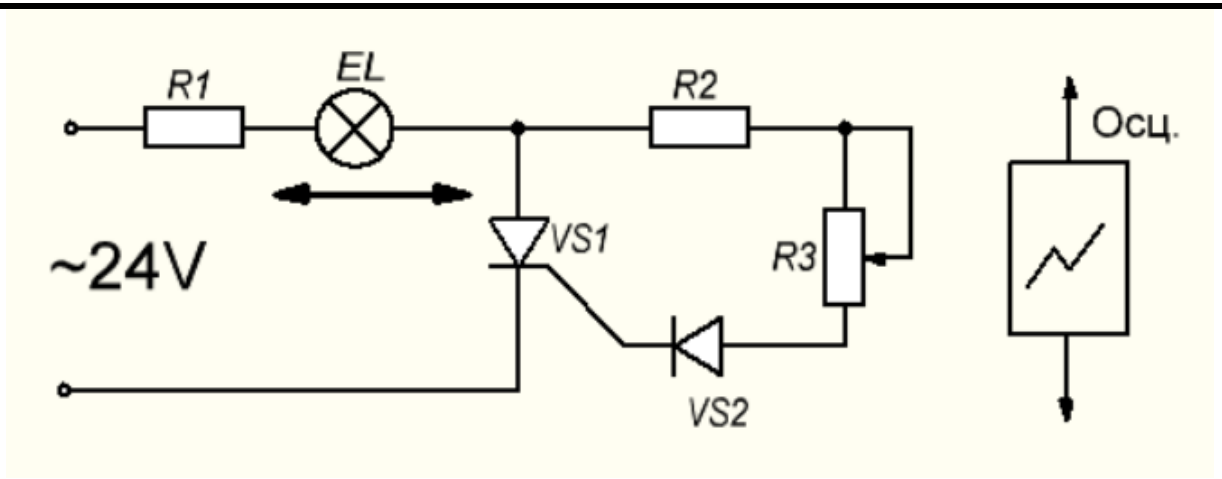


Рисунок 2.19.

R1, R2- Резистор 270м; R3 - резистор перемінний 47 кОм; R3- резистор 10 кОм; VS1 - тиристорр КУ101Б; VS2 - Діод КД209А; EL- Лампа МН26-0/12-1; Осц.- осцилограф Н313.

- 3) Підключіть схему до гнізд «~24V», а паралельно тиристорі VS1-осциллограф
- 4) Змінюючи опір резистора R3, встановіть кут тиристора, що управляє $\alpha = 0, 45, 90^\circ$ і при цьому слідкуйте за ступенем освітлення лампи EL1 (при $\alpha = 180^\circ$ лампа не горить).
- 5) Замалюйте осцилограми напруги на тиристорі та лампі EL1 при кутах управління $\alpha = 0, 45, 90^\circ$.

В результаті лабораторної роботи у студентів повинна получитись така схема і Крива Осциллографа.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

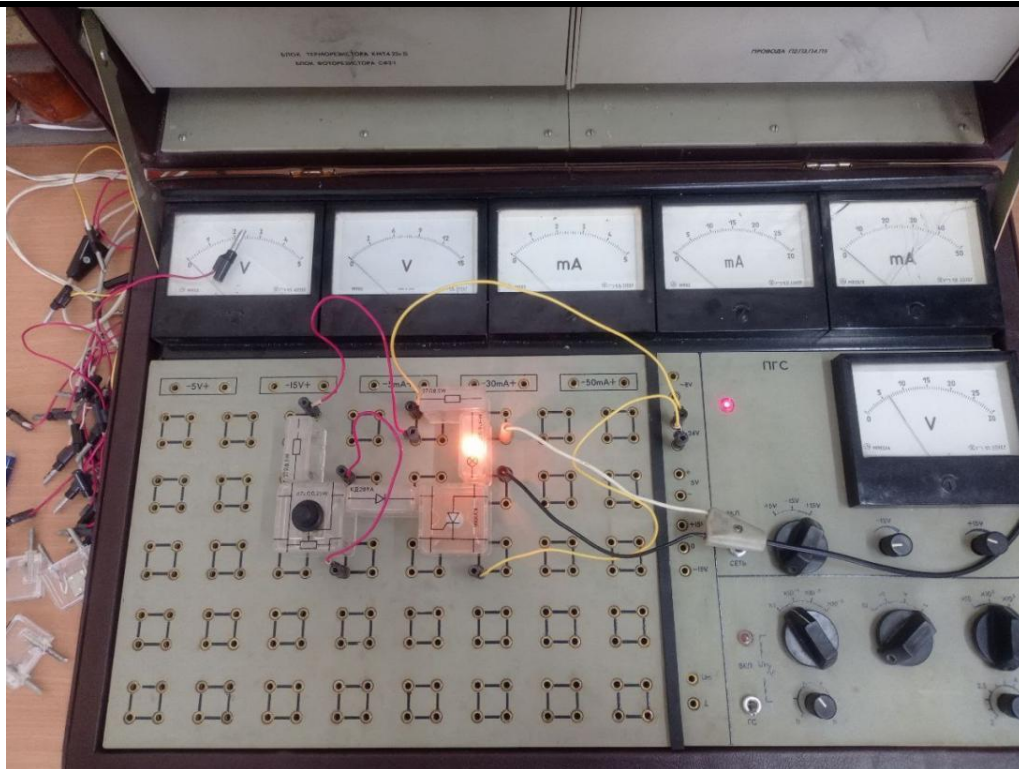


Рис.2.20. Фотографія зібраної схеми.

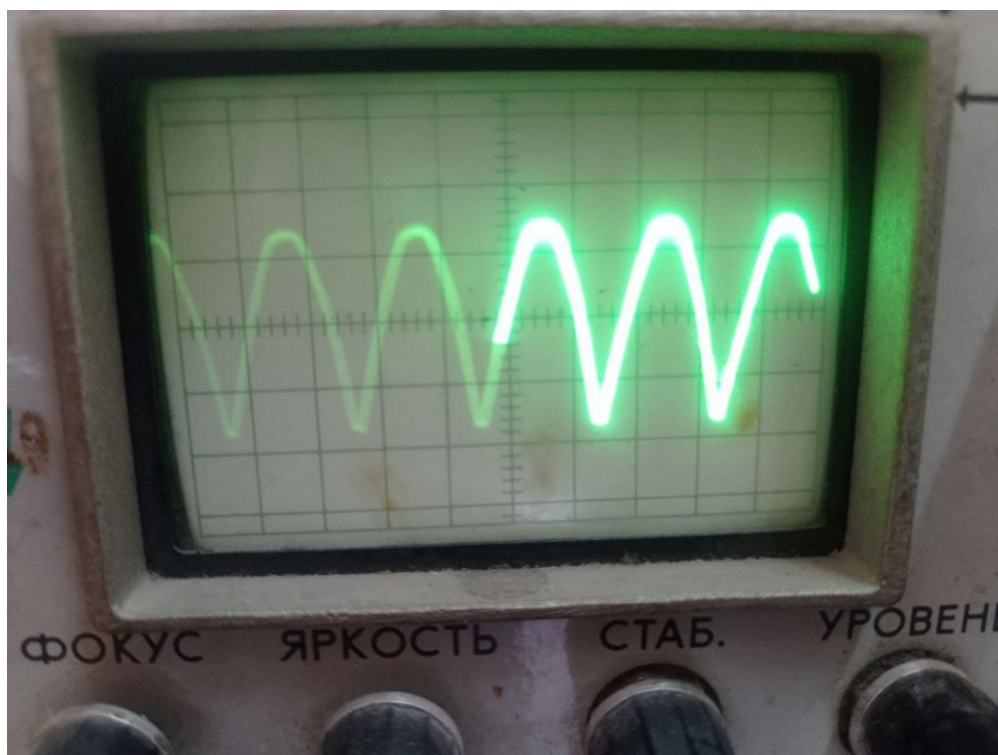


Рис.2.21. Фотографія типової кривої Осцилографа.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

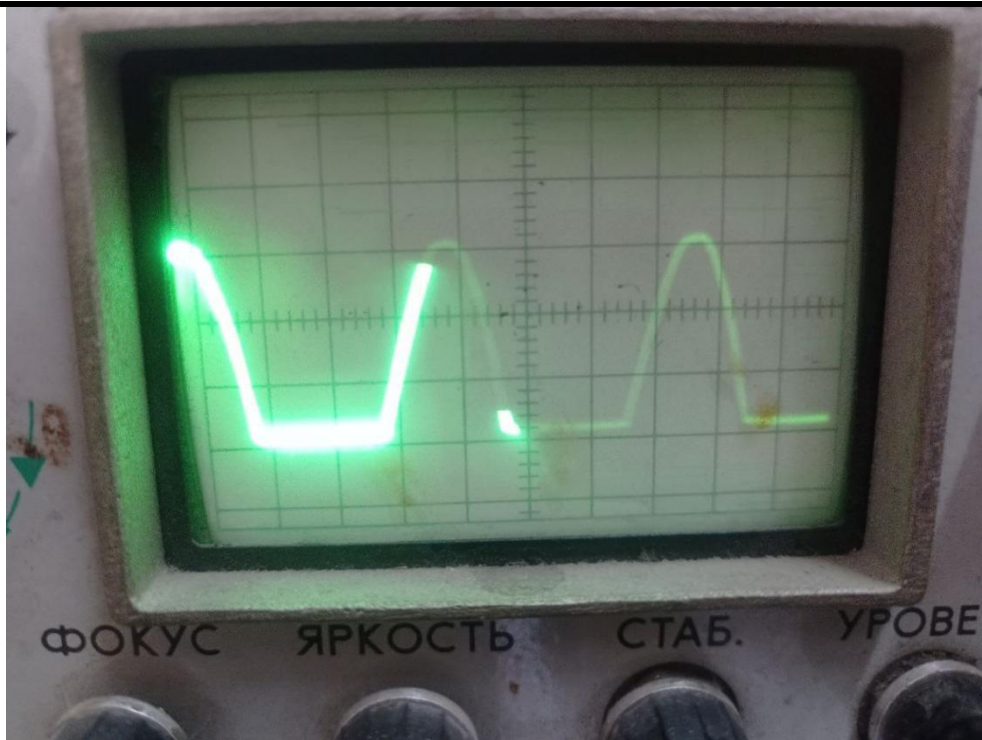


Рис.2.22. Фотографія типової кривої Осцилографа при інших значеннях опорів.

Друга частина Лабораторної роботи.

1) Студенту потрібно зібрати схему згідно з рис 2.23. та 2.26.

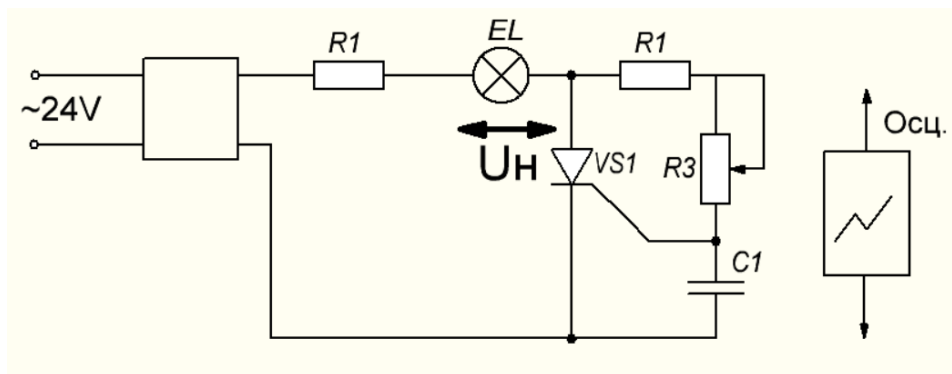


Рисунок 2.23.

$R1, R2$ - Резистор 270м; $R3$ - резистор перемінний 47 кОм; $C1$ - Конденсатор 10mF 24V; $VS1$ - тиристорр KV101Б; EL - Лампа МН26-0/12-1; $U1$ - блок випрамляючий КЦ405В; $Осц.$ - осцилограф Н313.

В результаті лабораторної роботи у студентів повинна получитись така схема і Крива Осцилографа.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

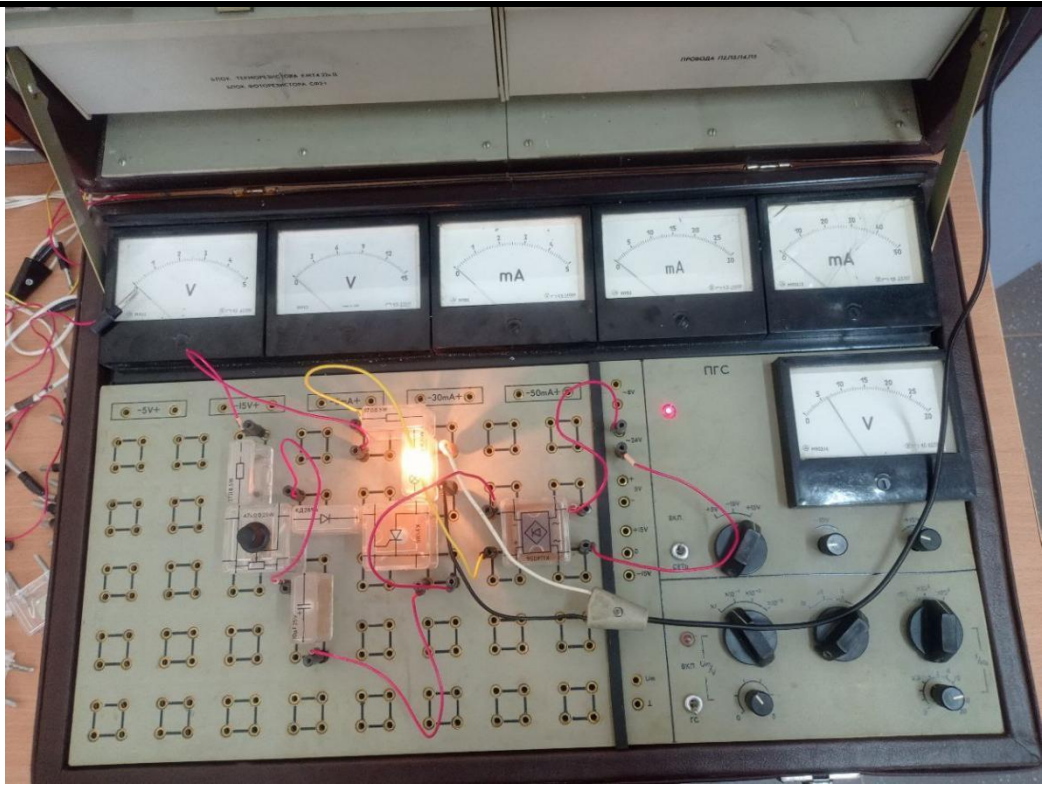


Рис.2.24. Фотографія зібраної схеми.

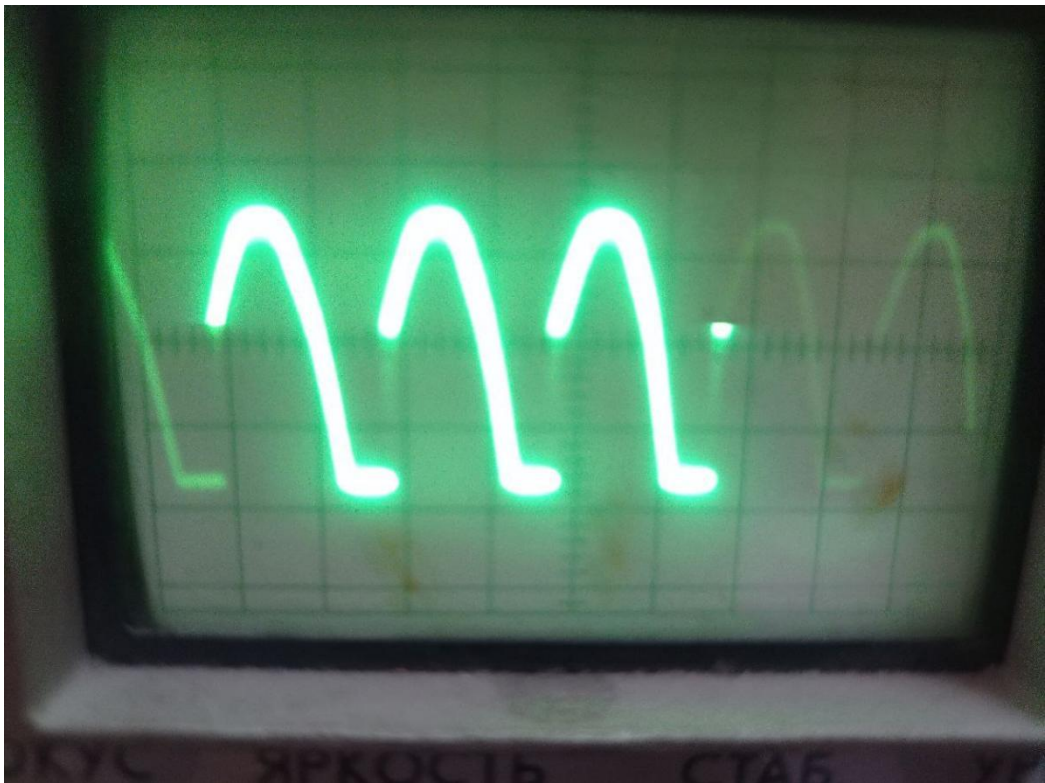


Рис.2.25. Фотографія типової кривої Осцилографа.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

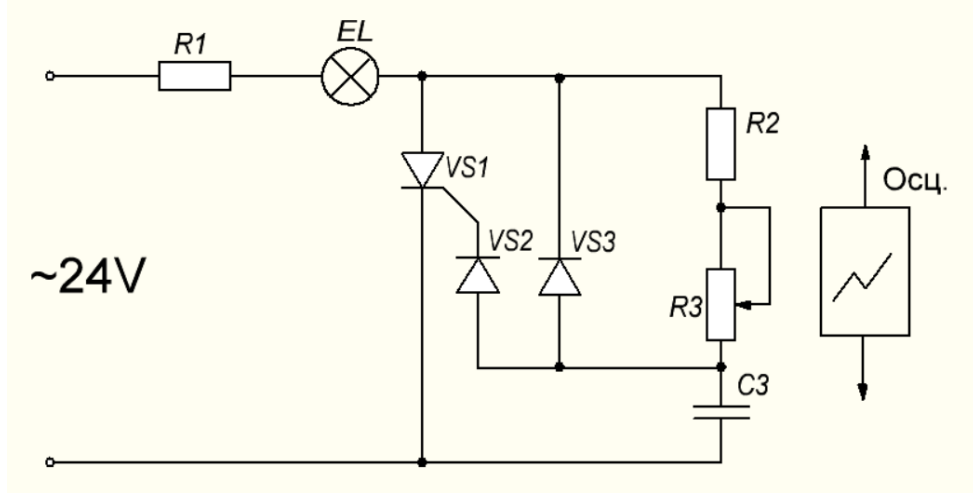


Рисунок 2.26.

R1, R2- Резистор 270м; R3 - резистор перемінний 47 кОм; C1- Конденсатор 10mF 24V; VS1 - тиристорр КУ101Б; VS2,VS3- діоди КД209А; EL- Лампа МН26-0/12-1; Осц.- осцилограф Н313.

- 2) Підключіть схему до гнізд «~24V», а паралельно тиристорі VS1-осциллограф
- 3) Змінюючи опір резистора R3, встановіть кут тиристора, що управляє $\alpha = 0, 45, 90, 180^\circ$ і при цьому слідкуйте за ступенем освітлення лампи EL1
- 4) Замалюйте осцилограми напруги на тиристорі та лампі EL1 при кутах управління $\alpha = 0, 45, 90, 180^\circ$.

В результаті лабораторної роботи у студентів повинна получитись така схема і Крива Осцилографа.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

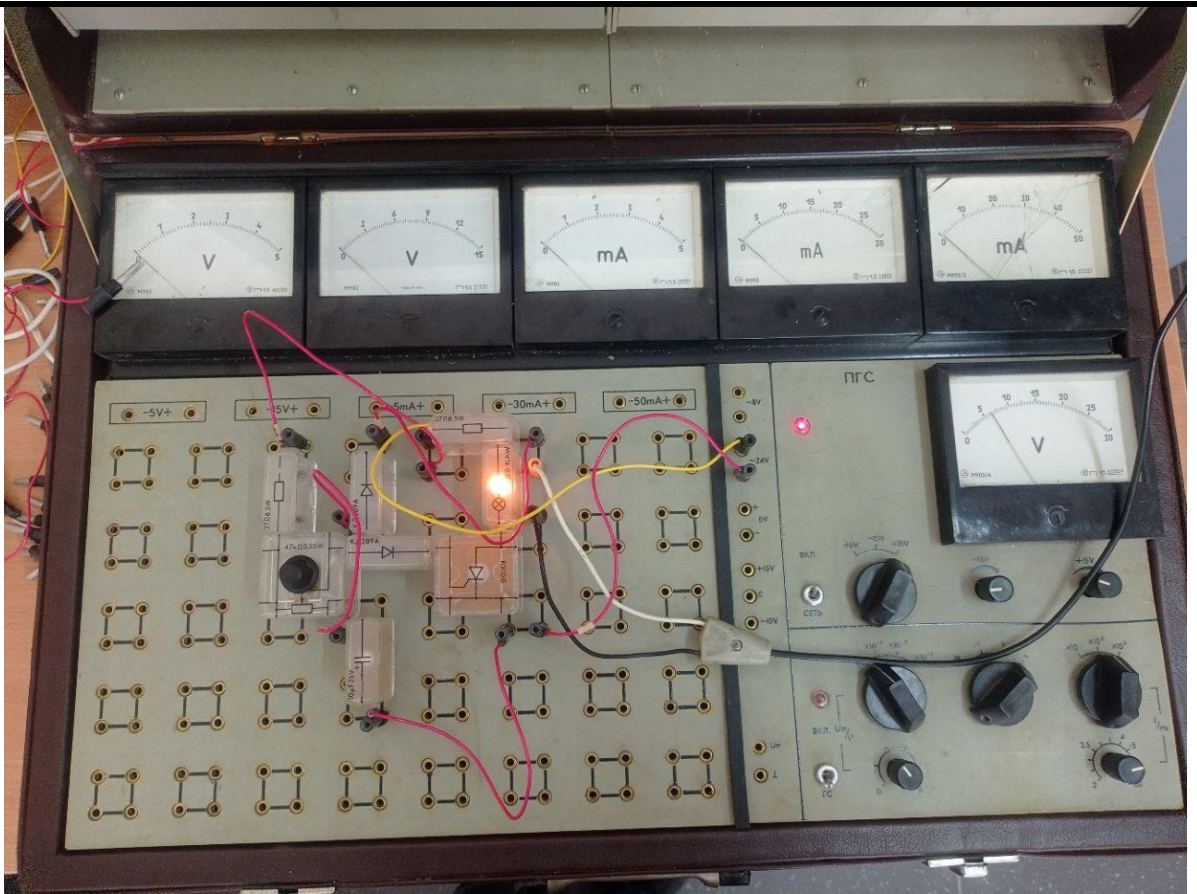


Рис.2.27. Фотографія зібраної схеми.

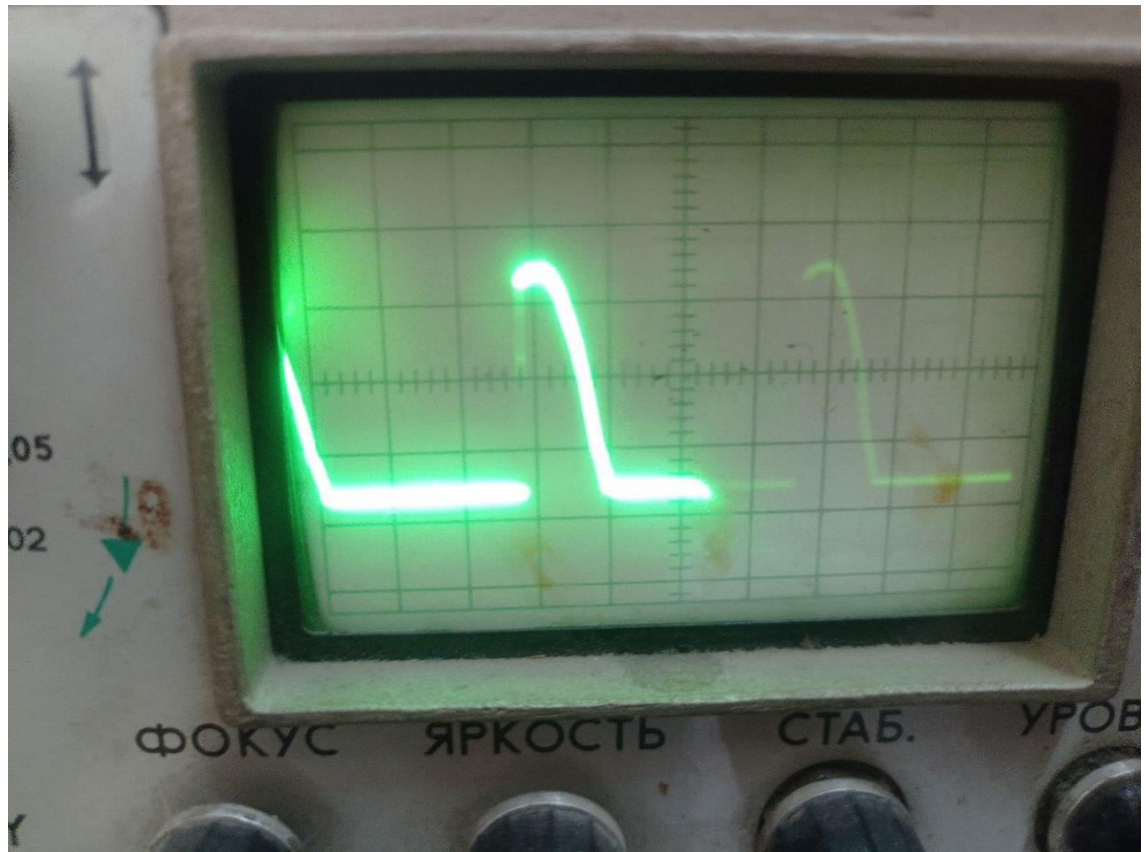


Рис.2.28. Фотографія типової кривої Осцилографа.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141.433ск.94 ПЗ

Арк.

61

Висновок

В результаті виконання данного проекту було:

1) Налагоджені схеми функціональних блоків які використовуються в енергетичних установках та мережах для виконання лабораторних робіт з курсу Промислова Електроніка.

2) Розроблені методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт з наступних тем:

- Дослідження тиристора та оптронного тиристора.
- Дослідження електромеханічного реле.
- Дослідження роботи реле.
- Дослідження реле часу та фотореле.
- Дослідження теплового реле.
- Тиристорні регулятори Напруги.

3) Розроблені принципові електричні схеми функціональних пристроїв які використовуються для монтажу відповідного пристрою під час виконання лабораторної роботи

4) Перевірено функціональність розроблених пристроїв.

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Використана Література

1. Болюх В. Ф., Данько В. Г. Основи електроніки та мікропроцесорної техніки : навчальний посібник / В. Ф. Болюх, В. Г. Данько ; за ред. В. Г. Данька ; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». — Харків : НТУ «ХПІ», 2011. — Розділ 2.4 : Тиристори. — С. 49—53.
2. Борисов О. В., Якименко Ю. І. Твердотільна електроніка : підручник / О. В. Борисов, Ю. І. Якименко ; за заг. ред. акад. НАН України Ю. І. Якименка ; Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут». — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — Розділ 5.6.3 : Симетричний тиристор. — С. 303—307.
3. Перемикаючі напівпровідникові прилади (тиристори) // Електроніка і мікросхемотехніка : підручник / Ю. П. Колонтаєвський, А. Г. Сосков ; за ред. А. Г. Соскова. — 2-ге вид. — К. : Каравела, 2009. — Розділ 2.6. — С. 56.
4. Спеціальні типи тиристорів (симістор, фототиристор, двоопераційний тиристор, оптоотронний тиристор) // Електроніка і мікросхемотехніка : підручник / Ю. П. Колонтаєвський, А. Г. Сосков ; за ред. А. Г. Соскова. — 2-ге вид. — К. : Каравела, 2009. — Розділ 2.6.3. — С. 63.
5. Болюх В. Ф., Данько В. Г. Основи електроніки та мікропроцесорної техніки. — Харків : Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2011. — С. 49—53.
6. First SiC dynistor / V. A. Dmitriev, M. E. Levinshtein, S. N. Vainshtein, V. E. Chelnokov // Electronic letters : journal. — 1988. — Vol. 24, iss. 16 (August).
7. Клименко Б. В. Электричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: навчальний посібник. [Архівовано 12 грудня 2013 у Wayback Machine.] — Х.: «Точка», 2012. — 340 с. — ISBN 978-617-669-015-3
8. Низьковольтні електричні та електронні реле, контактори, пускачі: навч. посіб. для студ. електромех. та електротехн. профілю вищ. навч. закл. / М. В. Бурштинський, Б. І. Крохмальний, М. В. Хай ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Л. : Вид-во Нац. ун-ту «Львів. політехніка», 2011. — 172 с. : іл. — Бібліогр.: с. 169—170 (16 назв).

									Арк.
									63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141.433ск.94 ПЗ				

9. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Донбас, 2007. — Т. 2 : Л — Р. — 670 с.

10. Програмовані електронні реле керування: навч. посіб. напряму «Електротехніка» / М. В. Бурштинський, А. І. Ковальчук, М. В. Хай ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: ТзОВ «Простір М», 2014. — 304 с. : іл. — Бібліогр.: с. 303 (8 назв).

11. Васюра А. С. Електромагнітні механізми та виконавчі пристрої автоматики. — Вінниця: ВДТУ, 2001. — 132 с.

12. ДСТУ 2936-94 Реле електричні. Терміни та визначення.

13. ДСТУ 2993-95 (ГОСТ 2933-93) Апарати електричні низьковольтні. Методи випробувань.

14. Релейний захист електроенергетичних систем : навч. посіб. [для студентів електроенергет. спец. ВНЗ, аспірантів, викл.] / В. П. Кідиба ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2015. — 504 с. : іл., табл. — Бібліогр.: с. 482-486.

15. ДСТУ 2848-94 Апарати електричні комутаційні. Основні поняття. Терміни та визначення.

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Під час роботи з цифровими схемами необхідно дотримуватися певних правил безпеки, оскільки ви будете працювати з лабораторними стендами та функціональними пристроями.

1. Перед зміною з'єднань кабелів і компонентів переконайтеся, що ви повністю усвідомлюєте такі правила, як вимкнення живлення, недоторканість електричних контактів і використання правильного заземлення.

2. Завжди тримайте руки сухими під час роботи з електричним обладнанням.

3. Перед початком роботи переконайтеся, що джерело живлення правильно налаштоване і заземлене, щоб запобігти накопиченню статичної електрики і зменшити ризик пошкодження електричних компонентів.

4. Перед початком роботи уважно прочитайте принципову електричну схему та зрозумійте її роботу. Це допоможе уникнути помилок.

5. Переконайтеся, що лабораторія добре провітрюється, особливо при роботі з електронними компонентами, які можуть бути гарячими.

6. У лабораторії заборонено їсти та пити. Це дозволяє підтримувати робочу зону в чистоті і запобігає можливому пошкодженню обладнання.

7. Будьте обережні під час роботи з працюючим обладнанням, оскільки неправильне поводження з ним може призвести до його несправності або пошкодження.

8. не тягніть за шнур живлення руками. Шнур живлення може обірватися і спричинити ураження електричним струмом.

9. Не використовуйте пошкоджене або неправильно підключене обладнання. У разі виявлення несправності негайно повідомте про це викладачеві.

10. Якщо під час використання електроприладу дисплей вимикається або блимає, негайно вимкніть його. Не втручайтеся в його роботу.

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

11. Не залишайте без нагляду увімкнені в електромережу електроінструменти.

12. Після закінчення експерименту приберіть робоче місце, а справні прилади та інше обладнання здайте вчителю або помістіть електричні компоненти на зберігання в спеціальну коробку чи шафу, захищену від пилу та вологи.

13. Тримайте легкозаймисті матеріали подалі від електронного обладнання. Ви також повинні ознайомитися з розташуванням пожежних вимикачів, вогнегасників та аптечок першої допомоги.

14. Якщо ви побачили полум'я в аудиторії або відчули запах диму чи палаючої ізоляції, негайно повідомте про це свого керівника та залиште приміщення. Також зателефонуйте за номером 101.

У разі ураження електричним струмом виконайте такі дії, щоб допомогти потерпілому

1. Вимкніть електроживлення, якщо це можливо. Вимкніть або витягніть вилку з розетки. Забезпечте власну безпеку та уникайте прямого контакту з людиною, яку уразило електричним струмом.

2. Зверніться за медичною допомогою. Негайно зателефонуйте до служби екстреної медичної допомоги або попросіть когось іншого зробити це. Поясніть ситуацію та надайте всю необхідну інформацію.

3. Не торкайтеся потерпілого без відповідних засобів захисту. Використовуйте дерево, гумові рукавички, ізолятор або інший діелектричний матеріал.

4. Перевірте дихання та пульс потерпілого. Якщо потерпілий не дихає або у нього відсутній пульс, негайно розпочніть реанімаційні заходи.

5. Дочекайтеся прибуття медичного персоналу. Заспокойте потерпілого, спостерігайте за його станом і надайте першу допомогу до прибуття медиків.

6. Завжди бути в курсі ситуації та забезпечувати власну безпеку.

7. Уникайте контакту з струмопровідними матеріалами та використовуйте ізолятори для надання допомоги, якщо це необхідно.

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Загалом, дотримання цих принципів безпеки допоможе студентам безпечно та ефективно використовувати функціональне обладнання в лабораторії. Завжди слід підкреслювати важливість свідомого і відповідального підходу до роботи, який мінімізує ризик і забезпечує безпеку всіх студентів.

					ДП 141.433ск.94 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67