

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

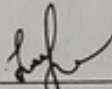
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

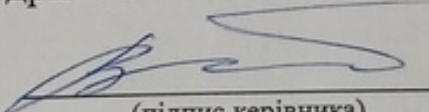
на тему: «Автоматизація вимірювання електричних та часових параметрів
реле залізничної автоматики»

за освітньою програмою «Автоматика та автоматизація на транспорті»
зі спеціальності: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

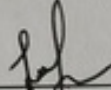
Виконала: студентка групи АТ2226 (8АТ)


_____ / Катерина КУЧЕРЯВА /
(підпис студента)

Керівник: доцент кафедри АТ


_____ / Володимир ПРОФАТИЛОВ /
(підпис керівника)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент 
_____ (підпис студента)

Дніпро – 2024 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies**

Faculty of Computer Technologies and Systems

Department of Automation and Telecommunication

Explanatory Note

to Master's Thesis

master

(higher education degree)

on the topic: «Automated measurement for testing electrical and timing parameters of the signal relays»

according to educational curriculum «Automatic machinery and automation in transport industry»

in the Specialty: 151 Automation and computer-integrated technologies

Done by the student of the group AT2226 (8AT)

/ Kateryna Kucheryava /

Scientific Supervisor: associate professor

/ Volodymyr Profatylov /

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерні технології і системи

Кафедра: Автоматика та телекомунікації

Рівень вищої освіти: магістр

Освітня програма: Автоматика та автоматизація на транспорті

Спеціальність: 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТ

_____ Володимир ГАВРИЛЮК
(підпис)

Дата _____

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

магістр

(ступінь вищої освіти)

студенту Кучерявій Катерині Михайлівні

(Прізвище, Ім'я, По батькові)

1. Тема роботи: Автоматизація вимірювання електричних та часових параметрів реле залізничної автоматики

Керівник роботи: Профатилів Володимир Іванович, к.т.н., доцент

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом від «21» листопада 2022 р. № 1151-ст

2. Строк подання студентом роботи: 14.01.2024 р.

3. Вихідні дані до Технологія перевірки параметрів реле залізничної роботи: автоматики

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналіз технології вимірювання параметрів реле залізничної автоматики

4.2 Блок для вимірювання електричних параметрів реле залізничної автоматики

4.3 Блок вимірювання часових параметрів реле залізничної автоматики

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання теми та формування змісту кваліфікаційної роботи		
2	Опрацювання літератури за темою роботи		
3	Написання першого розділу	27.11.23	30%
4	Написання другого розділу	18.12.23	60%
5	Написання третього розділу	8.01.24	100%
6	Усунення недоліків та зауважень		
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.24	
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії		

Студент

(підпис)

Катерина КУЧЕРЯВА

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ПРОФАТИЛОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Відомості про об'єм пояснювальної записки: 58 сторінок, 5 таблиць, 24 рисунки, 13 джерел літератури.

Об'єкт розробки: технологія вимірювання електричних та часових параметрів реле залізничної автоматики.

Мета магістерської роботи: розробка автоматизованого вимірювального комплексу для перевірки електричних та часових параметрів реле залізничної автоматики.

В першому розділі проведено аналіз існуючої технології перевірки часових та електричних параметрів електромагнітних реле залізничної автоматики. Існуюча технологія перевірки реле залізничної автоматики має ряд недоліків: низький клас точності, низька чутливість, нерівномірність шкали, обмеженість нижньої межі вимірювань. У другому розділі магістерської роботи були розроблені структурна схема автоматизованого вимірювального комплексу для перевірки параметрів реле першого класу безпеки та принципова схема блоку для вимірювання електричних параметрів реле залізничної автоматики на базі ЦАП, який дозволяє формувати постійну напругу в діапазоні 0 - 50 В з кроком 50 мВ. В даному блоці реалізовані алгоритми вимірювання напруги вмикання та вимикання реле. В третьому розділі була розроблена структура блоку вимірювання часових параметрів реле залізничної автоматики, який забезпечує вимірювання часових інтервалів в діапазоні від 65 мс до 70 хвилин та контроль логічного стану 8 фронтів і 8 тилових контактів реле.

Галузь застосування: системи автоматики та автоматизації на транспорті.

Висновок: розроблений вимірювальний комплекс надає змогу суттєво скоротити час перевірки та ремонту одного реле, збільшити точність вимірювань параметрів реле, збільшити продуктивність, підвищити безпеку руху потягів, зменшити вагові та габаритні показники, а також знизити вартість обладнання.

Ключові слова: автоматизований вимірювальний комплекс параметрів реле залізничної автоматики, реле першого класу надійності, програмно керуюче джерело живлення, блок вимірювання часових параметрів реле.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ	8
1.1. Класифікація електромагнітних реле залізничної автоматики	8
1.2. Вимоги до електромагнітних реле першого класу надійності	14
1.3. Аналіз існуючої технології вимірювання електричних і часових параметрів реле залізничної автоматики	17
1.3.1 Вимірювання електричних параметрів реле	17
1.3.2 Вимірювання часових параметрів реле	21
1.4 Висновки	25
2. БЛОК ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ	28
2.1. Структурна схема автоматизованого вимірювального комплексу для автоматизації перевірки параметрів реле залізничної автоматики	28
2.2. Блок для вимірювання електричних параметрів реле залізничної автоматики	30
3. БЛОК ВИМІРЮВАННЯ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ	38
3.1. Програмно-керований інтервальний таймер Intel 8253 (K580BI53)	41
3.1.1. Побудова та принцип роботи ПКІТ i8253	41
3.1.2. Програмування ПКІТ i8253	44
3.1.3. Режими роботи лічильників ПКІТ i8253	46
3.2. Мікроконтролер PIC18F4520	50
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57

ВСТУП

В зв'язку з нинішнім економічним становищем в країні однією з основних задач залізничного транспорту являється підвищення економічного ефекту його роботи.

Для вирішення цих задач необхідно:

- створення й впровадження нової техніки та технологій, зменшуючи долю ручних робіт;
- впровадження заходів направлених на зниження використання палива, електроенергії;
- підвищення надійності і покращення якості обслуговування пристроїв.

В даний час більшість станцій оснащені блочною релейно – маршрутною централізацією (БМРЦ), гірковою автоматичною централізацією (ГАЦ), котрі представляють собою систему електричної централізації (ЕЦ), з центральними залежностями і центральним живленням, в якій основні функціональні вузли у вигляді окремих блоків, виконаних на основі реле першого класу надійності.

Пристрої автоматики телемеханіки та зв'язку перцюють в поганих умовах, при яких необхідно забезпечити безпеку поїздів. Тому велике значення має вимір параметрів цих пристроїв. По результатам вимірів можливо вчасно виявити відхилення параметрів експлуатаційної апаратури від норми і своєчасно прийняти міри для відновлення її нормативного функціонування.

Так як якість функціонування систем залізничної автоматики в більшості визначаються технологією контролю і перевірки електромагнітних реле першого класу надійності, то для перевірки цих реле використовуються уніфікований випробувальний стенд СІ – СЦБ.

Існуючий стенд в більшості застарів і потребує вдосконалення. Ефективність праці ремонтного персоналу відносно низька, головним чином, за рахунок використання великої кількості ручних операцій по контролю й виміру реле.

Збільшення ефективності праці, а також зменшення ручної праці ремонтного персоналу можливо лише на основі оснащення РТД автоматичними засобами

контролю і виміру параметрів реле залізничної автоматики. Такі засоби дозволяють підняти на новий, більш високий рівень, якість ремонту і надійність приладів, зменшити навантаження на персонал для використання його на інших роботах, підвищити культуру праці і технологічну дисципліну.

Рішення задачі автоматизації перевірки параметрів реле складається з використанні останніх досягнень в області мікроелектроніки та мікропроцесорної техніки, проникаючої в всі області людської діяльності – від космічних досліджень до повсякденного бита – у вигляді автоматизованих й автоматичних систем збору і обробки інформації, управління й контролю.

Основну автоматичних систем складає мікропроцесорні пристрої інтегральні мікросхеми (ІМС) перш за все завдяки своїй високій надійності, зменшення використовуваної потужності, збільшення швидкості обробки інформації, а також зниження маси і габаритів пристроїв, в яких вони використовуються.

Конкретним використанням мікропроцесорної техніки на залізничному транспорті являється розробка автоматизованого вимірювального комплексу, для автоматизації перевірки параметрів електромагнітних реле першого класу надійності.

. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

1.1. Класифікація електромагнітних реле залізничної автоматики

Основними елементами телемеханіки та пристроїв автоматики на залізничному транспорті є реле і прилади релейної дії.

Реле та прилади релейної дії, у порівнянні з іншими елементами автоматики, під час надходження на вхід величини x , здійснюють стрибкоподібну зміну струму в керованому колі (вихідної величини y). Особливістю їх будови є наявність двох прямолінійних ділянок (рисунок 1.1). Ділянка АВ задовольняє умові $\frac{dy}{dx} = 0$, а ділянка ВС – умові $\frac{dy}{dx} = \infty$.

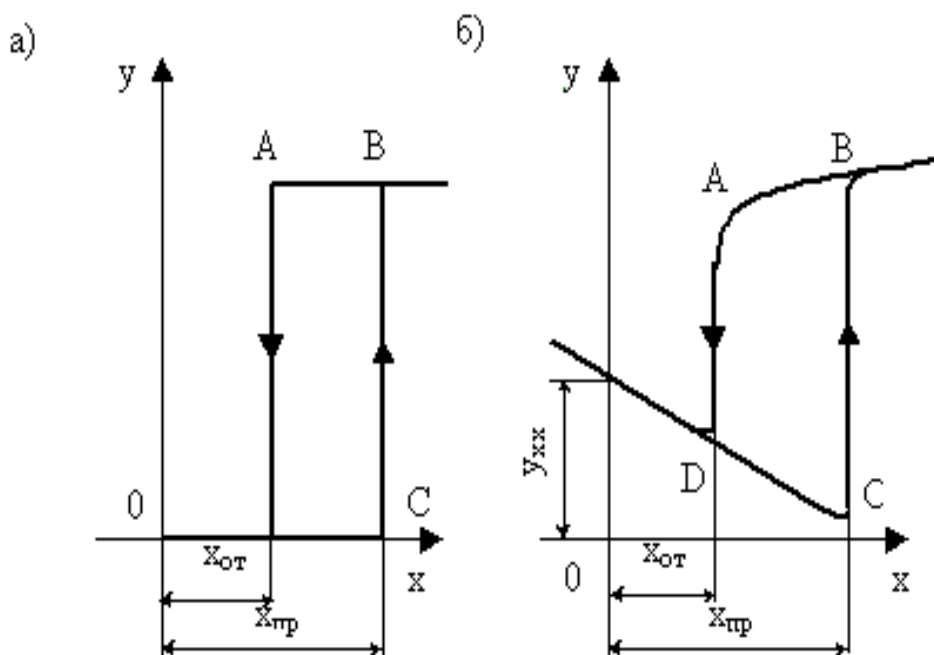


Рисунок 1.1 – Характеристика контактного та безконтактного реле

Прилад, в якому стрибкоподібна зміна струму вихідного кола реалізується шляхом фактичного розриву кола, називається контактним реле (рисунок 1.1, а).

Прилад, в якому стрибкоподібна зміна струму вихідного кола реалізується нелінійною, лавиноподібною зміною стану (внутрішнього опору) приладу без фізичного розриву кола, називається приладом релейної дії. В цьому випадку

змінюється його характеристика – кути в точках А, В і С округляються та з'являється ділянка холостого ходу OD (рисунок 1.1, б).

Існує велика кількість конструктивних різновидів та типів реле, які працюють за різними принципами. Відповідно до виду енергії, на яку реагує сприймаюча частина реле, виділяють класи: електричні, теплові, оптичні, акустичні, механічні. Механізми взаємодії, які виникають в реле поділяють їх на групи з різними принципами дії усередині одного класу: електромагнітні, магнітоелектричні, індукційні та ін. (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Класифікація реле

Малогабаритні реле виготовляються штепсельного і нештепсельного типів. Штепсельні з'єднання монтуються на заводах в релейні штативи чим дозволяють зменшити термін і витрати на будівництво автоматичних пристроїв. В умовах експлуатації забезпечують швидку та безпомилкову заміну пошкодженого реле, яке закрито прозорим пломбованим ковпаком.

Нештепсельні малогабаритні реле використовують в системах блочної централізації у вигляді стандартних блоків. В цьому випадку при пошкодженні одного реле замінюється весь блок – певна група реле, які розміщені на загальній платі та закриті ковпаком. Реле обох груп мають однакові механічні та електричні характеристики.

Типи реле залізничної автоматики, зазвичай позначають використовуючи умовні позначки (шифр), які складаються з декількох літер і цифр та позначають:

- Н – нейтральне реле нормальної дії;
- І – імпульсне;
- К – комбіноване;
- П – поляризоване;
- В – вогневе;
- Т – трансмітерне;
- ДС – двохелементне секторне;
- АН – автоблокувальне нейтральне і т. і.

Друга літера у маркуванні: М – малогабаритне; третя та наступні літери: Ш – штепсельне; В – з випрямляючим елементом; ПТ – повільно діюче з термічним елементом і т. і. Літери які повторюються позначають: П – пускове; М – повільної дії.

У нейтральних реле цифра, розміщена після літер, характеризує постійний набір контактних груп:

- 1 – вісім перемикаючих контактів (8 фт);
- 2 – чотири перемикаючих контакти (4 фт);
- 3 – два перемикаючих і два замикаючих (2 фт, 2 ф);
- 4 – чотири перемикаючих і чотири замикаючих (4 фт, 4 ф);

- 5 – два перемикаючих і два розмикаючих (2 фт, 2 т).

Наступні літери, розміщені після тире, вказують на значення опору в обмотках в омах. В реле, яке має дві обмотки з різними опорами, цифри стоять у вигляді дробу. Наприклад:

- Нейтральні малогабаритні реле штепсельного типу мають такі позначки: НМШ1 – 1440, НМШ2 – 1120, НМШМ1 – 360, НМШМ2 – 3000, НМШМ4 – 250, НМШ3 – 550/400, і т. і.
- Нештепсельні: НМ1 – 1440; НММ1 – 360; НММ2 – 3000; НММ4 – 250; НММ2 – 1500 і т. і.
- Нейтральні малогабаритні пускові штепсельні реле – НМПШ – 1000.
- Поляризовані штепсельні пускові – ПМПШ – 150/150 і нештепсельні – ПМП – 150/150 і т. і. (таблиця 1.1).

Існує велика кількість реле, які відрізняються за своєю конструкцією, типом та принципом роботи.

Найпоширенішими у використанні є електромагнітні реле, оскільки вони є найпростішими та найнадійнішими в роботі. Їх часто використовують в пристроях автоматики й зв'язку. Проте, у багатьох випадків процес автоматизації виробничих процесів потребує електричного контролю різних неелектричних параметрів та використання особливих реле. До робочих параметрів таких реле відносять час, температура та кількість тепла, момент обертання, сила тиску, деформація, натяг, розмір або кількість твердого продукту, рівень рідини. При вмиканні цих реле відбувається замикання або розмикання електричного кола.

Принцип роботи теплових реле полягає у використанні теплової енергії, їх ввімкнення відбувається при досягненні певної температури нагрівання струмом, який протікає, по обмотці або за рахунок тепла навколишнього середовища. Реле з електричним підігрівом використовують як засіб захисту від перевантажень та струмів короткого замикання або в якості реле часу.

В якості елементів, які реагують на температуру, використовують тіла які змінюють електричний опір в залежності від температури, легко сплавні сплави, рідини, що розширюються, легко випаровуючи. Використовують термореле з

біметалічною пластиною із двох зварених або з вальцьованих один з одним сплавів, які мають різні температурні коефіцієнти розширення α_1 та α_2 . При нагріванні пластина вигинається у напрямку металу з меншим коефіцієнтом α .

Таблиця 1.1 – Види реле залізничної автоматики

Найменування реле	Реле першого класу надійності	
	Умовне зображення	Тип реле
Нейтральне постійного струму з вмиканням обмоток: послідовно паралельно роздільно		НМШ1 – 1440 НМ1 – 1440 НМШ4 – 3000
		НМШ3 – 2-900 НМ2 – 4000 та ін.
		НМШ3 – 550/400 та ін.
Нейтральне постійного струму з уповільненням на відпускання якоря		НМШМ1 – 360 НММ2 – 1500 НМШМ1 – 1000/560 та ін.
Нейтральне постійного струму з випрямляючим елементом		НМВШ – 900/900 АНВШ2 – 2400 та ін.
Поляризоване нормальної дії		ПМШ-1400 ПМПШ-150/150
Комбіноване		КМШ-750 КМШ-450 та ін.
Поляризоване з перевагою однієї полярності		ІМШ1-0,3 ІМШ1-1700 та ін.
Змінного струму: одноелементне		АНШ2-230 АНШ2-2 та ін.
двоелементне		ДСР-12 ДСШ-13 та ін.

У холодному стані спокою біметал має форму прямої або U-подібних пластин. Нагрівання та вигину пластини потребує певного часу, який вповільнює вмикання реле. Зазвичай нагрівається пластина, яка пропускає струм по обмотці. В той час як малі робочі струми проходять безпосередньо по біметалу.

Здебільшого біметалічна пластина використовується в поєднанні з електромагнітним реле для отримання певної часової затримки від моменту включення реле, до моменту замикання або розмикання його контактів.

Так, у пристроях залізничної автоматики використовуються реле типів НМШТ-2000 та АНМШТ-380, в них термічний елемент установлений всередині кожуха, що забезпечує вповільнення притягання якоря. При включенні перш за все замикається ланцюг обмотки біметалічного елемента. Замикання фронтних контактів відбувається за таких умов: час нагрівання 8-18 с, $U=21,5\div 26,5$ В та температура навколишнього середовища $t_0=20^\circ\text{C}$. Після нагрівання замкнутий контакт включає обмотку основного реле.

За принципом дії електричні реле поділяються на електродинамічні, індукційні, електромагнітні, магнітоелектричні та інші. Найпростішим за конструкцією та найбільш застосовуваним в автоматичній, телемеханічній та зв'язку є електромагнітне реле. Саме тому надалі розглядатимемо електромагнітне реле.

Електромагнітне реле складається з наступних частин: обмотки реле (1), що створює магнітний потік; сердечника (2); якоря (3); рухливої частини (4), називаної якорем, що приводиться в дію електромагнітним потоком та, в свою чергу, впливає на виконавчий орган-контакт (5). Притягання якоря до сердечника й замикання контактів називається вмиканням реле.

На рисунку 1.3 показані різні види електромагнітних реле, що відрізняються формою магнітного ланцюга та способом переміщення якоря: реле з поворотним якорем (рисунок 1.3, а); реле з утяжним якорем, що лінійно-переміщається (рисунок 1.3, б). за кількістю обмоток на сердечнику розрізняють: одно-обмотувальні, двох-обмотувальні та багатообмотувальні реле. [2]

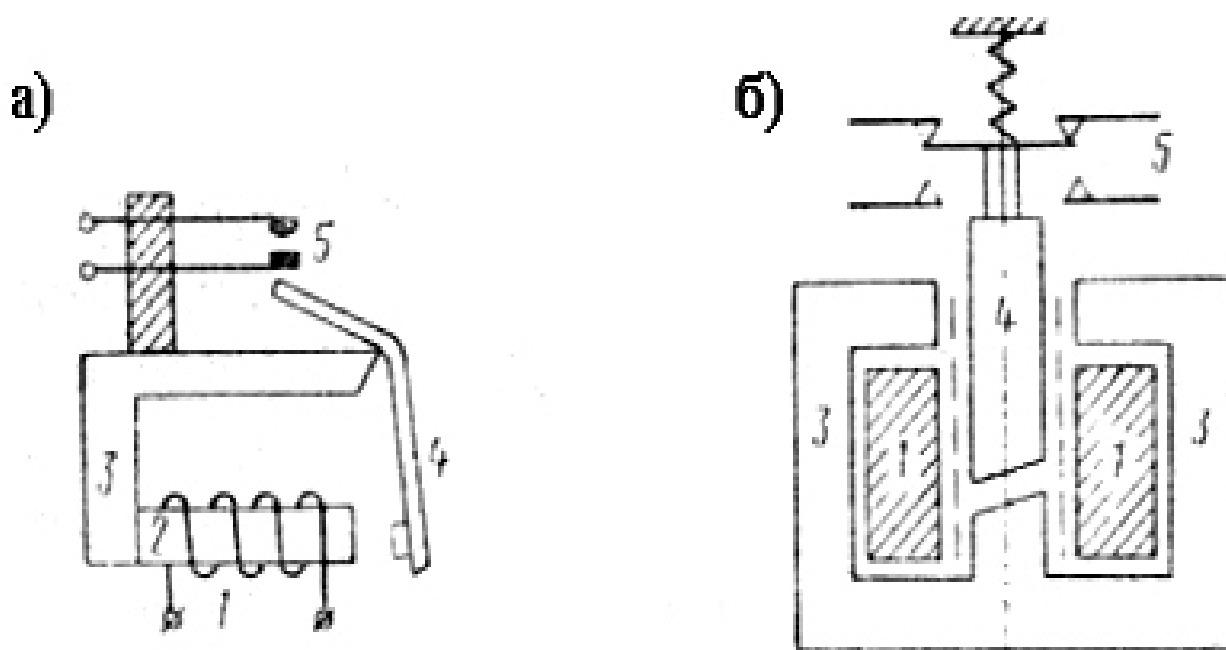


Рисунок 1.3 – Різновиду електромагнітних реле

В залежності від типу струму, що живить обмотку, розрізняють реле постійного та змінного струму. Реле постійного струму у свою чергу діляться на нейтральні, поляризовані та нейтрально поляризовані.

Нейтральним реле називається реле, дія якого залежить лише від напрямку магнітного поля і не залежить від напрямку струму в обмотці. Такі реле двопозиційні, оскільки якір може займати лише два положення.

Поляризованим реле називається реле, робота якого залежить від напрямку струму в обмотці реле.

Нейтрально поляризовані або комбіновані реле (КМ, КМШ) поєднують в своїй конструкції елементи нейтральних і поляризованих реле.

1.2. Вимоги до електромагнітних реле першого класу надійності

Для правильної та безперебійної роботи реле протягом всього заданого періоду служби повинні бути виконані всі технічні вимоги. Велика кількість різних типів реле зумовлена тим, що багато пред'явлених вимог не можуть бути повністю реалізовані в одному універсальному реле.

Експлуатаційно-технічні вимоги (ЕТВ) сформульовані таким чином: маючи велику кількість контактів реле повинно мати мінімальний розмір; мати високу чутливість; мати великий термін служби, швидке вмикання та вимикання якоря, більшу зносостійкість і ремонтпридатність, високу надійність, більшу комутуючу потужність, міцну конструкцію, що забезпечує достатню вібростійкість та ударостійкість; забезпечувати стабільну та надійну роботу при різних комбінаціях навколишньої температури й вологості в продовж тривалого часу. Окрім задоволення всіх вимог, реле повинне мати малу собівартість виготовлення. За надійністю дії, тобто здатністю виключення небезпечних відмов, таких, як зварювання контактів у випадку короткого замикання в ланцюзі та замикання якоря після вимкнення струму в обмотці, реле поділяється на перший та низький клас надійності. При цьому зносостійкість реле характеризується показником інтенсивності відмов λ , 1/ч.

Значення λ у реле нижчого класу надійності дещо менше ($\lambda=0,05 \cdot 10^{-6}$ 1/ч), ніж у реле першого класу надійності ($\lambda=0,11 \cdot 10^{-6}$ 1/ч), за рахунок більшого зношування срібно-графітових контактів, які не зварюються.

У виконавчих схемах ПЗА, що забезпечують безпеку руху поїздів, використовуються реле першого класу надійності типів НМ, НМШ, НР і нове розроблене реле РЕЛ.

Для таких реле прийняті нові, підвищені ЕТВ, відповідно до яких, конструкція реле повинна задовольняти додатковим вимогам:

- складовою частиною надійності реле повинно бути використання схемного контролю відпускання якоря;
- у разі вимкнення живлення, відпускання якоря має здійснюватися не за рахунок пружності пружин, а під дією ваги якоря та за рахунок рухливих частин: для цього використовують обваження якоря реле першого класу надійності різними вантажами з немагнітного матеріалу;
- у випадку вимикання струму, якір не повинен виконувати магнітне прилипання до сердечнику. Це реалізується за рахунок зміцнення антимагнітного бронзового штифта на якорях реле, висота якого становить

$\delta_0 = 0,1 \div 0,3$ мм, що надає мінімальний повітряний зазор між якорем та сердечником та визначає період відпускання якоря. Чим вищий штифт, тим швидше відпаде якір. Щоб збільшити надійність відпускання якоря, в реле типу НР ставлять два штифти робочий (звичайний) та контрольний, який має меншу висоту;

- розташування контактних пружин має здійснюватися за рахунок примусового з'єднання їх між собою та якорем;
- контакт повинні бути побудовані таким чином, щоб при замиканні хоча б одного фронтового виконувалося розмикання всіх тилових контактів і навпаки;
- рухливі (загальні) контакти та фронтові контакти поверхні не повинні зварюватися за жодних обставин. Це досягається за рахунок виготовлення контактів із різнорідних матеріалів (один контакт виготовляється зі срібла, а інший з графіто-сріблястої суміші);
- замкнуті контакти мають витримувати струм у 3 А протягом тривалого часу, зберігаючи при цьому свої електричні та механічні параметри. При подачі струму до 6 А, не повинно виникати небезпечних відмов;
- потужність спрацювання реле віднесена до одного контакту, повинна перевищувати 20 мВт;
- магнітна система реле має виготовлятися з матеріалів, які мають малу коерцитивну силу та високу магнітну проникність, мають повільне старіння, яке впливає на коефіцієнт повернення реле Кв;
- всі металеві деталі реле, які не володіють корозійностійкими властивостями, повинні мати протикорозійне покриття (наприклад, нікельовані або оцинковані). Неметалічні частини реле повинні виготовлятися з не горючих матеріалів;
- для уникнення впливу зовнішнього середовища на роботу реле (потрапляння пилу, газів, опадів), збереження стабільності характеристик та параметрів, заводського регулювання контактів усі рухливі частини реле

мають бути закриті міцним прозорим пилеводозахисним та пломбованим ковпаком;

- стабільна робота реле повинна забезпечуватися при температурі навколишнього середовища в межах від -40 до $+60^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості до 95% при температурі $+20^{\circ}\text{C}$;
- тилові та фронтові контакти повинні залишатися замкнутими при вібрації із частотою синусоїдальних коливань в діапазоні від 10 до 25 Гц та при вібрації із частотою 22-50 Гц з прискоренням не більше 0,6 g у вертикальному положенні відносно положення реле та 1 g у горизонтальному – у напрямку руху якоря;
- штепсельні роз'єми мають виключати можливість вставляння в розетку реле іншого типу; період служби реле повинен базуватися на конкретних умовах експлуатації та повинен бути більше 20 років.

Реле, до експлуатації яких не висуваються додаткові вимоги, відносяться до реле з нижчим класом надійності. Їх використовують в менш відповідальних ланцюгах пристроїв автоматики й зв'язку. До таких реле не висуваються вимоги не зварюваності контактів та допускається повернення пружин в початковий стан під дією пружності контактних пружин. До них відносять реле пристроїв зв'язку РКН, РПН, РСМ з малопотужними крапковими контактами, реле типу КДР, малогабаритні реле типів РС та ін. [2]

1.3. Аналіз існуючої технології вимірювання електричних і часових параметрів реле залізничної автоматики

1.3.1. Вимірювання електричних параметрів реле

На сьогоднішній день процес виміру електричних параметрів реле (ЕПР) є досить трудомістким та потребує від електромеханіка високої кваліфікації, постійної значної напруги. В процесі перевірки реле різних типів, керуються інструкцією РМ-32-ЦШ (09.36-85). Так наприклад, щоб перевірити реле

нейтрального типу в РТД електромеханіку, у відповідності з технологічним процесом, повинен виконати вимірювання не менше ніж шести електричних параметрів. При цьому, в залежності від числа трійників, загальне кількість вимірювань ЕПР на одне реле може становити 18-24. Вимірювання ЕПР виконується на універсальному тестовому стенді типу СІ-СЦБ. При вимірюванні ЕПР використовується стрілочний електровимірювальний прилад Ц4312 електромагнітної системи. Клас точності цього приладу наступний: 1,5 по змінному струмі й 1,0 по постійному струмі. Межі шкали вимірів спів падіння вимірюваної величини: для постійного та змінного струму в межах від 0 до 6 А, 0-250 В. Як відомо, прилади електромагнітної системи мають ряд недоліків, таких як: низька чутливість, обмеженість нижньої межі вимірів, низький клас точності, нерівномірність шкали, особливо по змінному струмі. Перехідний опір контактів визначають вольт-амперним методом, за 4-х провідною схемою [3] На котушку реле подають струм, який дорівнює току спрацьовування реле. Через замкнутий контакт пропускають струм 0,5 А. До контакту підключають амперметр і вольтметр та фіксують результати, обчислюють опір фронтних контактів за законом Ома. У такий же спосіб міряють тилові контакти, без подачі струму на котушку реле.

Від час вимірювання перехідного опору контактів на стенді необхідно часто змінювати межі вольтметра, що негативно впливає на точність виконаних вимірів. Ще одним недоліком є нестабільність блоку живлення. Таким чином, майже всі операції технологічного процесу вимірювання ЕПР виконуються вручну, тому такий метод має ряд недоліків:

- низька точність та суб'єктивність вимірів, враховуючи ручне керування тестовими пристроями та інерційність стрілочних приладів;
- низька продуктивність зважаючи на повільність вимірів параметрів реле та їх опрацювання.

Перевірка опору обмоток постійному струму виконується будь-яким методом при похибці вимірів не більше $\pm 1\%$.

Перерахунок вимірюваного значення опору $R_{об\ t}$ при $t_0 = 20^\circ\text{C}$ виконується за формулою:

$$R_{об\ 20} = \frac{R_{об\ t}}{1 + \alpha\Theta}, \quad (1.1)$$

де Θ – різниця між температурою вимірювання та температурою 20°C , враховуючи знак «плюс-мінус» ($\Theta = t^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}$); α – температурний коефіцієнт опору провідника обмотки (для мідного дроту $\alpha = 0,004$ град $^{-1}$).

Відповідність отриманого розрахункового опору перевіряють за таблицями. Відхилення отриманого значення опору обмоток реле за постійним струмом від номінальних значень повинно бути в межах $\pm 5\%$ для реле типів НМШМ 2-1,7; НММ 2-1,7; НМШ 4-3,4 та $\pm 10\%$ для всіх інших реле. Граничне відношення значень номінальної напруги або струму для реле всіх типів допускаються $\pm 10\%$.

До опору ізоляції конструкції реле висуваються наступні вимоги: при проходженні між всіма струмоведучими частинами реле іспитової напруги 2000 В, при змінному струмі частотою 50 Гц, ізоляція реле повинна витримувати без пробою 1 хв. Під час випробування електричної ізоляції поступово збільшується іспитової напруги (тестова установка з потужністю не менш 0,5 кВ*А, що дає практично синусоїдальну криву напруги з частотою 50 Гц) на протязі 1 хв. ± 5 с. Похибка вимірювання іспитової напруги в межах $\pm 5\%$.

Опір ізоляції між сусідніми частинами реле, що не мають спільних струмопровідних електричних з'єднань та між магнітопроводом реле за відносної вологості повітря до 90 % та температурі $+20^\circ\text{C}$ має бути не менше 200 МОм. При температурі $+40^\circ\text{C}$ та відносній вологості повітря 70 % опір ізоляції повинне бути не нижче 50 МОм. Опір ізоляції вимірюється будь-яким методом, при напрузі постійного струму 500 В. допустиме відношення опору котушок становить $1,7\ \text{Ом} \pm 5\%$ номінального значення, всіх інших $\pm 10\%$. Висновки котушок реле виконуються проведенням марки ПМВР перетином 0,35 мм 2 .

Опір до 1 Ома можна виміряти за допомогою амперметра і мілівольтметра, які включені в схему як показано на рисунку 1.4 [3]. Щоб похибка вимірювання через внесення опору проводів була найменшої, потрібно вимірюваний опір, включений

струмковими затисками в ланцюг, а мілівольтметр приєднати до потенційних затисків.

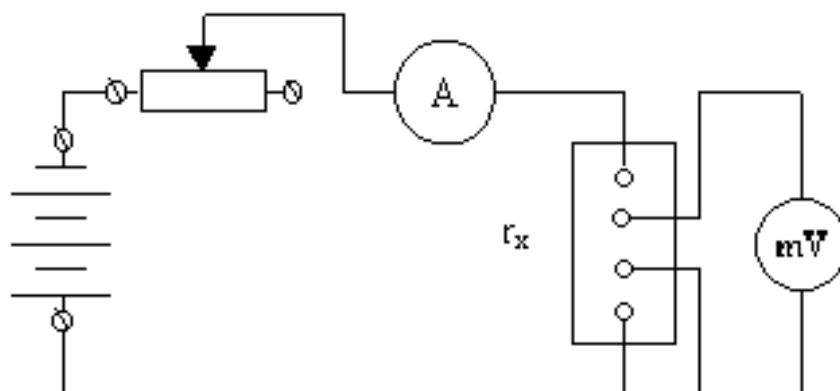


Рисунок 1.4 – Схема виміру опору до 1 Ома

Величина зміненого опору визначається за формулою $r_x = \frac{U_{mV}}{I_A}$. Згідно описаної схеми оптимальним результатом можна вважати опір $r_x > 1 \cdot 10^{-3}$ Ом.

Якщо відомий опір RV значення вимірюваного опору R можна одержати за схемою одного вольтметра. Для цього потрібно виконати два виміри. На рисунку 1.5 наведена схема виміру методом одного вольтметра. Коли перемикач знаходиться в положенні II, вольтметр показує напругу мережі:

$$U_V = I_V \cdot r_V = \frac{U_1}{r_V} \cdot r_V = U_1 \quad (1.2)$$

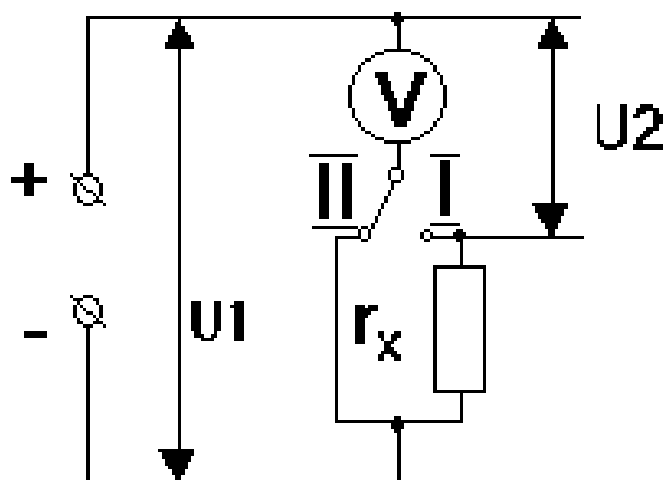


Рисунок 1.5 – Схема виміру опору методом одного вольтметра

Другий вимір, коли перемикач знаходиться в положенні І, вольтметр показує спадання напруги в мережі від номінального, тобто:

$$U_v = I_v \cdot r_v = \frac{U_1}{r_v + r_x} \cdot r_v = U_2 \quad (1.3)$$

Обрахувавши значення обох показників можна визначити значення вимірюваного R:

$$r_x = \frac{U_1 - U_2}{U_2} \cdot r_v \quad (1.4)$$

1.3.2. Вимірювання часових параметрів реле

Вимірювання часових параметрів реле здійснюється за допомогою універсального стенда для перевірки приладів СЦБ і електросекундоміра типу ПВ-53Щ, вбудованого в стенд, або за допомогою зовнішнього цифрового вимірювача часових параметрів реле (ЗЦВПР) Ф291. Стрілочний електросекундомір ПВ-53Щ має крок виміру тимчасових інтервалів 10 мс, а цифровий вимірювач часових параметрів реле Ф291 – 1 мс.

Характеристики ЗЦВПР Ф291 (рисунок 1.6.) наведені в таблиці 1.2.



Рисунок 1.6 – Зовнішній цифровий вимірювач часових параметрів реле Ф291

ЗЦВПР Ф291 призначений для вимірювання часових параметрів реле за таких умов:

- живлення обмоток реле від зовнішнього джерела постійного струму до 10

A, напруга до 240 В;

- змінний струм до 6 А частотою 50 Гц при напрузі до 380 В та при відсутності з'єднання приладу із зовнішнім джерелом живлення реле обмоток.

Таблиця 1.2 – Характеристики зовнішнього цифрового вимірювача часових параметрів реле Ф291

Вимірювання часових інтервалів	до 100000 мс
Клас точності	0,005/0,004
Напруга живлення	220 В, частота 50 Гц
Споживана потужність	20 В·А
Умови використання:	- 10 до 50°С
Розміри, мм	134 x 210 x 270
Маса, кг	4

ЗЦВПР Ф291 використовується при ремонті та експлуатації релейних систем автоматики електричних станцій та підстанцій, а також для вимірювання параметрів різноманітних механічних перемикачів, тумблерів, кнопок.

Даний прилад надає можливість вимірювати за першим замиканням (розмиканням) контакту тестового реле, при живленні обмоток реле від зовнішнього джерела струму такі часові параметри:

- час спрацьовування реле з контактами, що замикають або розмикають;
- час відпускання реле;
- різниця часу спрацьовування (відпускання) будь-якої комбінації двох пар контактів.

Ф291 надає можливість виміряти такі часові параметри реле при живленні реле обмоток від зовнішнього джерела постійного або змінного струму з урахуванням вібрації контакту:

- час спрацьовування реле з контактами, що замикають або розмикають;
- час відпускання реле з контактами, що замикають або розмикають.

ЗЦВПР Ф291 надає можливість вимірювати різниця часу замикання будь-якої комбінації двох пар контактів за відсутності з'єднання приладу із зовнішнім джерелом живлення обмоток реле; час короткочасного замикання або розмикання контакту.

Електросекундомір типу ПВ-53Щ показано на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – Електросекундомір типу ПВ-53Щ

Секундомір електричний ПВ-53Щ-щитовий призначений для роботи при температурі в межах від -20 до $+50^{\circ}\text{C}$, при відносній вологості до 80 %.

Електричні секундоміри призначені для вимірювання часу спрацьовування електричних реле та інших контактних пристроїв.

Основні технічні характеристики приладу ПВ-53:

- Номінальна напруга 110 і 220 В.
- Допустимі коливання $+20\%$.

- Номінальна частота 50 Гц.
 - Межа виміру малої шкали 10 с.
 - Ціна поділу 1 с.
 - Межа: вимірювання великої шкали 1 с.
 - Ціна поділу 0,01 с.
 - Міцність ізоляції перевіряється напругою 2000 В.
 - Споживана потужність:
 - при напрузі 110 В - 5 ВА.
 - при напрузі 220 В - 10 ВА.
 - Вага 1 кг.
 - Похибка при номінальній частоті струму живлення не перевищує:
 - при вимірюванні часового проміжку від 1 до 3 с. – + 0,03 с.;
 - при вимірюванні часового проміжку від 3 до 10 с. – + 0,05 с.
 - При вимірі сумарного часу кількох часових проміжків похибки додаються.
- Секундомір надає можливість вимірювати:
- Час втягування або час відпадання контактів електричних пристроїв із нормально замкнутими або нормально розімкненими контактами.
 - Різницю у часі замикання чи розмикання будь-яких пар контактів.

Недоліками технології вимірювання часових параметрів реле являються:

- низька точність вимірювання часу спрацьовування і часу відпускання нормальнодіючого реле, особливо електросекундоміром ПВ-53Щ;
- неможливість виміру часу брязкоту контактів, так як воно зіставне, або менше кроку вимірювання електросекундоміра ПВ-53Щ і Ф291;
- можливість потрапляння електромеханіка під небезпечна напруга (220В) при вимірюванні часових параметрів електросекундоміром ПВ-53Щ;
- витрати часу на складання схеми вимірювання часових параметрів реле.

1.4 Висновки

Виконавши аналіз існуючої технології для перевірки реле на РТД були виявлені наступні недоліки:

- для проведення перевірки електричних і часових параметрів реле використовують морально застарілі стенди, які мають великі розміри і вагу;
- ручне керування вимірювальними пристроями, недоліки та неточності стрілочних вимірювальних приладів, не відповідність допусків по відхиленню вимірюваної величини та класом точності вимірювального приладу – все це призводить до низької точності та високої суб'єктивності результатів вимірювань;
- переважна більшість вимірювань здійснюється в аналоговій формі, що негативно впливає на час та якість сприйняття результатів;
- вимірювання багатьох параметрів (зокрема, механічних з використанням щупів та шаблонів) не забезпечують необхідну точність та повторюваність, тому щоб зменшити кількість помилок регулювальник змушений виконувати вимірювання одного параметра декілька разів, що значно збільшує тривалість перевірки реле;
- важкий та трудомісткий процес вимірювання параметрів реле, для виконання якого від електромеханіка вимагається наявність високої кваліфікації, постійна зорова напруга та великі часові затрати, оскільки майже весь процес технологічної перевірки параметрів реле виконується вручну. Наприклад, процес регулювання живлячої напруги виконується вручну (з використанням ЛАТРа), а при масовій перевірці це приведе до стомлення електромеханіка та значно збільшить ймовірність виникнення помилки;
- низька продуктивність праці спричинена повільністю вимірювань, та значними втратами часу на збирання схем для вимірювань та обробку отриманих результатів;

- використання спеціальних пристосувань, які підвищують точність вимірювання (такі, як індикатора часового типу) потребують їх встановлення на кожне реле, що супроводжується додатковими затратами часу для перевірки реле;
- технології вимірювання та регулювання механічних параметрів реле, які існують на сьогоднішній день – недосконалі. Статистичні дослідження, які були проведені на кафедрі автоматики університета показали, що близько 10 % реле РТД випускаються з браком. Коли параметри знаходяться поза допустимими межами, а величина міжконтактного зазору при перельоті якоря може відхилитися від норми до 35 %;
- багато визначальних параметрів, які нормуються в ТУ і ЕТВ стосовно реле першого класу надійності, взагалі не вимірюються, а решта параметрів оцінюється візуально або фіксується «на око», оскільки на РТД відсутні засоби для вимірювання цих параметрів (міжконтактний зазор при перельоті якоря, сумісний хід контактів, неодноразовість замикавання та ін.). Дані параметри значною мірою впливають на об'єктивну оцінку працездатності реле та його комутаційний ресурс;
- неможливо визначити механічні параметри реле без розкриття кожуха.

Перелічені недоліки свідчать про те, що основними причинами недосконалості існуючих методів вимірювання параметрів реле на РТД є відсутність спеціальних стендів і велика кількість ручних операцій. Практично вичерпані резерви для підвищення якості перевірки реле та продуктивності праці в процесі використання існуючих технологій та приладів для вимірювання. Щоб усунути дані недоліки необхідно виконати оснащення РТД автоматизованими стендами для вимірювання параметрів і характеристик реле. Автоматизація технології вимірювання параметрів реле на РТД дозволить:

- скоротити часові витрати на перевірку параметрів одного реле;
- покращити об'єктивність контролю працездатності реле та збільшити точність вимірюваних параметрів;
- забезпечити достовірність вимірювань;

- збільшити продуктивність праці шляхом переведення трудомістких і одноманітних ручних операцій в автоматичний режим;
- зменшити розміри стендів та знизити енергоспоживання;
- підвищити ергономічні показники стенду та полегшити умови праці електромеханіків на РТД;
- виконати автоматизацію процесу ведення технічної документації на реле, що надасть можливість виконувати спостереження за процесом зміни параметрів реле, проводити оцінку надійності, здійснювати оптимізацію процесів профілактики та ремонту реле. Така статистична інформація надасть можливість організації науково-обґрунтованого технологічного процесу обслуговування пристроїв автоматики на залізничному транспорті;
- значно підвищити надійність та довговічність експлуатованих реле, що збільшить безпеку руху потягів та зменшить експлуатаційні витрати на утримання пристроїв автоматики.

2. БЛОК ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

2.1. Структурна схема автоматизованого вимірювального комплексу для автоматизації перевірки параметрів реле залізничної автоматики

Призначенням автоматизованого вимірювального комплексу для контролю параметрів реле (АВККПР) є вимірювання часових та електричних параметрів електромагнітних реле залізничної автоматики (ЕМРЗА) типів РЕЛ, НМШ, а також 8Н8 і 4Н4 (українського виробництва) відповідності експлуатаційно-технічним вимогам, які висуваються до реле першого класу надійності. АВККПР не лише здійснює вимірювання параметрів реле залізничної автоматики (РЗА), він також надає можливість здійснювати контроль відповідності вимірюваних параметрів до нормативних значень та, у випадку виходу реле з ладу, дозволяє визначати тип та місце несправності.

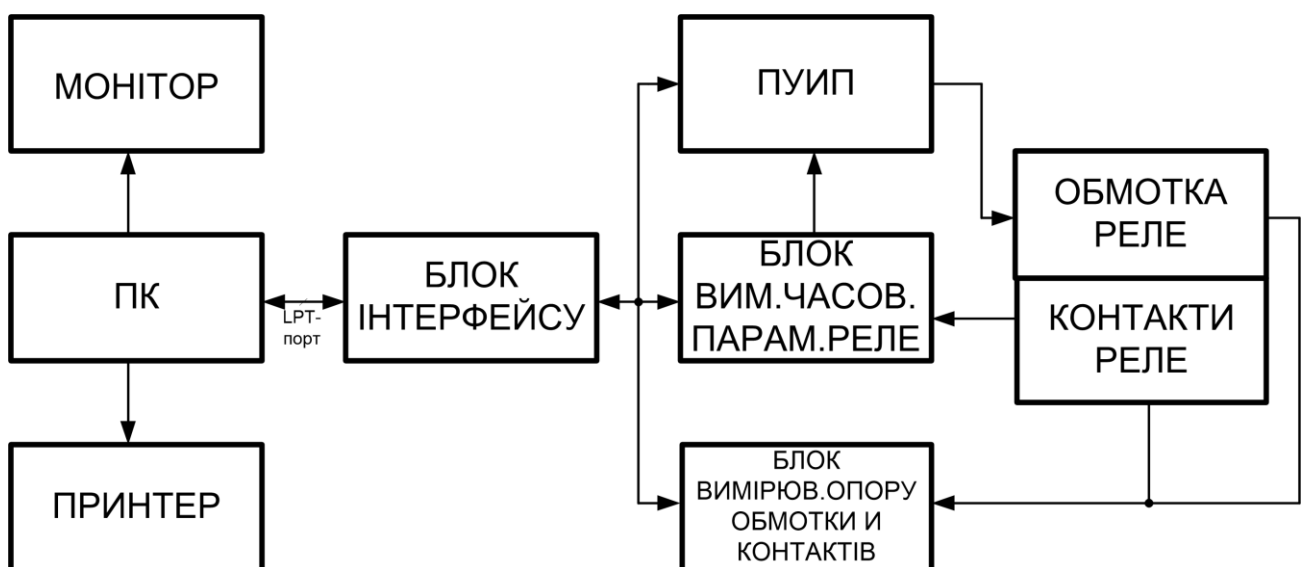


Рисунок 2.1 – Структурна схема АККПР

АВККПР представлений у вигляді окремого блоку, який має USB інтерфейс підключення до персонального комп'ютера. Алгоритми для вимірювання характеристик та параметрів нейтральних РЗА реалізовані за допомогою

програмного продукту, написаного на мові C++, який здійснює керування всіма блоками пристрою. Функціонал програми надає можливість виведення на екран монітора та на принтер результатів вимірювання параметрів реле, а також здійснює запис результатів в реляційну БД реле типу PARADOX.

АВККПР складається з чотирьох блоків (рисунок 2.1):

- блок інтерфейсу – забезпечує двосторонній обмін інформацією між АВККПР та ПК через USB інтерфейс та формування сигналів керування іншими блоками даного пристрою;
- блок для вимірювання електричних параметрів РЗА – формує постійну напругу в діапазоні $0 \div 50$ В з кроком 50 мВ. В даному блоці реалізовані алгоритми вимірювання напруги (струму) спрацьовування та напруги (струму) відпуску ЕМРЗА;
- блок вимірювання часових параметрів реле – забезпечує вимірювання часових інтервалів в діапазоні від 65 мс (з точністю ± 2 мкс) до 70 хвилин (з точністю ± 65 мс) та контроль логічного стану 8 фронтів і 8 тилових контактів реле. В даному блоці реалізовані алгоритми вимірювання часу перельоту контактів, часу спрацьовування реле, часу відпадання реле та неодноразовості замикання (розмикання) контактів (часового інтервалу між замиканням (розмиканням) першого контакту та замиканням (розмиканням) останнього контакту) реле;
- блок вимірювання опорів – забезпечує вимірювання опору обмоток реле струму, реле напруги та перехідного опору контактів по чотирьохпроводній схемі, при стабілізованому значенні струму через контакти 0,5 А.

Вимірювання опору здійснюється в діапазоні $0,01$ Ом \div 1 МОм.

Всі блоки АВККПР представлені окремою печатною платою згідно стандарту «Eurocard» (розмір 100 x 220 мм) та можуть бути розміщені в стандартних 19-дюймових стійках будь якого виробника. На сьогоднішній день стандарт «Eurocard» є найпопулярнішим в світі, він входить до таких стандартів як IEC297-3 (Європейській союз), IEEE 1101 (США) та DIN 41494 (Німеччина). Блоки з'єднані між собою за допомогою високошвидкісної шини стандарту VMEbus.

Дана реалізація АВККПР РЗА надає можливість легкої модифікації апаратної частини, що розширює функціональні можливості стенду та, використовуючи стандартне устаткування, зменшує вартість вимірювального комплексу.

За допомогою даного стенду можна вимірювати такі параметри реле:

- час вмикання реле;
- напруга вмикання реле (прямої і зворотної полярності не більше 20%);
- час вимикання реле;
- напруга вимикання реле;
- перехідний опір контактів реле;
- опір обмоток реле;
- час перельоту контактів.

Стенд надає можливість знаходити наступні несправності:

- визначення замикання якоря;
- відсутність замкнутих контактів;
- невідповідність вимірних значень нормам;
- зварювання контактів;
- одночасне замикання загального, тилового та фронтального контактів, під час перельоту якоря.

2.2. Блок для вимірювання електричних параметрів реле залізничної автоматики

Для реалізації алгоритмів вимірювання напруги відпадання та напруги спрацьовування нейтральних РЗА відповідно до технологічного процесу ремонту та перевірки реле на РТД в АВК використовується блок програмно-керованого джерела живлення (БПКДЖ) (рисунок 2.2).

Напруга (струм) подається на обмотку реле та змінюється по заданому алгоритму, реалізованому пристроєм управління. Водночас здійснюється контроль стану контактів реле. При замиканні тлових або фронтальних контактів, на обмотці реле припиняється зміна напруги та фіксується значення, яке

визначається як за шуканий параметр напруг відпадання або спрацьовування. Генератор напруги або реверсивний лічильник лінійно змінюється та дозволяють реалізовувати тільки прості лінійні алгоритми. Цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), який використовується в даному блоці надає можливість реалізовувати будь-які алгоритми управління напругою та уникнути непродуктивних витрат часу при вимірюванні напруг відпадання та спрацьовування реле.

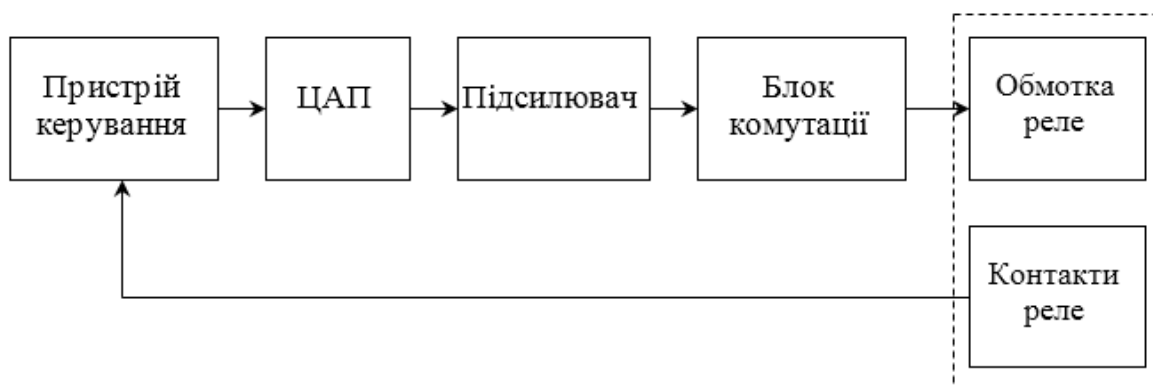


Рисунок 2.2 – Структурна схема блоку програмно-керованого джерела живлення

Спрощена принципова схема БПКДЖ приведена на рисунок 2.3. Для забезпечення гальванічної розв'язки блоку від решти пристроїв АВККПР його підключення до системної шини здійснюється через оптрони. При використанні оптронної розв'язки зникає необхідність безпосереднього підключення тестового реле до комп'ютера, відповідно, збільшується завадостійкість АВК та зменшується ймовірність виходу з ладу комп'ютера та інших блоків АВК, у випадку підключення несправного реле.

До з'єднувача X_1 підключається блок інтерфейсу, до з'єднувача X_2 – блок живлення, а до з'єднувача X_3 підключаються обмотки реле.

В основі БПКДЖ лежить 10 - розрядний перемножуючий ЦАП К572ПА1, призначений для перетворення 10 - розрядного паралельного двійкового коду в аналоговий струм, пропорційний опорній напрузі та значенням коду. ЦАП реалізований на основі КМОП технології на базі матриці резисторів типу R - 2R. Обраний ЦАП має наступні переваги:

- мала споживана потужність (струм споживання не більше 2 мА);

- висока точність перетворення (диференціальна нелінійність складає $\pm 0,1\%$);
- висока швидкодія (час встановлення вихідного струму не більше 5 мкс).

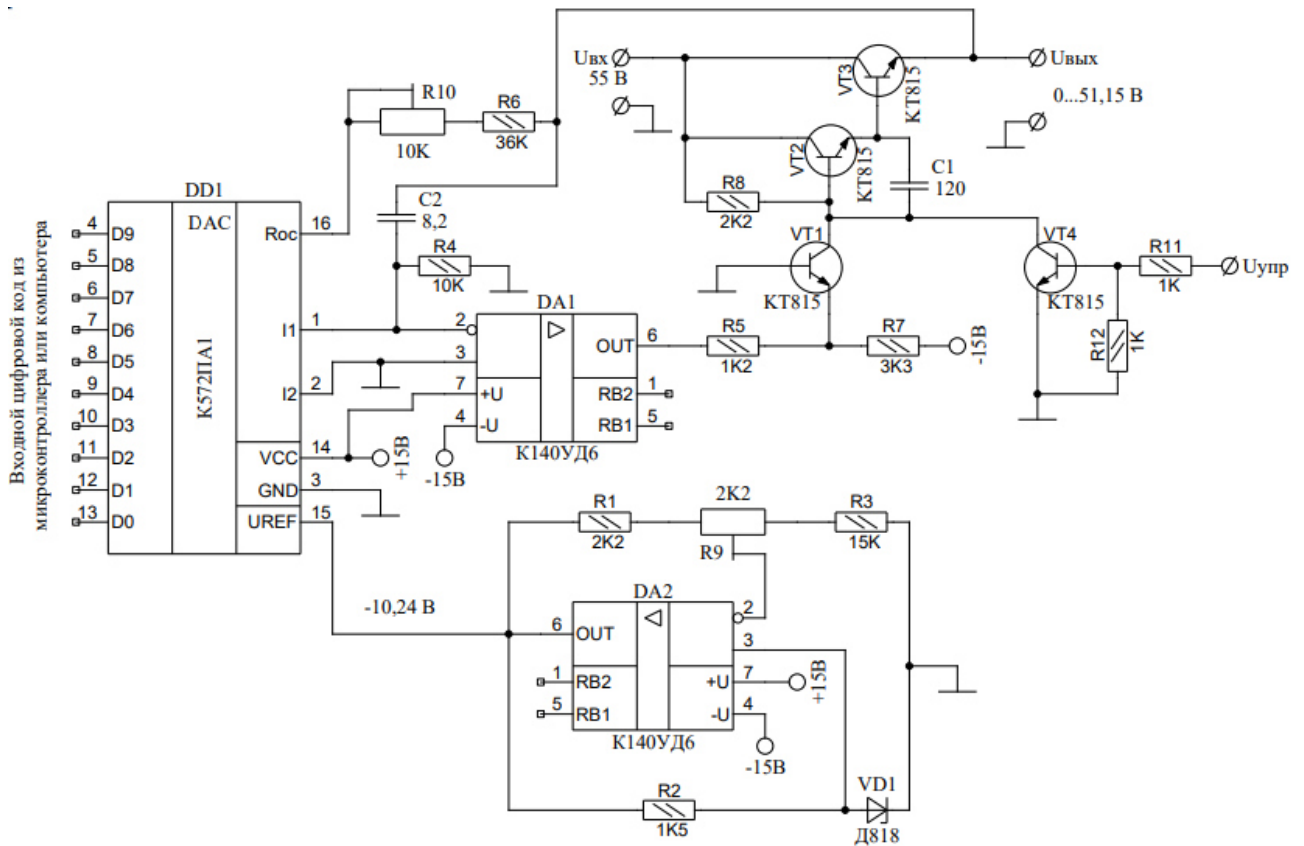


Рисунок 2.3 – Спрощена схема блоку програмно-керованого джерела живлення

Напруга на виході ПКДЖ визначається виразом:

$$U_R = h \left(2^{(n-1)} a_{n-1} + 2^{(n-2)} a_{n-2} + \dots + 2^0 a_0 \right), \quad (2.1)$$

де h – крок квантування, тобто приріст вихідної напруги при зміні вхідного коду на одиницю, n – число розрядів ЦАП, a_i – значення i -ого біта коду на цифровому вході ЦАП.

Крок квантування вихідної напруги джерела живлення обраховується наступним виразом:

$$h = U_{оп} \frac{R_{oc}}{R} 2^n, \quad (2.2)$$

де $U_{оп}$ – опорна напруга, яка надходить на вхід матриці $R - 2R$ ЦАП, R – значення опору матриці $R - 2R$ ЦАП, R_{oc} – значення опору кола зворотного зв'язку ЦАП,

визначається як сума значень зовнішнього опору зворотного зв'язку (R25 і R26) та внутрішнього опору зворотного зв'язку самого ЦАП.

Із виразів (2.1) і (2.2) слідує, що для визначення максимальної вихідної напруги необхідно враховувати дві складові: значення опорної напруги та значення співвідношення R_{oc}/R . технічні характеристики ЦАП К572ПА1 вказують на те, що опорна напруга не може перевищувати 15 В, саме тому максимальний діапазон вихідної напруги встановлюється шляхом зміни значення зовнішнього опору ланцюга зворотного зв'язку. Так, при опорній напрузі $U_{оп} = -10,24$ В та опорі зворотного зв'язку $R_{oc} = 50$ кОм, максимальна вихідна напруга становитиме 51,15 В.

Відповідно до (2.2), щоб отримати мінімальну похибку перетворення цифрового коду в аналоговий сигнал, потрібно мати стабільне значення опорної напруги. Для цього в БПКДЖ використовується високо стабільне джерело опорної напруги (ДОН) на операційному підсилювачі (рисунк 2.4).

Рисунок 2.5 показує, що при коливаннях напруги живлення в межах від 11 до 18 В вихідна напруга ДОН на операційному підсилювачі зберігає стабільне значення 10,24 В, причому перекіс негативної та позитивної напруг живлення операційного підсилювача може також досягати до 7 В. Використання даного ДОН забезпечує достатньо високу точність роботи ЦАП К572ПА1.

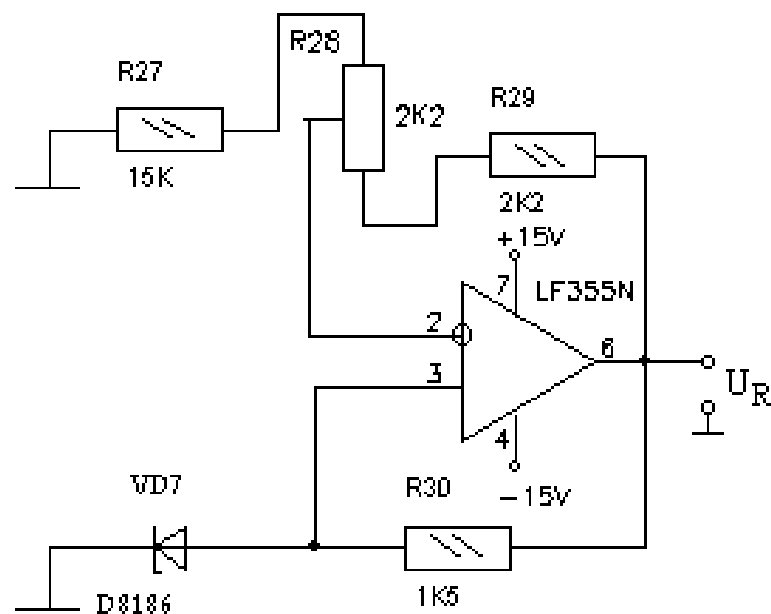


Рисунок 2.4 – Принципова схема джерела опорної напруги для ЦАП.

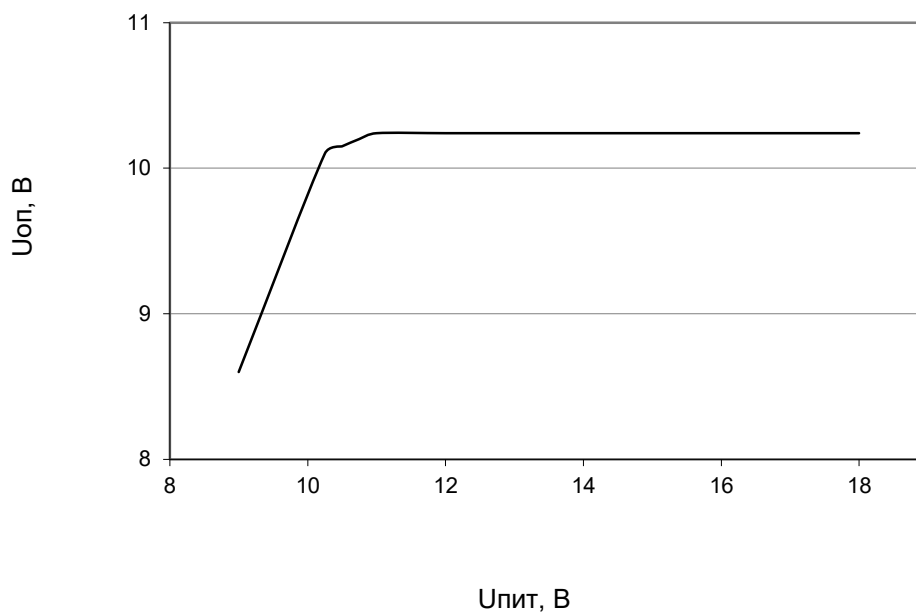


Рисунок 2.5 – Залежність вихідної напруги ДОН від напруги живлення.

Блок комутації, зібраний на малогабаритних реле РЕС-60 (К1 – К4) та призначений для виконання наступних функцій:

- (К1) перемикається в залежності яке реле перевіряється, токове чи реле напруги;
- з'єднання виходу ПКДЖ з обмотками реле (К2), що перевіряється, через отвір Х₃;
- перемикання полярності вихідної напруги на обмотках реле (К3);
- комутація обмоток реле, яке перевіряється – паралельно або послідовно (К4).

Разом з подачею напруги на обмотку реле БПКДЖ формує сигнал «RELE» на керуючій системній шині, який повідомляє в інші блоки АВК інформацію про наявність або відсутність напруги на обмотці реле (якщо сигнал «RELE» повертає значення логічної «1», то реле знеструмлене, якщо ж сигнал «RELE» повертає значення логічного «0», то на обмотку реле подано напругу).

Мікросхема ЦАП К572ПА1 використовується для перетворення паралельного 10-ти розрядного двійкового коду, який подається на цифрові входи в струм на аналоговому виході, що є пропорційним значенням коду і опорної напруг.

Мікросхема складається з матриці, резистора R-2R, підсилювачів-інверторів, для керування струмовими ключами, струмових двопозиційних ключів, виконаних на КМОП транзисторах. Зовнішнім джерелом опорної напруги задається вхідний струм та, у вузлах релейної матриці R-2R послідовно ділиться по двійковому закону. Дотримання двійкового закону розподілу струмів в гілках резистора, матриці, виконується при умові рівності потенціалів виходів 11 і 12. Це забезпечується шляхом подачі інвертуючого входу ОП на вихід 11, охопленого негатив зворотним зв'язком. Інверсний вхід ОП з'єднується з виходом 2 та з шиною аналогової землі. Разом з цим виконується перетворення струму на виході 11 в пропорційну напругу на виході ОП. Струм з виходу 11 потрапляє на перетворювач струму в напругу DA9. Джерело опорної напруги – DA7. Струм споживання становить 50 мА; вихідний струм зсуву нуля рівний 100 нА; час встановлення вихідного струму – 5 мкс.

Мікросхеми DD2 і DD3 типу 74ALS373 використовуються для шини даних. Вони формують молодші байти на виходах AD2 – AD9 та AD0, старші байти на виході AD1. Ці байти управляють струмом на виході ЦАП.

Інтегральна мікросхема (ІМС) 74ALS373 представляє собою восьмирозрядний регістр, за допомогою якого можна сформувати системну шину даних з пам'яттю. Мікросхема складається з восьми D-тригерів з підвищеною здатністю навантаження. Умовне графічне позначення мікросхеми 74ALS373 наведено на рисунок 2.6.

Призначення виводів ІМС 74ALS373:

- D₀ - D₇ – інформаційні входи;
- Q₀ - Q₇ – інформаційні виходи з Z-станом;
- PE – запис в регістр:
 - логічна 1 – запис даних в регістр;
 - логічний 0 – збереження даних;
- Z – дозвіл передачі:
- логічна 1 – інформаційні виходи переводяться в Z-стан;
- логічний 0 – на інформаційних виходах формується ША;

- VCC – вхід напруги живлення +5 В;
- GND – загальний вивід («Земля»).

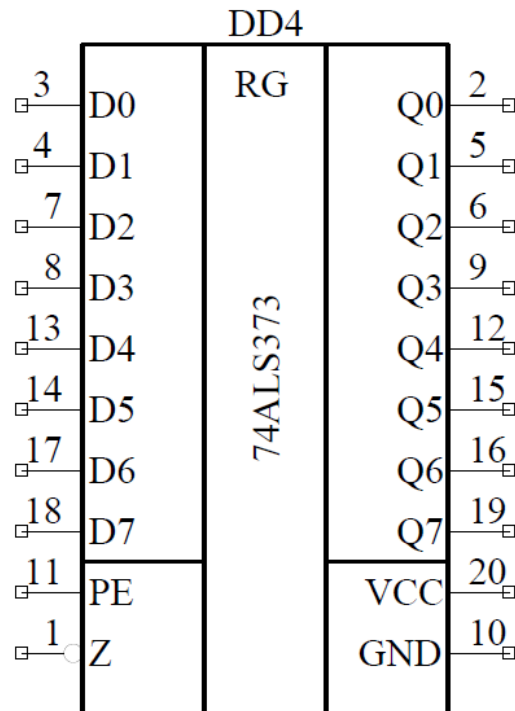


Рисунок 2.6 – Умовне графічне позначення ІМС 74ALS373

Основні параметри ІМС 74ALS373:

- технологія виготовлення – ТТЛШ;
- напруга живлення – +5 В ± 5 %;
- вхідні та вихідні сигнали – ТТЛ - стандарт;
- тривалість затримки поширення вихідного сигналу щодо вхідного сигналу – не більше 15 нс;
- максимальний струм споживання – 27 мА;
- температурний діапазон роботи: -10 ÷ +70°C.

Вивід U1 призначений для формування імпульсної напруги на виході UR. Коли на вивід U1 надходить сигнал низького рівня, закривається транзистор VT4 та на виході UR з'являється імпульс.

UK1 – UK4 виконують наступні функції:

- після інвертування сигналу UK1 на мікросхемі 7401, вмикається реле K1, яке здійснює вибір між реле напруги та токовим реле;

- після інвертування сигналу UK2 на мікросхемі 7401, вмикається реле K2, яке підключає обмотки тестового реле до БПКДЖ;
- інвертований сигнал з UK3 надходить на обмотку реле K3 та інвертує сигнал на виході. Реле K3 використовується для випадків, коли необхідно вимірювати пряму та зворотну напругу;
- після інвертора сигнал з UK4 надходить на реле K4, яке з'єднує обмотки реле послідовно або паралельно. Це необхідно в деяких випадках.

Вихід «RELE» використовується для передачі інформації про стан реле в комп'ютер. Зокрема, включене воно або вимкнено, яка напруга на його обмотках в певний момент часу та ін. Мікросхема DD1 (підключена як підсилювач потужності та захищає блок інтерфейсу від перевантажень. Електромеханічні перешкоди, що виникають на реле можуть вплинути на ПК до якого вони підключені. Тому, щоб значно зменшує вплив цих перешкод на ПК, блок інтерфейсу і БПКДЖ розділяють оптронними парами. Блок живлення під'єднується до з'єднувача X2 БПКДЖ. На виході блок живлення має напруги: +60 В; +15 В; -15 В. Нам потрібно отримати напруга +5 В. Для цього використаємо інтегральну мікросхему 7805, яка перетворює +15 В у +5 В.

3. БЛОК ВИМІРЮВАННЯ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Блок вимірювання часових параметрів реле (БВЧПР) застосовується в АВК для вимірювання часових інтервалів у діапазоні від 65 мс до 70 хвилин та з точністю $\pm 2 \text{ мкс} \div 65 \text{ мс}$. Структурна схема БВЧПР приведена на рисунку 3.1.

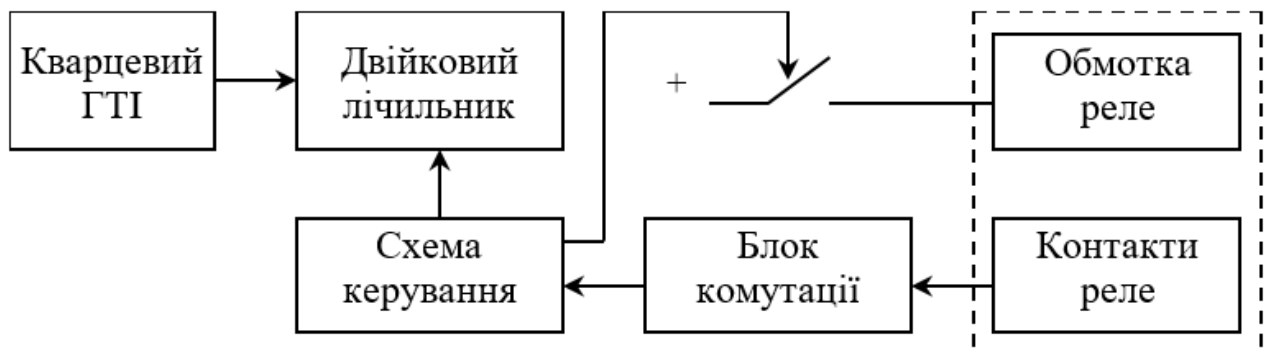


Рисунок 3.1 – Структурна схема блоку вимірювання часових параметрів реле

Дана схема керування виконує одночасне ввімкнення (вимкнення) ключа, що подає напругу на обмотку реле та подає сигнал дозволу на роботу лічильника. Лічильник починає підрахунок імпульсів, які надходять з генератора тактових імпульсів (ГТІ). Робота генератора стабілізується кварцовим резонатором, що супроводжується збільшенням влучності вимірювання часових інтервалів. Залежно від обраного режиму роботи, блок комутації підключає до схеми керування потрібні контакти реле. Зміна стану контактів на схемі керування спричиняє зупинку роботи лічильника. Результати вимірювання часового параметру зчитується з лічильника у вигляді двійкового коду для подальшого опрацювання.

Контакти тестового реле підключені до блоку через оптрони, як наслідок – між АВК та тестовим реле повністю відсутній гальванічний зв'язок. Сигнали логічного стану контактів, після оптронів надходять на тригери Шмідта – це забезпечує більш круті фронти імпульсів при зміні контактів.

Пристроєм керування в даному блоці виступає мікроконтролер (МК) компанії Microchip типу PIC18F4520. МК PIC18F4520 має 40 виводів, що дає можливість контролювати логічний стан восьми фронтних та восьми тилових контактів; генерувати керуючі сигнали, для програмованого інтегрального таймеру, відповідно до алгоритму вимірювання, який задається часовим параметром. Вибір режиму ВЧПР здійснюється командою «ZAPROS», яка надходить по системній шині з блоку інтерфейсу. За цією командою, через порт PORTD, записується в МК кількість фронтних і тилових контактів та номер режиму вимірювання тестового реле. Програмне забезпечення МК має двадцять різних режимів вимірювання часових параметрів реле.

З БПКДЖ надходить команда про початок вимірювання через сигнал «RELE», при цьому змінюється час спрацьовування та час відпускання реле. Командою, яка сигналізує закінчення вимірювання є визначена комбінація контактів реле. Залежно від обраного режиму вимірювання, всередині МК здійснюється програмна комутація контактів, яка, при мінімальних апаратних затратах має великі функціональні можливості. Зокрема, можна контролювати замикання та розмикання контактів; фіксувати значення одного контакту, будь-якої комбінації контактів чи всіх одразу. Різні комбінації стану тилових та фронтних контактів використовуються для визначення часу перельоту контактів та неодноразовості замикання контактів сигналами початку та закінчення вимірювання. При використанні МК у конструкції блоку ВЧП, значно зменшується кількість корпусів інтегральних мікросхем (ІМС), що супроводжується значним зменшенням розмірів друкованої плати.

Процес вимірювання часового інтервалу виконується програмованим інтервальним таймером 8253, який складається з трьох незалежних 16-розрядних декрементуючих лічильників, що працюють з максимальною частотою 2 МГц. У даному блоці застосовується два лічильника: 0 лічильник, який має режим програмної затримки; 1 лічильник з режимом ГТІ. Часовий інтервал вимірюється нульовим лічильником, який працює під керуванням МК через сигнал «START». Перший лічильник встановлений між нульовим лічильником та кварцовим

генератором та встановлює максимальний інтервал вимірювання часового параметру та точності, виконуючи функції програмно-керованого переддільника. У випадку, коли вимірний інтервал часу виявиться більшим ніж заданий максимальний інтервал, тоді трапляється переповнення нульового лічильника, а на його виході з'явиться сигнал «OVER». Активація на системній шині керуючого сигналу «OVER» спричинить автоматичне збільшення величини максимального інтервалу першого лічильника та повтор алгоритму вимірювання часового параметру.

В БВЧПР входить два 8-розрядних буферних регістри, які використовуються з метою контролю логічного стану тилкових та фронтових контактів іншими блоками АВК та надають можливість підключити до системної шини даних контрольовані контакти.

Часовий інтервал T_x визначається як добуток кількості імпульсів N , які виробляються кварцовим генератором та надходять на вхід лічильника за вимірюваний інтервал на період t_0 :

$$T_x = N * t_0 \quad (3.1)$$

Як видно із формули (3.1) виходить, що точність вимірювання часових інтервалів з використанням лічильників напряму залежить від стабільної частоти кварцового генератору. Такий спосіб вимірювання часових параметрів свідчить про те, що абсолютна похибка становитиме $\pm t_0$, а відносна похибка $-\frac{t_0}{T_x}$. Тоді, максимальну відносну похибку вимірювання інтервалів можна визначити за такою формулою:

$$\delta \leq \pm \left(\delta_{t_0} + \frac{t_0}{T_x} \right) \cdot 100, \quad (3.2)$$

де $\delta_{t_0} = 10^{-5}$ – зміна частоти кварцового генератору.

Для формування еталонних часових інтервалів використовують електронний частотомір типу ЧЗ-34, який надає можливість генерувати імпульсні сигнали з довжиною від 0,1 мкс до 10 с та має відносну похибку частоти внутрішнього кварцового генератору $\pm 10^{-7} \%$. Результати вимірювання наведені в таблиці 3.1

(де T_0 – інтервал, який виробляється частотоміром ЧЗ-34, dT – абсолютна похибка, яка співпадає з довжиною періодів кварцового генератору).

Таблиця 3.1 – Визначення похибки вимірювання часових інтервалів

T_0 , мс	dT , мкс	δ , %
200	± 4	0,003
400	± 7	0,0028
600	± 10	0,0026
1000	± 16	0,0026

Відносна похибка визначається за виразом (3.2), при цьому, для контролю параметрів реле, враховується зміна частоти кварцового генератору АВК. Як показали випробування, максимальна відносна похибка при вимірюванні часових інтервалів не перевищує 0,003 %. Відповідно до існуючої технології вимірювання часу підйому та відпускання реле виконується або механічним секундоміром ПВ-53Щ (з точністю ± 10 мс), або цифровим ВЧПР Ф291 (з точністю ± 1 мс). З таблиці 3.1 видно, що використання АВК надає можливість значно зменшити похибку ВЧПР залізничної автоматики.

3.1. Програмно-керований інтервальний таймер Intel 8253

3.1.1. Побудова та принцип роботи програмно-керованого інтервального таймера i8253

Програмно-керований інтервальний таймер (ПКІТ) i8253 використовується для реалізації часових функцій: генерування сигналів заданої частоти, формування програмно-керованих часових затримок, підрахунок числа зовнішніх подій та ін. Застосування ПКІТ надає можливість розвантажити мікропроцесор та підвищити ефективність усієї мікропроцесорної системи під час керування зовнішніми пристроями в реальному часі. У сучасних ПК контролер i8254

використовується для керування логікою регенерації пам'яті, системним динаміком та системним годинником. Структурна схема ПКІТ і8253 представлена на рисунку 3.2.

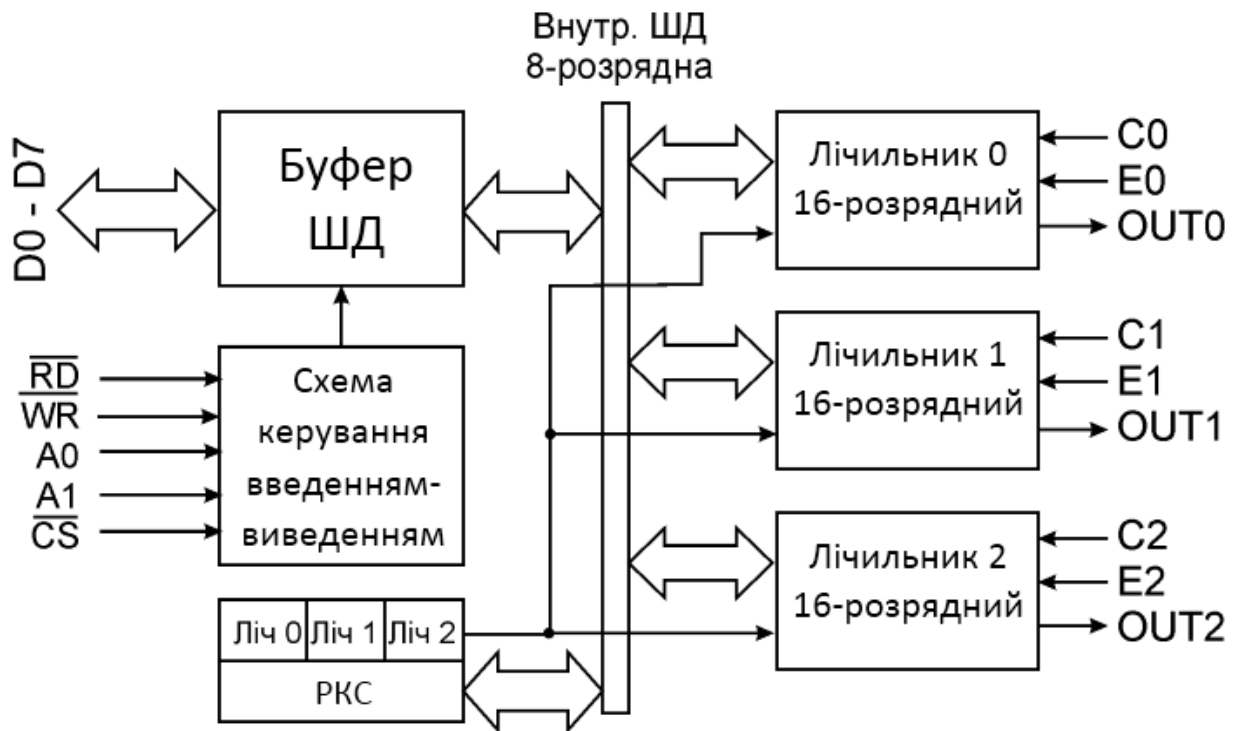


Рисунок 3.2 – Структурна схема ПКІТ і8253

ПКІТ і8253 складається з трьох незалежних 16-розрядних лічильника, які працюють на віднімання (виконуючи операцію декремента). Кожний лічильник має власний регістр керуючого слова (РКС) та може індивідуально налаштовуватися на необхідний режим роботи. Кожен лічильник має два входи та один вихід: C_n – тактовий вхід лічильника; E_n – вхід дозволу роботи лічильника (якщо $E_n = 1$ – лічильник працює в заданому режимі, якщо $E_n = 0$ – лічильник перебуває в режимі «стоп», він не реагує на тактові імпульси, які надходять на вхід C_n); OUT_n – вихід лічильника, який налаштовується в залежності від режиму роботи лічильника.

На рисунку 3.3 наведено умовне графічне позначення ПКІТ і8253.

Призначення виводів ПКІТ і8253:

- $D_0 - D_7$ – шина даних (ШД);
- A_1, A_0 – шина адреси ПКІТ:

A ₁	A ₀	Адреса
0	0	0 лічильник
0	1	1 лічильник
1	0	2 лічильник
1	1	РКС

- RD – керуючий сигнал читання з лічильника (логічний 0);
- WR – керуючий сигнал запису в лічильник або РКС (логічний 0);
- CS – вхід вибору мікросхеми:
 - 1 – ШД (D₀ – D₇) ПКІТ перебуває в Z – стані;
 - 0 – ШД ПІТ підключається до ШД мікропроцесорної системи;
- C₀, C₁, C₂ – вхід синхроімпульсів для лічильників 0, 1 і 2 відповідно;
- E₁, E₂, E₃ – вхід керування для лічильників 0, 1 і 2 відповідно;
- OUT₀, OUT₁, OUT₂ – вихід лічильників 0, 1 і 2 відповідно;
- VCC – напруга живлення +5 В;
- GND – загальний вивід.

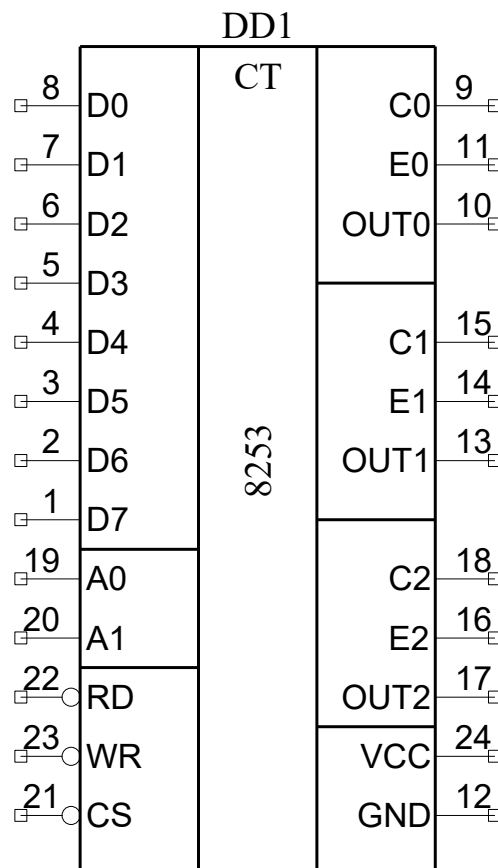


Рисунок 3.3 – Умовне графічне позначення ПКІТ i8253

Приклади стану сигналів керування для різних режимів роботи ПКІТ і8253 наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Стан сигналів керування для різних режимів роботи і8253

Режим роботи	CS	A ₀	A ₁	RD	WR	ШД (D ₀ – D ₇)
Запис РКС	0	1	1	1	0	Код для РКС
Запис у лічильник 0	0	0	0	1	0	Байт для лічильника 0
Читання з лічильника 1	0	1	0	0	1	Байт із лічильника 1
Читання з лічильника 2	0	0	1	0	1	Байт із лічильника 2

3.1.2. Програмування ПКІТ і8253

Перед початком роботи, лічильники програмно-керованого інтервального таймера необхідно налаштувати на необхідний режим роботи й завантажити в них початкове значення. Ініціалізація лічильників здійснюється шляхом завантаження у відповідний регістр управляючого слова. Формат регістру управляючого слова представлений на рисунку 3.4.

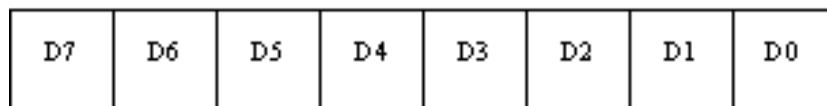


Рисунок 3.4 – Формат регістру управляючого слова ПКІТ і8253

Призначення біт управляючого слова ПКІТ і8253:

- D₀ – вибір типу лічильника:
 - 1 – двійково-десятковий лічильник;
 - 0 – двійковий лічильник;
- - D₃, D₂, D₁ – вибір режиму роботи лічильника:

D ₃	D ₂	D ₁	Режим роботи
0	0	0	0 режим
0	0	1	1 режим
X	1	0	2 режим
X	1	1	3 режим
1	0	0	4 режим
1	0	1	5 режим

– D₅, D₄ – вибір розрядності лічильника:

D ₅	D ₄	Значення
0	0	Зчитування без зупинки
0	1	Тільки молодший байт
1	0	Тільки старший байт
1	1	16-розрядний лічильник

– D₇, D₆ – вибір регістру керуючого слова лічильника:

D ₇	D ₆	Лічильник
0	0	0 лічильник
0	1	1 лічильник
1	0	2 лічильник
1	1	Заборонена комбінація

Завантаження в РКС може відбуватися в будь-якій послідовності, але тільки в лічильники, які будуть використовуватися. В кожний лічильник завантажуються та кількість байт, яка зазначена в бітах D₅ та D₄ РКС. При 16-розрядному налаштуванні лічильника, першим записується молодший байт, а потім старший байт. Таким чином, запис вихідного стану лічильника відбувається за два такти.

Поточні значення лічильника можна зчитати двома способами:

1. Використовуючи стандартні команди мікропроцесора типу IN. При використанні цього способу існують певні обмеження в роботі, зокрема, під час виконання операції читання лічильник повинен припинити свою роботу (En = 0, або на Cn призупинити подачу сигналів синхронізації).
2. Спосіб «Читання без зупинки», складається із трьох операцій:

- запис у РКС керуючого слова, у якому біти D₅ і D₄ дорівнюють логічному 0. За цією командою поточний значення лічильника дублюється в спеціальному буферному регістрі, тому роботу лічильника не потрібно зупиняти;
- читання молодшого байта лічильника;
- читання старшого байта лічильника.

Особливістю схеми керування введенням-виведенням ПКІТ є те, що операція читання або запис повинна бути виконана повністю. Якщо задано запис або читання двох байт, то не можна записати або прочитати тільки молодший байт. Неодмінно потрібно записати або прочитати і старший байт, інакше лічильник працювати не буде.

Основні характеристики ПКІТ і8253:

- технологія виготовлення – n-МОП;
- максимальна споживана потужність – 0,5 Вт;
- напруга живлення +5 В ± 5 %;
- максимальний струм споживання – 50 мА;
- максимальна частота роботи лічильників – 2,5 МГц;
- кількість лічильників – 3;
- розрядність лічильників – 16;
- рівні вхідних і вихідних сигналів – ТТЛ - стандарт;
- температурний діапазон роботи: -10...+70°C;
- тривалість керуючих сигналів не менш 500 нс;
- діапазон рахунку в двійково-десятковому коді – 10000;
- діапазон рахунку у двійковому коді – 65536.

3.1.3. Режими роботи лічильників ПКІТ і8253

Будь-який лічильник ПКІТ і8253 здатний працювати в одному із шести режимів.

Нульовий режим – програмно-керована затримка. Часова діаграма роботи лічильника ПКІТ у нульовому режимі наведена на рисунку 3.5.

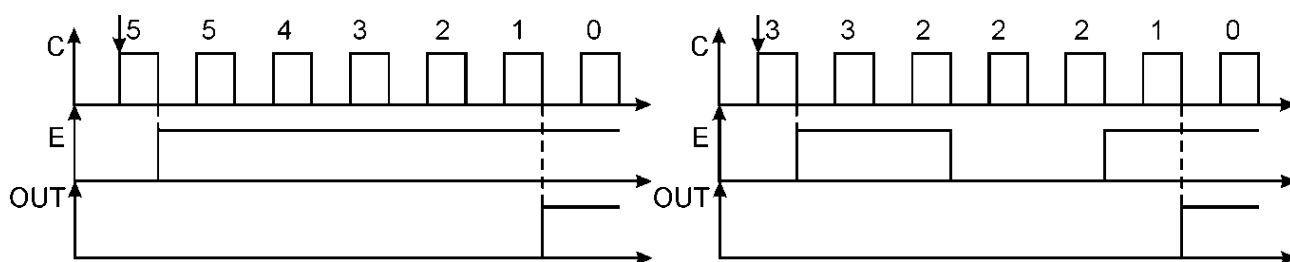


Рисунок 3.5 – Нульовий режим роботи ПКІТ

Коли на вхід E подається сигнал логічна 1, лічильник починає працювати та через N тактів (де N – число, записане в лічильник при ініціалізації) на виході OUT з'являється сигнал логічна 1. Якщо під час рахунку в лічильник внести нове число N, то процес завантаження молодшого байта зупинить рахунок, а завантаження старшого байта знову запустить новий цикл рахунку. Якщо під час підрахунку на вхід E надійде сигнал логічний 0, то підрахунок буде припинений, а лічильник зберігатиме своє поточне значення. Після подачі на вході E сигналу логічна 1, лічильник відновить свою роботу зі значення на якому він був зупинений.

Перший режим – програмно-керований одновібратор (мультивібратор, що чекає). Часова діаграма роботи лічильника ПКІТ у першому режимі наведена на рисунку 3.6.

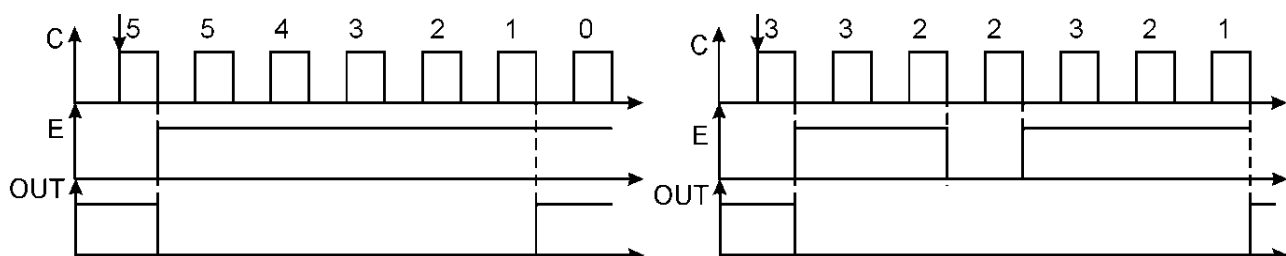


Рисунок 3.6 – Перший режим роботи ПКІТ

Принцип роботи цього режиму полягає у наступному: коли на вхід E надходить сигнал логічна 1, то на виході OUT формується одиночний сигнал

логічний 0, тривалість якого $T_{out} = T_C * N$, де T_C – період входних імпульсів, N – число, яке завантажується в лічильник під час ініціалізації. Якщо в лічильник записати нове число N під час підрахунку імпульсів, то тривалість поточного імпульсу не зміниться до наступного запуску лічильника – надходження на вхід E нового сигналу логічної 1. При подачі на вхід E сигналу логічного 0 під час підрахунку – лічильник зупиняється. Подача на вхід E сигналу логічної 1 запусить лічильник повторно, незалежно від того чи був завершений підрахунок.

Другий режим – програмно-керований дільник частоти. Часова діаграма роботи лічильника ПІТ у другому режимі наведена на рисунку 3.7.

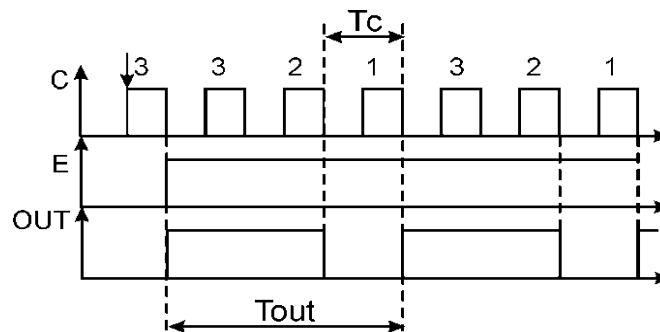


Рисунок 3.7 – Другий режим роботи ПКІТ

Цей режим також забезпечує автоматичну роботу лічильника та розділяє входну частоту F_C на N , де N – число, яке записується в лічильник на етапі ініціалізації лічильника. Тривалість вихідного сигналу на виході OUT становитиме $T_{out} = T_C * n$, при цьому вихідний сигнал дорівнює логічній 1, на інтервалі $(n - 1) * T_C$ та логічному 0 на інтервалі T_C . При записі нового числа N в процесі роботи лічильника – тривалість роботи поточного періоду залишиться без змін. Наступний період буде базуватися вже на новому вихідному значенні лічильника N . Якщо в процесі роботи на вхід E надійде сигнал логічний 0 – лічильник припинить свою роботу, а на виході буде сигнал логічна 1. Після відновлення подачі на вхід E сигналу логічна 1, період із тривалістю T_{out} буде рахуватися з початку починаючи з вихідного значення лічильника N .

Третій режим – генератора тактових імпульсів (мультивібратор). Часова діаграма роботи лічильника ПІТ у третьому режимі наведена на рисунку 3.8.

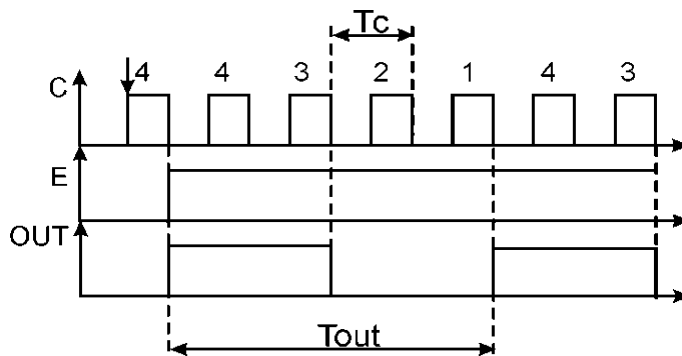


Рисунок 3.8 – Третій режим роботи ПКІТ

Робота лічильника в цьому режимі передбачає вироблення прямокутних імпульсів зі скважністю два. Тривалість вихідного сигналу на виході OUT буде визначатися $T_{out} = T_c * n$.

При цьому, величина додатних та від’ємних півперіодів:

– для парного значення N буде становити $T_{1,2} = \frac{T_c n}{2}$,

– для непарного значення N буде становитиме $T_{1out} = \frac{N+1}{2} T_c$, $T_{0out} = \frac{N-1}{2} T_c$.

При подачі на лічильник нового вихідного значення N, не вплине на поточний період. При ньому, зміниться лише наступний період вихідного сигналу. В даному режимі N не може бути рівним 0, 1 та 3. У випадку, коли під час рахунку на вхід E надійде сигнал логічний 0 – лічильник зупиняється. Після відновлення на вході E сигналу логічна 1, генерація почнеться повторно з вихідного значення N.

Четвертий режим – строб із програмним запуском. Часова діаграма роботи лічильника ПІТ у четвертому режимі наведена на рисунку 3.9.

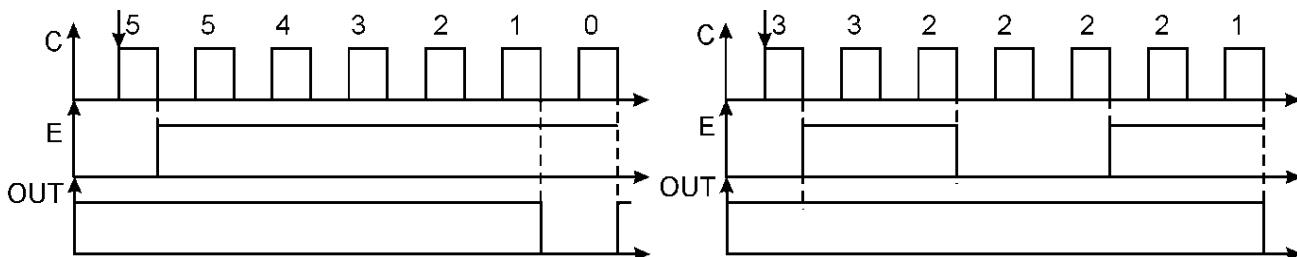


Рисунок 3.9 – Четвертий режим роботи ПІТ

В даному режимі по завершенню рахунку на виході лічильника OUT буде сформований сигнал логічний 0 з тривалістю T_C . Даний режим надає можливість формувати строб із програмно-керованою затримкою на N тактів. При зміні нового вихідного значення лічильника N в процесі рахунку – лічильник буде працювати в режимі аналогічному нульовому. Якщо під час рахунку на вхід E надійде сигнал логічного 0, рахунок буде зупинений. Після відновлення на вхід E сигналу логічна 1, рахунок буде відновлений із значення, на якому він був зупинений.

П'ятий режим – строб з апаратним запуском. Часова діаграма роботи лічильника ПКІТ у п'ятому режимі наведена на рисунку 3.10.

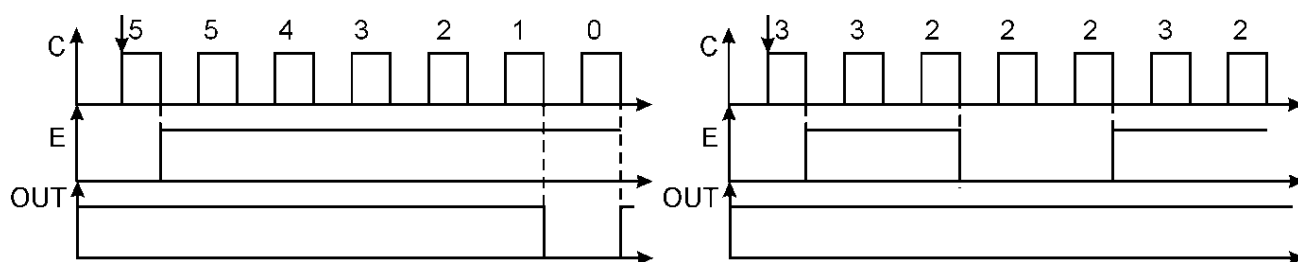


Рисунок 3.10 – П'ятий режим роботи ПКІТ

Принцип роботи лічильника в цьому режимі аналогічний роботі лічильника в четвертому режимі, окрім відмінності при надходженні під час рахунку сигналу логічного 0 на вхід E. В цьому випадку рахунок припиняється, а після поновлення на вході E сигналу логічна 1, рахунок починається спочатку з вихідного значення N . Коли під час рахунку завантажується нове вихідне значення N , поточний цикл виконується без змін. При цьому, нове значення N буде актуальним тільки для наступного циклу лічильника.

3.2. Мікроконтролер PIC18F4520

Мікроконтролер (МК) PIC18F4520 належить до 28/40-контактних високошвидкісних RISC-мікроконтролерів з FLASH-пам'яттю та 10-розрядним

АЦП. Основні характеристики мікроконтролерів сімейства PIC18FXXX наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні характеристики мікроконтролерів PIC18FXXX

Пристрій	Пам'ять програм		Пам'ять даних (байт)	EEPROM пам'ять даних (байт)
	Flash (байт)	Команд		
PIC18F242	16 к	8192	768	256
PIC18F252	32 к	16384	1536	256
PIC18F442	16 к	8192	768	256
PIC18F252	32 к	16384	1536	256

Перелік основних блоків мікроконтролера PIC18F4520:

- МК має оптимізовану архітектуру та систему команд для написання програм на мові C;
- система команд сумісна з командами МК сімейств PIC16C, PIC17C та PIC18C;
- лінійний адресний простір пам'яті програм 32 кбайт;
- лінійний адресний простір пам'яті даних 1,5 кбайт;
- швидкодія до 10MIPS:
 - тактова частота від DC до 4 МГц;
 - тактова частота у режимі PLL від 4 МГц до 10 МГц;
- 16-розрядні команди, 8-розрядні дані;
- МК має систему пріоритетів переривань;
- апаратне множення 8 x 8 здійснюється за один машинний цикл.

Характеристики периферійних модулів:

- висока здатність навантаження портів введення/виводу;
- три входи зовнішніх переривань;
- модуль TMR0: 8/16-розрядний таймер/лічильник із програмованим 8-розрядним дільником;
- модуль TMR1: 16-розрядний таймер/лічильник;

- модуль TMR2: 8-розрядний таймер/лічильник з 8-розрядним регістром періоду (основний для ШІМ);
- модуль TMR3: 16-розрядний таймер/лічильник;
- вторинний генератор тактового сигналу на основі TMR1/TMR3;
- два модулі ССР;
 - виходи модуля ССР можуть працювати як:
 - 16-розрядне захоплення, максимальна роздільна здатність 6.25 нс (ТСУ/16);
 - 16-розрядне порівняння, максимальна роздільна здатність 100 нс (ТСУ);
 - ШІМ, розрядність від 1 до 10 біт, максимальна частота ШІМ 156 кГц @ 8 біт; 39кГц@10 біт;
- модуль провідного послідовного синхронного порту (MSSP):
 - 3-х контактний інтерфейс SPITM (підтримує 4 режими);
 - I2CTM (основний та допоміжний режим);
- адресний модуль USART, підтримка інтерфейсу RS-485 і RS-232;
- модуль PSP, додатковий паралельний порт.

Аналогові периферійні модулі:

- модуль 10-розрядного АЦП:
 - висока швидкість перетворення;
 - робота модуля АЦП у SLEEP режимі мікроконтролера;
 - $DNL = \pm 1Lsb$, $INL = \pm 1Lsb$;
- програмований детектор зниженої напруги (PLVD):
 - при виявленні зниження напруги можлива генерація переривань;
- програмоване скидання при зниженні напруги живлення.

Особливості мікроконтролера:

- 100 000 гарантованих циклів стирання/запис пам'яті програм;
- 1 000 000 гарантованих циклів стирання/запис EEPROM пам'яті даних;

- можливість самопрограмування;
- скидання живлення (POR), таймер живлення (PWRT), таймер запуску генератора (OST);
- сторожовий таймер WDT з окремим RC генератором;
- Програмований захист коду програми;
- режим зниженого енергоспоживання та режим SLEEP;
- вибір режиму роботи тактового генератора, включаючи:
 - 4 x PLL (від основного генератора);
 - Додатковий генератор (32кГц);
- внутрішньосхемне програмування по двоканальній лінії (ICSP) з однією напругою живлення 5 В;
- внутрішньосхемне налагодження по двоканальній лінії (ICD).

На рисунку 3.11 наведено умовне графічне позначення мікроконтролера PIC18F4520 в корпусі DIP з розташуванням контактів.

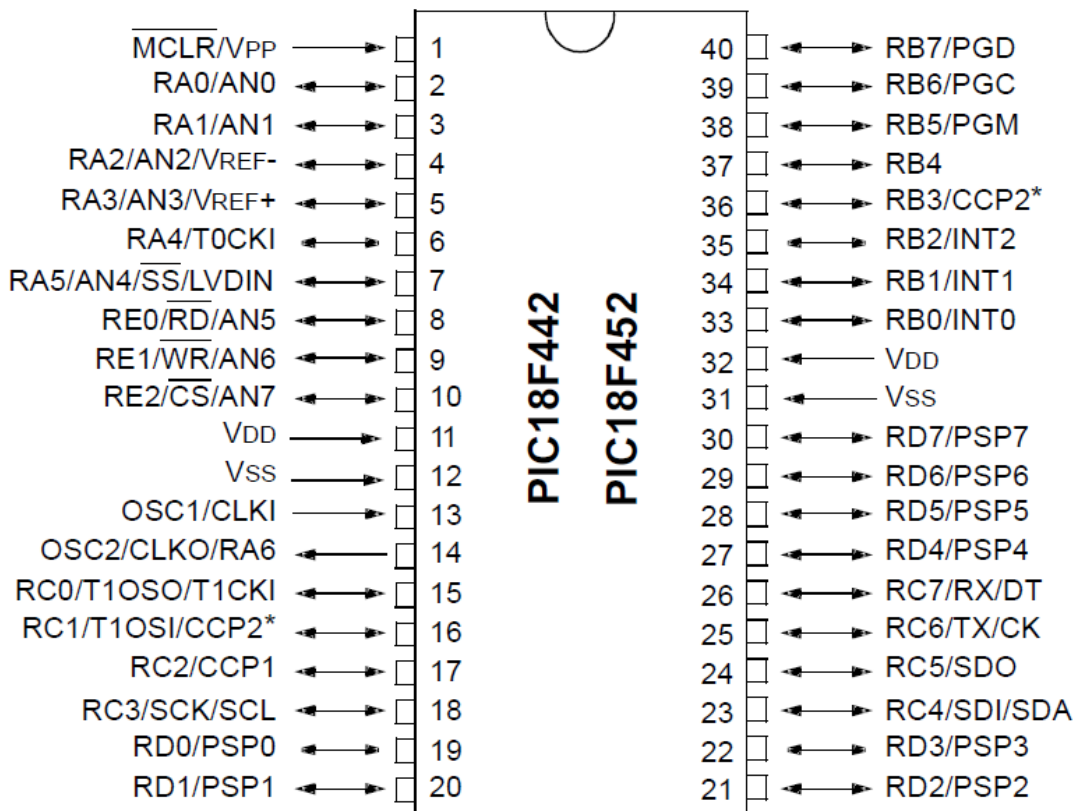


Рисунок 3.11 – Умовне графічне позначення мікроконтролера PIC18F4520 в корпусі DIP

КМОП технологія:

- високошвидкісна енергозберігаюча КМОП технологія;
- повністю статична архітектура;
- широкий діапазон напруги живлення (від 2,0 В до 5,5 В);
- промисловий та розширений температурні діапазони.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання даного дипломного проекту були розроблені апаратна та програмна частини автоматизованого вимірювального комплексу для перевірки параметрів електромагнітних реле залізничної автоматики. Апаратна частина включає в себе розробку структурної схеми стенда і принципівих схем блоку інтерфейсу, блоку програмно-керованого джерела живлення, блоку вимірювання часових параметрів реле і блоку вимірювання механічних параметрів реле.

Розроблено програмне забезпечення вимірювального комплексу, що дозволяє вимірювати такі параметри реле: напругу вмикання (при прямій та зворотній полярності), напругу вимикання, опір обмоток реле та перехідний опір контактів реле, час вмикання, час вимикання, час перельоту контактів. Також комплекс дозволяє визначати наступні неполадки: невідповідність вимірюваних значень нормативним, визначення залипання якоря, зварювання контактів, відсутність замкнених контактів.

Впровадження автоматизованого вимірювального комплексу для перевірки параметрів електромагнітних реле дозволяє:

- значно скоротити час (в 5-6 разів) на перевірку та ремонт одного реле у порівнянні з тим, якщо застосовується уніфікований стенд Ленінградського електромеханічного заводу;
- збільшити точність вимірювань параметрів;
- збільшити продуктивність праці за рахунок виключення трудомістких і одноманітних ручних операцій;
- підвищити надійність і довговічність експлуатованих реле, а, означає, і збільшити безпеку руху потягів;
- зменшити вагові та габаритні показники автоматизованого вимірювального комплексу.

В результаті розробки автоматизованого вимірювального комплексу були розглянуті такі питання з охорони праці: шкідливі та небезпечні виробничі фактори при роботі за персональним комп'ютером, організаційні та технічні

заходи щодо уникнення цих небезпечних виробничих факторів, правила безпечного виконання робіт оператора АВК для перевірки параметрів реле та вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сороко, В. И. Реле залізничної автоматики та телемеханіки [Текст]: Довідник / В.И. Сороко – М.: НПФ «ПЛАНЕТА», 2002 – 696 с.
2. Шило, В. Л. Популярні цифрові мікросхеми [Текст]: Довідник / В.Л. Шило. - М.: Радіо й зв'язок, 1987. - 352 с.
3. Якубовський, С. В. Цифрові й аналогові мікросхеми [Текст]: Довідник / С.В. Якубовський. – М.: Радіо й зв'язок, 1990. - 496 с.
4. Шмирев, А. Г. Довідник по залізничної автоматики й телемеханіки [Текст]: Довідник / А.Г. Шмирев. - М.:Транспорт, 1970 р. – 384 с.
5. Яценков, В.С. Мікроконтролери Microchip з апаратною підтримкою USB [Текст]: Довідник / В.С. Яценков. – М.: Горьча лінія – Телеком, 2008.-40 с.
6. Телець, В.А. Мікросхеми ЦАП й АЦП [Текст] / В.А. Телець, Б.Г. Федорков. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 320 с.
7. Каган, Б. М. Основи проектування мікропроцесорних пристроїв автоматики [Текст] / Б.М. Каган ,В.В. Сташин - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 304 с.
8. Безруков, В. В. Основи програмування в Delphi [Текст] / В.В. Безруков, В.И. Профатилев –М.:Дніпропетровськ ДИИТ. 2001. - 258 с.
9. Сороко, В. И. Апаратура залізничної автоматики й телемеханіки [Текст]: Довідник. В 2-х томах. - 2-і изд., перераб і доп./ В.И. Сороко, Б.А.Разумовський. - М.: Транспорт, 1981. - 352 с.
- 10.Сапожніков, В. В. Теоретичні основи залізничної автоматики і телемеханіки [Текст]: Підручник для вузів / Под ред. В. В. Сапожнікова. В.В. Сапожніков , Ю.А. Кравцов, В.В. Сапожніков - М.: Транспорт, 1995. 320с.
- 11.Іванов, В. И. Напівпровідникові оптоелектронні прилади [Текст] /В.И. Іванов, А.И. Аксьонов, А.М. Ношин. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 448 с.
- 12.Гуляєв, С. Э. Розробка пристроїв сполучення для персонального комп'ютера типу IBM PC [Текст] / С. Э. Гуляєв, О.А. Калашников , Ю.В. Новиков. - М.: Економ, 1997. - 224 с.

13. Теоретичні основи залізничної автоматики й телемеханіки [Текст] / за редакцією А. С. Переборова. - 3-і изд., перераб. і доп. - М.: Транспорт, 1984.- 384 с.