

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра «Локомотиви»

В авторській редакції

**ОСНОВИ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА
АВТОМАТИКИ РУХОМОГО СКЛАДУ**

Навчально-методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт

Електронне видання

ДНІПРО
2024

Упорядники:
О. Б. Очкасов, А. Є. Десяк

Електронне видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми
273 «Залізничний транспорт»
Протокол № 8 від 30.05.2024

О 75 Основи електроніки та автоматики рухомого складу : навчально-методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / упоряд. О. Б. Очкасов, А. Є. Десяк ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2024. – 36 с.

Навчально-методичні рекомендації призначені для використання студентами безвідривної форми навчання спеціальності 273 «Залізничний транспорт» під час виконання лабораторних робіт з дисципліни «Основи електроніки та автоматики рухомого складу».

Навчально-методичні рекомендації містять основні теоретичні положення для засвоєння матеріалу, інструкції до виконання лабораторних робіт, вимоги до аналізу результатів та оформлення звітів.

Табл. 6. Бібліогр.: 11 назв.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДАТЧИКІВ ТЕМПЕРАТУРИ.....	8
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СЕЛЬСИННИХ ДАТЧИКІВ.....	13
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК БІПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА	17
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТИРИСТОРНОГО РЕГУЛЯТОРА ЗМІННОЇ НАПРУГИ.....	20
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КЕРОВАНОГО ВИПРЯМЛЯЧА.....	23
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ОДНОФАЗНИХ ВИПРЯМЛЯЧІВ НАПРУГИ	26
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТРАНЗИСТОРНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ	30
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЛІЧИЛЬНИКА ІМПУЛЬСІВ НА БАЗІ РЕЛЕ ЧАСУ	32
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	35

ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Основи електроніки та автоматики рухомого складу» відноситься до вибіркової компоненти циклу професійної підготовки освітньо-професійної програми (ОП) «Локомотиви та локомотивне господарство» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

В курсі навчальної дисципліни «Основи електроніки та автоматики рухомого складу» системно розглядаються основи теорії напівпровідникової техніки, мікроелектроніки і автоматики. Вивчаються принципи дії, вибір та розрахунки параметрів і характеристик напівпровідникових перетворювачів, побудови автоматичних систем управління рухомого складу.

Метою дисципліни є досягнення компетентностей, які основані на зазначених в освітньо-професійній програмі (ОП), а саме:

- ЗК 5. Здатність розробляти та управляти проектами;
- ЗК 10. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя;
- СК 2. Здатність розрізняти типи та серії локомотивів, їх системи, агрегати та вузли з визначенням вимог до їхньої конструкції, параметрів та характеристик;
- СК 3. Здатність проведення вимірних експериментів з визначення параметрів та характеристик локомотивів, їх агрегатів, систем та елементів;
- СК 4. Здатність розробляти та впроваджувати технологічні процеси, технологічне устаткування і технологічне оснащення, засоби автоматизації та механізації при виробництві, експлуатації, ремонті та обслуговуванні локомотивів, їх систем, агрегатів та вузлів;
- СК 5. Здатність розробляти, оформлювати та впроваджувати у виробництво документацію щодо технологічних процесів будівництва, експлуатації, ремонту та обслуговування локомотивів, їх систем, агрегатів і вузлів та інших інструктивних вказівок, правил та методик;
- СК 6. Здатність розробляти з урахуванням безпечних умов використання, міцнісних, естетичних і економічних параметрів технічні завдання і технічні умови на проектування локомотивів, їх систем, агрегатів і вузлів; складати плани розміщення устаткування, технічного оснащення та організації робочих місць; розраховувати завантаження устаткування та показники якості продукції;

- СК 7. Здатність аналізувати технологічні процеси виробництва й ремонту локомотивів як об'єкта управління, застосовувати експертні оцінки для вироблення управлінських рішень щодо подальшого функціонування підприємства з оцінкою якості його продукції;
- СК 8. Здатність організувати експлуатацію локомотивів, їх систем, агрегатів і вузлів, з обґрунтуванням структури управління експлуатацією, технічного обслуговування та ремонту;
- СК 10. Здатність застосовувати методи та засоби технічних вимірювань, технічні регламенти, стандарти та інші нормативні документи при технічному діагностуванні локомотивів, їх систем, агрегатів і вузлів.

Лабораторні роботи включені до змісту дисципліни «Основи електроніки та автоматики рухомого складу» з метою забезпечення практичного розвитку студентів у галузі електроніки та автоматики, а також формування необхідних компетентностей для подальшої професійної діяльності у сфері локомотивного господарства.

Лабораторні роботи дозволяють студентам отримати практичні навички з монтажу, налагодження та експлуатації електронних пристроїв і систем, що є важливим для розуміння теоретичних концепцій, які вони вивчають у рамках дисципліни. Це також допомагає усвідомити принципи функціонування та взаємозв'язок між різними елементами електронних пристроїв та систем автоматики.

Проведення лабораторних робіт допомагає студентам краще зрозуміти та запам'ятати теоретичний матеріал, а також навчитися вирішувати практичні завдання, що виникають у процесі роботи з електронікою та автоматикою. Крім того, це розвиває їхні аналітичні та проблемно-розв'язувальні навички, що є важливими для подальшої професійної діяльності.

Перед виконанням лабораторних робіт студенти повинні вивчити правила техніки безпеки на робочому місці.

1. Студенти в лабораторній аудиторії навчального закладу вивчають план і порядок виконання лабораторної роботи.
2. При виконанні лабораторної роботи студенти дотримуються дисципліни і тиші в лабораторії, не роблять різких рухів руками, щоб не зачепити або не впустити прилади.
3. Забороняється підходити до електрощита, що знаходиться в кабінеті чи лабораторії.
4. Заборонено використовувати обладнання, прилади, пристрої, дроти з відкритими струмоведучими частинами.
5. Проводити збірку електричних ланцюгів, переключення їх, під'єднання, монтаж і ремонт електричних пристроїв тільки після відключення джерела живлення.

6. Перевіряти наявність напруги на джерелі живлення або на інших частинах електроустановки тільки за допомогою покажчика напруги.
7. Уважно стежте, щоб ізоляція проводів була справною без оголених і пошкоджених ділянок, на кінцях проводів були наконечники.
8. При складанні електричних ланцюгів, дроти розташовують акуратно, не заплутуючи між собою, наконечники проводів щільно затискаються клемами.
9. Заборонено торкатися до конденсаторів після відключення електричного кола від джерела електроживлення, так як їх попередньо необхідно розрядити.
10. Після закінчення лабораторної роботи з не забудьте обов'язково відключити джерело живлення.
11. Виявивши несправність, обрив, пошкодження в електричних пристроях, що перебувають під напругою, без зволікання вимкніть джерело живлення і повідомте про це викладачу чи лаборанту.

При ураженні електричним струмом необхідно як можна швидше звільнити потерпілого від дії струму:

- вимкнувши струм (вимикачем, магнітним пускачем, рубильником, висмикнувши вилки з штепсельної розетки);
- відвести проводи від потерпілого сухою палицею, скляною трубкою або іншим предметом з матеріалу, що не проводить струму;
- відтягнути потерпілого від струмопровідної частини за сухий одяг.

Якщо вимкнути установку доволі швидко неможливо, необхідно прийняти інші заходи по звільненню потерпілого від струму. Той, що надає допомогу не повинен доторкуватись до відкритих ділянок тіла потерпілого і повинен пильнувати за тим, щоб самому не вступити в контакт з струмопровідною частиною.

Якщо після вивільнення від дії струму потерпілий перебуває в непритомному стані, досить забезпечити йому доступ свіжого повітря і дати понюхати нашатирний спирт. При електричному ударі слід негайно зробити штучне дихання.

Звіт з лабораторних робіт необхідно виконувати з урахуванням таких загальних вимог:

- звіт виконується на стандартних аркушах паперу (210x297 мм);
- звіт повинен бути виконаний акуратним розбірливим почерком без скорочення слів (крім традиційно прийнятих);
- розрахункові формули необхідно спочатку навести в загальному вигляді з використанням буквених символів, дати розшифровку буквених символів, проставляючи одиниці виміру для величин, що мають вимір, а потім підставляти в формулу числові значення величин;

- при використанні у розрахунках значень параметрів, прийнятих з довідкових матеріалів, слід посилатися на джерело інформації; літературу, яка була використана під час формування звіту, необхідно навести в кінці роботи;
- графіки, схеми, ескізи, креслення вшиваються поміж аркушами звіту після першого згадування в тексті;
- аркуші, ілюстрації, таблиці та графіки повинні бути обов'язково пронумеровані.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДАТЧИКІВ ТЕМПЕРАТУРИ

Мета роботи: вивчити конструкцію, принцип дії та призначення датчиків температури.

Теоретичні відомості

Для контролю температури в системах охолодження двигунів внутрішнього згоряння використовують термометри з первинними перетворювачами (датчиками). У більшості датчиків функцію первинного перетворювача (чутливого елементу) виконують напівпровідникові терморезистори. Металеві терморезистори виготовляються з міді (робочий діапазон температур до 200°C) або платини (робочий діапазон температур до 600°C). Принцип дії термоопорів заснований на властивості напівпровідників та металів змінювати електричний опір залежно від температури. Робочий діапазон температур напівпровідникових терморезисторів знаходиться в межах від -60 до +180°C, що задовольняє вимоги до датчиків систем охолодження двигунів внутрішнього згоряння. Перевагою напівпровідникових терморезисторів порівняно з металевими резисторами є те, що зміна температури напівпровідника викликає більш різку зміну його опору, тобто ці датчики є більш чутливими. Недоліком напівпровідникових термоопорів є нестабільність характеристик та вузький діапазон вимірювання.

Електричні термометри опору застосовуються на тепловозах для дистанційного вимірювання температури води й мастила дизеля. На тепловозах широко застосовуються напівпровідникові термометри опорів ТП-2, що складаються з датчика температури ПП-2 і покажчика ТУЕ-8А. Покажчик встановлюється на пульті управління в кабіні машиніста, а датчик у трубопроводі відповідної системи. Діапазон вимірювання температури електротермометра ТП-2 становить 0...120°C. Конструкція датчика температури наведена на рис 1.1.

Теплочутливий елемент 12 приймача складається з одного або двох напівпровідникових терморезисторів, розташованих у середині металевого ковпачка 8. Електричні виводи 11 терморезисторів розділені ізоляційною прокладкою 10, і під'єднані до неї двома бандажами з ниток 9. Вільний внутрішній простір ковпачка заповнюють компаундом 3. Кінці виводів 11 припаяні до контактів контактної колодки 5. З протилежної сторони в колодку вставлені контактні штирі 2. Штирі слугують для з'єднання приймача зі штепсельним роз'єднувачем. Для герметизації внутрішньої порожнини в місці виходу штирів 2 встановлена прокладка 4, простір над нею заповнено компаундом 3. Ковпачок 8 напресовано на герметик на штуцер 6, окрім того встановлена прокладка 7 та вінця штуцера завальцьовані.

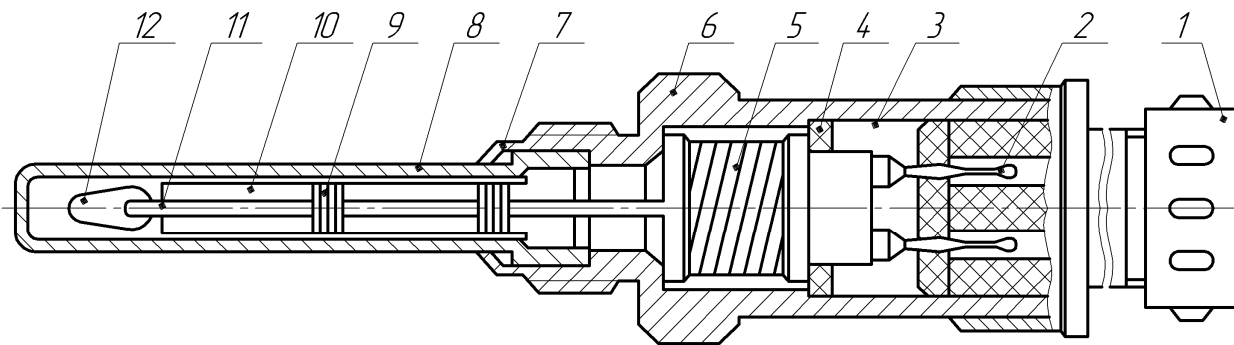


Рисунок 1.1. Датчик температури ПП-2:

1 – штепсельний роз’єднувач; 2 – контактні штирі; 3 – компаунд; 4 – резинова прокладка; 5 – колодка; 6 – штуцер; 7 – прокладка з свинцю; 8 – металевий ковпак; 9 – бандаж із ниток; 10 – ізоляційна прокладка; 11 – електричні виводи; 12 – теплочутливий елемент

Показчик приладу (магнітоелектричний логометр) включений у діагональ мостової вимірювальної схеми (рис. 1.2).

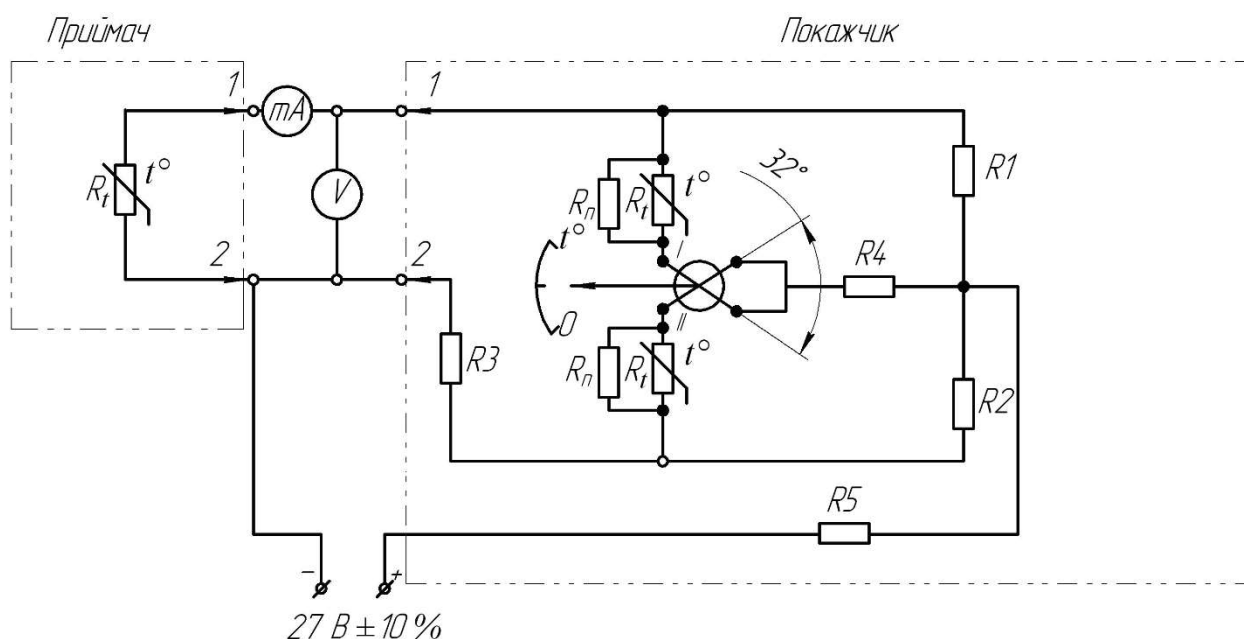


Рисунок 1.2. Електрична схема вимірювання параметрів термометра опору

Два плеча цієї схеми утворять нерегульовані резистори R_1 і R_2 , а два інших плеча – нерегульований резистор R_3 і терморезистор R_t , величина опору якого залежить від температури вимірюваного середовища.

Резистор R_4 утворює напівдіагональ мосту. Другу діагональ мосту через резистор підключають до джерела живлення постійного струму $27\text{ В} \pm 10\%$. Застосування мостової вимірювальної схеми підвищує чутливість приладу. Вимірювальний механізм логометра складається з двох рухомих рамок I і II,

жорстко закріплених на осі під кутом 32° одна до одної. Рамки обертаються в нерівномірному магнітному полі, створеному постійним магнітом, переміщаючи уздовж шкали вказівну стрілку. Кут повороту рухомої системи становить 120° .

Паспортна характеристика датчика температури ПП-2 приведена на рисунку 1.3.

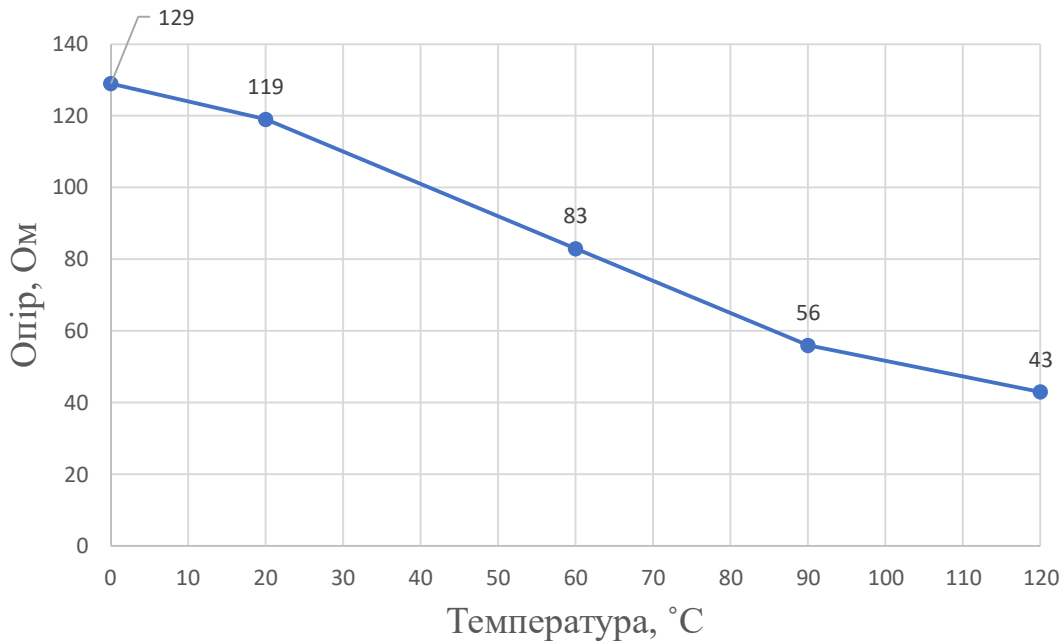


Рисунок 1.3. Паспортна характеристика датчик температури ПП-2

Окрім термоопорів як датчики температури в системах автоматики використовуються термопари (рис. 1.4), які мають ширший діапазон вимірювання температури. Термопара – це два спаяних провідника з різномірних металів, наприклад, залізо й мідь, або їх сплави. Також застосовують наступні пари металів:

- платинородій-платинові – тип R;
- платинородій-платинові – тип S;
- платинородій-платинородієві – тип В;
- залізо-константанові (залізо-мідьнікелеві) – тип J;
- мідь-константанові (мідь-мідьнікелеві) – тип T;
- ніхросил-нісилкові (нікельхромнікель-нікелькремнієві) – тип N;
- хромель-алюмелеві – тип K;
- хромель-константанові – тип E;
- хромель-копелеві – тип L;
- мідь-копелеві – тип M;
- силх-силінові – тип I;

– вольфрам-ренієві – тип А-1, А-2, А-3.

Принцип дії термопар заснований на термоелектричному ефекті. Коли кінці провідника знаходяться при різних температурах, між ними виникає різниця потенціалів, пропорційна різниці температур. Коефіцієнт пропорційності називають коефіцієнтом термо-ЕРС. У різних металів коефіцієнт термо-ЕРС різний і, відповідно, різниця потенціалів, що виникає між кінцями різних провідників, буде різною. Поміщаючи спай з металів з різними коефіцієнтами термо-ЕРС в середовище з температурою T_1 , ми отримаємо напругу між протилежними контактами, які перебувають при іншій температурі T_2 , яка буде пропорційною різниці температур T_1 і T_2 . Отже, якщо спаї мають різну температуру, то між виводами термопар виникатиме термо-ЕРС

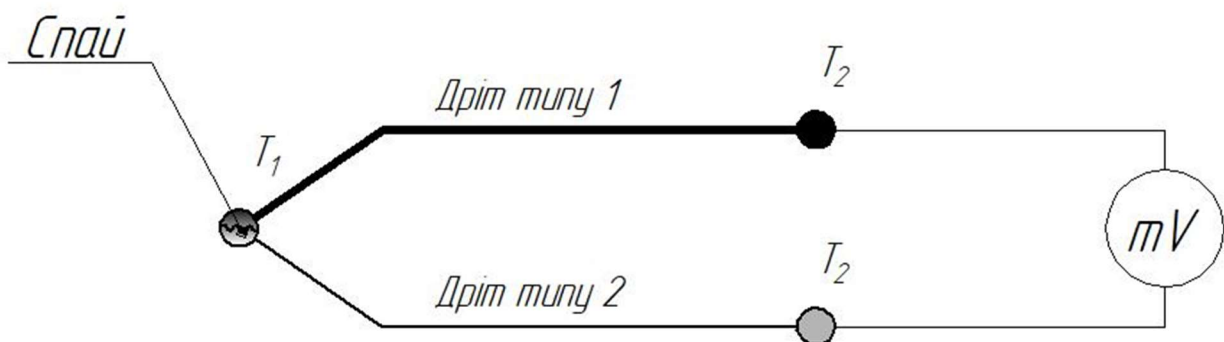


Рисунок 1.4. Принципова схема включення термопар

Величина сигналу термопар становить від 15 до 50 мВ. Як наслідок, використання термопар вимагає додаткового підсилення сигналу. Ця властивість термопар обмежує їх використання на рухомому складі, так як ускладнюється процес перетворення сигналу. Ще одним недоліком термопар є їх інерційність, тобто затримка часу між моментом зміни температури та зміною значення термо-ЕРС.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію та принцип дії електричного термометра ТП-2, виписати його технічні характеристики.

2. Зібрати схему досліджень (рис. 1.2).

3. Розташувати термоопір та термопару в середині нагрівального елемента, подати напругу на нагрівальний елемент.

4. Починаючи з температури оточуючого середовища до 100°C зробити виміри з кроком 10°C , при цьому фіксувати падіння напруги та струм, що протікає через термоопір і величину термо-ЕРС термопар. Порівняти отримане значення температури на показчику з показаннями ртутного термометра.

5. Результати вимірів занести до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Результати вимірювань

Показання ртутного термометра $T_{рт}, ^\circ\text{C}$	Термопара	Термоопір			
	Значення термо-ЕРС $E, \text{мВ}$	Показання електро-термометра $T_{ем}, ^\circ\text{C}$	Падіння напруги на термоопорі $U, \text{В}$	Струм через термоопір $I, \text{мА}$	Розрахункове значення опору $R, \text{Ом}$

6. Побудувати залежності розрахованого опору термоопору R_t від температури $T_{ем}$ та величини термо-ЕРС від температури $T_{ем}$ і порівняти їх з паспортною характеристикою.

7. Зробити висновки який тип терморезистора використаний в лабораторній роботі.

Контрольні завдання та запитання

1. Які методи вимірювання температури використовувалися в лабораторній роботі та якими приладами виконувалися виміри?

2. Поясніть принцип дії термометра опору.

3. Які фізичні процеси лежать в основі роботи термометра опору?

4. Розкажіть про призначення та наведіть приклади застосування терморезисторів на рухомому складі.

5. Поясніть принцип роботи електричного логометра.

6. До якого типу терморезисторів належить досліджуваний датчик?

7. У чому полягає відмінність термісторів та позисторів? Охарактеризуйте їх.

8. Поясніть принцип дії термопари.

9. В чому різниця електричної схеми підключення термопари та термоопорів?

10. Наведіть приклади переваг та недоліків використання термопар та термометрів опору як датчиків температури.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СЕЛЬСИННИХ ДАТЧИКІВ

Мета роботи: Вивчити конструкцію, принцип дії та призначення сельсинів.

Теоретичні відомості

Сельсини – індукційні електричні машини змінного струму, призначені для синхронного повороту чи обертання двох або декількох осей, механічно не зв'язаних між собою. Сельсини мають дві обмотки: збудження (однофазна) й синхронізації (трифазна). Синхронний зв'язок здійснюється за допомогою двох однакових сельсинів, електрично з'єднаних між собою. Одну з цих машин, механічно з'єднану з ведучою віссю, називають сельсин датчиком (СД), а іншу, з'єднану з веденою віссю, – сельсин приймачем (СП). Система синхронного зв'язку працює так, що під час повороту ротора сельсина-датчика на який-небудь кут θ_D ротор сельсин-приймача повертається на такий же кут θ_n . Розрізняють два основні режими роботи сельсинів: індикаторний і трансформаторний. Схеми включення сельсинів зображені на рис. 2.1. В індикаторному режимі (рис. 2.1 а) під час повороту ротора СД на певний кут виникає синхронізуючий момент, рівний $\theta = \theta_D - \theta_n$ (кут розузгодження). Синхронізуючий момент СП прагне ліквідувати кут розузгодження θ і зробити його рівним нулю. Основна характеристика сельсинної пари, що працює в індикаторному режимі, зображає залежність статичного синхронізуючого моменту $M_c = f(\theta)$ від кута розузгодження θ між ротором датчика та ротором приймача. За невеликих кутів розузгодження ($\theta < 30^\circ$) ця залежність практично лінійна.

Якщо вал сельсин-приймача загальмувати, а обмотку його збудження відключити від мережі, то сельсини працюватимуть у трансформаторному режимі (рис. 2.1 б). Кутові переміщення СД перетворюватимуться на електричний сигнал, що знімається з обмотки збудження СП. При цьому в схемі трансформаторного режиму ротор СП слід заздалегідь повернути на кут 90° щодо ротора СД. Таким чином за нерухомого ротора й $\theta = 90^\circ$ вихідна напруга на обмотці збудження СП пропорційна синусу кута повороту ротора СД, тобто $U_{вих} = U_{max} \sin \theta_D$. Для малих кутів $U_{вих} = k \cdot \theta_D$, де k – коефіцієнт передачі.

Якщо до кінців обмотки синхронізації СД підключити вольтметр, до обмотки збудження джерело змінної напруги, а вал ротора при цьому обертати, то СД буде працювати в режимі трансформатора, що обертається (рис. 2.1 в). Трансформатор, що обертається – це асинхронна з фазним ротором, призначена для перетворення кута повороту ротора (або його функції) в напругу виходу.

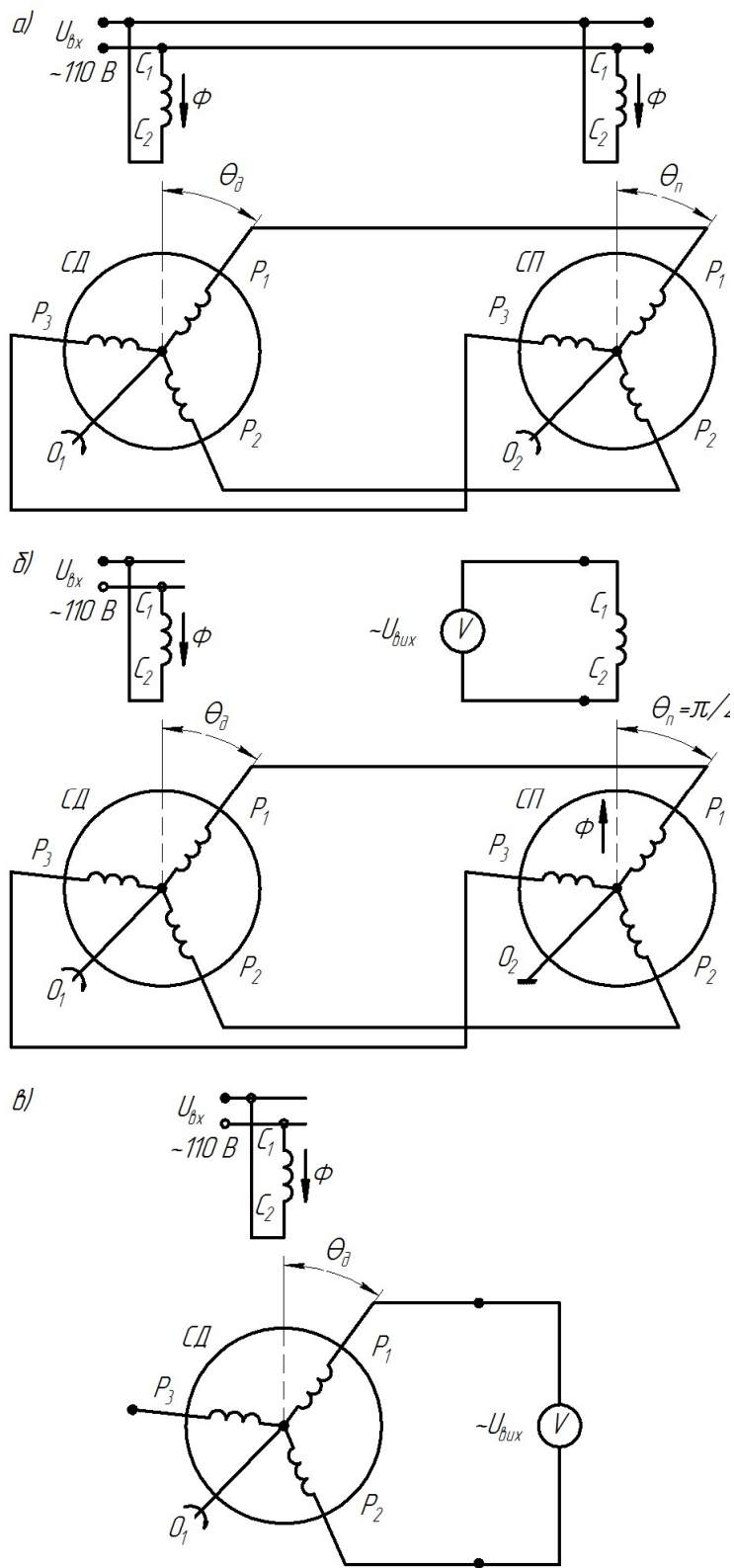


Рисунок 2.1. Схеми включення селсінів:

а – індикаторний режим, б – трансформаторний режим,

в – трансформатор, що обертається

В автоматичі селсини найчастіше використовуються як вимірюючі

пристрої систем автоматичного регулювання для визначення кутових переміщень і кутової розугожденості між вхідними та вихідними величинами. У трансформаторному режимі сельсини використовують як датчик напруги, пропорційної кутовому переміщенню. Виконані на сельсинах вимірювальні системи мають високу точність і є зручні для з'єднання з комп'ютером. На магістральних тепловозах сельсинні датчики застосовуються в системах автоматичного управління електродинамічним гальмуванням. На електровозах ВЛ60^К, ВЛ80^Т та ВЛ80^С з використанням сельсинів виконана схема індикації позиції головного контролера. На електровозах ВЛ80^Р, ВЛ85, ВЛ65, ЕП1 сельсини використовують як датчики різних величин в системах автоматичного регулювання.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію та принцип дії сельсин-датчиків.
2. Скласти схему індикаторного режиму роботи сельсинів і перевірити зміну передачі кута та швидкості обертання (рис 2.1 а).

Таблиця 2.1

Результати вимірювань параметрів сельсин датчиків

Режими роботи сельсинів								
Індикаторний			Трансформаторний				Трансформатор, що обертається	
			$\theta = 0^\circ$		$\theta = 90^\circ$			
$\theta_\partial, ^\circ$	$\theta_n, ^\circ$	$\Delta\theta, ^\circ$	$\theta_\partial, ^\circ$	$U_{вих}, В$	$\theta_\partial, ^\circ$	$U_{вих}, В$	$\theta_\partial, ^\circ$	$U_{вих}, В$

3. Скласти схему трансформаторного режиму включення сельсинів (рис. 2.1 б).

4. Від'єднавши обмотку збудження сельсин приймача від електричної мережі, підключити до неї вольтметр.

5. Зафіксувати положення сельсин-приймача на позначці 0° . Обертаючи сельсин датчик з кроком 10° , записати показання вольтметра. Результати занести в таблицю 2.1.

6. Зафіксувати положення сельсин-приймача на позначці 90° . Обертаючи сельсин-датчик з кроком 10° , записати показання вольтметра. Результати занести до таблиці 2.1.

7. Скласти схему включення сельсинів (рис. 2.1 б), трансформатор, що обертається. Виконати відповідні виміри та занести до таблиці 2.1.

8. Побудувати залежності напруги обмотки збудження сельсин приймача від кута повороту сельсин-датчика.

9. Оформити звіт з лабораторної роботи.

Контрольні завдання та запитання

1. Поясніть принцип дії сельсинів.
2. Розкажіть про призначення сельсинів, їх використання на рухомому складі.
3. Поясніть роботу сельсинів в індикаторному режимі.
4. Поясніть роботу сельсинів в трансформаторному режимі.
5. Поясніть роботу сельсинів в режимі трансформатору, що обертається.
6. Наведіть приклади величин, для вимірювання яких використовуються сельсини.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК БІПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

Мета роботи: вивчити принцип дії біполярного транзистора, включеного за схемою з загальним емітером, зняти статичні характеристики транзистора.

Теоретичні відомості

Транзистори – це напівпровідникові пристрої, що слугують для посилення потужності електричних сигналів. Принцип дії біполярних транзисторів засновано на взаємодії двох близько розташованих $p-n$ переходів. Транзистор називається біполярним тому, що фізичні процеси в ньому пов'язані з рухом носіїв зарядів обох знаків (вільних дірок та електронів).

Умовні графічні позначення біполярних транзисторів наведені на рис. 3.1.

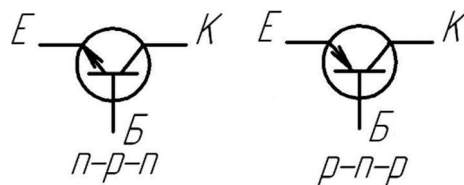


Рисунок 3.1. Умовні позначення біполярних транзисторів.

Розрізняють такі чотири режими роботи біполярного транзистора:

- активний режим, перехід емітер-база включений у прямому напрямку, а перехід колектор-база – у зворотному напрямку;
- інверсний режим, у якому перехід емітер-база включений у зворотному напрямку, а перехід колектор-база – у прямому напрямку;
- режим відсічення, у якому обидва переходи включені в зворотному напрямку;
- режим насичення, у якому обидва переходи включені в прямому напрямку.

Основним режимом роботи транзистора є активний режим.

Розрізняють три схеми включення транзисторів: із загальною базою, із загальним емітером, із загальним колектором. Постійний струм у колах емітера, колектора і бази визначають *статичний* режим роботи транзистора. Для кожної схеми включення транзистора знімається сукупність вхідних і вихідних характеристик.

У лабораторній роботі досліджується схема включення транзистора з загальним емітером. Для схеми з загальним емітером вхідними величинами є струм бази I_B та напруга на переході база-емітер U_{BE} , вихідними – струм I_K та напруга колектора U_K . Параметрами, що характеризують роботу біполярних транзисторів, є коефіцієнти передачі струму бази β та коефіцієнт передачі струму емітера α , які для схеми з загальним емітером визначаються за формулами:

$$\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_{\delta}}; \beta = 10 - 200, \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_e}; \alpha = 0,9 - 0,99, \quad (2)$$

де ΔI_K – зміна струму колектора, А;

ΔI_{δ} – зміна струму бази, А;

ΔI_e – зміна струму емітера, А.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити принцип дії біполярного транзистора.
2. Скласти схему знімання характеристик біполярного транзистора, наведену на рисунку 3.2.

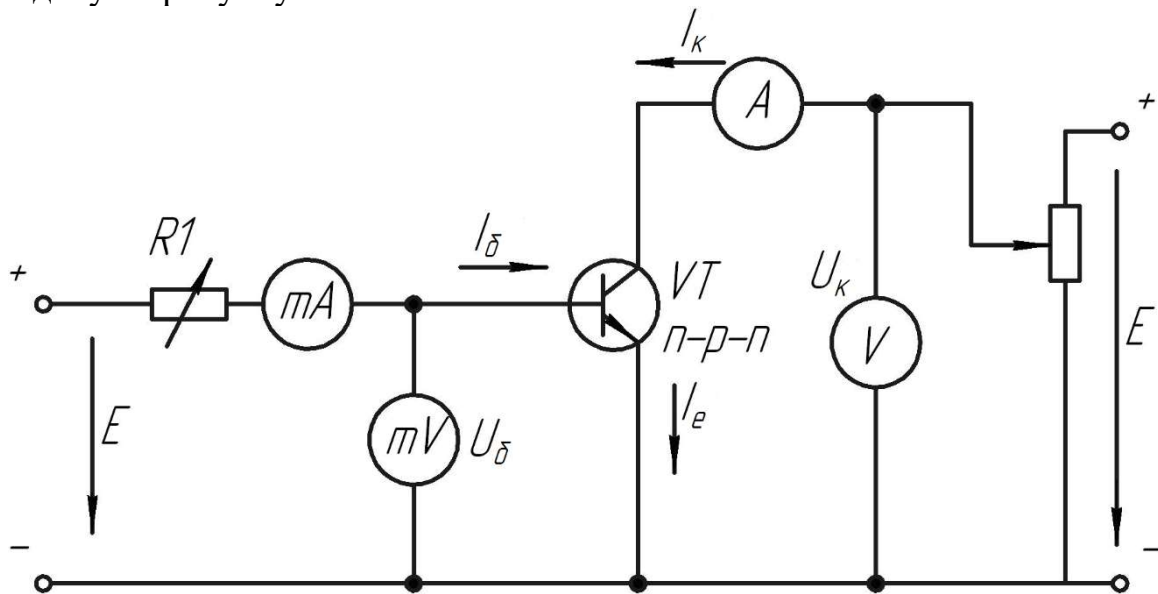


Рисунок 3.2. Схема знімання характеристик біполярного транзистора

3. Зняти статичні вхідні характеристики $I_{\delta} = f(U_{\delta e})$ за умови, що значення $U_{ке}$ становлять 5 та 10 В. Результати вимірювань занести до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Результати вимірювань вхідних характеристик $I_{\delta} = f(U_{\delta e})$

$U_{ке} = 5 \text{ В}$		$U_{ке} = 10 \text{ В}$	
$U_{\delta e}, \text{ В}$	$I_{\delta}, \text{ мА}$	$U_{\delta e}, \text{ В}$	$I_{\delta}, \text{ мА}$

4. Зняти статичні вихідні характеристики $I_K = f(U_{ке})$ для струмів бази

$I_{\bar{o}}=2,5; 10; 15$ мА. Результати вимірювань занести до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Результати вимірювань вихідних характеристик $I_K = f(U_{ке})$

$I_{\bar{o}} = 2$ мА		$I_{\bar{o}} = 5$ мА		$I_{\bar{o}} = 10$ мА		$I_{\bar{o}} = 15$ мА	
$U_{ке}, В$	$I_K, А$	$U_{ке}, В$	$I_K, А$	$U_{ке}, В$	$I_K, А$	$U_{ке}, В$	$I_K, А$

5. За результатами вимірювань побудувати вхідні та вихідні характеристики транзистора, що досліджується.

6. Зробити короткі висновки.

Контрольні завдання та запитання

1. Поясніть принцип дії біполярного транзистора.
2. Чому транзистор називається «біполярним»?
3. Розкажіть про призначення біполярних транзисторів, наведіть приклади використання на рухомому складі.
4. Порівняйте схеми включення біполярних транзисторів, наведіть їх.
5. Порівняйте режими роботи біполярних транзисторів.
6. На побудованих за результатами вимірювань залежностях вкажіть режими роботи досліджуваного транзистора.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТИРИСТОРНОГО РЕГУЛЯТОРА ЗМІННОЇ НАПРУГИ

Мета роботи: вивчення принципу регулювання однофазної змінної напруги на базі симетричного тиристора, знімання характеристик регулятора.

Теоретичні відомості

Тиристорні регулятори змінної напруги – напівпровідникові пристрої, що замінюють трансформатори і контактну перемикаючу апаратуру. Тиристорні регулятори належать до електронних апаратів.

Основним призначенням регуляторів напруги є плавна зміна ефективного значення напруги на навантаженні. Розглянемо схему регулятора однофазної змінної напруги на симетричному тиристорі (зустрічно-паралельне увімкнення) (рис. 4.1). Система управління тиристорами подає імпульси на відкриття тиристорів $VT1$ та $VT2$ під час зміни кута регулювання тиристорів α_p змінна напруга на навантаженні також змінюється.

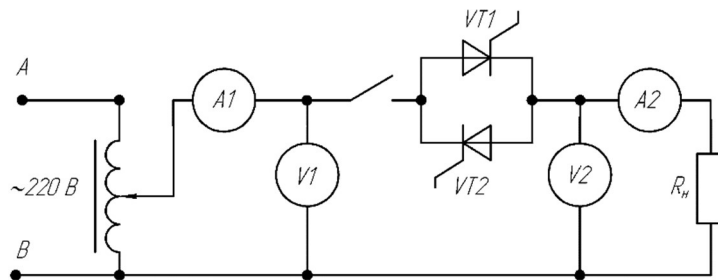
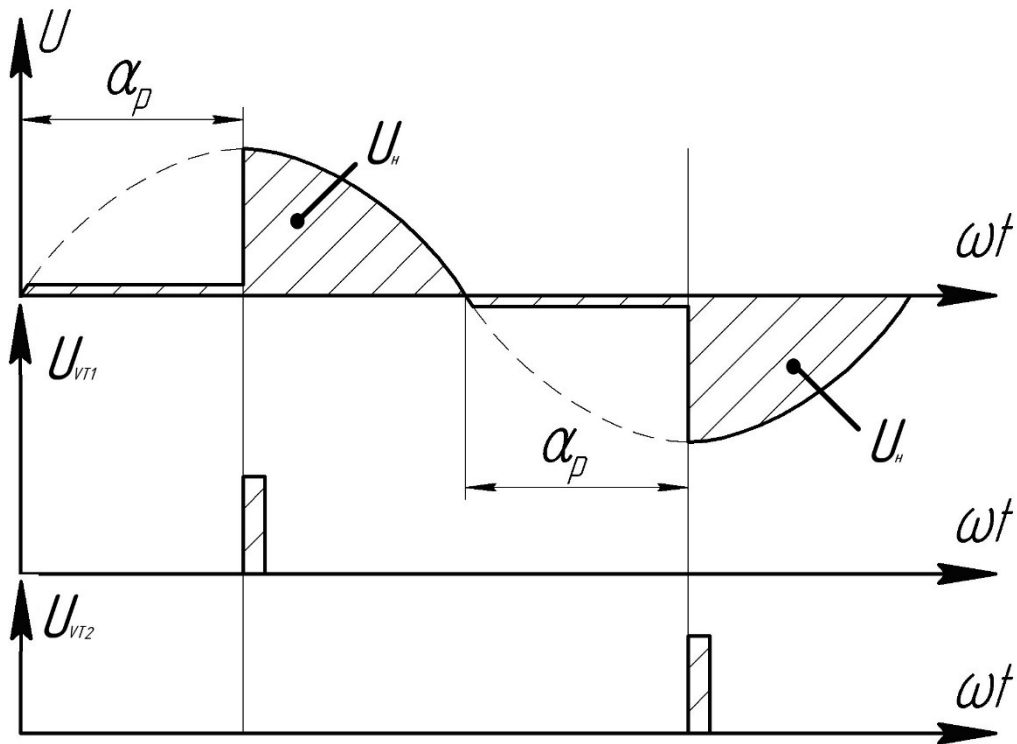


Рис. 4.1. Схема дослідження принципу регулювання однофазної змінної напруги на базі симетричного тиристора

Діаграми, що пояснюють принцип регулювання однофазної змінної напруги наведені на рисунку 4.2. Регулювання значення вихідної напруги виконується за рахунок зміни в часі моментів відкриття тиристорів $VT1$, $VT2$. Детально принцип регулювання напруги викладено в літературі [1,3].

Порядок виконання роботи

1. Записати технічні дані регулятора: $U_n = 220$ В, $I_n = 1,6$ А, $P_n = 350$ Вт.
2. Скласти електричну схему знімання характеристик регулятора однофазної змінної напруги на симетричному тиристорі (рис. 4.1).
3. Встановити вхідну напругу $U_1 = 220$ В. Встановити максимальний опір навантаження $R_n = 200$ Ом. Змінюючи кут регулювання α_p з кроком 15° , дослідити залежність ефективного значення напруги навантаження $U_2 = f(\alpha_p)$ за струму навантаження $I_n = 0 - 1$ А. Результати до таблиці 4.1.



де U – вхідна напруга; U_n – вихідна напруга; U_{VT1} , U_{VT2} – напруга (імпульси) на керуючих електродах тиристорів VT1, VT2; α_p – кут регулювання напруги (кут зсуву фаз)

Рисунок 4.2 – Принцип регулювання однофазної змінної напруги

Таблиця 4.1

Результати вимірювання параметрів регулятора

$U_1, \text{В}$	$\alpha_p, ^\circ$	$U_2, \text{В}$	$I_2, \text{А}$	$P_2, \text{Вт}$

4. Замалювати з екрана осцилографа осцилограми напруги навантаження для декількох значень α_p .

5. Побудувати залежність $I_2 = f(\alpha_p)$, $U_2 = f(\alpha_p)$.

6. Зробити короткі висновки.

Контрольні завдання та запитання

1. Поясніть призначення тиристора.
2. Розкажіть про режими роботи тиристорів.
3. Наведіть ВАХ тиристора, вкажіть основні режими роботи тиристорів.
4. У чому полягає принцип фазного регулювання напруги?
5. Назвати відомі способи регулювання напруги.
6. Вкажіть переваги тиристорних регуляторів.

7. Вкажіть на побудованих діаграмах величину кута α_p .
8. У яких межах змінюється α_p ?
9. Поясніть роботу схеми на рис. 4.1.
10. Навести приклад осцилограми у випадку коли один з тиристорів вийшов з ладу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КЕРОВАНОГО ВИПРЯМЛЯЧА

Мета роботи: вивчити принцип фазового регулювання випрямленої напруги, дослідити регульовальні та зовнішні характеристики керованого випрямляча.

Теоретичні відомості

У керованому випрямлячі одночасно з випрямленням може виконуватися регулювання середнього значення випрямленої напруги.

Основним елементом керованих випрямлячі є тиристор. Регулювання напруги виконується шляхом зміни в часі моментів вмикання (включення) тиристорів. Включення тиристорів виконується системою керування за рахунок зсуву фаз між анодною напругою та напругою, що подається на керований електрод тиристорів.

Таке зрушення фаз називається кутом керування (регулювання) й позначається α_p , а спосіб регулювання називають фазовим.

Схема однофазного несиметричного керованого випрямляча наведена на рис. 5.1. Діаграми, які пояснюють принцип роботи цього керованого випрямляча, наведені на рис. 5.2. Детально принцип регулювання напруги викладено в літературі [1,3].

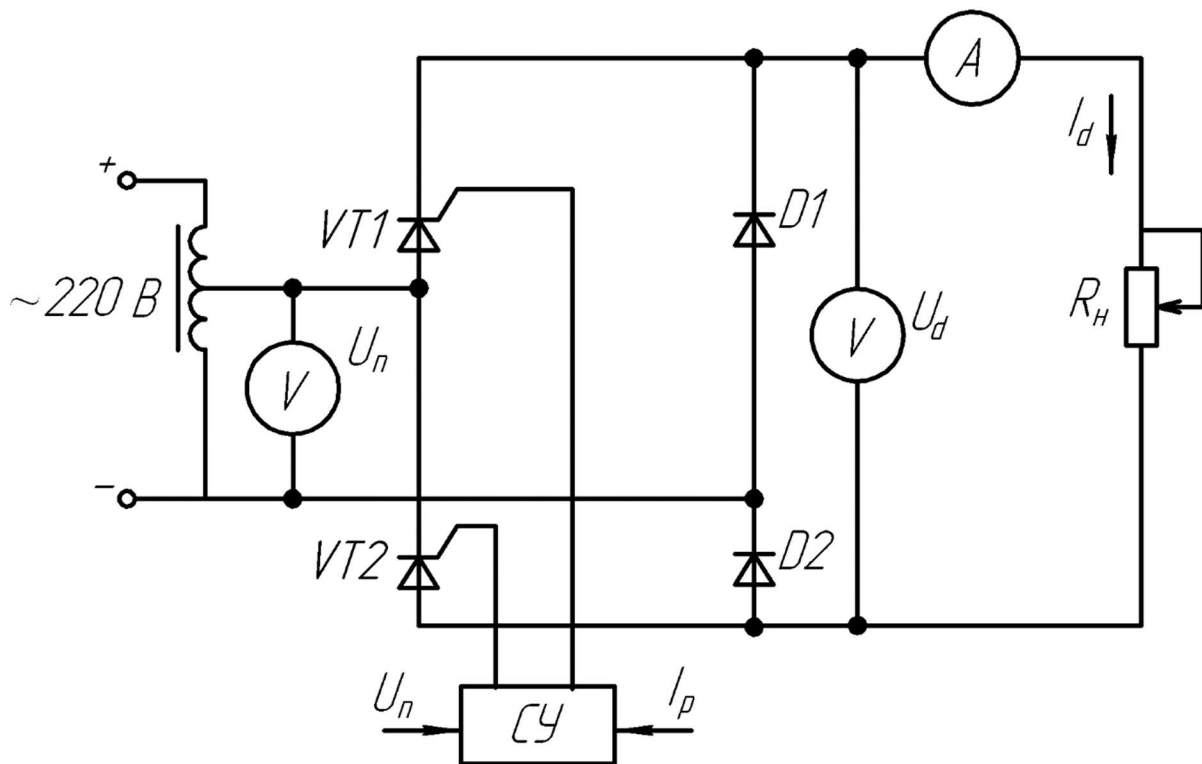
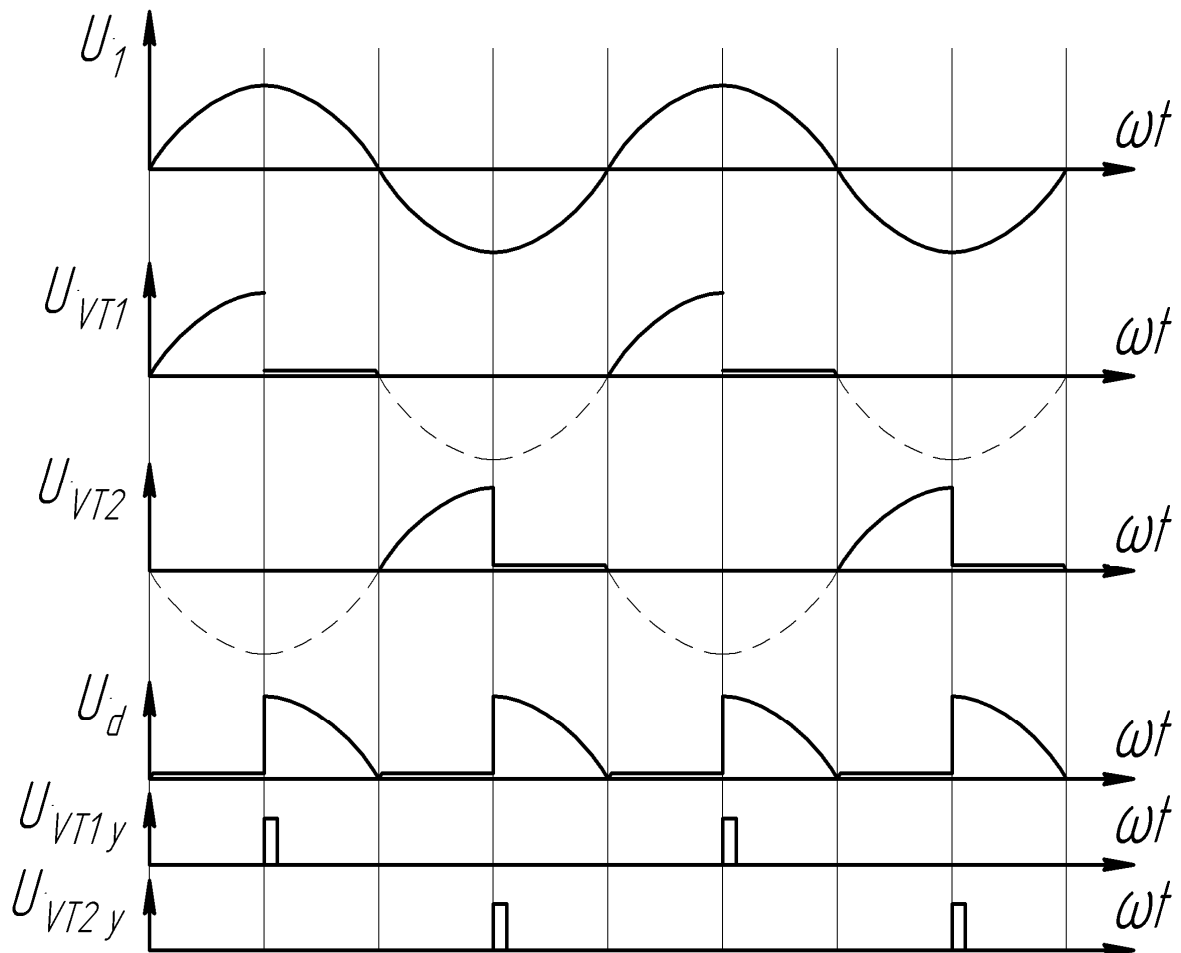


Рисунок 5.1. Електрична схема для вивчення роботи керованого випрямляча



де U_1 – вхідна напруга; U_d – вихідна напруга; U_{VT1} , U_{VT2} – напруга анод/катод тиристорів VT1, VT2; U_{VT1y} , U_{VT2y} – напруга (імпульси) на керуючих електродах тиристорів VT1, VT2

Рисунок 5.2. Діаграми роботи керованого випрямляча, наведеного на рис. 5.1

Порядок виконання роботи

1. Скласти наведену на рис. 5.1 електричну схему для проведення вимірювань.
2. Увімкнути напругу живлення і під час роботи випрямляча на навантаження переконатися в зміні напруги на навантаженні за зміни кута α_p регулювання.
3. Зняти регульовальну характеристику керованого випрямляча $U_d = f(\alpha_p)$ для $\alpha_p = 0 - 100$ електричних градусів. Результати вимірювань занести в таблицю 5.1.
4. Для значень кута регулювання $\alpha_p = (0; 90)$ електричних градусів. зняти зовнішні характеристики керованого випрямляча $U_d = f(I_d)$. Результати вимірювань занести до таблиці 5.2.
5. З екрана осцилографа замалювати криві живлячої напруги та напруги на навантаженні.

6. Зробити висновки.

Таблиця 5.1

**Результати вимірювань параметрів керованого випрямляча.
Регулювальна характеристика**

$\alpha_p, ^\circ$	$U_n, \text{В}$	$U_d, \text{В}$	$I_d, \text{А}$
0	50		
18	50		
36	50		
72	50		
90	50		
110	50		

Таблиця 5.2

**Результати вимірювань параметрів керованого випрямляча.
Зовнішня характеристика**

$\alpha_p = 0^\circ$		$\alpha_p = 90^\circ$	
$U_d, \text{В}$	$I_d, \text{А}$	$U_d, \text{В}$	$I_d, \text{А}$

Контрольні завдання та запитання

1. Поясніть принцип дії керованого випрямляча.
2. Розкажіть про призначення керованого випрямляча, його використання на рухомому складі.
3. У чому полягає перевага фазного методу регулювання напруги порівняно з іншими методами.
4. Поясніть роботу електричної схеми, наведеної рис. 5.1.
5. Поясніть діаграми, наведені на рис. 5.2.
6. Як виглядатимуть діаграми (рис. 5.2) у випадку виходу з ладу одного тиристора або діода?
7. В яких межах змінюється α_p у трифазних й однофазних керованих випрямлячах?
8. В чому різниця виконання схеми випрямлення на тиристорах та діодах, наведіть переваги та недоліки?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ОДНОФАЗНИХ ВИПРЯМЛЯЧІВ НАПРУГИ

Мета роботи: дослідити роботу однофазних випрямлячів, виміряти параметри випрямлячів. Розглянути роботу фільтрів.

Теоретичні відомості

Випрямлення – це перетворення змінного струму в пульсуючий односпрямований струм. Випрямлячі перетворюють енергію джерела напруги змінного струму в енергію напруги постійного струму.

Випрямлячі використовуються під час живлення електричних двигунів постійного струму від джерела енергії змінного струму, в джерелах живлення електронних пристроїв. На тепловозах 2ТЕ116 з передачею змінно-постійного струму тягові двигуни живляться від генератора змінного струму, а на електровозах змінного струму ВЛ80, ВЛ60 – через випрямляч від вторинної обмотки силового трансформатора. Живлення допоміжного обладнання також може виконуватися з використанням випрямлячів.

Випрямлячі класифікуються за такими ознаками:

1. Кількість фаз джерела живлення (однофазний і трифазний струми).
2. Тип застосовуваних напівпровідникових приладів (керований та некерований). Керовані випрямлячі виконуються на тиристорах, IGBT транзисторах, некеровані – на діодах.
3. Тип схем включення напівпровідникових приладів (нульові й мостові).
4. Число пульсацій випрямленої напруги за період живлення (одно-, двох-, трьох-, шести- і дванадцятипульсові схеми).
5. Вихідна потужність (мала (до 10 кВ), середня (від 10 до 100 кВт) та велика (більше ніж 100 кВт)).

Ширше застосування в електронних схемах на залізничному транспорті знайшла двонапівперіодна мостова схема випрямлення однофазної напруги. У лабораторній роботі розглядаються три типи випрямлячів:

- однофазний напівперіодний;
- однофазний мостовий;
- однофазний випрямляч з нульовим виводом.

Схеми випрямлячів і принцип їх роботи наведено в рекомендованій літературі [4, 5].

Для зниження рівня пульсацій випрямленої напруги використовуються фільтри. Найпоширеніше використання мають пасивні згладжувальні фільтри, що будуються на елементах, які мають властивість накопичувати електромагнітну та електричну енергію, – дроселях і конденсаторах.

Для згладжування пульсацій струму використовують індуктивний фільтр – дросель, який вмикається послідовно із навантаженням.

Для згладжування пульсацій напруги використовується ємнісний фільтр –

конденсатор, що вмикається паралельно навантаженню.

Поряд із простими фільтрами використовують складні, що є поєднанням певним чином з'єднаних дроселів та конденсаторів. Найпоширеніші з них – Г- та П-подібні LC-фільтри. Схеми включення та більш детальна характеристика фільтрів наведено в рекомендованій літературі [4, 5].

Порядок виконання роботи

1. Скласти електричну схему, наведену на рис. 6.1, для проведення дослідження схем випрямлячів.

2. Подавши вхідну змінну напругу 30 В на клеми 1-3 дослідити роботу однонапівперіодного випрямляча. Виміряти значення падіння напруги на резисторі R1 без підключеного ємкісного фільтра U_n та з фільтром $U_{n+\phi}$. Для під'єднання фільтра до резистора R1 використовувати ключ S1. Результати вимірювань занести до таблиці 6.1. З екрану осцилографа зарисувати форму кривої випрямленої напруги на навантаженні з підключенням фільтру С і без нього.

Таблиця 6.1

Результати досліджень однофазних випрямлячів

Схема випрямлення	Вимірювання			Розрахунки		
	$U_{ex}, В$	$U_n, В$	$U_{n+\phi}, В$	$U_n, В$	$U_{зв\ вент}, В$	$f, Гц$
Однофазна напівперіодна	30					
	20					
	10					
Однофазна з нульовим виводом	30					
	20					
	10					
Однофазна мостова	30					
	20					
	10					

3. Подати вхідну змінну напругу 30 В на клеми 5-6-8 двонапівперіодного випрямляча з нульовим виводом. Виміряти значення напруги на резисторі R2 без підключеного ємкісного фільтра U_n та з фільтром $U_{n+\phi}$. Результати вимірювань занести до таблиці. З екрану осцилографа зарисувати форму кривої випрямленої напруги на навантаженні з підключенням фільтру С і без нього. Для під'єднання фільтра до резистора R1 використовувати – ключ S2.

4. Подати вхідну змінну напругу 30 В на клеми 10-11, дослідити роботу мостового випрямляча. Виміряти значення напруги на резисторі R3 без підключених конденсатора С та дроселя L U_n та з фільтрами $U_{n+\phi}$. Результати вимірювань занести до таблиці 6.1. З екрану осцилографа

зарисувати форму кривої випрямленої напруги на навантаженні з підключенням конденсатора С, дроселя L і без нього. Для під'єднання конденсатора до резистора R1 використовувати ключ S4, дроселя ключ S3.

5. Самостійно розрахувати напругу на навантаженні U_H резистора R_i та зворотню напругу вентиля $U_{зв\ вент}$ для трьох досліджуваних схем. Розрахункові формули наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Розрахункові формули для визначення напруги на навантаженні та зворотної напруги вентиля

Схема випрямлення	Розрахункові формули	
	Напруга на навантаженні $U_H, В$	Зворотня напруга вентиля $U_{зв\ вент}, В$
Однофазна напівперіодна	$U_H = 0,45U_{вх}$	$U_{зв\ вент} = \frac{U_{вх}}{1,45}$
Однофазна з нульовим виводом	$U_H = 0,45U_{вх}$	$U_{зв\ вент} = 0,9U_{вх}$
Однофазна мостова	$U_H = 0,9U_{вх}$	$U_{зв\ вент} = 1,57U_{вх}$

6. Звіт з лабораторної роботи повинен містити схеми випрямних перетворювачів, та форми кривих у навантаженні для всіх типів випрямлячів що досліджувалися під час виконання лабораторної роботи.

7. Зробити висновки.

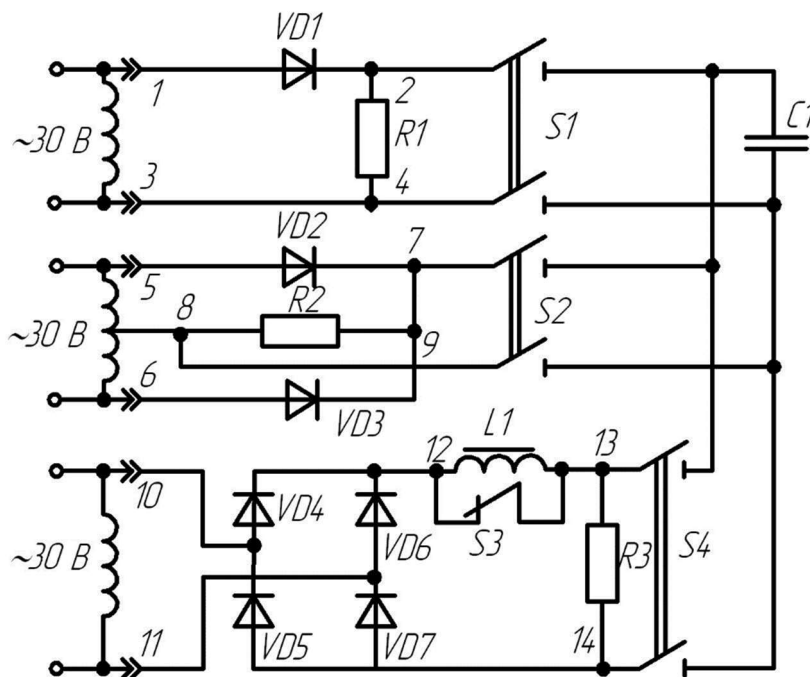


Рисунок 6.1. Схема стенда дослідження однофазних випрямлячів

Контрольні завдання та запитання

1. Поясніть призначення випрямлячів. Наведіть приклади використання випрямлячів на рухомому складі.
2. Поясніть принцип дії однонапівперіодного випрямляча.
3. Поясніть принцип дії двонапівперіодного випрямляча з нульовим виводом.
4. Поясніть принцип дії мостового випрямляча.
5. Поясніть призначення та принцип дії ємнісних фільтрів.
6. Поясніть призначення та принцип дії індуктивних фільтрів.
7. Які переваги мають складні Г- та П-подібні фільтри.
8. Порівняйте однонапівперіодний випрямляч та двонапівперіодний випрямляч з виводом нульової точки.
9. Порівняйте однонапівперіодний випрямляч та двонапівперіодний мостовий випрямляч.
10. Наведіть основні характеристики випрямних вентилів.
11. Навіщо виконують послідовне і паралельне з'єднання вентилів у плечі випрямляча?
12. Які основні несправності вентиля можуть виникнути під час роботи?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТРАНЗИСТОРНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ

Мета роботи: дослідити роботу транзисторних підсилювачів, вивчити використання підсилювачів на рухомому складі.

Теоретичні відомості

Електронним підсилювачем називається пристрій, призначений для підсилення потужності електричного сигналу без спотворення його форми і частоти. Необхідність у підсиленні виникає тоді, коли потужність джерела сигналу менша, ніж потужність навантаження. Джерело сигналу діє не безпосередньо на навантаження, а на вхід підсилюючого елемента, і змінюючи провідність підсилюючого елемента, забезпечує пропорційну вихідному сигналу зміну струму в колі навантаження. У результаті в навантаженні виділяється необхідне значення потужності за рахунок енергії джерела живлення. Як підсилюючі елементи в сучасних підсилювачах використовуються транзистори (біполярні або польові).

Основними характеристиками транзистора є коефіцієнт підсилення струму, напруги, потужності, діапазон частот. Якщо необхідно підсилити електричний сигнал невеликої потужності, використовуються підсилюючі каскади, що складаються з двох і більше підсилюючих елементів.

На рухомому складі підсилювачі використовуються в мікропроцесорних системах управління тяговим приводом для підсилення електричних сигналів, що надходять від системи управління до електричних апаратів силової схеми. У лабораторній роботі розглядається принцип управління електричними апаратами з використанням двокаскадного транзисторного підсилювача.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати електричну схему, наведену на рис. 7.1, для проведення дослідження роботи транзисторних підсилювачів.

2. Подаючи на вхід підсилювача напругу в діапазоні від 0,5...5 В з кроком 0,5 В, виміряти значення вихідної напруги на навантаженні. Результати занести до таблиці 7.1.

3. Визначити коефіцієнти підсилення каскаду напруги та струму.

4. Визначити значення вхідної напруги, за якої відбувається включення контактора.

5. Звіт з лабораторної роботи повинен містити схему підсилювача, результати вимірювань та розрахунки.

6. Зробити висновки.

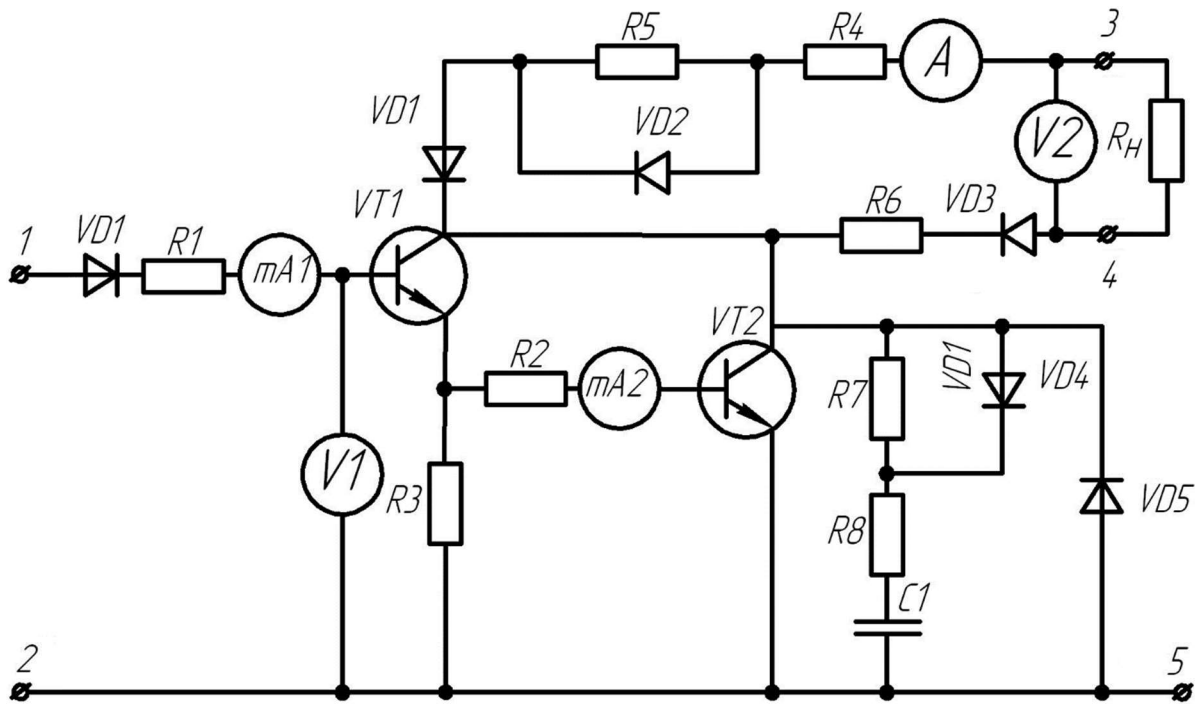


Рисунок 7.1. Схема дослідження роботи транзисторних підсилювачів

Таблиця 7.1

Результати вимірювань параметрів транзисторного підсилювача

Вхідні параметри			Вихідні параметри	
Напруга V1, В	Струм бази mA1, А	Струм бази mA2, А	Напруга V2, В	Струм навантаження, А
0,5				
1				
...				
4,5				
5				

Контрольні завдання та запитання

1. Поясніть призначення підсилювачів. Наведіть приклади використання підсилювачів на рухомому складі.
2. За рахунок чого відбувається підсилення електричного сигналу?
3. Що використовується як підсилюючі елементи?
4. У якому випадку використовуються багатокаскадні підсилювачі?
5. Поясніть принцип роботи схеми, наведеної на рис. 7.1
6. Що таке коефіцієнт підсилення по струму та по напрузі? В яких межах від може знаходитися для біполярного транзистора?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЛІЧИЛЬНИКА ІМПУЛЬСІВ НА БАЗІ РЕЛЕ ЧАСУ

Мета роботи: ознайомитися з використанням лічильників імпульсів у реле часу ВЛ50.

Теоретичні відомості

Лічильник – це функціональний елемент призначений для підрахунку кількості імпульсів, що надходять на його вхід. Кожен вхідний імпульс призводить до зміни внутрішнього стану лічильника. На рухомому складі лічильники імпульсів використовуються в схемах автоматики, зокрема в реле часу.

Реле часу призначені для комутації електричних кіл з певними витримками часу в системах керування.

Структурна схема реле часу ВЛ50 наведена на рис. 8.1.

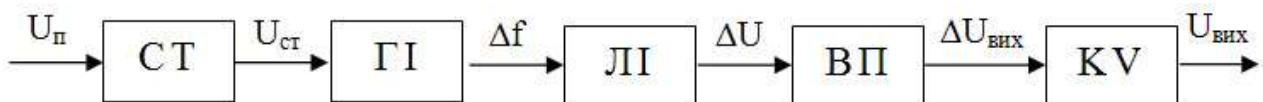


Рисунок 8.1. Структурна схема реле часу ВЛ50

Реле часу складається з таких елементів:

- блок живлення з параметричним стабілізатором напруги, СТ;
- генератор імпульсів, ГІ;
- лічильника, ЛІ;
- вихідний підсилювач, ВП;
- електромагнітне реле, КВ.

Розглянемо принцип роботи лічильника імпульсів. Лічильник призначений для підрахунку електричних імпульсів шляхом послідовного перебирання безлічі своїх станів. Загальну кількість станів лічильника називають його ємністю або коефіцієнтом перерахування та позначають літерою C .

Для двійкового лічильника

$$C = 2^n, \quad (3)$$

де n – кількість тригерів, на яких побудований лічильник.

Після підрахунку кожних C імпульсів лічильник повертається у вихідний стан і формується сигнал переповнення. В електричних схемах лічильники імпульсів часто використовуються як дільники частоти.

Основу реле часу типу ВЛ50 становить мікросхема 512ПС10, в якій розміщені генератор імпульсів і лічильник імпульсів. У реле часу типу ВЛ50 використовується аналоговий принцип регулювання частоти роботи генератора імпульсів. Імпульси від генератора надходять на вхід лічильника

імпульсів, частота імпульсів генератора зворотно пропорційна встановленій витримці часу.

Електрична схема реле часу ВЛ50 на мікросхемі 512ПС10 зображена на рис. 8.2.

Під час подачі напруги живлення лічильник імпульсів встановлюється в нульовий стан, на його виході низький потенціал, транзистор VT2 закритий, електромагнітне реле K1 перебуває в знеструмленому стані. Починається витримка часу. Генератор імпульсів, який складається з порогового підсилювача мікросхеми D і RC кола (конденсатор C4, резисторах R6-R9 і наборі резисторів R11-R21), починає генерувати імпульси, що надходять на вхід лічильника СТ2 мікросхеми D.

Коли кількість імпульсів, що потрапили на вхід лічильника, досягне значення, рівного встановленому коефіцієнту перерахунку лічильника, на його виході з'явиться сигнал, який надходить на вихідний підсилювач. Транзистор VT2 відкривається. Контакти електромагнітного реле перемикаються. Витримка часу закінчується.

Під час зняття напруги живлення реле повертається у вихідний стан. Витримка часу задається зарядними резисторами R11-R21, встановленими на перемикачах.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися зі схемою реле часу ВЛ50 на базі мікросхеми 512ПС10.
2. Скласти схему для проведення досліджень (рис. 8.3).

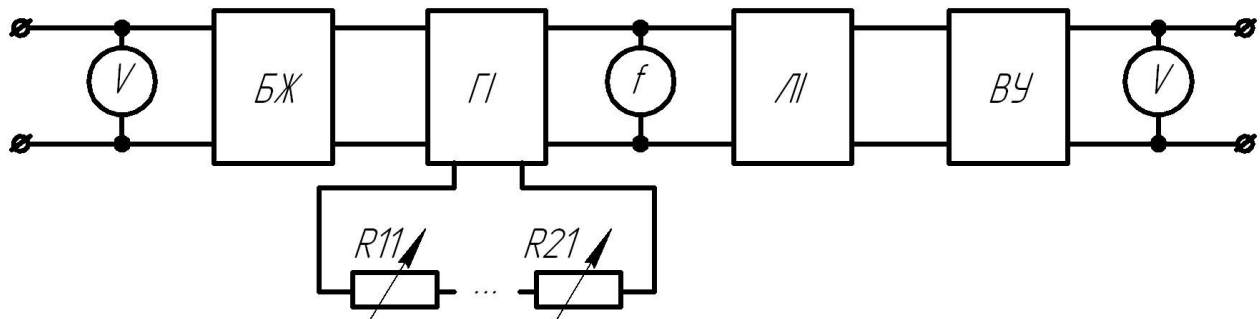


Рисунок 8.3. Схема дослідження реле часу ВЛ50

3. З екрану електронно-променевого осцилографа замалювати вихідні графіки генератора імпульсів.

4. За допомогою частотоміра визначити частоту імпульсів на вході лічильника. Визначити частоту імпульсів для інтервалів часу 2; 10; 20; 40; 80; 100 секунд. Результати вимірів занести до таблиці 8.1.

5. Побудувати залежність тривалості інтервалів часу t від частоти імпульсів генератора f , залежність частоти імпульсів генератора f від величини опорів R11-R21, визначити коефіцієнт перерахування лічильника.

6. Зробити висновки.

Результати вимірювань

Час t , с	Частота імпульсів f , кГц	Опір резисторів $R11 - R21$, Ом
2		
10		
20		
40		
80		
100		

Контрольні завдання та запитання

1. Поясніть призначення та характеристики лічильників імпульсів.
2. Що таке коефіцієнт перерахування лічильників та від чого він залежить?
3. Яким чином регулюється витримка часу в реле ВЛ50?
4. Які недоліки має аналоговий принцип регулювання частоти імпульсів.
5. Приведіть приклади використання лічильників імпульсів на рухомому складі.
6. Наведіть структурну схему лічильника імпульсів з коефіцієнтом перерахунку 16, 8, 4, 32.

Бібліографічний список

1. Колонатевський Ю. П., Сосков А. Г. Електроніка і мікросхемотехніка : підручник / за ред. А. Г. Соскова. Київ : Каравела, 2007. 384 с.
2. Стахів П. Г., Коруд В. І., Гамола О. Є. Основи електроніки: функціональні елементи та їх застосування : підручник. Львів : «Новий Світ–2000», «Магнолія плюс», 2003. 208 с.
3. Основи електроніки : навч. посіб. / Васюра А. С., Дорощенко Г. Д., Кожем'яко В. П., Лисенко Г. Л. Вінниця : ВНТУ, 2018. 197 с.
4. Болюх В. Ф., Данько В. Г. Основи електроніки і мікропроцесорної техніки : навч. посіб. Харків : НТУ «ХП», 2011. 257 с.
5. Основи електроніки і автоматики артилерійського озброєння : підручник / Дерев'янчук А. Й., Кобяков О. М., Ляпа М. М., Красюк О. П. Суми : Сумський державний університет, 2014. 338 с.
6. Сердюк В. Н., Очкасов О. Б. Розробка напівпровідникового реле часу для локомотивів *Наука та прогрес транспорту*. 2022. № 1 (97). С. 5–12. URL: <https://doi.org/10.15802/stp2022/265330> (date of access: 15.04.2024).
7. Удосконалення засобів вимірювання стелю обкатки гідروпередач тепловозів шляхом впровадження мікропроцесорних засобів / Жуковицький І. В. та ін. *Локомотив-Інформ*. 2017. №. 5/6. С. 51–57.

Навчально-методичне видання

Очкасов Олександр Борисович,
Десяк Андрій Євгенійович

ОСНОВИ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА АВТОМАТИКИ РУХОМОГО СКЛАДУ

Навчально-методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт

Електронне видання

Експертний висновок склав канд. техн. наук, проф. Дмитро Бобирь

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 752 від 10.09.2024)

В авторській редакції
Комп'ютерна верстка А. Є. Десяк

Формат 60x84 ¹/₁₆. Ум. друк. арк. 1,79. Обл.-вид. арк. 1,81.
Зам. № 72

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010