

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

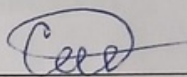
Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

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

за освітньою програмою «Системи керування рухом поїздів»
зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»

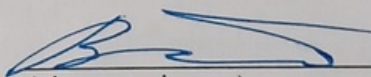
Виконав: студент групи СК1911



(підпис студента)

Кирило САВІН

Керівник: доцент кафедри АТ

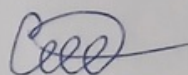


(підпис керівника)

Володимир ПРОФАТИЛОВ

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень
з праць інших авторів без відповідних поси-
лань.

Студент



(підпис студента)

Дніпро – 2023 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

bachelor

(higher education degree)

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

according to educational curriculum « Train movement control systems»
in the Specialty: 273 Railway transport

Done by the student of the group CK1911

Kyrylo SAVIN

Scientific Supervisor: associate professor

Volodymyr PROFATYLOV

Dnipro – 2023

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет:	Комп'ютерних технологій і систем
Кафедра:	Автоматика та телекомунікації
Рівень вищої освіти:	Перший (Бакалаврський)
Освітня програма:	Системи керування рухом поїздів
Спеціальність:	273. Залізничний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТ

Володимир ГАВРИЛЮК

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

« _____ » _____ 202__ р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу бакалавра

(ступінь вищої освіти)

студенту Савіну Кирилу Васильовичу

(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)

затверджені наказом від "25" жовтня 2022 р. № 1093ст

2. Строк подання студентом роботи: 19.06.2023 р.

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

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

4.1 Аналітична частина: виконати аналіз технології перевірки електромагнітних реле залізничної автоматики

4.2 Основна частина: розробка автоматизованого вимірювального комплексу для перевірки параметрів реле

5. Перелік графічного матеріалу:

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технології перевірки електромагнітних реле залізничної автоматики		
2	Автоматизація вимірювання електричних параметрів залізничної автоматики		
3	Автоматизація вимірювання часових параметрів реле залізничної автоматики		
5	Оформлення кваліфікаційної роботи		
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри		
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії		

Студент

(підпис)

Кирило САВІН

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ПРОФАТИЛОВ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Реферат

Відомості про об'єм пояснювальної записки: 39 сторінок, 1 таблиця, 14 рисунків, 10 джерела літератури.

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

Об'єкт проектування: технологія перевірки механічних параметрів реле залізничної автоматики.

Мета бакалаврської роботи: розробити автоматизований вимірювальний комплекс для перевірки механічних параметрів реле залізничної автоматики.

В першому розділі відбувся аналіз методів перевірки електромагнітних реле залізничної автоматики, розглянули вимоги до реле першого класу надійності та розглянуто класифікацію електромагнітних реле. Виявлено та перераховано недоліки перевірки реле залізничної автоматики

У другому розділі дипломної роботи розглянуте питання техніко-економічного обґрунтування впровадження вимірювального комплексу для перевірки параметрів реле залізничної автоматики, розроблений блок програмно – керуваного джерела живлення, розглянуто переваги та недоліки кожного з елементів.

В третьому розділі була розроблена структура блоку вимірювання часових параметрів реле залізничної автоматики. Розглянуто та приведено схеми таймерів типу TMR.

Галузь застосування: системи керування рухом поїздів на залізничному транспорті.

Висновок: розроблений комплекс надає змогу суттєво скоротити час для перевірки та ремонту одного реле, збільшити точність вимірювань параметрів реле, збільшити продуктивність, підвищити безпеку руху потягів, зменшити та вартість обладнання.

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Аналіз технології перевірки електромагнітних реле залізничної автоматики	9
1.1. Класифікація електромагнітних реле залізничної автоматики	
1.2. Вимоги до реле першого класу надійності	11
1.3. Аналіз існуючої технології перевірки електричних і часових параметрів реле залізничної автоматики	13
2. Автоматизація вимірювання електричних параметрів реле залізничної автоматики	17
2.1. Техніко- економічне обґрунтування впровадження вимірювального комплексу для перевірки параметрів реле залізничної автоматики	17
2.2. Блок програмно-керованого джерела живлення	20
3. Автоматизація вимірювання часових параметрів реле Залізничної автоматики	27
3.1 Блок вимірювання часових параметрів реле	27
Висновки	38
Список використаної літератури	39

ВСТУП

В теперішній час, незважаючи на поступову модернізацію станцій та пристроїв залишається більшість станцій оснащених блочно релейно-маршрутною централізацією (БМРЦ), ГАЦ з центральними залежностями та центральним живленням, яка характеризується великою кількістю окремих блоків, які виконані на реле першого класу надійності.

Враховуючи останні події в країні в воєнному плані, економічний стан становиться гірше і гірше отже однією з основних задач є підвищення саме економічного аспекту на залізничному транспорті.

Пропоную наступні методи вирішення даної проблеми:

- Підвищення якості обслуговування пристроїв;
- Зниження використання електроенергії;
- Зменшення людського фактору при діагностуванні реле.

Головною умовою на залізничному транспорті є забезпечення безпеки руху поїздів та збільшення пропускної спроможності залізниці. Саме для цього і є пристрої автоматики телемеханіки та зв'язку. Отже, потрібно правильно та відносно швидко проводити вимір параметрів реле. Саме за цими вимірами можна виявити відхилення та своєчасно прийняти міри по ремонту реле.

Для перевірки реле на залізниці використовують уніфікований випробувальний стенд С1 – СЦБ. Даний стенд потребує покращення в зв'язку як з моральним так і технічним старінням даного стенду. За рахунок великої кількості ручних операцій електромеханіка зменшується ефективність праці.

Підвищення продуктивності праці, а також скорочення ручної праці ремонтного персоналу можливе лише на основі оснащення РТД автоматичними засобами контролю та вимірювання релейних параметрів залізничної автоматики. Такі засоби дозволяють підняти на новий, більш високий рівень якість ремонту і надійність обладнання, знизити навантаження на персонал при використанні на інших робочих місцях, підвищити культуру праці і технологічну дисципліну.

Рішення задачі автоматизації перевірки параметрів реле полягає у використанні новітніх досягнень у галузі мікроелектроніки та мікропроцесорної техні-

ки, які у вигляді автоматизованих і автоматичних систем пронизують усі сфери діяльності людини – від дослідження космосу до повсякденного життя. Збір і обробка інформації, управління та контроль.

Основу автоматичних систем складають інтегральні мікросхеми (ІМС) мікропроцесорних пристроїв, що пояснюється насамперед їх високою надійністю, зниженим енергоспоживанням, підвищеною швидкістю обробки інформації, а також зменшеними масо-габаритними розмірами пристроїв, у яких вони використовуються.

Особливістю використання мікропроцесорних пристроїв на залізничному транспорті є розробка автоматизованого вимірювального комплексу для автоматизованої перевірки параметрів електромагнітних реле першого класу надійності.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВІРКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

1.1. Класифікація електромагнітних реле залізничної автоматики

Реле виступає одним з основних елементів для забезпечення безпеки руху поїздів та забезпечення безпеки пасажирів, що є головною з умов на залізничному транспорті. За допомогою реле відбувається автоматичне керування , контроль та регулювання всіх процесів при русі поїзда.

Реле за принципом дії поділяються на:

- Електричні (індукційні, магнітоелектричні, електродинамічні та електромагнітні.
- Механічні.
- Теплові.
- Пневматичні.
- Гідравлічні.
- Акустичні.
- Оптичні.

Найбільш розповсюдженим типом реле на залізничному транспорті є електромагнітні реле, завдяки своїй простоті конструкції. В залежності від того яким струмом живиться реле його поділяють на реле змінного та реле постійного струму. Реле постійного струму в свою чергу поділяється на нейтральні, поляризовані та комбіновані.

На залізничному транспорті використовуються наступні маркування електромагнітних реле: Н – нейтральне, И – імпульсне, К- комбіноване, П – поляризоване, О – вогневе, Т – трансмітер не, ДС - двохелементне секторне, АН – автоблокувальне нейтральне. На другому місці в шифрі використовують наступні літери: М – малогабаритне. Третя і наступні літери: Ш – штепсельне, В – з ви-

прямляючим елементом, ПТ – повільно діюче з термічним елементом і т. і. Літери які повторюються позначають: П – пускове, М – повільної дії.

Також в назвах реле після літер вказують цифри що означають наступне: 1 – вісім перемикаючих контактів (8 фт); 2 – чотири перемикаючих контакти (4 фт); 3 – два перемикаючих і два замикаючих (2 фт, 2ф); 4 – чотири перемикаючих і чотири замикаючих (4 фт, 4ф); 5 – два перемикаючих і два розмикаючих (2 фт, 2 т).

Наступні літери після тире позначають значення опору в обмотках в омах. Якщо реле має дві обмотки з різними опорами, то цифри стоять у вигляді дробу. Наприклад, нейтральні малогабаритні реле штепсельного типу мають позначки: НМШМ1 – 360, НМШЗ – 550/400.

Конструкція реле НМШ (рис.1.1) складається з наступних частин 1 – корпус, 2 – котушки, 3 – сердечник, 4 – якір, 5 – ручка, 6 – тиловий контакт, 7 – фронтний контакт, 8 – загальний контакт, 9 – ковпак, 10 – ярмо, 11 – направляючий штир, 12 – пружина, 13 – протитовага, 14 – антимагнітний штифр.

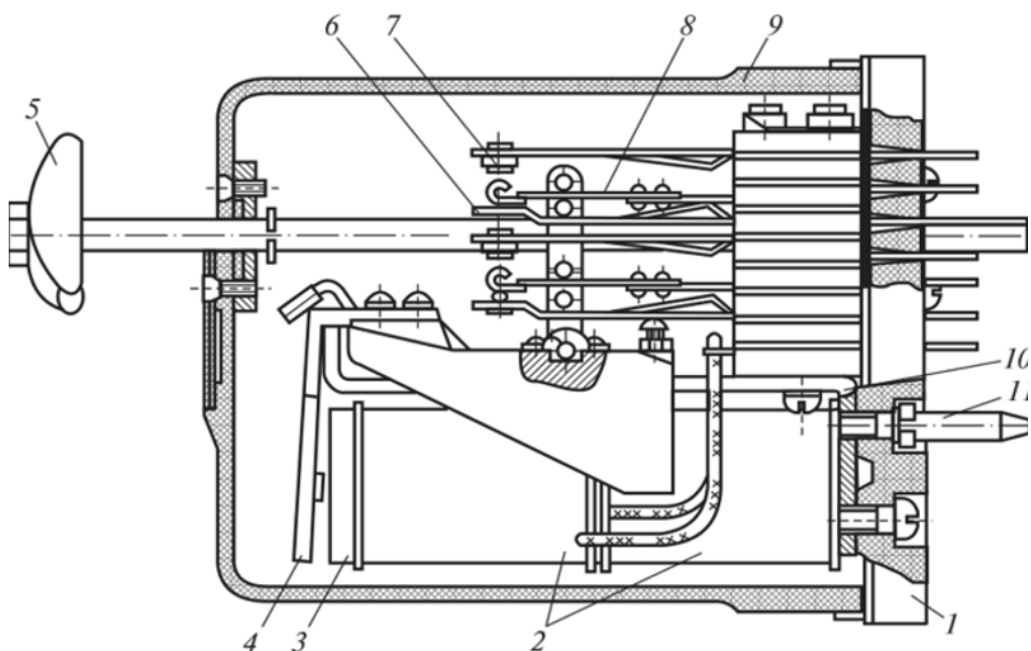


Рис. 1.1. Конструкція реле НМШ

Основні параметри електромагнітних реле:

- струм спрацювання – це мінімальний струм при якому замикаються фронтний та загальний контакт;
- струм відпускання – це максимальний струм при якому замикаються загальний та тиловий контакт;
- робочий струм - струм при якому забезпечується надійне притягання якоря.

За потужністю вмикання реле можна поділити на реле малої потужності (1-3 Вт), середньої (3 – 10 Вт) та потужні (більше 10 Вт).

1.2. Вимоги до реле першого класу надійності

Вимоги до електромагнітних реле першого класу надійності визначаються характеристиками систем залізничної автоматики: забезпечення безпеки руху поїздів; тривалий термін служби (20-30 років); безперервна робота (вдень і вночі) з інтенсивним рухом поїздів; робота в складних кліматичних умовах в різних регіонах країни; будівництво та введення в експлуатацію нових систем, що потребують великої кількості реле.

Це висуває високі вимоги до реле і особливо до реле I класу надійності щодо надійності роботи, забезпечення безпеки та довговічності, низької вартості, стійкості до перепадів температури, ударів та вібрації, хорошої технологічності та ремонтпридатності.

У реле I класу надійності слід з високою ймовірністю гарантувати, що фронтний контакт не буде помилково замкнутий при відключенні обмотки (небезпечна несправність). Небезпечна відмова може призвести до виконання відповідальної команди (наприклад, команди відкрити світлофор або перевести стрілку) без отримання відповідної команди. Реле I класу надійності - це реле з несиметричними відмовами, в яких підвищена надійність проти небезпечних відмов досягається за допомогою спеціальних конструктивних заходів.

До реле І класу надійності пред'являються обов'язкові вимоги, які можна описати як вимоги безпеки: реле повинно відпускати якір під дією сили тяжіння якоря або великого навантаження на якір. Оскільки сила тяжіння ніколи не зникає, розблокування якоря є надійним, і чим більша маса якоря або вантажу, тим надійніше; Ні в якому разі не можна допустити зварювання загального і фронтового контактів. Це досягається за рахунок використання для їх виготовлення незварних матеріалів. Фронтний контакт виготовлений із суміші графіту та срібла, а загальний із срібла.

Якщо хоча б одна з цих двох вимог не виконується, це реле не може бути віднесено до І класу надійності. Для усунення причин небезпечних відмов до реле пред'являються наступні додаткові вимоги:

Магнітна система виготовляється з феромагнітних матеріалів. Зазвичай використовують електротехнічну низьковуглеводну сталь марки 10880.

Встановлюється бронзовий антимагнітний штифт на якорі, що гарантує певний повітряний зазор між якорем та сердечником в моменті коли якір притягнутий. Завдяки цьому зменшується залишковий магнітний потік та виключається магнітне залипання якоря.

Необхідно, щоб реле мало достатньо великі зазори між контактами (1-3 мм), що виключають неправильне замикання контактів через вигин контактних пружин.

Контактні пружини повинні бути виготовлені з матеріалу високої еластичності, що виключає деформацію пружин протягом тривалого терміну служби (в основному використовується фосфориста бронза або нейзильбер).

Зазначені вимоги (важкий та масивний якір, великі зазори між контактами) обумовлюють відносно великі габарити реле І класу надійності в порівнянні з реле зв'язку та промислової автоматики. А це позначається на витраті дефіцитних матеріалів при їх виготовленні (срібло, мідь) і вартості реле.

Реле до яких не висувають вище перерахованих вимог відносять до реле другого та третього класу надійності. Проте і вони знайшли своє місце в системах автоматики телемеханіки та зв'язку але в менш відповідальних колах. В

цих реле допускається повернення пружини в початковий стан під дією пружності та відсутня вимога стосовно зварюваності контактів.

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

Забезпечення надійності релейних систем залізничної автоматики і телемеханіки сьогодні вирішується за допомогою ретельного технологічного контролю електричних, часових та механічних параметрів електромагнітних реле в РТД сигналізації і зв'язку. При цьому вирішення цього завдання поки що здійснюється без використання комп'ютерних технологій та без використання сучасної комп'ютерної техніки. Залишається потреба у розбиранні блоку та ручному вимірюванні параметрів реле із залученням великої кількості кваліфікованих спеціалістів. У завдання сучасної техніки діагностики та профілактичного ремонту пристроїв має входити перевірка комп'ютерного контролю електричних і часових параметрів електромагнітних реле, а також оптимізація часу між ремонтами.

Вимірювання електричних параметрів реле проводиться на універсальному випробувальному стенді типу СИ-СЦБ. При вимірюванні електричних параметрів реле використовується стрілочний прилад електровимірювання Ц4312 електромагнітної системи. Клас точності цього приладу наступний: 1,5 по змінному струму і 1,0 по постійному струму. Межі шкали вимірювань попадань вимірюваної величини : від 0 до 6 А, 0-250 В, як для постійного, так і для змінного струму. Як відомо, прилади електромагнітної системи володіють поряд недоліків, основними з яких : низький клас точності, низька чутливість, нерівномірність шкали, особливо по змінному струму, обмеженість нижньої межі вимірювань. Перехідний опір контактів визначають вольт-амперним методом, за допомогою 4-х провідній схемі. На обмотку реле подається струм, рівний струму спрацьовування реле. Через замкнутий контакт пропускають струм, рівний 0,5

А. До контакту підключають амперметр і вольтметр, фіксують значення, і за законом Ома обчислюють опір фронтних контактів. Тилові контакти міряють таким же чином, без подачі струму на обмотку реле. Проте прилади електромагнітної системи мають ряд недоліків серед яких: низька чутливість та клас точності; при вимірюванні змінного струму нерівномірність шкали, обмеженість нижньої межі вимірювань.

Перевірку опору обмоток постійному струму проводять будь-яким методом з погрішністю вимірювань не більше $\pm 1\%$. Відхилення дійсного значення опору обмоток реле по постійному струму від номінальних значень не повинне перевищувати $\pm 5\%$ для реле типів НМШМ 2-1,7; НММ 2-1,7; НМШ 4-3,4; і $\pm 10\%$ для всієї решти реле. Граничне відношення значень номінальної напруги або струму для реле всіх типів допускаються $\pm 10\%$.

Опір до 1 Ома можна зміряти амперметром і мілівольтметром, включеним по схемі показаної на рис 1.2. Щоб погрішність вимірювань із-за внесення опору проводів була можливо меншою, слідує зміряний опір, включений струмовими затисками в коло, а мілівольтметр приєднати до потенційних затисків. Величину зміненого опору визначають по формулі . По описаній схемі результатом можна вважати опір $R_x > 1 \cdot 10^{-3}$ Ом.

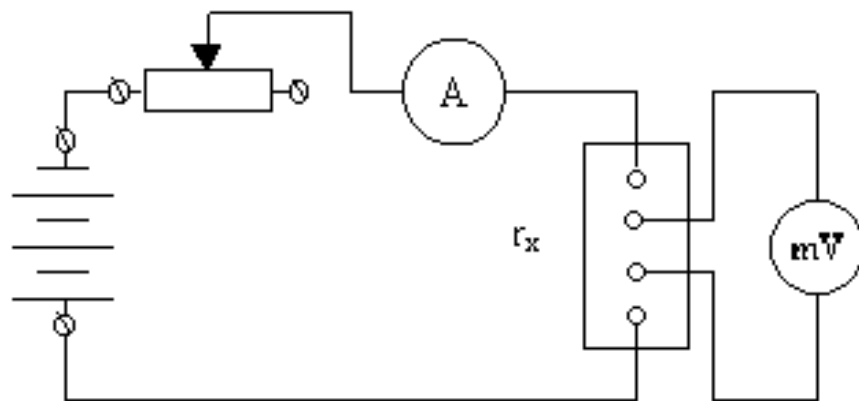


Рис. 1.2. Схема вимірювання опору до 1 Ома

Опір ізоляції конструкції реле повинен відповідати наступним вимогам: ізоляція реле повинна витримувати випробувальну напругу 2000 В змінного струму з частотою 50 Гц, що прикладається між усіма частинами реле під напругою

протягом однієї хвилини без пробою. Випробування електричної ізоляції проводять шляхом прикладання випробувальної напруги (випробувальний пристрій потужністю не менше 0,5 кВ А, який забезпечує майже синусоїдальний профіль напруги з частотою 50 Гц протягом однієї хвилини ± 5 с. Випробувальну напругу поступово збільшують. Похибка вимірювання випробувальної напруги не повинна перевищувати $\pm 5\%$. Опір ізоляції між суміжними електрично не з'єднаними частинами реле і між магнітопроводом реле повинен бути не менше 200 МОм при відносній вологості повітря до 90% і температурі $+20$ °С. При температурі $+40$ °С і відносній вологості повітря 70% опір ізоляції не повинен бути менше 50 МОм. В випадку, коли напруга 500 В, вимірювання опору ізоляції проводять будь-яким методом.

Після аналізу діючих способів перевірки реле були виявлені наступні недоліки:

- низька точність і висока суб'єктивність вимірювань, зумовлені ручним керуванням виконуючими приладами, недоліками стрілочних вимірювальних засобів для оцінки, а також невідповідністю допусків на відхилення вимірюваної величини та класом точності вимірювального приладу;
- низька працездатність через невисоку швидкість вимірювань параметрів реле і обробки результатів вимірювань. Наприклад, електромеханік повинен мінімум шість раз виконати вимірювання електричних параметрів даного реле;
- більшість вимірювання проводяться в аналоговій формі, що ускладнює та збільшує час отримання показань;
- для перевірки електричних і часових параметрів реле використовуються застарілі стенди значних габаритів і маси;
- неможливість визначення механічних параметрів реле без відкриття корпусу;
- ряд параметрів, стандартизованих в ТУ і ЕТВ для реле першого класу надійності, взагалі не вимірюються, а інша частина оцінюється лише візуально.

Отже, з наведених вище недоліків можна зауважити що основними причинами недосконалості існуючих методів вимірювання параметрів реле на РТД є відсутність спеціальних стендів і велика кількість ручних операцій.

Для усунення цих недоліків необхідно обладнати РТД автоматизованими стендами для вимірювання параметрів і характеристик реле. Автоматизація технології вимірювання параметрів реле дозволяє:

- зменшити час перевірки параметрів реле;
- підвищити точність, достовірності та об'єктивність вимірюваних параметрів реле;
- підвищити продуктивності праці за рахунок виключення трудомісткої і монотонної ручної роботи;
- зменшити вагу і габарити стендів і зменшити енерговитрати;
- підвищити ергономічні показники стенду та покращити умови роботи електромеханіків на РТД;
- автоматизувати процес ведення технічної документації на реле, що дозволяє контролювати процес зміни параметрів реле, а також оцінювати надійність і оптимізувати процеси діагностики та ремонту реле. Така статистика дасть змогу організувати науково обґрунтований технологічний процес обслуговування засобів автоматизації на залізничному транспорті;
- суттєво підвищити надійність і термін служби працюючих реле, підвищивши тим самим безпеку руху поїздів і знизивши експлуатаційні витрати на обслуговування засобів автоматики.

2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

2.1. Техніко-економічного обґрунтування впровадження вимірювального комплексу для перевірки параметрів реле залізничної автоматики

В залізничній автоматичній для забезпечення технічних умов, контролю даних параметрів та характеристик реле, прогнозування щодо способу розширення у напрямку документальної реєстрації параметрів та їх довгострокового збереження використовують АВК – автоматизований вимірювальний комплекс для перевірки параметрів реле.

Як і для будь яких пристроїв контролю до АВК висувають наступні вимоги для його коректної роботи:

1. Перевірка реле повинна включати наступні операції:

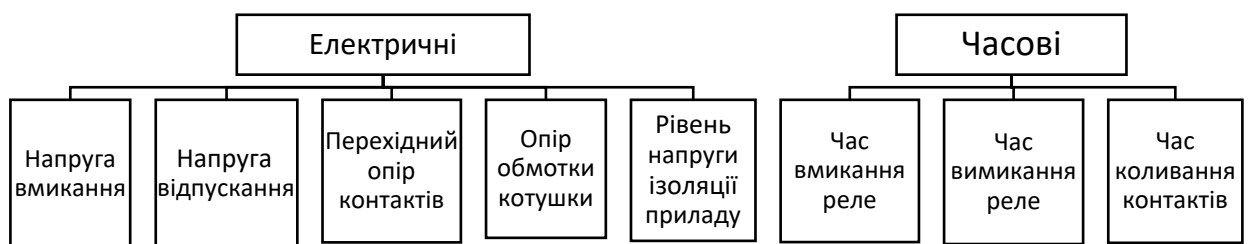


Рис. 2.1. Характеристики для перевірки реле

2. Перевірку всієї програми проводити в автоматичному режимі з видачею остаточного результату про придатність або невідповідність реле технічним умовам та сигналізацією при відхиленні параметрів від норми.
3. Вимірювання механічних властивостей має відхилятися від норми з похибкою не більше 1,5% та не більше 0,5 % при електричних.
4. Автоматизований вимірювальний комплекс повинен бути таких розмірів щоб можна було зручно проводити вимірювання та обслуговування даного комплексу.

5. В АВК повинні використовуватися прилади з класом точності не менше 0,5, а розроблені схеми не повинні поступатися за класом точності вимогам щодо перевірки апаратури.
6. В режимі автоматичної повірки слід проводити вимірювання електричних і механічних властивостей з визначенням абсолютних кількісних значень параметрів, а також з контролем відхилення параметрів від граничних значень.
7. АВК забезпечує зв'язок з персональним комп'ютером (ПК) IBM PC для запису та збереження значень стосовно проведених вимірів та значень.
8. Перевірена продукція, яка використовується в АВК, повинна відповідати ГОСТам і стандартам.

Вузли АВК повинні бути захищені від впливу електромагнітних електричних полів, створюваних джерелом живлення та лініями електропередач. Призначений для роботи в опалювальному середовищі з перепадом температур від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+55^{\circ}\text{C}$ і відповідною вологістю не більше 80% при температурі $+25^{\circ}\text{C}$.

Розглянемо недоліки вимірюваного стенду для випробовування реле:

- Витрата багато часу на перевірку одного реле, що зумовлена великою кількістю ручних операцій
- Велика кількість різноманітних типів реле, що ускладнює та збільшує час технологічної перевірки реле та ймовірність помилки в діях ШН.
- Нестабільність джерела живлення.

ШН вимірює електричні та часові параметри реле тестером і секундоміром, що вносить велику похибку в вимірювання і підвищує ймовірність помилкових показань.

Через причини, перераховані вище, може статися, що несправність не буде усунена, і несправне реле стане справним до подальшого впровадження.

У розробленому АВК для перевірки реле відсутні більшість недоліків що перераховані вище а саме:

- Кількість ручних операцій практично зведена до мінімуму. Досить працівнику включити тестове реле в розетку і за допомогою досить простої програми на ПК в автоматичному режимі всі параметри реле перевіряться;
- Завдяки високій швидкості роботи мікропроцесора, що використовуються в автоматизованому вимірювальному комплексі, зменшується час перевірки реле та збільшує якість проведених операцій якості. При виявленні несправності або невідповідності параметрів реле їх стан відображається на моніторі в зручному для ІІН вигляді;
- Висновок про справність або несправність перевіреного реле робить сам АВК, що значно підвищує ймовірність придатності несправного реле до експлуатації.
- Автоматизований вимірювальний комплекс можна під'єднати через паралельний порт вводу-виводу до комп'ютера, який має відповідний паралельний порт вводу-виводу для запуску АВК на новій МП-системі.
- Можливість підключення АЦП до АВК для кращого вимірювання електричних параметрів тестованого реле.
- АВК - складний електротехнічний пристрій. Для пошуку несправностей в самому стенді використовується режим самотестування, а також режим «тест», який дозволяє перевірити всі вузли АВК.

Отже, по вище сказаному можна зробити наступні висновки, що розроблений АВК зможе підвищити якість ремонту, продуктивність ІІН та зменшити час на перевірку параметрів реле.

На стенді АВК можна проводити виміри всіх необхідних параметрів які були вказані в табл.1.

Також стенд дозволяє знаходити наступні несправності:

- невідповідність виміряних значень нормам;
- визначення залипання якоря;
- зварювання контактів;
- відсутність замкнутих контактів.

2.2. Блок програмно-керованого джерела живлення

В АВК для виконання планів щодо вимірювання напруги спрацювання та напруги відпадання нейтральних реле, використовують блок програмно керованого джерел живлення. Розглянемо структурну схему блоку, яка приведена на рис. 2.2.

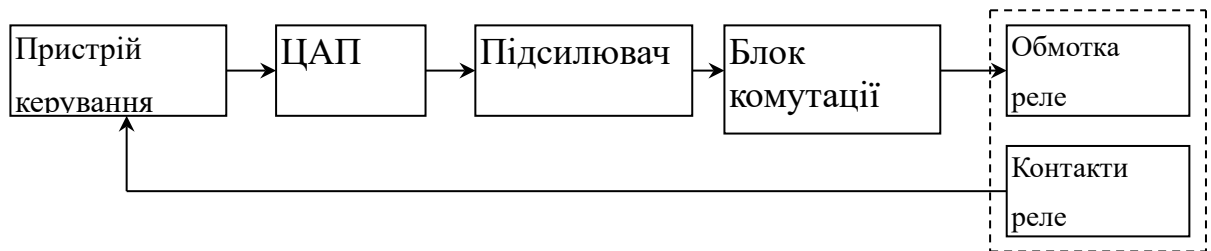


Рис. 2.2. Структурна схема блоку програмно-керованого джерела живлення

На обмотку реле подається певний сигнал, в нашому випадку напруга або струм, яка змінюється за певним алгоритмом, реалізованим блоком управління. Одночасно контролюється стан контактів реле. При замиканні відповідних контактів зміна напруги на обмотці реле припиняється і фіксується його значення, яке використовується як бажаний параметр напруги включення або відключення. На відміну від інверсного лічильника або генератора лінійно змінної напруги, які дозволяли реалізувати лише прості лінійні алгоритми, використання цифроаналогового перетворювача (ЦАП) у цьому блоці дозволяє реалізувати будь-який алгоритм керування напругою та уникнути витрат часу при вимірюванні робочих напруг і несправностей реле.

В нашому блоці використовується ЦАП К572ПА1. Даний цифро-аналоговий перетворювач призначений для перетворення 10-розрядного паралельного двійкового коду в аналоговий струм.

До складу К572ПА1 входить полікрімнієва матриця типу R-2R, підсилювачі-інвертори(ПІ) для управління струмовими ключами, струмові двохпозиційні ключі виконані на КМОП- транзисторах.

Динамічні властивості K572ПА1 характеризуються часом, необхідним для формування вихідного струму, коли СЗР увімкнено, а всі інші розряди одночасно вимкнено, тобто під час так званого основного переходу. При цьому спостерігається найдовший і найскладніший перехідний процес зі значними викидами.

При використанні АЦП K572ПА1 необхідно враховувати ряд специфічних властивостей, пов'язаних з характеристиками технології КМОП. Струм, який споживає ЦАП від джерела струму, залежить від рівня цифрових сигналів на вході. Для деяких значень сигналу між рівнями логічного 0 і 1 струм споживання максимальний і може багаторазово перевищувати норму. При роботі з K572ПА1 рекомендується наступна послідовність електричних напруг: загальний вихідний потенціал, напруга живлення, опорна напруга, напруга на цифрових входах. Порядок зняття напруги зворотний. Якщо рівні цифрових сигналів не перевищують 5,5 В, то порядок живлення може бути будь-яким. Опорна напруга на вхід 15 ІС може подаватися в будь-якій полярності та формі.

Основна схема ЦАП K572ПА1 дозволяє реалізувати чотириквadrантне множення і забезпечує функцію уніполярного перетворення двійкового коду в напругу на виході зовнішнього операційного підсилювач. Зв'язок між напругою на виході схеми і двійковим кодом на цифрових входах ЦАП зрозумілий.

Застосування зовнішнього ОП передбачає його правильний підбір з урахуванням точності і швидкісних характеристик перетворювача. Щоб зберегти точність ЦАП, слід використовувати ОП зі зміщенням не більше 5 мВ (0,5 МЗП). Також бажано, щоб час встановлення ОП не перевищував 2...5 мкс.

Застосування КМОП технології має як позитивні так і негативні сторони. До переваг можна віднести відсутність зміщення нуля та струму керування) а до недоліків – великий опір в включеному стані та відносно невисока швидкодія. Проте головною перевагою є те, що вони керуються та можуть комутуватись струмом будь якої полярності.

Також окремо б хотілось виділити переваги ЦАП:

- Точність перетворення сигналу на високому рівні;

- Струм споживання на рівні 2 мА, що є доволі низьким значенням;
- Висока швидкодія.

АЦП К572ПА1 може працювати при напрузі в діапазоні від 5 до 17 В при зміні опорної напруги в межах ± 17 В.

Розглянемо як розраховується напруга на виході програмно-керованого джерела живлення:

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

де h – крок квантування, n – число розрядів ЦАП, a_i – значення i -ого біта коду на цифровому вході ЦАП.

Відповідно до технічних характеристик ЦАП К572ПА1, опорна напруга не може бути більше 15 В, тому максимальний діапазон вихідної напруг встановлюється шляхом зміни значення зовнішнього опору ланцюга зворотного зв'язку.

Для того щоб була мінімальна похибка при перетворенні цифрового коду в аналоговий сигнал потрібно щоб було стабільне значення опорної напруги. Для цього застосовується високо стабільне джерело опорної напруги.

Розглянемо схематично джерело опорної напруги для ЦАП (рис. 2.3).

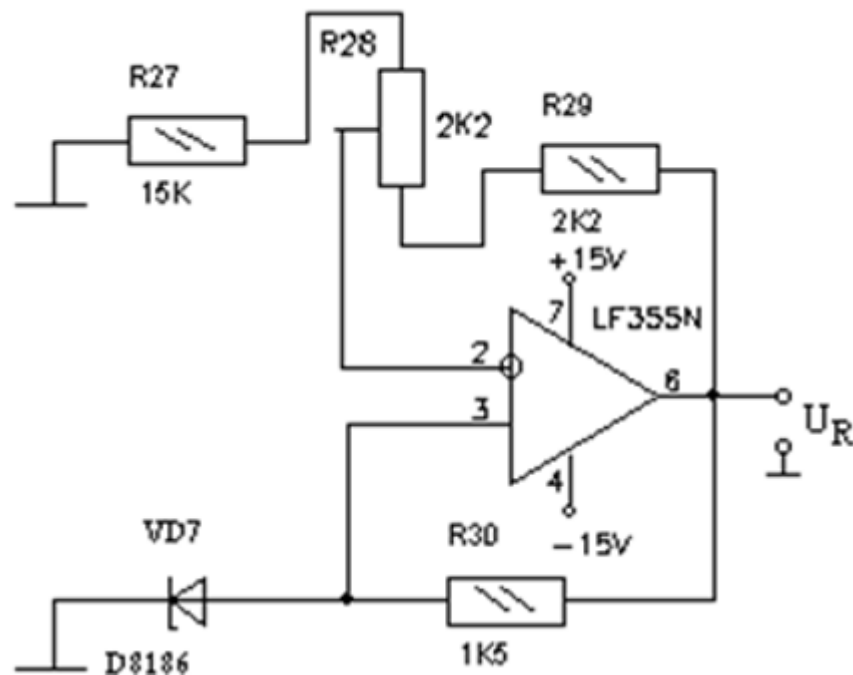


Рис. 2.3. Джерело опорної напруги для ЦАП

На рис. 2.4 приведена залежність вихідної напруги ДОН від напруги живлення.

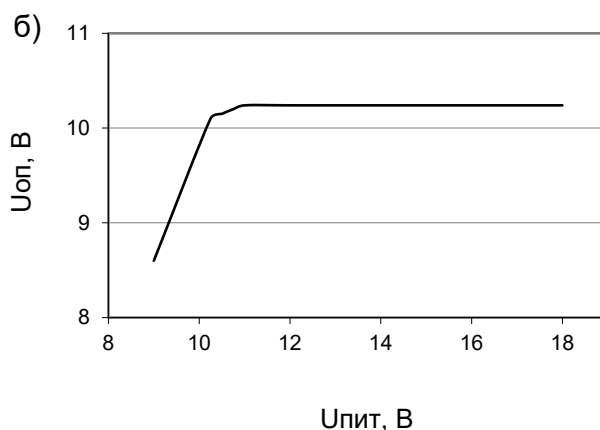


Рис. 2.4. Залежність вихідної напруги ДОН від напруги живлення

Вихідна напруга ДОН на операційному підсилювачі зберігає стабільне значення 10,24 В при коливаннях напруги живлення в діапазоні від 11 до 18 В, причому переки́с позитивної і негативної напруг живлення операційного підсилювача може також досягати до 7 В. Використання даного ДОН забезпечує досить високу точність роботи ЦАП К572ПА1.

Розглянемо блок комутації. Даний блок зібраний на реле типу РЭС – 60 та виконує наступні функції:

- Як видно, на структурній схемі даний блок з'єднує вихід програмно-керованого джерела з обмотками реле, через отвір Х3;
- Відбувається зміна полярності напруги, що на виході на обмотках реле (К2);
- Комутація обмоток реле послідовно або паралельно.

Також, на системній шині присутній сигнал «RELE» який за допомогою програмно-керованого утворюється в той ж час коли відбувається подача напруги на обмотку реле, потрібний для того щоб передати повідомлення в інші блоки автоматизованого вимірювального комплексу про наявність або відсутність напруги на обмотці реле за допомогою двійкового коду, логічної 1 та логі-

чного 0 що відповідно означає знестремлення обмотки реле та подача напруги на обмотку реле.

Окрім, всього вище сказаного, хотілось б зупинитись на двійковому закону розподілу струму. Даний закон буде діяти в випадку коли рівність потенціалів виходів I1 та I2, завдяки підключення до інвертуючого входу ОП виходу I1, що з'єднаний від'ємним зворотнім зв'язком. При цьому здійснюється перетворення струму на виході I1 у пропорційну напругу на виході ОП.

Після чого струм з I1 поступає на перетворювач струму в напругу DA2.

Для шини даних у нас є мікросхеми DD2 та DD3 типу PIC18F2420.

Дані мікросхеми мають певні функції для зменшення споживання електроенергії при їх експлуатації.

- Альтернативи режими роботи: синхронізований контролер із Timer1 можна перемкнути на автоматичний генератор, який контролює джерело живлення під час роботи, та можливість його зменшення на 90%.

- Декілька режимів роботи: контролер також може працювати з вимкненим ядром ЦП, але периферійні пристрої залишаються активними. У цих станах споживання електроенергії може бути ще більше зменшено до 4% від нормальних робочих потреб.

- Перемикання режимів «на льоту»: режими керування живленням викликаються кодом користувача під час роботи, що дозволяє користувачеві включати ідеї енергозбереження в дизайн програмного забезпечення своєї програми.

- Низьке споживання в ключових модулях: вимоги до потужності як для Timer1, так і для Watchdog Timer зведені до мінімуму.

Інші особливості даних мікросхем.

- Витривалість пам'яті: удосконалені флеш-комірки для пам'яті програм і даних EEPROM розраховані на багато тисяч циклів стирання/запису — до 100 000 для пам'яті програм і 1 000 000 для EEPROM. Тривалість зберігання даних без оновлення, за скромними оцінками, становить понад 40 років.

- Самопрограмовані: ці пристрої можуть записувати дані у власну програмовану пам'ять під керуванням внутрішнього програмного забезпечення. Викори-

стовуючи процес завантаження в безпечному блоці завантаження у верхній частині розділу програмування, можна створити програму, яку можна оновлювати в полі.

- Розширений набір інструкцій: Сімейство PIC18F2420 представляє подальше розширення набору інструкцій PIC18, додаючи 8 нових інструкцій та режим індексованої адресації. Увімкнене як параметр конфігурації пристрою, це розширення спеціально розроблено для оптимізації програмного коду повторного виходу, спочатку розробленого на мовах високого рівня, таких як C.

- Розширений модуль CCP: у режимі PWM цей модуль забезпечує 1, 2 або 4 модульованих виходи для керування напівмостовими та повномістовими драйверами. Інші функції включають автоматичне відключення для вимкнення PWM-виходів у разі переривання або інших вибраних умов і автоматичний перезапуск для повторного увімкнення виходів після вирішення проблеми.

- Розширений адресний USART: цей послідовний модуль зв'язку підтримує стандартну роботу RS-232 і забезпечує підтримку протоколу шини LIN. Інші вдосконалення включають автоматичне визначення швидкості передачі даних і 16-бітний генератор швидкості передачі даних для покращеної роздільної здатності. Коли мікроконтролер використовує внутрішній блок генератора, USART забезпечує стабільну роботу для програм, які спілкуються із зовнішнім світом без потреби у зовнішньому кристалі (або пов'язаних з ним вимог до живлення).

- 10-розрядний АЦП: цей модуль включає програмований час збору, який дозволяє вибрати канал і почати перетворення без необхідності чекати періоду вибірки, зменшуючи накладні витрати на код.

- Розширений сторожовий таймер (WDT): Ця розширена версія містить 16-бітний попередній дільник, який забезпечує розширений діапазон затримки, стабільний при робочій напрузі та температурі.

Наведемо певні характеристики PIC18F2420:

- Робоча частота – 40МГц;
- Програмна пам'ять – 16384 байти;
- Пам'ять даних – 768 байт;

- Джерела переривань – 19;
- Порти – А,В,С, (Е).
- Кількість таймерів – 4;
- Модулі захоплення/порівняння/PWM-модулі – 2;
- Послідовний зв'язок - MSSP, Розширений USART.

Мікросхема DD1 підключена так, що вона виступає в ролі підсилювача потужності, і захищає блок інтерфейсу від перевантажень.

Оскільки на реле виникають різні електромеханічні перешкоди, для захисту від ПК цих перешкод, блок інтерфейсу і блок програмно-керованого джерела живлення розділені оптронними парами, що значно зменшує вплив перешкод на ПК.

Блок живлення підключається до отвір Х2 блоку програмно-керованого джерела живлення. На виході блоку живлення є напруги: +60В; +15В; -15В. Нам необхідно ще отримати напругу +5В. Для цього служить мікросхема КР142ЕН5, яка перетворює +15В В у +5В.

3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

3.1. Блок вимірювання часових параметрів реле

Для реалізації алгоритмів вимірювання часу спрацювання реле, часу відпадання якоря реле, та перемикання з фронтового на тиловий контакт та навпаки та інтервалу часу між замиканням першого контакту та розмиканням останнього контакту реле призначений блок вимірювання часових параметрів.

Завдяки даному блоку можна вимірювати часові інтервали від 65 мс до 70 хв при точності від 2 мкс до 65 мс відповідно).

Як видно з схеми керування, в той ж час коли подається сингал на роботу лічильника паралельно з ним подається напруга на обмотку реле. Відбувається підрахунок імпульсів що надходять з ГТІ – генератора тактових імпульсів. Також хотів б відзначити, що в ГТІ присутній кварцовий генератор за рахунок якого відбувається стабілізація для збільшення точності при вимірах часових інтервалів. В залежності від режиму роботи, за допомогою блоку комутації, у нас відбувається підключення в схему необхідних нам контактів реле. В момент коли у нас відбувається перемикання стану контактів, схема зупиняє роботу лічильника а результат зчитується.

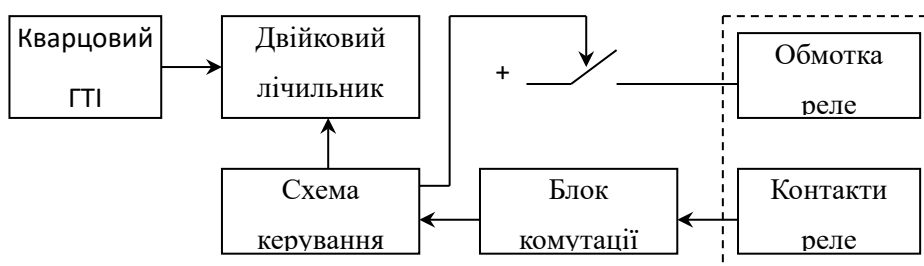


Рис. 3.1. Структурна схема блоку вимірювання часових параметрів реле

За допомогою оптронів до блоку підключається контакти які ми будемо перевіряти, так як у оптронах присутній гальванічний зв'язок відповідно у нас між дослідним реле та автоматизованим вимірювальним комплексом буде галь-

ванічний зв'язок. Після чого інформація про стан контактів поступає на тригер Шмідта, завдяки якому у нас більш круті фронти імпульсів при перемиканні контактів.

В даному блоці також застосовується МК типу PIC18F4520. Дана МК забезпечує контроль логічний стан всіх як фронтових так і тилових контактів. Розглянемо деякі характеристики PIC18F4520:

- Робоча частота – 40МГц;
- Програмна пам'ять – 32768 байти;
- Пам'ять даних – 16384 байти;
- Джерела переривань – 20;
- Порти – А,В,С, D, E.
- Кількість таймерів – 4;
- Модулі захоплення/порівняння/PWM-модулі – 1;
- Послідовний зв'язок - MSSP, Розширений USART.
- Паралельне підключення – приступне.

В даному блоці присутня команда «ZAPROS» за допомогою якої в нас здійснюється вибір режиму для тестування реле а саме вимірювання його часових параметрів. Дана команда надходить через системну шину з блоку інтерфейсу. Через порт D в мікроконтролер записується номер вимірювання та за необхідності число контактів (фронтних та тильних) в реле яке перевіряється. Також хотів б відзначити , що в мікроконтролері присутнє ПЗ що має змогу забезпечити 20 різних режимів вимірювання часових параметрів реле.

При зміні часу спрацьовування та часу розблокування реле сигнал «RELE», що надходить від програмно-керованого джерела живлення, використовується як команда для початку вимірювання. Вказана комбінація контактів реле служить командою для завершення вимірювання. Перемикання контактів відбувається під програмним керуванням в блоці керування в залежності від обраного режиму вимірювання. Програмне перемикання контактів пропонує велику функціональність з мінімальними витратами на обладнання. Наприклад, можна контролювати як замикання, так і розмикання контактів, а також можна встанови-

Рис. 3.3. Структурна схема таймера TMR0 в 16-розрядному режимі

Модуль таймера TMR0 має наступні особливості:

- Вибір програми для режиму роботи - 8-бітний або 16-бітний.
- Значення таймера можна записувати та читати.
- Програмування 8-ми розрядного переддільника.
- Вибір тактового сигналу (зовнішній чи внутрішній)
- Генерація перевідображення від FFh до 00h у 8-бітному режимі, від FFFFh до 0000h в 16-бітному режимі.
- Вибір активного фронту відповідного тактового сигналу

Розглянемо принцип роботи TMR0.

Модуль TMR0 може працювати в режимі таймера або лічильника.

Режим таймера вибирається скиданням біта T0CKI на «0». У режимі таймера TMR0 збільшується на кожному машинному циклі мікроконтролера (коли попередній дільник вимкнено). Після запису в TMR0 приріст лічильника блокується на наступні два цикли. Користувач повинен виправити цю затримку перед записом нового значення в TMR0.

Коли біт T0CS встановлено на «1», TMR0 працює в режимі лічильника з приростом від зовнішнього джерела синхронізації на вході RA4/T0CKI. Активний фронт зовнішнього тактового сигналу вибирається бітом T0SE (коли T0SE=0, передній фронт сигналу активний). Нижче наведено основні вимоги до зовнішнього джерела синхронізації.

При використанні зовнішнього тактового сигналу для TMR0 необхідно враховувати деякі деталі роботи таймера. Активний фронт зовнішнього тактового сигналу синхронізується з внутрішньою тактовою частотою мікроконтролера (FOSC), що створює затримку від моменту отримання активного фронту сигналу до підвищення TMR0.

8-розрядний лічильник може працювати як дільник TMR0, він недоступний для запису і читання. Коефіцієнт ділення попереднього дільника визначається бітами PSA і T0PS2:T0PS0.

Скидання біта PSA на «0» вимикає попередній дільник від таймера TMR0. Коли попередній дільник увімкнено, можна програмно налаштувати його коефіцієнт ділення від 1:2 до 1:256. Якщо попередній дільник активовано до TMR0, усі інструкції, записані до TMR0 (наприклад, CLRF TMR0; MOVWF TMR0; BSF TMR0,x тощо), скидають попередній дільник.

У 8-бітному режимі таймера TMR0 при переповненні регістра TMR0 (перехід від FFh до 00h) встановлюється прапор переривання TMR0IF. У 16-розрядному режимі прапор переривання TMR0IF встановлюється на «1», коли двійковий регістр TMR0H:TMR0L переповнюється (перехід від FFFFh до 0000h). Переривання можна ввімкнути/вимкнути бітом TMR0IE. Біт TMR0IF повинен бути скинутий програмно в обробнику переривання перед тим, як буде заявлено переривання. Переривання від TMR0 не може вивести мікроконтролер з режиму SLEEP, тому що модуль TMR0 вимкнено в режимі SLEEP.

Розглянемо принцип роботи та структурну схему таймера TMR1.

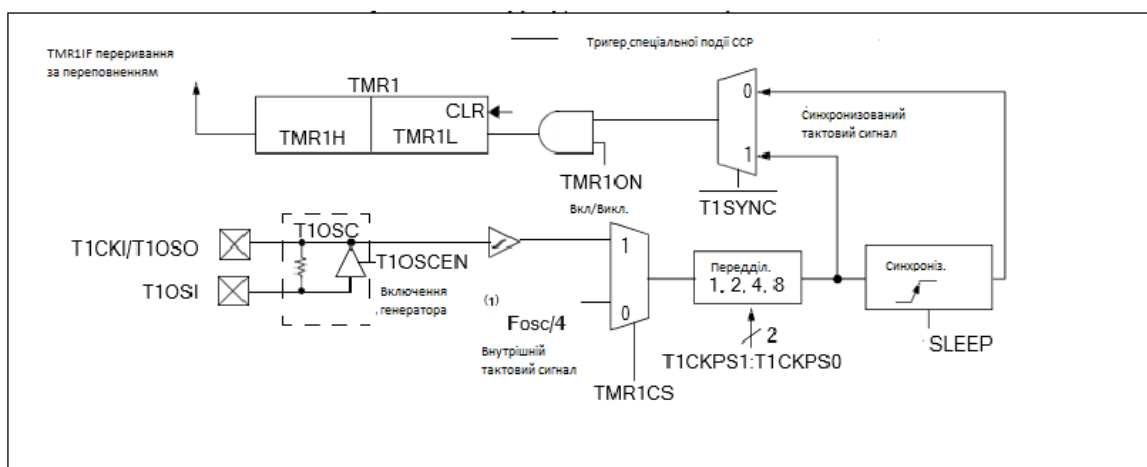


Рис. 3.4. Структурна схема модуля TMR1

Модуль таймера TMR1 може працювати в одному з трьох режимів:

- Таймери
- Синхронний лічильник
- Асинхронний лічильник

Режим роботи визначається бітом вибору джерела сигналу TMR1CS (T1CON<1>).

Коли $TMR1CS=0$, значення таймера $TMR1$ збільшується з кожним машинним циклом (якщо коефіцієнт дільника становить 1:1). Якщо $TMR1CS=1$, збільшення відбувається за кожним наростаючим фронтом зовнішнього тактового сигналу або сигналу осцилятора $TMR1$ (якщо ввімкнено).

Коли годинник увімкнено ($T1OSCEN=1$), контакти $RC1/T1OSI$ та $RC0/T1OSO/T1CKI$ налаштовані як входи. Значення бітів $TRISC<1:0>$ ігнорується, а зчитування даних із цих контактів призводить до «0». Модуль $TMR1$ має внутрішній вхід скидання від CCP модуля.

Стандартний резонатор підключається до з'єднання між $T1OSI$ і $T1OSO$. Генератор включає підключення до $T1OSEN$ ($T1CON<3>$). Максимальна потужність резонатора: 200 кГц. Генератор $TMR1$ працює в сплячому режимі мікроконтролера. Тактовий генератор $TMR1$ створює 32-кіловатний резонатор.

Реєстрацію $TMR1$ ($TMR1H:TMR1L$) перенесено з $0000h$ на $FFFFh$ і перенесено на $0000h$. Переривання $TMR1$, якщо його ввімкнено, використовує, коли $TMR1$ переповнюється шляхом встановлення прапора $TMR1IF$ ($PIR1<0>$). Середовище виконання $TMR1$ може бути підключено до $TMR1IE$ ($PIE1<0>$).

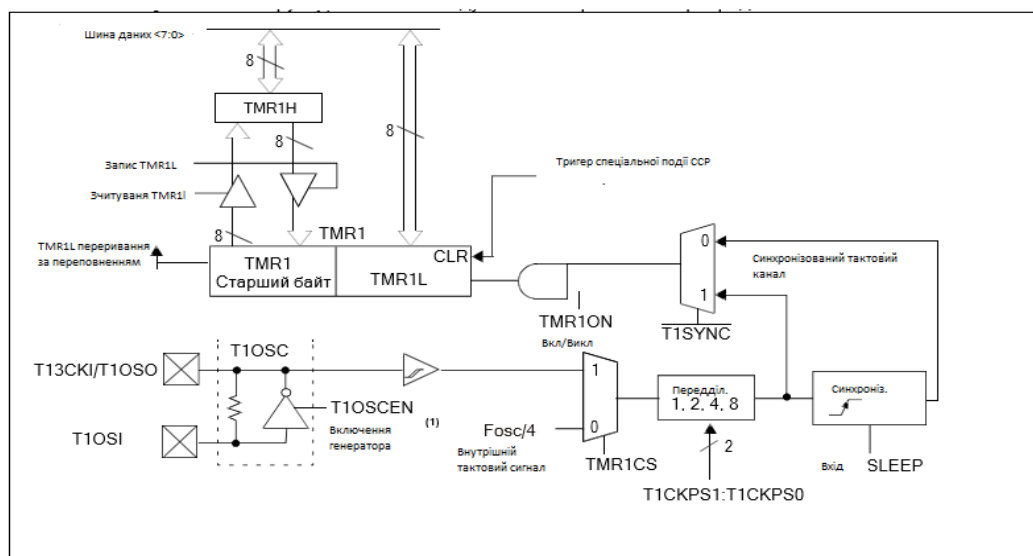


Рис. 3.5. Структурна схема модуля $TMR1$ в режимі 16-розрядного збереження та запису

$TMR1$ можна встановити для робіт у 16-розрядному режимі з режимом збереження та запису. Для $RD16(T1CON<7>)$ встановлено значення «1» і зареє-

стровано в TMR1H у буферній пам'яті. Завдяки цьому дозволяється зчитувати повне 16-розрядне значення без необхідної перевірки. Запис старшого байта виконується завдяки регістру TMR1H. В TMR1 переписується значення з TMR1H. Завдяки цьому забезпечується зразу записувати 16-розрядне значення.

Проте, хотілось б відмітити, що в даному вигляді байт TMR1 не доступний для запису чи зчитування. Дані операції виконуються через буферний регістр TMR1.

Розглянемо принцип роботи та структурну схему таймера TMR2

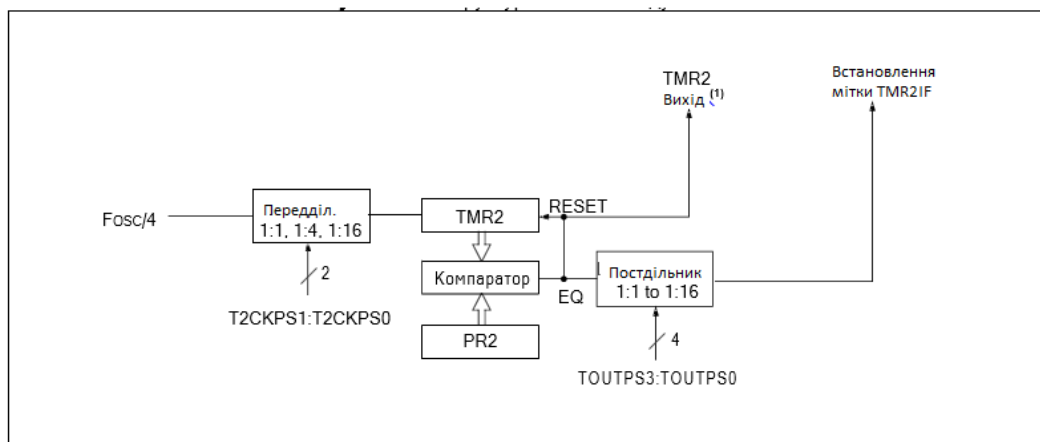


Рис. 3.6 Структурна схема модуля TMR2

Модуль таймера TMR2 має такі функції:

- 8-розрядний таймер (регістр TMR2)
- 8-розрядний регістр періоду (PR2)
- Регістри таймера доступні для запису та читання
- Програмований розподільник (1:1, 1:2, 1:16)
- Програмований вторинний розподільник (1:1 – 1:16)
- Переривання TMR2 для досягнення значення в PR2
- TMR2 можна використовувати для синхронізації модуля SSP

Біти керування таймером TMR2 знаходяться в регістрі T2CON. TMR2 можна вимкнути, скинувши біт TMR2ON(T2CON<2>), щоб зменшити споживання електроенергії. На рис.3.6 показана блок-схема таймера TMR2. Значення коефіцієнтів перед і після дільника можна вибрати через регістри T2CON.

Принцип роботи таймера TMR2. TMR2 може бути опорним таймером для модуля CCP в режимі ШІМ. Регістри TMR2 доступні для запису/читання та очищаються будь-яким типом скидання. Вхідний тактовий сигнал (FOSC/4) надходить через дільник із програмованим коефіцієнтом ділення (1:1, 1:4 або 1:16), визначеним бітами T2CKPS1:T2CKPS0 (T2CON<1:0>). Сигнал переповнення TMR2 передається через 4-бітовий програмований вихід дільника (від 1:1 до 1:16 включно), щоб встановити прапор TMR2IF у регістрі PIR1<1>.

Лічильник переддільника і вихідний дільник скидаються при:

- Запису, пов'язані з реєстрацією TMR2
- Записи реєстру T2CON
- Будь-який тип скидання мікроконтролера (POR, BOR, скидання WDT або активний сигнал MCLR)

Регістр TMR2 не очищається під час запису T2CON.

Модуль TMR3 має наступні функції:

- 16-бітний таймер/зчитувач (з двома 8-бітними регістрами TMR3H, TMR3L)
- Значення таймера можна як записати так і зчитувати.
- Вибір джерела тактового сигналу (зовнішнього або внутрішнього)
- Генерація відбувається в межах від FFFFh до 0000h
- Таймер додаткового сигнального модуля CCP

Блок-схема модуля TMR3 доступна на рис. 3.7.

Керуючий регістр T3CON можливий як для запису так і для зчитування. Даний регістр складається з бітів керування таймера TMR3 та з вибору тактового сигналу для модуля CCP.

Модуль TMR3 може працювати в одному з трьох наведених нижче режимах:

- Таймер;
- Синхронний лічильник;
- Асинхронний лічильник;

Для того щоб вибрати режим роботи присутній біт вибору джерела живлення тактового сигналу TMR3CS (T3CON<1>).

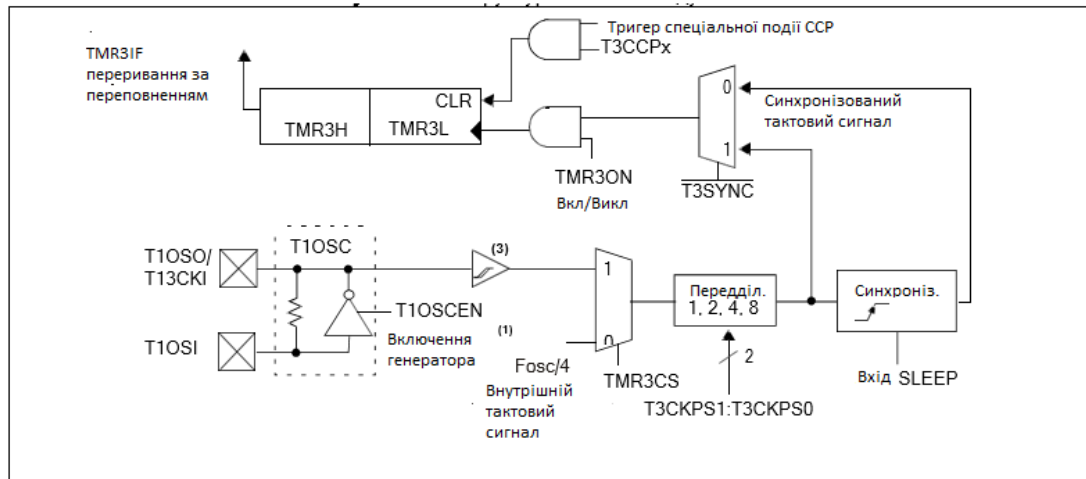


Рис. 3.7. Структурна схема модуля TMR3

Якщо $TMR3CS=0$, цей таймер TMR3 перемикається на один машинний цикл (тривалість тесту 1:1). Коли $TMR3CS=1$, на кожному передньому фронті відбувається збільшення.

Якщо генератор імпульсів працює то ($T1OSCEN=1$), контакти RC1/T1OSI та RC0/T1OSO/T1CKI використовуються як вихід. Біти TRISC <1:0> знехтуються, а зчитування з цих виводів дають сигнал «0».

Модуль TMR3 повністю оснащений модулем CCP.

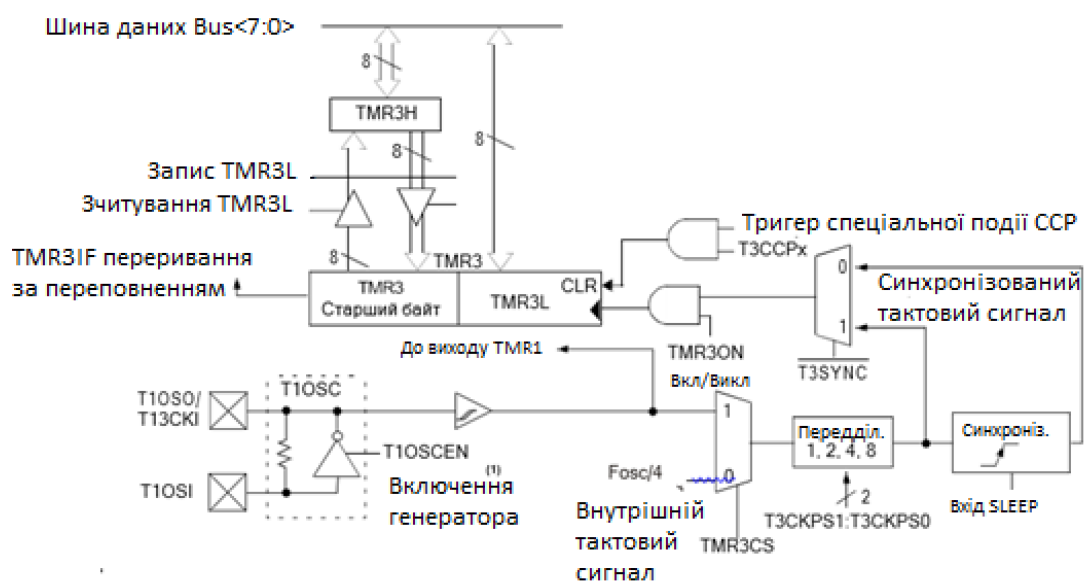


Рис.3.8. Структурна схема модуля TMR3 в режимі 16-розрядного запису та зчитування

До виводів T1OSI та T1OSO підключається кварцевий резонатор. Включення генератора відбувається за допомогою біта T1OSEN. Максимальна частота резонатора 200 КГц.

Розглянемо спосіб вимірювання часових інтервалів. Дане вимірювання проводиться за наступною формулою :

$$T_x = N \cdot t_o \quad (3.1)$$

де, N – кількість імпульсів; T_x - часовий інтервал; t_o - період за який виробляються імпульси.

Можна звернути увагу, що правильність та точність вимірів за допомогою лічильників залежить від стабільності частоти кварцового генератора.

Нижче розглянемо формулу за якою вираховується відносна максимальна похибка при проведенні вимірів інтервалів.

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

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

При необхідності формування правильних часових інтервалів призначений частотометр ЧЗ-34, за допомогою якого можна виробляти сигнали довжиною від 0,1 мкс до 10 с, при тому присутня похибка в районі 7-10%.

Нижче наведемо результати вимірювання часових інтервалів.

Таблиця 3.1 - Визначення похибки вимірювання часових інтервалів

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

Де, T_o – інтервал що виробляється ЧЗ-34, dT – відносна похибка.

Також перерахуємо інші прилади за допомогою яких здійснюється вимірювання часу спрацювання та відпадання якоря реле. Є два варіанти вимірювання – цифровий та механічний. При механічному способі вимірювання відбуваються за допомогою секундоміра ПВ-53Щ, а при цифровому вимірюванні Ф291, з точністю ± 10 мс та ± 1 мс відповідно.

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 принципових схем блоку інтерфейсу, блоку програмно-керованого джерела живлення, блоку вимірювання часових параметрів реле.

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 малогабаритні показники стендів.

Список використаної літератури

1. Теоретичні основи залізничної автоматики й телемеханіки. А. С. Переборов, А. М. Брилеєв, В. В. Шевцов й ін.; За редакцією А. С. Переборова. - 3-і изд., перераб. і доп. - М.: Транспорт, 1984. - 384 с.
2. Сапожников В. В., Кравцов Ю. А., Сапожников Вл. В. Теоретичні основи залізничної автоматики і телемеханіки: Учеб. для вузов/Под ред. В. В. Сапожникова. - М.: Транспорт, 1995. - 320 с.
3. Сороко В.И. Реле залізничної автоматики і телемеханіки. – М.:НПФ «ПЛАНЕТА», 202 – 696 с.
4. Сороко В. И., Разумовский Б. А. Апаратури залізничної автоматики й телемеханіки.: Довідник. В 2-х томах. - 2-і изд., перераб і доп. - М.: Транспорт, 1981. - 352 с.
5. Data Sheet PIC18F2420/2520/4420/4520. DS39631E. Microchip Technology Inc. – 2008. 420 p.
6. Федюлков Б.Г., Телець В.А. Мікросхеми ЦАП й АЦП. М.: Энергоатоміздат, 1990. - 320 с.
7. Якубовский С. В. Цифрові й аналогові мікросхеми. Довідник. М.: Радіо й зв'язок, 1990. - 496 с.
8. Каган Б. М., Старин В. В. Основи проектування мікропроцесорних пристроїв автоматики. М.: Энергоатоміздат, 1987.
9. Іванов В. И., Аксьонов А. И., Ношин А. М. Напівпровідникові оптоелектронні прилади - М.: Энергоатоміздат, 1989. - 448 с.
10. Новиков Ю. В., Калашников О. А., Гуляєв С. Э. Розробка пристроїв сполучення для персонального комп'ютера типу IBM PC. - М.: Економ, 1997. - 224 с.