

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки та технологій
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

ДОВІДКА

про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі

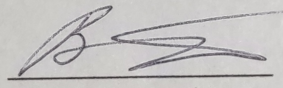
За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи (ВКР) здобувача вищої освіти освітнього ступеня (ОС) «магістр»

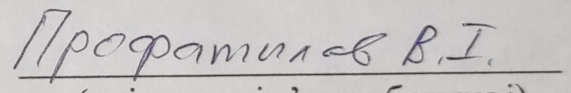
Гринь Тетяна Петрівна

на тему: Автоматизація вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР


(підпис)

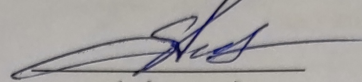

(прізвище, ім'я, по батькові)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки та технологій

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

**«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри**


(підпис)

Гаврилюк В.І.
(ПІБ)

20 21 р. 16 « 12 »

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 27 «Транспорт»

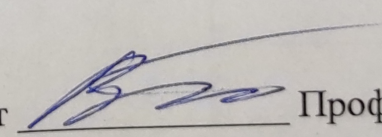
Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

Освітньо-професійна програма «Системи керування рухом поїздів»

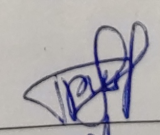
Тема Автоматизація вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики

Theme Automated measurement for testing mechanical parameters of the signal relays

Керівник дипломної роботи

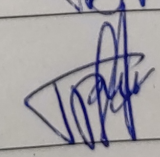
доцент  Профатілов В.І.

Студентка групи СК2021 (969М)

 Гринь Т.П.

Student

СК2021 (969М)

 Hryn Tetiana

**Дніпро
2021**

Український державний університет науки та технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Спеціальність
ОПП

273 «Залізничний транспорт»
Система керування рухом поїздів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри АТ

Гаврилюк В.І.

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

до кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»

Гринь Тетяна Петрівна

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи Автоматизація вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики.
Automated measurement for testing mechanical parameters of the signal relays.

Затверджена наказом по університету № 630-ст від « 19 » жовтня 2020 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Обсяг %	Кількість креслень
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		

Студент
Науковий керівник

Реферат

Відомості про об'єм пояснювальної записки: 58 сторінки, 5 таблиць, 12 рисунків, 13 джерел 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 магістерської роботи: розробити автоматизований вимірювальний комплекс для перевірки механічних параметрів реле залізничної автоматики.

В першому розділі проведено аналіз методів перевірки електромагнітних реле залізничної автоматики, перевірка їх механічних, часових та електричних параметрів. Існуюча технологія перевірки реле залізничної автоматики має ряд недоліків: низький клас точності, низька чутливість, нерівномірність шкали, обмеженість нижньої межі вимірювань.

У другому розділі дипломної роботи була розроблена структурна схема автоматизованого вимірювального комплексу для перевірки параметрів реле першого класу безпеки та принципові схеми його блоків. Завдяки автоматизованому вимірювальному комплексу можливо виміряти часові, електричні та механічні параметри реле залізничної автоматики.

В третьому розділі була розроблена структура блоку вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики. Також приведено метод визначення механічних параметрів реле залізничної автоматики.

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 вагогабаритні показники та вартість обладнання.

Зміст

Вступ	5
1. Аналіз методів перевірки електромагнітних реле першого класу надійності в РТД	8
1.1. Класифікація електромагнітних реле першого класу надійності.	8
1.2. Основні вимоги до реле першого класу надійності	12
1.3. Аналіз методів контролю параметрів реле залізничної автоматики	13
1.3.1. Технологія перевірки електричних і часових параметрів реле на РТД	13
1.3.2. Вимірювання механічних параметрів реле	16
1.4. Висновки по розділу	20
2. Автоматизований вимірювальний комплекс для перевірки параметрів реле першого класу	23
2.1. Структурна схема автоматизованого вимірювального комплексу для перевірки параметрів реле першого класу безпеки	23
2.2. Блок інтерфейсу з комп'ютером	25
2.3. Блок програмно-керованого джерела живлення	38
2.4. Блок вимірювання часових параметрів	40
3. Метод автоматизованого вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики	45
3.1. Структура блока вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики	45
3.2. Принципова схема блоку вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики	46
3.3. Метод визначення механічних параметрів реле залізничної автоматики	49
3.4. Визначення точності автоматизованого вимірювання контактного тиску	56
Висновки	59
Список використаної літератури	60

Вступ

На сьогоднішній час електромагнітні реле є основними елементами у пристроях автоматики і телемеханіки на залізничному транспорті. Незважаючи на інтенсивний розвиток і широке впровадження сучасних інтегральних мікросхем, мікропроцесорної та обчислювальної техніки в пристрої залізничної автоматики, електромагнітні реле продовжують залишатися головними і найбільш масовими елементами систем регулювання рухом поїздів на перегонах і станціях.

В економічно розвинених країнах не тільки продовжують експлуатуватися пристрої залізничної автоматики, які містять десятки мільйонів електромагнітних реле, але і ведуться розробки нових типів реле. Таке широке застосування електромагнітних реле в пристроях автоматики на залізничному транспорті обумовлено їх наступними перевагами в порівнянні з напівпровідниковими приладами:

- висока надійність роботи в складних кліматичних умовах;
- повний електричний розрив комутованих ланцюгів при розімкнутих контактах, і мале, стабільне перехідний опір при замкнутих контактах;
- відсутність гальванічної зв'язку між керівниками і вихідними колами, а також можливість одночасно комутувати кілька незалежних електричних ланцюгів з різними напругами і струмами;
- простота експлуатації, що не вимагає для обслуговування висококваліфікованого персоналу і застосування складних і дорогих вимірювальних приладів;
- висока перешкодозахищеність від атмосферних розрядів, тягових струмів, впливу радіації, різких коливань живлячих напруг.

Електромагнітні реле, що експлуатуються в пристроях автоматики, повинні задовольняти великій кількості різних експлуатаційно-технічних вимог (ЕТТ), які часто є суперечливими і повністю не можуть бути задоволені в одній універсальній конструкції. Всі параметри електромагнітних реле можна розділити на три типи: електричні, часові і механічні.

Метод перевірки параметрів реле, який існую в даний час не дає потрібну якість обслуговування пристроїв залізничної автоматики застарілий та вимагає

великої кількості ручних операцій. Саме тому задача автоматизації процесу вимірювання параметрів електромагнітних реле залізничної автоматики є актуальною.

1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПЕРЕВІРКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ РЕЛЕ ПЕРШОГО КЛАСУ НАДІЙНОСТІ В РТД

1.1. Класифікація електромагнітних реле першого класу надійності

Реле і прилади релейної дії є основними елементами пристроїв автоматики і телемеханіки на залізничному транспорті.

Реле – це автоматично діючий апарат, в якому при досягненні заданого значення вхідної величини відбувається стрибкоподібна зміна режиму вихідного кола. Це явище називається релейним ефектом.

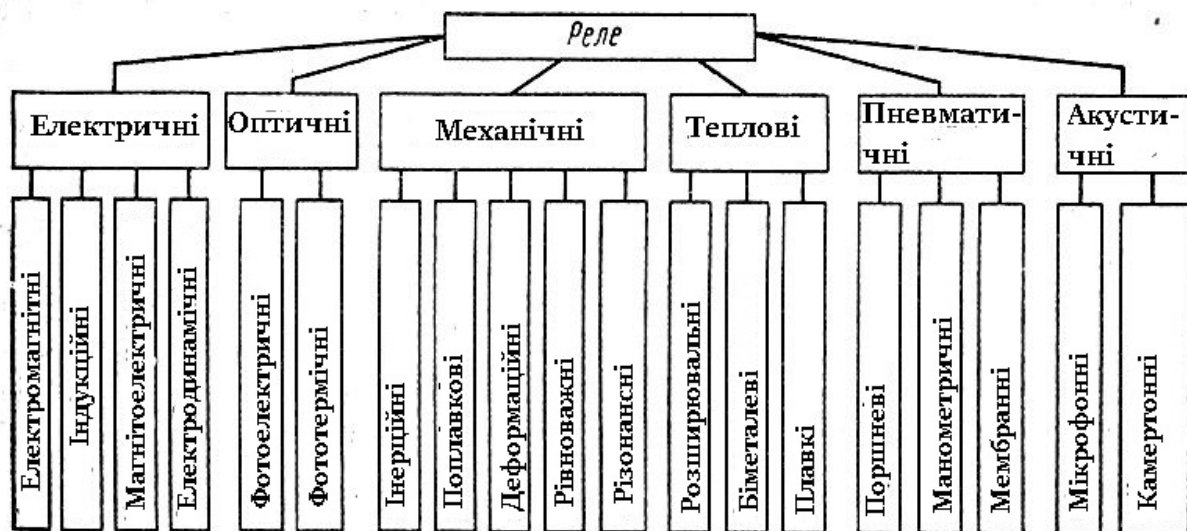


Рис. 1.1. Класифікація електромагнітних реле першого класу надійності

За призначенням всі реле можна розділити на дві групи:

- основні(вимірювальні реле) – реле струму, напруги, потужності, опору, тобто ті що реагують безпосередньо на зміну параметрів мережі;
- допоміжні (реле часу, проміжні, вказівні та інші), тобто реле, які діють за командою перших і забезпечують логічні та інші операції.

Електричні реле, що використовуються в схемах релейного захисту, поділяють на електромагнітні, індукційні, електродинамічні, електронні, теплові, напівпровідникові, мікропроцесорні. Явища взаємодії, що виникають в реле: електромагнітні, магнітоелектричні, індукційні і ін., ділять реле на групи з різними принципами дії усередині одного класу. Принцип дії цих реле аналогічний до принципу дії електровимірювальних приладів.

Із неелектричних реле, що використовуються в установках електропостачання, поширені механічні реле частоти обертання.

В залежності від параметра, на зміну якого реагує реле, розрізняють реле струму, напруги, опору, частоти, потужності та ін.

За характером зміни параметра розрізняють максимальні реле, які спрацьовують при збільшенні значення вхідного параметра, і мінімальні реле, що діють при його зменшенні.

За способом вмикання в коло розрізняють первинні вторинні реле. Первинні реле вмикають в коло, що захищається, безпосередньо. Вони зазнають значних електродинамічних і термічних навантажень. Первинні реле використовують в основному лише в установках напругою до 1000 В і в сільських мережах напругою 10 кВ.

Вторинні реле вмикають до вторинної обмотки трансформаторів струму чи напруги. Вони ізольовані від первинних кіл і тому не мають недоліків, характерних для первинних реле. Крім цього, вторинні реле розраховані на певні струми і напруги, незалежно від струму чи напруги первинного кола.

За способом дії на вимикач розрізняють реле прямої і посередньої дії.

Перші (реле прямої дії) при спрацюванні діють безпосередньо на механізм вимикання вимикача, для своєї роботи вони не потребують оперативного струму. Це спрощує захист. Проте, оскільки безпосередня дія на механізм вимикання вимикача потребує виконання значної механічної роботи, конструкція реле ускладнюється. В сільській енергетиці, де важлива простота релейного захисту, використовують здебільшого вторинні реле прямої дії.

Реле посередньої дії на механізм вимикання вимикача діє через проміжний електромагнітний механізм (котушку вимикання вимикача).

Вторинні реле посередньої дії найповніше задовольняють вимоги високої точності і надійності. Вони мають мінімальну потужність власного споживання, оскільки здійснюють роботу лише по замиканню і розмиканню своїх легких контактів оперативних кіл. Існує багато конструктивних різновидів і типів реле, що працюють на різних принципах.

Малогабаритні реле поділяються на:

- штепсельного типу(дозволяє монтувати на заводах релейні штативи і цим скоротити термін і вартість будівництва автоматичних пристроїв);

- нештепсельного типу(застосовують в системах блочної централізації станцій у вигляді стандартних блоків. В цьому випадку пошкоджені реле замінюється весь блок - група реле, розміщена на загальній платі і закрита ковпаком);

Реле обох цих груп мають однакові електричні і механічні характеристики.

Для позначення типів реле залізничної автоматики прийняті наступні умовні позначки (шифр) типів реле:

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 шифру:

М – малогабаритне;

третя і наступні літери:

Ш – штепсельне;

В – з випрямляючим елементом;

ПТ – повільно діюче з термічним елементом і т. і.

Літери що повторюються: П – пускове;

М – повільної дії.

Цифра після літер у нейтральних реле означає постійний набір контактних груп:

1 – вісім перемикаючих контактів (8 фт);

2 – чотири перемикаючих контакти (4 фт);

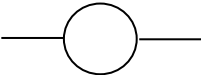
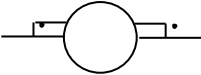
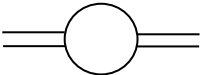
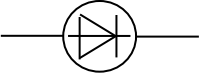
3 – два перемикаючих і два замикаючих (2 фт, 2ф);

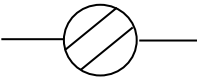
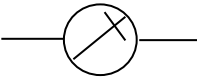
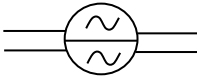
4 – чотири перемикаючих і чотири замикаючих (4 фт, 4ф);

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 опором, то цифри стоять у вигляді дробу. Наприклад, нейтральні малогабаритні реле штепсельного типу мають 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. (табл.1).

Таблиця 1.1 - Реле першого класу надійності

Найменування реле	Реле першого класу надійності	
	Умовне зображення	Тип реле
Нейтральне постійного струму з вмиканням обмоток: послідовно		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.

1.2. Основні вимоги до реле першого класу надійності

Реле першого класу надійності застосовують в апаратурі СЦБ, що забезпечує безпеку руху поїздів.

Основні вимоги до реле першого класу надійності:

- надійний відпуск якоря під дією маси якоря і пов'язаних з ним рухливих частин при відключенні напруги від його обмоток;
- виключення зварювання замикаючих (фронтових) контактів; неможливість залипання якоря реле під дією сил залишкового магнетизму;
- надійне замикання контактів і постійність їх перехідного опору.

Експлуатаційно-технічні вимоги (ЕТВ) до реле першого класу надійності:

- реле повинні бути малих розмірів при великому числі контактів; володіти великою чутливістю;
- мати високу надійність, що велику комутує потужність, малий час спрацьовування, і відпуски якоря, великий термін служби, велику зносостійкість і ремонтпридатність, міцну конструкцію, що забезпечує достатню вібро- і ударостійкість;

- надійно і стабільно працювати при значних змінах навколишньої температури і вологості в перебігу тривалого часу.

Реле повинне мати малу вартість при виготовленні. По надійності дії, тобто по здатності виключати небезпечні відмови, такі, як зварювання контактів при короткому замиканні та замикання якоря після виключення струму в обмотці, реле діляться на перший і низький клас надійності. При цьому зносостійкість характеризується показником інтенсивності відмов λ , 1/ч.

У реле нижчого класу, параметр λ менше ($\lambda=0,05 \cdot 10^{-6}$ 1/ч), ніж у реле першого класу надійності ($\lambda=0,11 \cdot 10^{-6}$ 1/ч), що пояснюється великим зносом не зварюваних срібно-графітових контактів.

У пристроях залізничної автоматики у виконавчих схемах, що забезпечують безпеку руху потягів, застосовуються реле першого класу надійності типів НМ, НМШ, НР і нове розроблене реле РЭЛ.

Реле, до яких не пред'являють додаткові вимоги, відносяться до реле нижчим класам надійності, і застосовуються в менш відповідальних колах пристроїв автоматики і зв'язку. До них відносяться реле типу КДР, реле пристроїв зв'язку РКН, РПН, малогабаритні реле типів РС, РСМ з малопотужними точковими контактами і ін.

1.3. Аналіз методів контролю параметрів реле залізничної автоматики

1.3.1. Технологія перевірки електричних і часових параметрів реле на РТД

Електричні параметри реле:

- 1) напруга (струм) спрацювання реле;
- 2) напруга (струм) відпускання реле;
- 3) опір обмотки реле;
- 4) перехідний опір контакту.

Часові параметри:

- 1) час спрацювання реле;
- 2) час відпускання реле.

При перевірці реле різних типів, керуються інструкцією РМ-32-ЦШ (09.36-85). Для перевірки реле нейтрального типу на РТД електромеханік, повинен виконати вимірювання не менше шести електричних параметрів. Загальне число вимірювань тих, що припадають на одне реле досягає 18-24 для електричних параметрів, залежно від числа трійників. Вимірювання електричних параметрів реле проводиться на універсальному випробувальному стенді типу СИ-СЦБ. При вимірюванні використовується стрілочний прилад електровимірювання Ц4312 електромагнітної системи. Клас точності 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, для постійного і змінного струму.

Прилади електромагнітної системи мають ряд недоліків: низький клас точності, низька чутливість, нерівномірність шкали, обмеженість нижньої межі вимірювань.

Перехідний опір контактів визначають вольт-амперним методом, за допомогою 4-х провідній схемі (рис. 1.2). При вимірюванні на стенді перехідного опору контактів доводиться перемикає межі вольтметра. Це негативно позначається на точності вимірів. Даний метод вимірювань має ряд недоліків:

- низька точність і суб'єктивність вимірювань;
- низька працездатність.

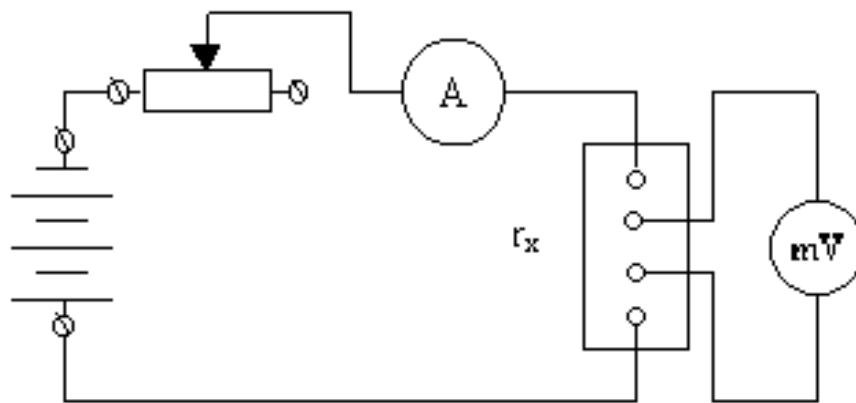


Рис. 1.2. Схема вимірювання опору до 1 Ома

Перевірку опору обмоток постійному струму проводять будь-яким методом з погрішністю вимірювань не більше $\pm 1\%$. При відомому опорі RV можна набути значення виміряного опору R по схемі одного вольтметра. Для цього треба зробити два вимірювання. На рис. 1.3 показана схема вимірювання методом одного

вольтметра. Коли перемикач поставлений в положення II, вольтметр показує напругу мережі:

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

При другому вимірюванні, коли перемикач в положенні I, вольтметр показує падіння напруги в мережі від номінального, т. є.:

$$U_V = I_V \cdot r_V = \frac{U_1}{r_V + r_x} \cdot r_V = U_2 \quad (1.3)$$

За одержаними даними 2-х показань можна визначити значення вимірюваного R:

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

Перерахунок виміряного значення опору $R_{обм}$ на опір $R_{об20}$ при $t_0=20$ °C проводять по формулі:

$$R_{об20} = \frac{R_{обм}}{1 + \alpha \Theta} \quad (1.5)$$

де Θ - різниця між температурою, при якій проводилося вимірювання, і температурою 20 °C, з урахуванням знаку «плюс-мінус» ($\Theta=t^{\circ}C-20^{\circ}C$); α - температурний коефіцієнт опору дроту обмотки (для мідного дроту $\alpha=0,004$ град⁻¹).

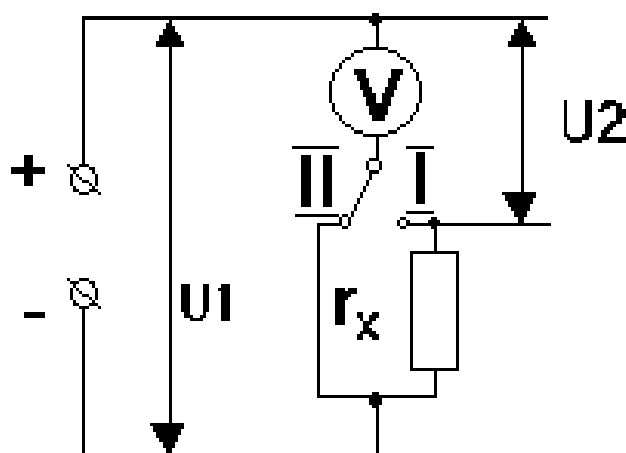


Рис. 1.3. Схема вимірювання опору методом одного вольтметра

Розрахунковий опір перевіряють по відношенню значення на відповідність даним значенням в таблицях. 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 $\pm 10\%$.

До опору ізоляції конструкції реле виносяться наступні вимоги: ізоляція реле повинна у продовж однієї хвилини витримувати без пробою випробувальну напругу 2000 В змінного струму частотою 50 Гц, прикладене між всіма частинами реле що проводять струм. Випробування електричної ізоляції проводять шляхом додатку випробувальної напруги (випробувальна установка потужністю не менше 0,5 кВ·А, що дає практично синусоїдальну криву напруги частотою 50 Гц) повинна упродовж однієї хвилини $\pm 5\text{с}$. Погрішність вимірювань випробувальної напруги не повинна перевищувати $\pm 5\%$.

Опір ізоляції між сусідніми електрично не з'єднаними частинами реле, та між магнітопроводом реле при відносній вологості повітря до 90% і температурі $+20^{\circ}\text{C}$ повинна бути не менше 200 МОм. При температурі $+40^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості повітря 70% опір ізоляції повинен бути не нижче 50 МОм. Опір ізоляції вимірюють будь-яким методом, при напрузі постійного струму 500 В. Допустиме відношення опору обмоток реле 1,7 Ом складає $\pm 5\%$ номінального значення, всіх інших $\pm 10\%$. Виведення котушок реле виконуються проводом марки ПМВР перетином 0,35 мм². Щоб погрішність вимірювань із-за внесення опору проводів була меншою, слід зміряний опір, включений струмовими затисками в коло, а мілівольтметр приєднати до потенційних затисків.

1.3.2. Вимірювання механічних параметрів реле

Механічні параметри реле:

- 1) контактний тиск тильових та фронтних контактів;
- 2) висота антимагнітного штифта;
- 3) міжконтактний зазор;
- 4) сумісний хід контактів;
- 5) неодноразовість замикання фронтних і тильових контактів.

Зараз вимірювання механічних параметрів реле здійснюється різного роду пристосуваннями, шаблонами, грамометрами, щупами і т.п.

Регулювання контактів реле та вимірювання контактного тиску.

Вимірювання контактного тиску проводиться в ручну за допомогою графометра часового типу Г-10-60 . Контактний тиск вимірюють шляхом відтягання фронтового (тилового) контакту від загального і відліку свідчень у момент їх розмикання. Згідно ЕТВ до реле першого класу надійності контактний тиск фронтових контактів повинен бути не менше 30г (0,294Н), а тилових контактів 15г (0,147Н). Для підвищення точності відліку додають світловий або звуковий контроль розмикання контактів . При цьому точніше фіксується момент розмикання контактів і виключається досить утомлива для регулювальника операція візуального контролю за положенням контактів.

Контактні пружини повинні бути надійно закріплені у колодках гайками, стопорні планки підігнуті до граней гайки. Встановити реле у плату підставки, підключити обмотки до стенду, підкласти між сердечником і наклепом на якорі щуп товщиною 0,4 мм і підточити реле. Підігнуті у основи замикаючі контакти з упорними пластинами до прямого дотику замикаючих контактів з рухомими або до утворення зазору 0,01-0,03мм. Вирівняти пружини так, щоб контактування відбувалося по всій площині контакту. Вирівнювання провести регулювальними плоскогубцями кінців пружин із замикаючими контактами. Кінці упорних пластин мають доторкатися нерухомих пружин всій площиною. Контактування загальних контактів має відбуватися по вісі цих контактів. Перевірити та відрегулювати попереднє натиснення замикаючих контактних пружин на упорні, яке має бути 0,15-0,20Н.

Графометр прикладати попереду чашок вугільних контактів по центру контактної пластини. Натиснення фіксувати в момент утворення зазору між упорною та контактною пластинами. Знеструмити реле, витягти щуп з-під упора и знову поставити реле під стум. Перевірити наявність зазорів між контактними і упорними пружинами і виміряти натиснення на замикаючі контакти, яке має бути не менше 0,3Н. Натиснення фіксувати в момент утворення зазору між замикаючим і рухомим контактом або в момент розмикання електричного кола через ці контакти. При натисненні менше норми підігнуті у основи контактні пружини, при відсутності зазорів відігнуті упорну пластину або декілька зменшить у межах

норми натиснення замикаючої контактної пружини на упорну. Замикання та відмикання контактів має бути практично одночасним.

Знеструмити реле і під упор якоря підкласти щуп 0,35 мм. Поставити реле під струм і перевірити замкнений стан замикаючих та рухомих контактів. Цим перевіряється ковзання замикаючих контактів, яке має бути не менше 0,35 мм. Замкнений стан контактів визначити по замиканню електричного кола через ці контакти або візуально.

Знеструмити реле, під упор якоря покласти щуп 0,9 мм та знову поставити реле під струм. Регулюванням підігнуть пружини розмикаючих контактів, досягаючи прямого дотику або утворення зазору 0,01-0,03 мм розмикаючих контактів з рухомими. Підгинаючи пелюстки розмикаючих контактів, досягнути розташування обох контактів наклепів на одному рівні. Розмикаючі контакти мають лежати всією площиною на упорних пластинах і мати попереднє натиснення на упорну пластину 0,08-0,1Н.

Знеструмити реле, витягти щуп та перевірити натиснення на розмикаючих контактах, яке має бути не менше 0,15 Н, а також наявність зазору між розмикаючими контактами і упорними пластинами. При необхідності відрегулювати. Змінити зазор контактів, який має бути не менше 1,3 мм при притягнутому та опущеному якорі.

Статистичні спостереження показують, що недоліком даного способу вимірювання контактного тиску є досить висока погрішність. Вона обумовлена як суб'єктивністю при визначенні моменту відліку свідчень, оскільки напрям зусилля і точка прикладання зусиль при відтяганні контакту встановлюються електромеханіком вручну, так і погрішністю самого грамометра. Грамометр Г-10-60 необхідно утримувати в руці на рівні подовжньої осі вимірюваного контакту, оскільки будь-які відносні відхилення від цієї осі приводять до збільшення погрішності вимірювання. Висока погрішність вимірювання контактного тиску (до 30%) відбивається на якості регулювання реле на РТД і дуже впливає на їх комутаційний ресурс.

Вимірювання висоти антимагнітного штифта.

Висота антимагнітного наклепу згідно ЕТВ до реле першого класу надійності нормується для всіх реле нормальної дії не менше 0,2 мм, для всіх типів реле

повільної дії – не менше 0,15 мм. Висота антимагнітного наклепу вносить суттєвий вплив на коефіцієнт повернення, електричні та інші параметри реле. Зараз ця операція проводиться в ручну за допомогою набору щупів №2 і №3, причому електромеханік-регулювальник візуально визначає момент рівності вимірюваної величини і добраних щупів. Також вимірювання висоти антимагнітного наклепу може проводитися за допомогою пристрою на базі стрілочного індикатора часового типу (люфтоміра), що дозволяє визначати висоту антимагнітного наклепу з точністю до 0,01 мм. Дана технологія виміру висоти антимагнітного наклепу відрізняється суб'єктивністю при оцінці вимірюваної величини, малою продуктивністю і вимагає від електромеханіка стомливого зорового контролю за результатом.

Вимірювання сумісного ходу контактів та між контактного зазору.

Сумісний хід фронтних (тилових) контактів визначається ходом якоря від моменту прямого дотику контактів, що замикаються, до моменту повного відпуску реле. Вимірювання цього параметра проводиться щупами, а оцінка знаходження загального контакту в зіткненні з фронтним (тиловим) – візуально. Необхідний сумісний хід фронтних і спільних контактів забезпечують таким чином, між сердечником і якорем прикладають щуп завтовшки 0,4 мм і добиваються прямого торкання контактів, що замикаються, або ледве видимого просвіту 0,01-0,03 мм. Для визначення сумісного ходу тильових контактів між якорем і сердечником підкладають щуп завтовшки 0,9 мм. При такому регулюванні сумісний хід контактів буде не менше 0,35 мм згідно ЕТВ до реле першого класу надійності. Дана операція виконується для кожного контакту окремо, тобто для реле НМШ близько 16 послідовних вимірювань. Для зниження зорової напруги регулювальника до контактів підключають світлову або звукову індикацію для фіксації моментів замикання і розмикання контактів. Даний метод вимірювання сумісного ходу контактів володіє наступними недоліками:

- не вимірюється реальна величина сумісного ходу контактів, а тільки фіксується значення в нормі чи ні. У цей же час значення цього параметра робить суттєвий вплив на напругу спрацьовування і відпадання реле, перехідний опір контактів, контактний тиск і час спрацьовування реле і, що найбільш важливо, визначає ресурс контактної системи;

- суб'єктивність вимірювання;
- висока зорова напруга електромеханіка-регулювальника;

значні затрати часу на регулювання, оскільки кожен контакт регулюється окремо.

Перевірка неодночасність замикання фронтових і тилових контактів.

Неодночасність замикання фронтових і тилових контактів згідно ЕТВ для реле першого класу надійності повинна бути не більше 0,2 мм, оскільки цей параметр робить суттєвий вплив на тимчасові параметри комутованих схем. У умовах РТД немає засобів, що дозволяють вимірювати значення неодночасності замикання фронтових і тилових контактів. Зараз на РТД проводиться візуальна оцінка параметра, за допомогою застарілого пристосування, принцип роботи якого заснований на підключенні контрольних лампочок в коло контактів, що перевіряються. По неодночасності їх загоряння і робиться висновок про неодночасність замикання контактів. Даний спосіб візуальної оцінки неодночасності замикання фронтових і тилових контактів дуже суб'єктивний і не дозволяє навіть визначити відповідає параметр вимогам ЕТВ чи ні.

1.4. Висновки по розділу

Аналіз існуючої технології перевірки реле на РТД виявив наступні недоліки:

- для перевірки електричних і часових параметрів реле застосовуються морально застарілі стенди, що володіють значними розмірами і вагою;
- низька точність і висока суб'єктивність вимірювань, яка обумовлена ручним управлінням виконавчими пристроями, недоліками стрілочних вимірювальних приладів безпосередньої оцінки, а також відсутністю відповідності між допусками по відхиленню вимірюваної величини і класом точності вимірювального приладу;
- майже всі вимірювання проводяться в аналоговій формі, що утрудняє і збільшує час сприйняття свідчень;
- вимірювання ряду параметрів (особливо механічних за допомогою щупів і шаблонів) не дають необхідній точності і повторюваності, тому для зменшення помилки регулювальник вимушений проводити вимірювання одного і того ж параметра кілька разів, що збільшує час перевірки реле;

- трудомісткий і стомливий процес вимірювання параметрів реле, що вимагає від електромеханіка високої кваліфікації, постійної зорової напруги і значних затрат часу, оскільки практично всі операції технологічного процесу перевірки параметрів реле виконуються вручну. Наприклад, регулювання живлячої напруги ведеться вручну (за допомогою ЛАТРа), що при масовій перевірці веде до стомлення електромеханіка і збільшенню ймовірності помилки;

- низька продуктивність праці із-за не високої швидкості вимірювань, а також втрат часу на збирання схем вимірювань і обробку результатів;

- застосування спеціальних пристосувань для підвищення точності вимірювання (наприклад, індикатора часового типу) вимагає їх установки на кожне реле, що збільшує витрати часу на перевірку реле;

- недосконалість існуючої технології вимірювання і регулювання механічних параметрів реле. Статистичні дослідження, проведені на кафедрі АТ університету показали, що до 10% реле випускаються з РТД з браком, тобто коли параметри лежать поза допустимими межами, а величина міжконтактного зазору при перельоті якоря може відхилятися від норми до 35%;

- ряд визначальних параметрів, що нормуються в ТУ і ЕТВ до реле першого класу надійності, не вимірюється взагалі, а інша частина лише оцінюється візуально або фіксується «на око», оскільки на РТД відсутні засоби для вимірювання даних параметрів (неодночасність замикання, сумісний хід контактів, міжконтактний зазор при перельоті якоря і т.п.). В той же час дані параметри значно впливають на об'єктивну оцінку працездатності реле і його комутаційний ресурс;

- неможливість визначення механічних параметрів реле без розкриття кожуха.

Основними причинами недосконалості існуючих методів вимірювання параметрів реле на РТД є відсутність спеціальних стендів і велика кількість ручних операцій. Резерви підвищення якості перевірки реле і продуктивності праці при використанні існуючої технології і вимірювальних приладів практично вичерпані. Для усунення даних недоліків необхідне оснащення РТД автоматизованими стендами для вимірювання параметрів і характеристик реле.

Актуальність роботи.

Автоматизація технології вимірювання параметрів реле на РТД дозволить:

- зменшити витрати часу на перевірку параметрів одного реле;
- збільшити точність вимірювань параметрів і об'єктивність контролю працездатності реле;
- забезпечити одноманітність і достовірність вимірювань;
- збільшити продуктивність праці за рахунок виключення трудомістких і одноманітних ручних операцій;
- зменшити вагогабаритні показники стендів і знизити енергоспоживання;
- підвищити ергономічні показники стенду і поліпшити умови праці електромеханіків на РТД;
- автоматизувати процес ведення технічної документації на реле, що дозволить спостерігати за процесом зміни параметрів реле, а також проводити оцінку надійності і оптимізації процесів профілактики і ремонту реле. Подібна статистика дозволить організувати науково-обґрунтований технологічний процес обслуговування пристроїв автоматики на залізничному транспорті;
- суттєво підвищити надійність і довговічність експлуатованих реле, а, означає, і збільшити безпеку руху потягів і зменшити експлуатаційні витрати на утримання пристроїв автоматики.

2. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ПЕРШОГО КЛАСУ

2.1. Структурна схема автоматизованого вимірювального комплексу для перевірки параметрів реле першого класу безпеки

Автоматизований вимірювальний комплекс (АВК) для перевірки реле необхідний для виміру електричних, часових та механічних параметрів електромагнітних реле залізничної автоматики типів НМШ, РЭЛ, а також 8Н8 і 4Н4 згідно до експлуатаційно-технічних вимог до реле першого класу надійності. Крім виміру параметрів реле залізничної автоматики, завдяки АВК для перевірки реле можливо контролювати відповідність вимірювальних параметрів нормативним значенням, а також якщо реле зламається, визначати місце і тип несправності.

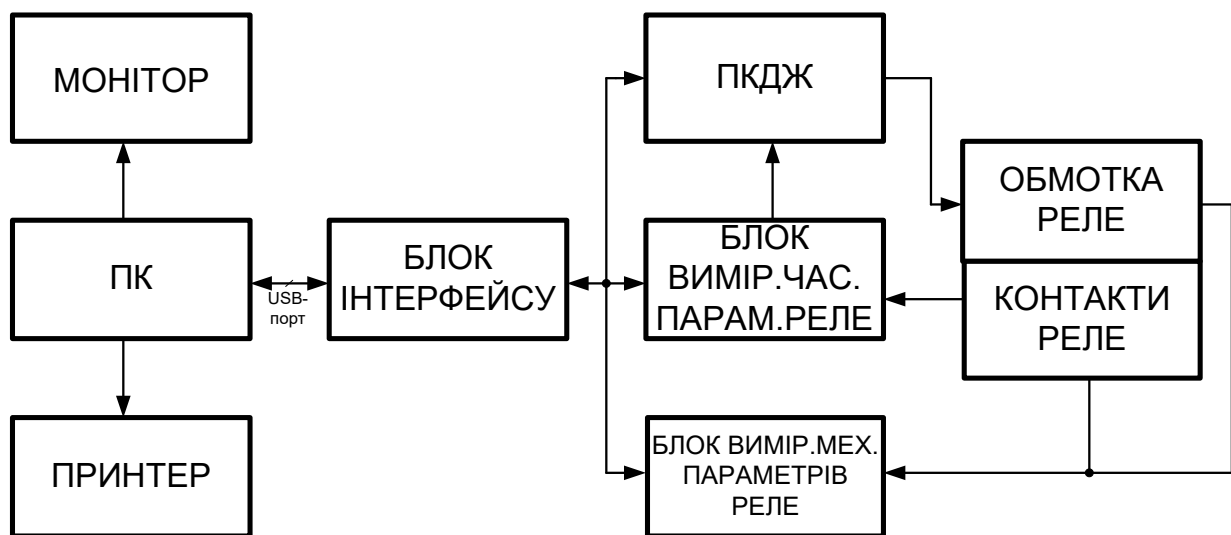


Рис.2.1 Структурна схема автоматизованого вимірювального комплексу для перевірки параметрів реле першого класу безпеки

АВК для контролю параметрів реле складається з чотирьох блоків:

- блок інтерфейсу – потрібен для реалізації у дві сторони обміну інформацією між АВК для контролювання параметрів реле і комп'ютером через USB, та для формування управляючих сигналів, для інших блоків пристрою;
- блок програмно - керованого джерела живлення дає змогу формувати постійну напругу діапазоном $0 \div 50$ В з кроком 50 мВ. Блок потрібен для алгоритмів виміру напруги (струму) спрацьовування і напруги (струму) відпускання електромагнітних реле залізничної автоматики;

- блок виміру часових параметрів реле - дає змогу виміряти часові інтервали діапазоном від 65 мс до 70 хвилин, а так само перевіряти логічний стан 8 фронтів і 8 тилів контактів реле. Цей блок потрібен для роботи алгоритмів виміру часу спрацьовування реле, часу відпускання реле, часу перельоту контактів, а так само для інтервалу часу між замиканням (розмиканням) першого контакту і замиканням (розмиканням) останнього контакту реле;

- блок вимірювання механічних параметрів реле - призначений для введення аналогового сигналу в персональний комп'ютер. Даний блок дозволяє оцифрувати струмову залежність $i(t)$ в обмотці при вмиканні реле, яка потім використовується для автоматизованого визначення положення якоря $\delta(t)$ і обчислення механічних параметрів реле без зняття кожуха реле.

Блоки АВК для перевірки параметрів реле зроблені у вигляді печатної плати за стандартом «Eurocard» (розмір 100 x 220 мм), що дає змогу використати для їх розташування у звичайні 19-дюймові стійки.

У випробування реле мають бути включені такі операції перевірки й вимірювання параметрів:

Електричні параметри реле:

- напруга вмикання реле;
- напруга відпускання реле;
- перехідний опір контактів;
- опір обмотки котушки;
- рівень іспитової напруги ізоляції приладу;

Механічні параметри реле:

- спільного ходу тилів і фронтів контактів;
- міжконтактного зазору;
- фізичного зазору між якорем і наконечником;
- контактного тиску;
- неодночасності замикання контактів;

Часові параметри реле:

- часу вмикання реле;
- часу вимикання реле;
- час дрижання контактів.

2.2. Блок інтерфейсу з комп'ютером

При розробці мікроконтролерних пристроїв, які повинні взаємодіяти з персональним комп'ютером, більш велике значення має правильність вибору протоколу обміну даними. Зараз найбільш популярним протоколом обміну даними між комп'ютером та периферійними пристроями є протокол шини USB. По цій шині передаються як великі масиви даних так і керуючі команди. Завдяки такій універсальності, спектр периферійних пристроїв, підключаємих до комп'ютера майже не обмежена з технічної точки зору.

Більшість периферійних пристроїв розроблюється на основі різноманітних мікроконтролерів. Достатньо давно розроблені спеціалізовані мікросхеми-трансивери, що обслуговують обмін даними по шині USB і являються проміжною ланкою між мікроконтролером та шиною. Наступним логічним шагом стала інтеграція трансивера USB в состав мікроконтролерів, аналогічно тому, як в них раніше були інтегровані модулі АЦП, ШІМ, USART та інші модулі.

Блок інтерфейсу АВК здійснює такі функції:

1. З'єднання АВК з комп'ютером через USB-інтерфейс.
2. Керування блоками вимірювального комплексу, за командами, що приходять з комп'ютера.

З'єднання АВК для перевірки параметрів реле з комп'ютером типу IBM PC робиться по інтерфейсу Universal Serial Bus. Даний спосіб підключення має наступні переваги:

- стандартність, тому що інтерфейс є на кожному комп'ютері типу IBM PC та на всіх комп'ютерах працює однаково;
- для вмикання зовнішнього пристрою не потрібно втручатись в конструкцію комп'ютера, потрібно тільки підключити кабель до вихідного роз'єму USB-порту;
- обмін інформацією здійснюється побітно, що дає змогу підтримувати високу швидкість передачі інформації (до 12 Мбіт/с);
- нескладне програмування, дає змогу роботи драйвери для нестандартних зовнішніх пристроїв на асемблері та на мовах високого рівня.

Стандарт USB підтримує чотири типи передачі даних:

- Керуюча передача (Control Transfer) потрібна для налаштування пристрою при підключенні, для керування протоколом передачі та отримання статусної інформації в процесі роботи.
- Передача масиву даних (Bulk Data Transfer) виконується при необхідності гарантованої доставки даних від пристрою до хосту або навпаки, але час доставки не обмежено.
- Передача за перериваннями (Interrupt Transfer) виконується, коли передаються одиночні пакети даних маленького розміру. Пакети передаються за обмежений час. Виконується цілісність переданих даних. Цей тип передачі застосовується в пристроях введення, таких як миша і клавіатура.
- Ізохорна передача (Isochronous Transfers) необхідна для передавання великих блоків даних (до 1023 байт) в реальному часі. Цілісність даних не гарантується, повторень при збоях немає, можлива втрата пакетів. Такий тип передачі потрібен в мультимедійних пристроях для передачі голосу та зображення.

Повношвидкісні пристрої, відповідні специфікації USB 2.0, підтримують всі типи передачі; низькошвидкісні обмежуються лише передачею з переривання і керуючої передачею.

Можливе живлення пристрою від шини, для цього в ній є спеціальні лінії живлення. Вимоги до енергоспоживання пристрою жорстко регламентуються специфікацією. Передбачені три класи енергоспоживання:

- З живленням від шини і малим споживанням, не більше 100 мА.
- З живленням від шини і великим споживанням; від шини не більше 100 мА при включенні та конфігуруванні, і не більше 500 мА після закінчення конфігурування. При підключенні пристрій інформує хост-контролера про струмі споживання. Якщо він перевищує 500 мА, підключення буде відхилено.
- З власним джерелом живлення; від шини споживається не більше 100 мА, решта струму від зовнішнього джерела. При втраті зовнішнього живлення струм, що споживається від шини, не повинен перевищувати 100 мА.

Якщо пристрій споживає струм більший, ніж був запрошений при підключенні, хост-контролер відмовить в обслуговуванні й відключить пристрій.

Згідно специфікації USB стандарту, потужність споживання вимірюється у блоках (units) величиною по 100 мА. Споживана пристроєм потужність може лежати в межах 1-5 блоків.

Специфікація передбачає наявність у будь-якого пристрою режиму зниженого енергоспоживання (Suspend Mode). У цьому режимі струм споживання пропорційний заявленому споживанню в блоках.

У пристроях із споживанням в один блок (100 мА) струм в режимі енергозбереження не повинен перевищувати 500 мкА, причому з урахуванням струму через підтягуючий резистор, підключений до однієї з сигнальних ліній. Якщо для підключення USB пристрою використовується концентратор (хаб), то сигнальні лінії мають резистори 15 кОм, які підключені до «землі». Струм через ці резистори становить 200 мА. Для живлення пристрою з споживанням в 1 блок при підключенні до хабу виділяється не більше 300 мА. Щоб пристрій не перевищив ліміт споживання в економічному режимі, потрібно переводити мікроконтролер в режим Sleep.

Всі кінцеві пристрої повинні мати режим «сну» при відсутності активності на шині більше 3 мс. Ще 7 мс потрібно пристроям на те, щоб перейти в «сплячий» режим. Для підтримки зв'язку з хост-контроллером пристрій повинен забезпечувати протікання струму через підтягуючий резистор вибору швидкості. Хост-контролер може періодично передавати на шину сигнал SOF (початок пакета) аби запобігти переходу пристрою в економічний режим. Якщо пристрій в режимі «сну» отримав команду на пробудження, то він повинен вийти з цього режиму не більше, ніж за 10 мс і підтвердити пробудження збільшенням споживаного струму до штатного значення.

В період коли пристрій підключено до шини, хост починає процес перерахування, з метою ідентифікації пристрою. Хост в певній послідовності опитує пристрій, отримує у відповідь інформацію про енергоспоживання, швидкості передачі та розмірі блоків даних і інформацію, яка міститься в дескрипторах. Типовий процес перерахування виконується так:

- Скидання пристрою. Пристрій не налаштовано і не має власної адреси (адреса 0).

- Отримання дескриптора пристрою. Хост отримує малу частину опису пристрою.
- Повторне скидання пристрою.
- Установка адреси. Хост привласнює адресу пристрою.
- Отримання дескриптора пристрою. Хост отримує інформацію про виробника, тип пристрою, максимальний розмір керуючих пакетів.
- Отримання дескрипторів конфігурації.
- Отримання інших дескрипторів.
- Установка конфігурації.

Опис дескрипторів. Існує вісім типів дескрипторів, з них найбільш важливі п'ять:

1. Дескриптор пристрою. В нього входить основна інформація про виробника пристрою, номер версії виробу, серійний номер, клас пристрою і кількість конфігурацій. Дескриптор пристрою завжди буває тільки один.

2. Дескриптор конфігурації. Дескриптор конфігурації дає хосту інформацію про струми споживання і про те, скільки різних інтерфейсів підтримується в цій конфігурації. Пристрій може мати більше однієї конфігурації.

3. Дескриптор інтерфейсу. Дескриптор інтерфейсу описує кількість кінцевих точок, які використовуються даним інтерфейсом, а також клас інтерфейсу. Конфігурація може мати більше одного інтерфейсу.

4. Дескриптор кінцевої точки. Дескриптор кінцевої точки визначає тип і напрям передачі, а також деякі інші специфічні параметри кінцевої точки. Один пристрій може мати кілька (до 16) кінцевих точок. Деякі точки можуть бути «відключені» у певної конфігурації.

5. Дескриптор рядка. Дескриптор рядка містить текст у форматі UNICODE і надає текстову інформацію, доступну для сприйняття людиною. Ця інформація описує логічний рівень пристрою. Часто дескриптор рядка потрібен для ідентифікації споживачем пристрою, підключеного до хосту. Для економії пам'яті можливо не використовувати рядкові дескриптори. Якщо пристрій не підтримує дескриптори рядків, всі посилання на них з дескрипторів пристрої, конфігурації або інтерфейсу повинні мати нульове значення. Пристрій підтримує кілька різних мов, тому при запиті дескриптора рядка використовується ідентифікатор мови.

Кожен пристрій повідомляє про свою присутність на шині і допустиму швидкість обміну. Це виконується за допомогою резистора опором 1,5 кОм, який підключається до шини в момент підключення пристрою до гнізда. Залежно від швидкості обміну, яку підтримує пристрій, резистор підключається до лінії живлення 3,3 В і однієї з ліній D + або D-. У пристроях з малою швидкістю обміну резистор підключається до лінії D-, в повношвидкісних пристроях - до лінії D +.

Специфікація USB включає в себе специфікації класів, які підтримуються виробниками операційних систем. Як приклад класів можна привести аудіопристрої, зовнішні накопичувачі, пристрої зв'язку, інтерфейсні пристрої. У більшості випадків для взаємодії з пристроєм потрібен драйвер, що дозволяє хосту «говорити мовою пристрої». Драйвери для більшості стандартних пристроїв входять до складу популярних операційних систем за замовчуванням. Це дає змогу значно полегшити і прискорити процес розробки пристрою. Потрібно лише забезпечити відповідність стандартним вимогам.

В асортименті компанії Microchip першою модифікацією мікроконтролера із вбудованою підтримкою USB стандарту були однократно програмовані мікроконтролери PIC16C745/765. Зараз доступна більш потужна по всім параметрам модифікація PIC18F2455/2550/4455/4550. Це сімейство мікроконтролерів має вбудований вузол послідовного інтерфейсу USB (SIE), що дає зв'язок між мікроконтролером і хостом. Вузол SIE підтримує повношвидкісний та малу швидкість обміну. SIE може бути підключений до шини USB, з використанням вбудованого трансивера та через зовнішній трансивер. Внутрішнє джерело 3,3 В для живлення вбудованого трансивера в 5-вольтів пристроях.

Деякі апаратні опції потрібні для збільшення продуктивності модуля. Двопортова пам'ять у просторі пам'яті мікроконтролера (ОЗП USB) дає прямий доступ і обмін даними між ядром і SIE. Дескриптори буфера дають змогу користувачеві вільно налаштовувати використання пам'яті для кінцевих точок у межах ОЗП USB. Поточковий паралельний порт робить підтримку безперервної передачі великих обсягів даних в зовнішню буферну пам'ять.

Основною перевагою PIC18F2455/2550/4455/4550 є функціональна наповненість і низьке енергоспоживання.

Параметри модулю USB:

- Сумісність з USB версії v2.0.
- Підтримка низькошвидкісного (1.5 Мбіт/с) і високошвидкісного (12 Мбіт/с) режимів.
- Підтримка керуючої, за перериванням, ізохронної і пакетної передачі.
- Підтримка до 32 кінцевих точок (16 двонаправлених).
- 1 кБ ОЗП подвійного доступу для потреб USB.
- Вбудований трансивер USB.
- Вбудоване джерело живлення USB.
- Можливість підключення зовнішнього трансивера USB.
- Поточний порт SPP для вводу-виводу потоку паралельних даних через USB.

Режими управління енергоспоживанням:

- Run: процесор увімкнено, периферія увімкнена.
- Idle: процесор зупинено, периферія увімкнена.
- Sleep: процесор і периферія вимкнені.
- Типовий струм споживання в режимі Idle до 5,8 мкА.
- Типовий струм споживання в режимі Sleep до 0,1 мкА.
- Генератор модулю Timer1: струм споживання до 1,1 мкА при 32 кГц, 2 В.
- Сторожовий таймер: до 2,1 мкА.

Гнучка структура генератору тактових імпульсів:

- Чотири режими кварцового генератора, включаючи особливо точний для USB.
- Чотири режими зовнішнього тактування, до 48 МГц.
- Блок вбудованого генератору:
 - 8 обираємих користувачем частот, від 31 кГц до 8 МГц;
 - можливість підлаштування частоти для компенсації дрейфу.
- Вторинний генератор, на основі генератора модулю Timer, 32 кГц.
- Можливість незалежного тактування процесора та модулю USB.
- Моніторинг тактових імпульсів:

- можливість безпечної зупинки при попаданні імпульсів основного тактового генератору.

Опції периферії:

- Струм втікання та витікання до 25 мА.
- Три зовнішні переривання.
- Чотири модулі таймерів.
- До двох моделей захвату/порівняння/ШИМ:
 - захват 16 біт, з дозволом до 6,25 нс;
 - порівняння 16 біт, з дозволом до 100 нс.
- ШИМ з дозволом від 1 до 10 біт.
- Розширений модуль захвату/порівняння/ШИМ(ECCP)
 - різноманітні вихідні режими;
 - полярність за вибором;
 - програмована «мертва зона»;
 - автовимкнення та авторестарт.
- Розширений модуль USART(EUSART):
 - Підтримка шини LIN.
- Модуль ведучого синхронного послідовного порту (MSSP)з підтримкою SPI (усі чотири режими).
- До 13 модулів 10-розрядного АЦП з програмуємих часом вибірок.
- Здвоєний аналоговий компаратор з мільтиплексуванням входів.

Спеціальні опції мікроконтролера:

- Структура, оптимізована під компілятор C, з розширенням наборів команд.
- 100000 циклів перезапису пам'яті програм.
- 1000000 циклів перезапису пам'яті даних EEPROM.
- Строк збереження пам'яті програм і даних більш 40 років.
- Можливість самопрограмування (зміни прошивок).
- Наявність пріоритетів переривання.
- Апаратний множник 8x8.
- Розширений сторожовий таймер:

- період програмування від 41 мс до 131 с.
- Програмуємий захист коду.
- Внутрисхемне програмування по двом проводам.
- Одна напруга програмування 5 В (ICSP).
- Внутрисхемне тестування по двом проводам (ICD).
- Опціонально назначаємий порт ICD/ ICSP.
- Широкий діапазон напруг живлення, від 2,0 до 5,5 В.

Таблиця 2.1 – Призначення виводів мікроконтролері PIC18F4550 в корпусі PDIP
(рис. 2.2)

Позначення виводу	Номер виводу	Тип	Буфер	Опис
<u>MCLR</u> / V_{PP} /RE3 <u>MCLR</u> V_{PP} RE3	1	 I P I	 ST ST	Вхід загального скидання або напруги програмування Загальне скидання низьким рівнем Вхід напруги програмування Цифровий вхід
RA0/AN0 RA0 AN0	2	I/O I	TTL A	Цифровий вхід/вихід Аналоговий вхід 0
RA1/AN1 RA1 AN1	3	I/O I	TTL A	Цифровий вхід/вихід Аналоговий вхід 1
RA2/AN2/ V_{REF-} / CV_{REF} RA2 AN2 V_{REF-} CV_{REF}	4	 I/O I I O	 TTL A A A	Цифровий вхід/вихід Аналоговий вхід 2 Вхід опірної напруги АЦП (низьке) Вихід опірного рівня компаратора
RA3/AN3/ V_{REF+} RA3 AN3 V_{REF+}	5	 I/O I I	 TTL A A	Цифровий вхід/вихід Аналоговий вхід 3 Вхід опірної напруги АЦП (високе)

RA4/T0CKI/ C1OUT/RCV RA4 T0CKI C1OUT RCV	6	I/O I O I	ST ST - TTL	Цифровий вхід/вихід Вхід зовнішніх рахункових імпульсів модулю Timer0 Вихід компаратора 1 Вхід RCV USB- трансивера
RA5/AN4/SS/ HLVDIN/C2OUT RA5 AN4 SS HLVDIN C2OUT	7	I/O I I I O	TTL A TTL A -	Цифровий вхід/вихід Аналоговий вхід 4 Вхід вибору SPI Вхід модуля виявлення перепаду «High/Low» Вихід компаратора 2
RE0/AN5/CK1SPP RE0 AN5 CK1SPP	8	I/O I O	ST A -	Цифровий вхід/вихід Аналоговий вхід 5 Вихід 1 тактів SPP
RE1/AN6/CK2SPP RE1 AN6 CK2SPP	9	I/O I O	ST A -	Цифровий вхід/вихід Аналоговий вхід 56 Вихід 2 тактів SPP
RE2/AN7/OESPP RE2 AN7 OESPP	10	I/O I O	ST A -	Цифровий вхід/вихід Аналоговий вхід 7 Вихід включення SPP
VDD	11,32	P	-	Живлення для логіки і портів вводу/виводу
VSS	12,31	P	-	Загальний провід для логіки та портів вводу/виводу
OSC1/CLK1 OSC1 CLK1	13	I I	A A	Підключення резонатора або вхід зовнішніх тактів Кристал резонатора або вхід зовнішніх тактових імпульсів Тільки вхід зовнішніх тактів; завжди асоційований з функцією виводу OSC1 (див. також вивід OSC2)

OSC12/CLKO/RA6	14			
OSC2		O	-	Підключення резонатора або вхід тактових імпульсів
CLKO		O	-	Підключений до кварцу в режимі кварцового генератора
RA6		I/O	TTL	Вихід імпульсів частотою $\frac{1}{4}$ від вхідної на OSC1 Порт вводу-виводу загального призначення
RC0/T1OSO/ T13CKI RC0 T1OSO T13CKI	15	I/O O I	ST - ST	Цифровий вхід/вихід Вхід генератора Timer1 Вхід зовнішнім імпульсів Timer1/ Timer3
RC1/T1OSI/CCP2/ UOE RC1 T1OSI CCP2 UOE	16	I/O I I/O -	ST CMO ST -	Цифровий вхід/вихід Вхід генератора Timer1 Вхід Capture2/вихід Compare2/вихід PWM2 Вихід ОЕ зовнішнього USB-трансивера
RC2/CCP1/P1A RC2 CCP1 P1A	17	I/O I/O O	ST ST TTL	Цифровий вхід/вихід Вхід Capture1/вихід Compare1/вихід PWM1 Розширений вихід ШИМ CCP1, канал А
VUSB	18	O	-	Вихід вбудованого регулятора 3,3V USB
RD0/SPP0 RD0 SPP0	19	I/O I/O	ST TTL	Цифровий вхід/вихід Дані паралельного потокового порту
RD1/SPP1 RD1 SPP1	20	I/O I/O	ST TTL	Цифровий вхід/вихід Дані паралельного потокового порту
RD2/SPP2 RD2 SPP2	21	I/O I/O	ST TTL	Цифровий вхід/вихід Дані паралельного потокового порту

RD3/SPP3 RD3 SPP3	22	I/O I/O	ST TTL	Цифровий вхід/вихід Дані паралельного потокowego порту
RC4/D-/VM RC4 D- VM	23	I I/O I	TTL - TTL	Цифровий вхід/вихід Негативна дифлінія USB (вхід/вихід) Вхід VM зовнішнього USB-трансивера
RC5/D+/VP RC5 D+ VP	24	I I/O I	TTL - TTL	Цифровий вхід/вихід Позитивна дифлінія USB (вхід/вихід) Вхід VP зовнішнього USB-трансивера
RC6/TX/CK RC6 TX CK	25	I/O O I/O	ST - ST	Цифровий вхід/вихід Асинхронна передача EUSART Синхронні такти EUSART (див. RX/DT)
RC7/RX/DT/SDO RC7 RX DT SDO	26	I/O I I/O O	ST ST ST -	Цифровий вхід/вихід Асинхронний прийом EUSART Синхронні дані EUSART (див. RX/DT) Вихід даних SPI
RD4/SPP4 RD4 SPP4	27	I/O I/O	ST TTL	Цифровий вхід/вихід Дані паралельного потокowego порту
RD5/SPP5/P1B RD5 SPP5 P1B	28	I/O I/O O	ST TTL -	Цифровий вхід/вихід Дані паралельного потокowego порту Вихід розширеного ШИМ ССР1, канал В
RD6/SPP6/P1C RD6 SPP6 P1C	29	I/O I/O O	ST TTL -	Цифровий вхід/вихід Дані паралельного потокowego порта Вихід розширеного ШИМ ССР1, канал С

RD7/SPP7/P1D RD7 SPP7 P1D	30	I/O I/O O	ST TTL -	Цифровий вхід/вихід Дані паралельного потокowego порту Вихід розширеного ШИМ ССР1, канал D
RB0/AN12/INT0/ FLT0/SDI/SDA RB0 AN12 INT0 FLT0 SDI SDA	33	I/O I I I I I/O	TTL A ST ST ST ST	Цифровий вхід/вихід Аналоговий вхід 12 Зовнішнє переривання 0 Вхід помилки ШИМ (модуль ССР1) Вхід даних SPI Вхід/вихід даних I2C
RB1/AN10/INT1/ SCK/SCL RB1 AN10 INT1 SCK SCL	34	I/O I I I/O I/O	TTL A ST ST ST	Цифровий вхід/вихід Аналоговий вхід 10 Зовнішнє переривання 1 Вхід/вихід синхроімпульсів для режиму SPI Вхід/вихід синхроімпульсів для режиму I2C
RB2/AN8/INT2/ VMO RB2 AN8 INT2 VMO	35	I/O I I O	TTL A ST -	Цифровий вхід/вихід Аналоговий вхід 8 Зовнішнє переривання 2 Вихід VMO USB- трансивера
RB3/AN9/CCP2/ VPO RB3 AN9 CCP2(1) VPO	36	I/O I I/O O	TTL A ST -	Цифровий вхід/вихід Аналоговий вхід 9 Вхід Capture2/вихід Compare2/вихід PWM2
RB4/AN11/KBI0/ CSSPP RB4 AN11 KBI0 CSSPP	37	I/O I I O	TTL A TTL -	Цифровий вхід/вихід Аналоговий вхід 11 Вивід переривання по зміні стану Вихід сигналу вибору кристалу SPP

RB5/KBI1/PGM RB5 KBI1 PGM	38	I/O I I/O	TTL TTL ST	Цифровий вхід/вихід Вихід переривання по зміні стану Включення низьковольтного програмування ICSP
RB6/KBI2/PGC RB6 KBI2 PGC	39	I/O I I/O	TTL TTL ST	Цифровий вхід/вихід Вихід переривання по зміні стану Внутрішньосхемна відладка і тактування ICSP
RB7/KBI3/PGD RB7 KBI3 PGD	40	I/O I I/O	TTL TTL ST	Цифровий вхід/вихід Вихід переривання по зміні стану Внутрішньосхемна відладка і дані ICSP

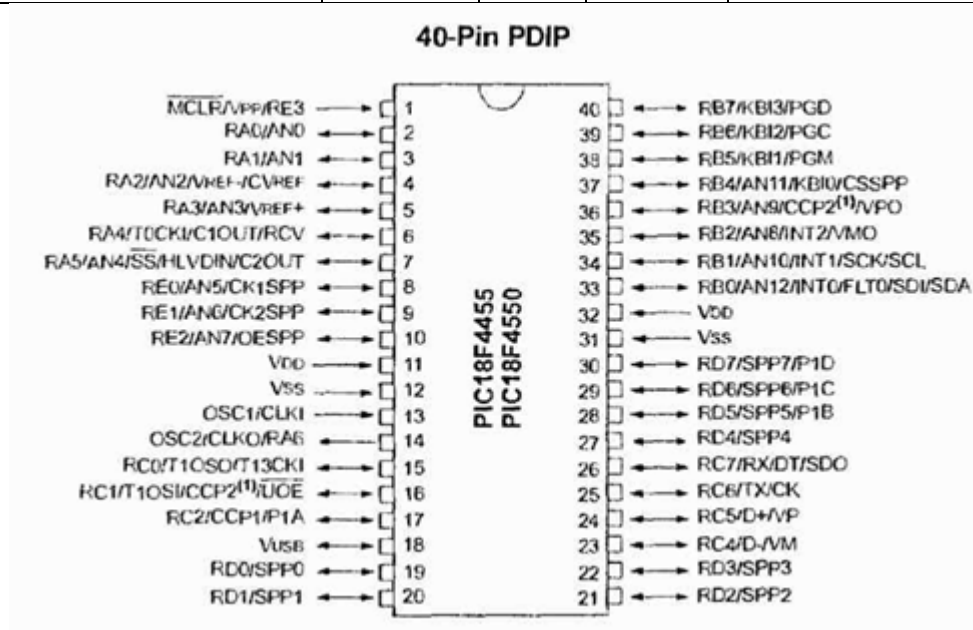


Рис.2.2. Розташування виводів корпусів типу DIP

АВК для контролю параметрів реле має модульний принцип побудови, при якій всі блоки з'єднуються між собою за допомогою системної шини. Ця побудови АВК забезпечує гнучкість при розширенні функціональних можливостей, і збільшує ефективність і економічність всієї системи. Блок інтерфейсу формує спрощений варіант шини стандарту VMEbus, найбільш широко вживаний в промисловій автоматичі.

2.3. Блок програмно-керованого джерела живлення

Блок програмно-керованого джерела живлення потрібен в АВК для реалізації алгоритмів виміру напруги спрацьовування і напруги відпадання нейтральних реле залізничної автоматики згідно з технологічного процесу перевірки і ремонту реле на РТД.

На обмотку реле приходять напруга (струм), яка змінюється по алгоритму, який виконується пристроєм керування. Також контролюється стан контактів реле. Якщо фронтові або тильові контакти замкнуться, зміна напруги на обмотці реле закінчиться і фіксується його значення, яке і береться за параметр напруг спрацьовування або відпадання. В цьому блоці цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), можливо виконати будь-які алгоритми керування напругою і виключити непродуктивні витрати часу при вимірі напруг спрацьовування і відпадання реле.

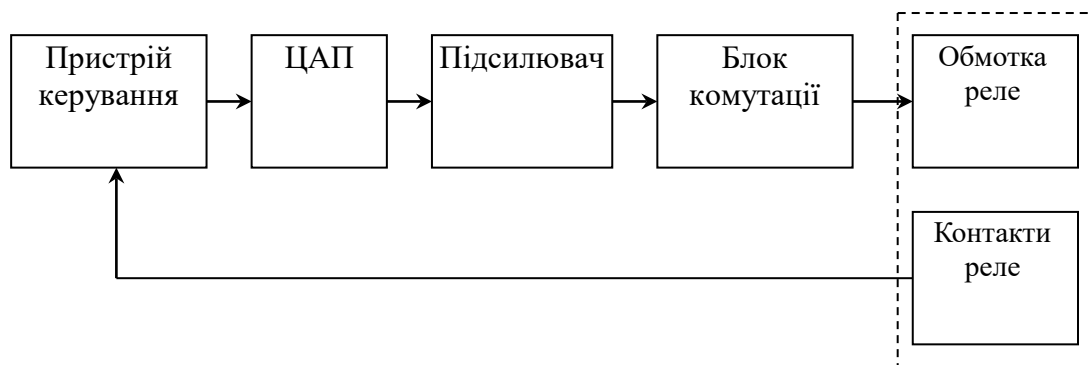


Рис. 2.3 Структурна схема блоку програмно-керованого джерела живлення

Блок ввімкнений до системної шини через оптрони, що дають гальванічну розв'язку блоку від інших пристроїв АВК для контролю параметрів реле. Оптронна розв'язка дає змогу уникнути підключення реле до комп'ютера, що збільшує перешкодостійкість АВК, та зменшує можливість виходу з ладу комп'ютера і решти блоків АВК, у разі підключення несправного реле.

Основу блоку програмно-керованого джерела живлення складає 10 - розрядний перемножуючий ЦАП К572ПА1, що потрібен для перетворення 10 - розрядного паралельного двійкового коду в аналоговий струм, пропорційний значенням коду і опорної напруги. ЦАП виконано за КМОП технологією на базі матриці резисторів типу R - 2R. Мікросхема ЦАП К572ПА1 потрібна для перетворення 10-ти розрядного паралельного двійкового коду на цифрових входах в

струм на аналоговому виході, який пропорційний значенням коду і опорної напруг. До мікросхеми входить матриця, резистора $R-2R$, підсилювачі-інвертори, для керування струмовими ключами, струмові двопозиційні ключі, зроблені на КМОП транзисторах. Вхідний струм задається зовнішнім джерелом опорної напруги і послідовно поділяється у вузлах релейної матриці $R-2R$ по двійковому закону. Двійковий закон розподілу струмів в гілках матриці, резистора, виконується за умови рівності потенціалів виходів I_1 і I_2 . Це робиться завдяки підключенням виходу I_1 до інвертуючого входу ОП, охопленого негатив зворотним зв'язком. Неінвертуючий вхід ОП з'єднується з виходом I_2 і з шиною аналогової землі. Так здійснюється перетворення струму на виході I_1 у пропорційну йому напругу на виході ОП.

Вибір даного ЦАП був обумовлений його наступними перевагами:

- висока точність перетворення (диференціальна нелінійність складає $\pm 0,1 \%$);
- мала споживана потужність (струм споживання не більше 2 мА);
- висока швидкодія (час встановлення вихідного струму не більше 5 мкс).

Напруга на виході програмно-керованого джерела живлення 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, 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 визначається виразом:

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

де $U_{оп}$ – опорна напруга, яка приходить на вхід матриці $R-2R$ ЦАП, R – значення опору матриці $R-2R$ ЦАП, R_{oc} – значення опору ланцюга зворотного зв'язку ЦАП, що є сумою значень внутрішнього опору зворотного зв'язку самого ЦАП і зовнішнього опору зворотного зв'язку.

З виразів (2.1) і (2.2), максимальна вихідна напруга визначається двома складовими: значенням опорної напруги і значенням співвідношення R_{oc}/R . Згідно з технічними характеристиками ЦАП K572ПА1, опорна напруга не може бути

більше 15 В, саме тому максимальний діапазон вихідної напруги встановлюється за зміною значення зовнішнього опору ланцюга зворотного зв'язку. Зокрема, при опорній напрузі $U_{оп} = -10,24$ В і опорі зворотного зв'язку $R_{oc} = 50$ кОм, максимальна напруга на виході буде рівне 51,15 В.

З виразу (2.2), що для того щоб отримати мінімальної похибки перетворення цифрового коду в аналоговий сигнал, потрібно мати стабільне значення опорної напруги. Для цього в блоці програмно-керованого джерела живлення є високо стабільне джерело опорної напруги (ДОН) на операційному підсилювачі (рис. 2.4.а).

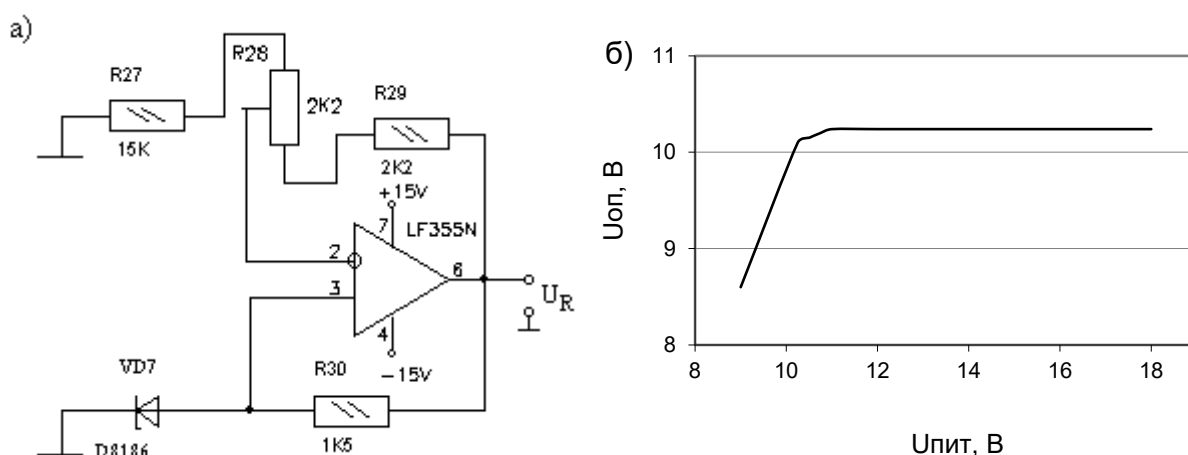


Рис. 2.4 Джерело опорної напруги для ЦАП: а - принципова схема ДОН; б - залежність вихідної напруги ДОН від напруги живлення

Як видно з рисунка 2.4.б. вихідна напруга ДОН на операційному підсилювачі залишає стабільне значення 10,24 В при коливаннях напруги живлення в діапазоні від 11 до 18 В, при цьому перекис позитивної і негативної напруг живлення операційного підсилювача може досягати до 7 В. Використання даного ДОН дає достатньо високу точність роботи ЦАП К572ПА1.

2.4. Блок вимірювання часових параметрів реле

Блок вимірювання часових параметрів реле застосовується в АВК для виміру часових інтервалів у діапазоні від 65 мс до 70 хвилин з точністю ± 2 мкс ÷ 65 мс.

Структурна схема вимірювання часових параметрів реле - приведена на рис. 2.5.

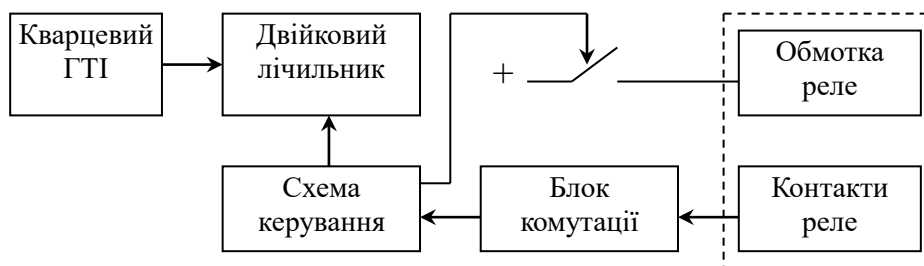


Рис. 2.5. Структурна схема блоку вимірювання часових параметрів реле

Схема керування вмикає (вимикає) ключ, який подає напругу на обмотку реле та сигнал дозволу на роботу лічильника. Лічильник рахує імпульси, що поступають з генератора тактових імпульсів (ГТІ), робота якого для збільшення влучності вимірювання часових інтервалів стабілізується кварцовим резонатором. Блок комутації, в залежності від обраного режиму, підключає в схему керування потрібні контакти реле. Після зміни стану контактів – схема керування зупиняє роботу лічильника, а результат вимірювання часового параметру зчитується з лічильника у двійковому коді для подальшого оброблення.

Контакти перевіряемого реле підключені до блоку через оптрони, в результаті чого, між АВК та перевіряємим реле повністю відсутній гальванічний зв'язок. Сигнали про логічний стан контактів, після оптронів поступають на тригери Шмідта, що забезпечує більш круті фронти імпульсів при перемиканні контактів.

У якості пристрою керування в даному блоці використовується однокристална ЕОМ (OEOM) типа MCS - 51. OEOM MCS - 51 дозволяє контролювати логічний стан восьми фронтових і восьми тилових контактів, а також генерувати керуючі сигнали, для програмуемого інтегрального таймеру, у відповідності до алгоритму вимірювання заданого часового параметру. Вибір режиму вимірювання часового параметру реле здійснюється за командою «ZAPROS», яка поступає через системну шину з блоку інтерфейсу. По цій команді, через порт P0, в OEOM записується номер режиму вимірювання, а також кількість фронтових і тилових контактів, перевіряемого реле. Програмне забезпечення OEOM підтримує двадцять різних режимів вимірювання часових параметрів реле.

При зміні часу спрацьовування та часу відпускання реле, у якості команди про початок вимірювання використовується сигнал «RELE», який поступає з блоку програмно – керованого джерела живлення. У якості команди про закінчення

вимірювання – виступає визначена комбінація контактів реле. Комутація контактів здійснюється програмно, всередині ОЕОМ, в залежності від обраного режиму вимірювання. Програмна комутація контактів має великі функціональні можливості при мінімальних апаратних затратах. Наприклад, можна контролювати як замикання, так і розмикання контактів, можна також фіксувати значення одного контакту, всіх одразу чи будь-якої комбінації контактів. При вимірюванні часу перельоту контактів і неодночасності замикання контактів сигналами початку та закінчення вимірювання виступають комбінації стану фронтів та тилівих контактів. Застосування ОЕОМ у блоці вимірювання часових параметрів, дозволяє значно скоротити кількість корпусів інтегральних мікросхем (ІМС), отже скоротяться розміри печатної плати.

Безпосереднє вимірювання часового інтервалу здійснюється програмованим інтервальним таймером K580ВІ53, який має три незалежних 16-розрядних вираховуючих лічильника, працюючих на максимальній частоті 2 МГц. У даному блоці використовуються два лічильника: 0 лічильник – у режимі програмної затримки; 1 лічильник – у режимі ГТІ. Вимірювання часового інтервалу здійснюється нульовим лічильником, роботою якого керує ОЕОМ за допомогою сигналу «START». Перший лічильник увімкнено між кварцовим генератором і нульовим лічильником, і виконує функції програмно - керованого переддільника, тобто задає максимальний інтервал вимірювання часового параметру та точність. Якщо виміряний інтервал часу виявиться більше заданого максимального інтервалу, то відбудеться переповнення нульового лічильника, і на його виході з'явиться сигнал «OVER». Активізація керуючого сигналу «OVER» на системній шині приведе до того, що перший лічильник автоматично збільшить величину максимального інтервалу, і алгоритм вимірювання часового параметру знову повториться.

Для контролю логічного стану фронтів і тилівих контактів іншими блоками АВК до складу блоку вимірювання часових параметрів реле входять два 8-розрядних буферних регістри, які дозволяють підключити контрольовані контакти до системної шини даних.

Вимірювання часових інтервалів T_x здійснюється шляхом підрахування кількості імпульсів N , які поступають на вхід лічильника за вимірюваний інтервал і які виробляються кварцовим генератором з періодом t_0 :

$$T_x = N \cdot t_0 \quad (2.3)$$

Із формули (2.3), точність виміру часових інтервалів за допомогою лічильників залежить від стабільності частоти кварцового генератору. Таким способом вимірювання часових параметрів абсолютна похибка буде дорівнювати $\pm t_0$, а відносна похибка t_0 / T_x . Максимальна відносна похибка виміру інтервалів визначається за наступною формулою:

$$\delta \leq \pm \left(\delta_{t_0} + \frac{t_0}{T_x} \right) \cdot 100, \quad (2.4)$$

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

Для формування вірцевих часових інтервалів потрібен електронний частотомір. Він дозволяє робити імпульсні сигнали з довжиною від 0,1 мкс до 10 с і маючого відносну похибку частоти внутрішнього кварцового генератору $\pm 10^{-7} \%$. Результати вимірювання приведені в таблиці 2.2, де T_0 – інтервал, який виробляє частотомір, dT – абсолютна похибка, яка дорівнює довжині періодів кварцового генератору.

Таблиця 2.2 - 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 (2.4), з урахуванням зміни частоти кварцового генератору АВК для контролю параметрів реле. Випробування виявили, що максимальна відносна похибка вимірювання часових інтервалів не перевищує 0,003%. Згідно з існуючою технологією вимірювання часу підйому та відпускання реле здійснюється механічним секундоміром ПВ-53Щ (точністю ± 10 мс), або

цифровим вимірювачем часових параметрів реле Ф291 (точністю ± 1 мс). З таблиці 2.2, використання АВК дає змогу зменшити похибку вимірювання часових параметрів реле залізничної автоматики.

3. МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

3.1. Структура блоку вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики

Структурно схема блоку виміру механічних параметрів реле залізничної автоматики складається з:

- логічного аналізатора;
- пристрою управління;
- програмного таймера;
- аналого-цифрового перетворювача (АЦП);
- генератора тактових імпульсів (ГТІ);
- персонального комп'ютера - ПК IBM PC;
- Д1 – оптичного датчика переміщення якоря;
- Д2 – датчика зупинки якоря.

Вимірювання механічних параметрів реле дає змогу оцифровувати аналогові сигнали, що приходять на вхід блоку, і перевірити логічний стан фронтів і тилових контактів реле. Оцифрований сигнал та інформація про стан контактів реле зберігаються в буферній пам'яті (ОЗП).

На вході блоку є схема узгодження на операційних підсилювачах, що забезпечує високий вхідний опір блоку, захищаючи вхід АЦП від перевантажень напругою. Квантування аналогового сигналу виконується 10-розрядним АЦП К1113ПВ1 з діапазоном вхідної напруги від 0 до 10,23 В, що дозволяє квантувати сигнал з кроком 10 мВ. Частота дискретизації сигналу встановлюється програмованим інтервальним таймером К580ВІ53 з мінімальним інтервалом дискретизації 25 мкс.

Перехідний процес при вмиканні реле триває не більше 400 мс, що дозволяє при кроці дискретизації 100 мкс і об'ємі ОЗП вісім кілобайт запам'ятати 4096 значень оцифрованого сигналу. Це набагато перевищує роздільну здатність більшості осцилографів з пам'яттю. Пристрій управління блоком вимірювання механічних параметрів реле виконаний на базі ОЕОМ MCS-51, яка виконує функції управління буферною пам'яттю, роботою таймера, а також режимами роботи АЦП.

3.2. Принципова схема блоку вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики

Вимірювання механічних параметрів реле (блок-схема блоку наведена у додатку Б) може працювати в двох режимах:

- запис в оперативну пам'ять, тобто перетворення аналогового вхідного сигналу в цифровий код і його збереження в ОЗП;
- зчитування з ОЗП, тобто передача вмісту ОЗП на комп'ютер для подальшої обробки.

Вибір режиму роботи блоку здійснюється за допомогою команд «WR_RAM» і «RD_RAM» від блоку інтерфейсу через системну шину. Перед входом в режим запису ОЗП частота дискретизації аналогового сигналу завантажується в програмований таймер. Для синхронізації початку запису в оперативну пам'ять аналогового сигналу і напруги живлення обмотки реле використовується сигнал «RELE», який надходить від програмно керованого джерела живлення.

Після отримання сигналу «RELE» комп'ютер формує сигнал «СТАРТ», який запускає нульовий лічильник таймеру K580BI53, а також формує адресу першої чарунки пам'яті. Таймер K580BI53 виробляє сигнал «АЦП» з інтервалом дискретизації, який надходить на вхід керуючого АЦП, і запускає процес перетворення аналогового сигналу в пропорційний цифровий код. Наприкінці процесу перетворення на виході керуючого АЦП відобразиться сигнал наявності даних «ГОТОВО», який надходить до комп'ютера. На основі цієї команди мікроконтролер MCS-51 виконує алгоритм запису вибірки сигналу в оперативну пам'ять. Оскільки шина даних RAM є 8-розрядною, шина даних АЦП і логічний стан контактів записуються за два цикли через два мультиплексори 2x1. Мультиплексори керуються комп'ютером за допомогою сигналу «T0». Наприкінці циклу запису зразка мікроконтролер генерує адресу комірки пам'яті для наступного зразка і чекає повторення сигналу «READY». Процес запису в RAM закінчується, коли записується останній зразок аналогового сигналу. Кількість вибірок можна встановити програмно або за замовчуванням, щоб заповнити весь обсяг буфера ОЗП.

У режимі читання з ОЗП значення аналогового сигналу і логічного стану контактів в цифровому вигляді передається в комп'ютер для обчислення механічних параметрів реле по заданих алгоритмах. Управління даним режимом роботи блоку здійснюється комп'ютером, на яку покладаються функції формування адрес елементів пам'яті ОЗП і сигналу «PRD», що управляє (читання з ОЗП). З'єднання шини даних ОЗП з системною шиною здійснюється через буферний регістр, управління яким здійснюється за допомогою сигналів «PE» і «RXD», що формуються ОЕОМ MCS-51.

Напівпровідникова БІС функціонально завершеного АЦП типу К1113ПВ1 призначена для використання в електронній апаратурі у складі блоків аналогового вводу. Мікросхема виконує функцію 10-розрядного аналогово-цифрового перетворювача у паралельний двійковий код. Вона містить усі функціональні вузли АЦП послідовного наближення: КН (ключі напруги), цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), регістр послідовного наближення (РПН), джерело опорної напруги (ДОН), ГТІ, вихідний буфер регістр з трьома станами, схеми управління. Для її експлуатації необхідні тільки дві джерела живлення та регульовальні резистори. Вихідні каскади з трьома станами дозволяють зчитувати результат перетворення безпосередньо на шину даних мікропроцесорної системи (МПС). Декілька АЦП можуть обслуговувати одну МПС та навпаки. За рівнями входних і вихідних логічних сигналів АЦП сполучається із цифровими ТТЛ ІС.

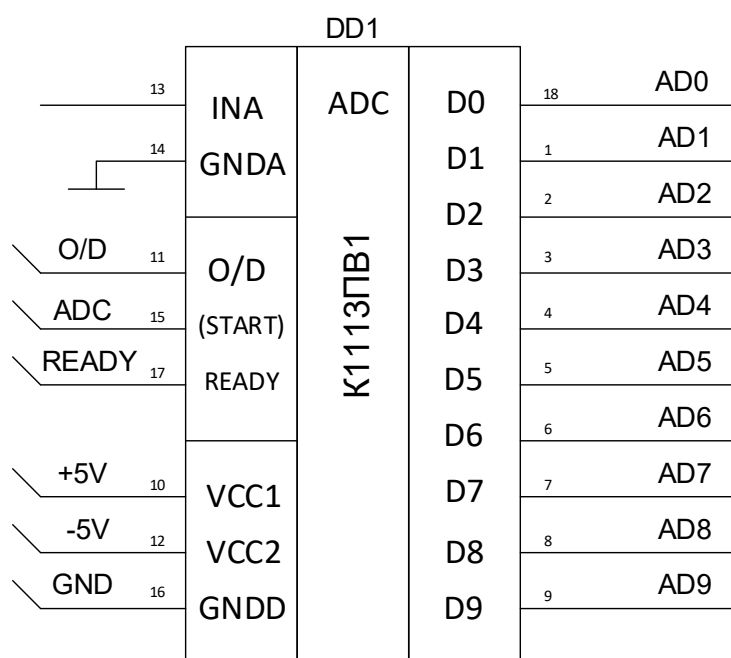


Рис. 3.1. Умовне графічне позначення АЦП К1113ПВ1

Мікросхеми K113ПВ1 виготовляються за біполярною технології, модифікованої для сумісного формування на кристалі біполярних транзисторів, а також елементів інжекційної логіки та тонкоплівкових прецизійних резисторів. Технологія дозволяє розмістити в одній БІС велику кількість цифрових елементів та виконати аналогові вузли із високим рівнем параметрів. У процесі виробництва здійснюється налаштування АЦП до вимагаємих значень електричних параметрів шляхом припасування опір тонкоплівкових резисторів лазерним променем.

Призначення виводів АЦП K1113ПВ1:

- D0-D9 (1-9, 18) - цифрові виходи;
- VCC1 (10) - напруга джерела живлення U_{cc1} ;
- O/D (11) – гасіння та перетворення;
- VCC1 (12) – напруга джерела живлення U_{cc2} ;
- INA (13) – аналоговий вихід;
- GNDA (14) – загальний (аналогова земля);
- START (15) – управління зсувом нуля;
- GNDD (16) – загальний (цифрова земля);
- READY (17)- готовність даних.

Основні параметри АЦП K1113ПВ1:

- число розрядів – 10 (рівні TTL-сигналу);
- діапазон вхідних сигналів: уніполярний: 0 ... 10,5 В;
- біполярний: -5,5... + 5,5 В;
- напруга живлення $U_{cc1} = +5 \text{ В} \pm 5 \%$;
- напруга живлення $U_{cc2} = -15 \text{ В} \pm 5 \%$;
- струм споживання: по ланцюгу $U_{cc1} = 10 \text{ мА}$, по ланцюгу $U_{cc2} = 20 \text{ мА}$;
- час перетворення: 25 мкс (частота дискретизації $F = 40 \text{ кГц}$);
- вхідний опір: 10 кОм.

У БІС K113ПВ1 вихідний струм ЦАП порівнюється з током, що протікає через вхідний резистор від джерела сигналу. Тим самим формується логічний сигнал управління РПП. Стабілізація розрядних струмів ЦАП здійснюється вбудованим ІОН на основі стабілітрона зі «схованою» структурою.

Включення АЦП в режимі роботи з уніполярним вхідною напругою передбачає приєднання виводу 15 до цифрової землі (вихід 16). При цьому на

виході будованого ЦАП задається струм, рівний струму СР, по протилежної полярності. Під час роботи АЦП з біполярною вхідною напругою електричні сигнали на виходах 15 не подаються.

Тактування РПП забезпечується імпульсами вбудованого ГТІ з частотою прямування 300-400 кГц. Встановлення РПП у похідний стан і запуск його в режим перетворення виконується за зовнішнім сигналом гасіння та перетворення. Після закінчення перетворення АЦП виробляє сигнал готовності даних та інформація з РПП надходить на цифрові виходи через каскади з трьома станами.

3.3. Метод визначення механічних параметрів реле залізничної автоматики

Для конструкції пристроїв, що забезпечують безпеку руху поїздів, використовуються електромагнітні реле першокласної надійності залізничної автоматики. Для забезпечення надійної та безвідмовної роботи реле першого класу надійності експлуатуються з урахуванням особливих експлуатаційно-технічних вимог (ЕТВ). Щоб забезпечити відповідність ЕТВ, реле періодично перевіряють і регулюють у всьому діапазоні параметрів. Існуюча технологія регулювання параметрів реле залізничної автоматики не забезпечує необхідної якості обслуговування пристроїв залізничної автоматики, морально та технічно застаріла та потребує великої кількості ручних операцій, що тягне за собою значну кількість часу на керування реле. Статистичні дослідження, проведені на кафедрі АТЗ ДІТ, показали, що до 10% реле першого класу надійності вводиться в експлуатацію з порушенням ЕТВ. Резерви підвищення якості випробувань реле та продуктивності при використанні існуючої технології практично вичерпані, тому завдання автоматизації процесу вимірювання параметрів електромагнітних реле залізничної автоматики є актуальним.

В даний час контактний тиск вимірюється вручну за допомогою графометра тимчасового типу Г-10-60. Контактний тиск вимірюється шляхом потягування переднього або заднього контакту генерала і зчитування показань при відкритті. Статистичні спостереження показують, що недоліком цього методу вимірювання контактного тиску є досить велика похибка (до 30%), що пов'язано як із суб'єктивністю визначення показань, так і з похибкою графометра. Вже зроблено спроби вирішити проблему автоматизації контактного вимірювання тиску реле

залізничної автоматики. Наприклад, він запропонував метод вимірювання контактного тиску електромагнітних реле, побудований на основі поточного положення якоря вихрового датчика. Недоліком цього методу було те, що використання зовнішнього датчика дозволяло створити лише напіваавтоматичну опору, оскільки датчик вимагав індивідуального калібрування та налаштування для кожного вимірюваного реле. Крім того, обробку інформації проводили в аналоговій формі, що знижувало точність результатів. Запропоновано також спосіб вимірювання тиску задніх контактів, заснований на залежності сили струму в котушці реле, на початку якоря під час шунта обмотки, від значення тиску задніх контактів. Недоліком цього методу є те, що він не дозволяє ні вимірювати тиск передніх контактів реле, ні визначити значення тиску для кожного контакту реле.

При вимірюванні контактного тиску за допомогою грамометру похибка складає

$$\Delta P_K = \Delta P_0 + \Delta F_0 + \Delta C, \approx 26\%, \quad (3.1)$$

де, $\Delta P_0, \Delta F_0$ – за рахунок порушення соосних ліній прикладання штока грамометра; ΔC – це відхилення постійного грамометру від номінального значення.

Статистичні дослідження показали, що відносна похибка вимірювання параметру (зазорів) складає: $2 \Delta m / x = 0,045 / 1,45 \approx 4\%$, ($2 \Delta m = 0,15T = 0,045$ мм; $F=0,3$ мм; фізичний зазор $1,45+0,3$ мм).

Мною пропонується нова методика визначення контактного тиску для реле залізничної автоматики типу НМШ и РЭЛ, яка базується на програмній обробці даних, отриманих за допомогою пристрою вводу аналогових сигналів в комп'ютер, який забезпечує одночасну реєстрацію часових діаграм стану контактів, а також положення якоря реле від часу $\delta(t)$. Пристрій підключається до комп'ютера через USB-порт і дозволяє оцифрувати аналогові сигнали по 32 каналами з частотою дискретизації 5 кГц по кожному каналу. Визначення положення якоря реле здійснюється за допомогою оптичного датчика. Для обробки отриманих даних використовується числові методи, які дуже добре реалізуються програмно на сучасній обчислювальній техніці.

Вихідні дані:

1). Зазор між якорем і сердечником при вмиканні реле (отримані за допомогою оптичного датчика) – $x = f(t)$:

$$\delta_0 := \delta[14]; \delta_0 = 157,42; \delta_{\max} := \delta[0]; \delta_{\max} = 2,003 \times 10^3; x_i := \delta_{\max} - \delta_i$$

t	0	3	6	9	15,4	40	46,8	55,2	61,6	64	70,4	76,6	77,2	79,4	87	93,6	100
δ	2002,68	2002,68	2002,68	2002,68	1995,98	1856	1758,21	1639,66	1518,43	1456,14	1209	805,11	754,87	575,37	157,42	187,57	160,1

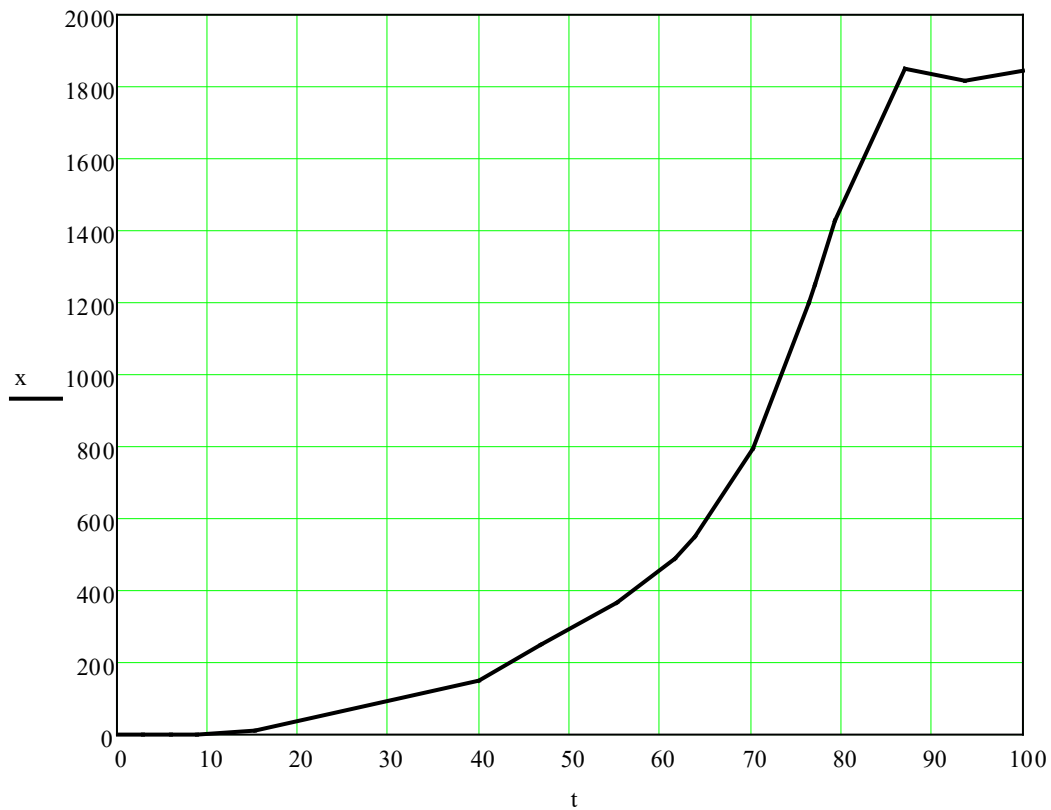


Рис. 3.2. Зазор між якорем і сердечником при вмиканні реле

t – час, мс;

δ – зазор між якорем та сердечником, мкм;

x – переміщення якоря, мкм;

δ_0 – залишковий зазор, мкм;

$\delta_{\max}$ – максимальний зазор, мкм.

2). Моменти замикання фронтів і розмикання тилових контактів при вмиканні реле (часова діаграма стану контактів):

$$T1 := \delta_1(46,8) \quad T1 = 1,758 \cdot 10^3; \quad F1 := \delta_1(77,2) \quad F1 = 754,87$$

$$T2 := \delta_1(55,2) \quad T2 = 1,64 \cdot 10^3; \quad F2 := \delta_1(70,4) \quad F2 = 1,209 \cdot 10^3$$

$$T3 := \delta_1(64) \quad T3 = 1,456 \cdot 10^3; \quad F3 := \delta_1(79,4) \quad F3 = 575,37$$

$$T4: = \delta_1(61,6) \quad T4 = 1,518 \cdot 10^3; \quad F4: = \delta_1(76,6) \quad F4 = 805,11$$

3). Конструкція і параметри контактів:

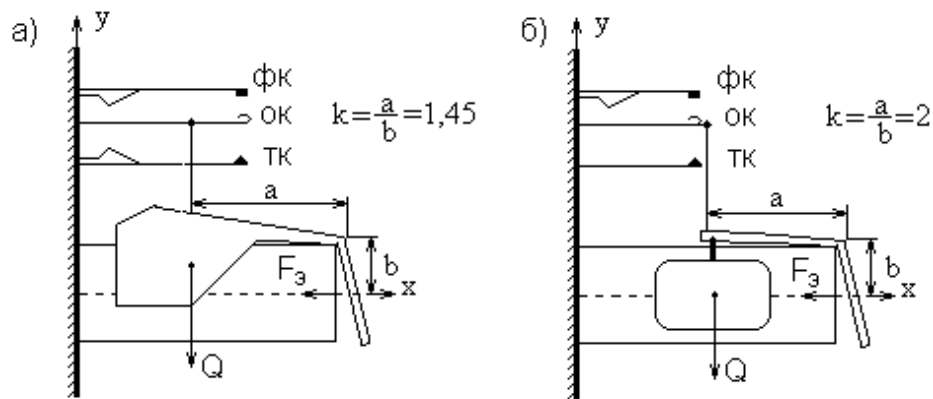


Рис. 3.3. Конструкція контактної системи: а – реле НМШ; б – реле РЭЛ

Контактна пружина в реле НМШ і РЭЛ є пружною балкою, закладеною одним кінцем і навантажену зосередженою силою F на відстані x_F від місця закладення пружини (рис. 3.12). Прогин контактних пружин порівняно з їх довжиною малий і не виходить за межі пружної деформації, тому для розрахунків можна використовувати теорію вигину пружної балки.

У місці додатку сили F величина вигину контактної пружини буде рівна:

$$\Delta y_F = F \cdot c_1, \quad (3.2)$$

де, c_1 – жорсткість контактної пружини на одиницю сили, яка визначається наступною формулою:

$$c_1 = \frac{x_F^3}{3 E J} \quad (3.3)$$

E – модуль пружності матеріалу (контактні пружини в реле НМШ і РЭЛ виготовляються з фосфористої бронзи з $E = 11104 \text{ Н/мм}^2$), J – момент інерції пружини, x_F – відстань від місця закладення пружини до місця додатку сили F .

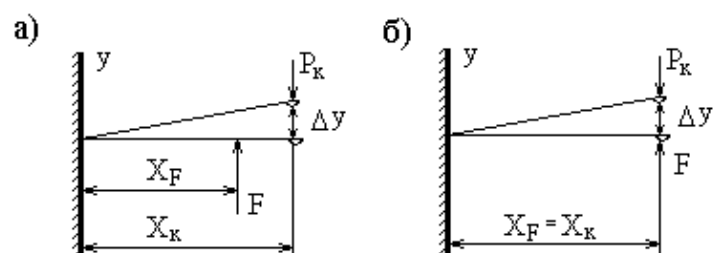


Рис. 3.4. Пружина загального контакту: а – реле НМШ б – реле РЭЛ

Момент інерції перетину плоскої пружини рівний:

$$J = \frac{bh^3}{12} \quad (3.4)$$

де, b – ширина пружини, h – товщина пружини.

Прогин плоскої пружини в будь-якій точці сили, що знаходиться зліва від точки додатку, на відстані $x_1 < x_F$, буде рівний:

$$\begin{aligned} \Delta y_{x_1} &= F \cdot c_2, \\ c_2 &= \frac{x_1^2 (3x_F - x_1)}{6EJ}, \end{aligned} \quad (3.5)$$

де, x_1 – відстань від місця кріплення пружини до точки вигину пружини.

Прогин пружини в точці, розташованій праворуч від точки додатку сили ($x_2 > x_F$) визначається наступною формулою:

$$\begin{aligned} \Delta y_{x_1} &= F \cdot c_3, \\ c_3 &= \frac{x_F^2 (3x_2 - x_F)}{6EJ}. \end{aligned} \quad (3.6)$$

Константа для контактів, Н/м ($1\text{Н}=0,102\text{ кг або }102\text{ гр.}$):

- $C_0 = 180,8$ для загального контакту;
- $C_f = 257,72$ для фронтового контакту;
- $C_t = 207$ для тилового контакту.

Коефіцієнт передачі між ходом якоря та ходом контакту в реле НМШ:

$$L_{ki} = L_k \cdot x \quad L_k = 1,34 \cdot 52/36 \quad L_k = 1,936$$

$m_p = 0,126$ кг приведена вага якоря реле НМШ-2.

Алгоритм розрахунку контактного тиску

1). Визначається загальний шлях контактів (порівнявши $x(t)$ і контактну хронограму). Для визначення в будь-який момент стану контактів і положення якоря за дискретними значеннями використовується лінійна інтерполяція за методом Лагранжа, яка завжди з точністю проходить через вузлові точки, отримані вимірювальним приладом. Комбінуючи положення якоря реле та тимчасові діаграми стану контактів, можна визначити сумісний шлях заднього і переднього контактів, а також відстань між переднім і заднім контактами під час польоту загальних контактів. у кожній групі контактів. Визначення координат розмикання задніх контактів і замикання передніх контактів:

- L_{tn} – спільний хід тилових контактів, мкм;

- L_{fn} - спільний хід фронткових контактів, мкм;

- L_{tfn} – переліт контактів, мкм;

- n – номер контакту.

Перевірка: $L_{tn} + L_{fn} + L_{tfn} + \delta_0 = \delta_{max}$,

де δ_{max} – максимальна відстань між якорем і сердечником; δ_0 – залишковий зазор.

Перша група контактів 1ФТ:

$$L_{t1} = \delta_{max} - T1 \quad L_{t1} = 474,32 \text{ мкм}$$

$$L_{f1} = F1 - \delta_0 \quad L_{f1} = 597,45 \text{ мкм}$$

$$L_{tf1} = T1 - F1 \quad L_{tf1} = 1,003 \cdot 10^3 \text{ мкм}$$

$$L_{t1} + L_{f1} + L_{tf1} + \delta_0 = 2,003 \cdot 10^3 \text{ мкм.}$$

Друга група контактів 2ФТ:

$$L_{t2} = \delta_{max} - T2 \quad L_{t2} = 363 \text{ мкм}$$

$$L_{f2} = F2 - \delta_0 \quad L_{f2} = 1,052 \cdot 10^3 \text{ мкм}$$

$$L_{tf2} = T2 - F2 \quad L_{tf2} = 431 \text{ мкм}$$

$$L_{t2} + L_{f2} + L_{tf2} + \delta_0 = 2,003 \cdot 10^3 \text{ мкм.}$$

Третя група контактів 3ФТ:

$$L_{t3} = \delta_{max} - T3 \quad L_{t3} = 547 \text{ мкм}$$

$$L_{f3} = F3 - \delta_0 \quad L_{f3} = 417,95 \text{ мкм}$$

$$L_{tf3} = T3 - F3 \quad L_{tf3} = 880,63 \text{ мкм}$$

$$L_{t3} + L_{f3} + L_{tf3} + \delta_0 = 2,003 \cdot 10^3 \text{ мкм.}$$

Четверта група контактів 4ФТ:

$$L_{t4} = \delta_{max} - T4 \quad L_{t4} = 485 \text{ мкм}$$

$$L_{f4} = F4 - \delta_0 \quad L_{f4} = 647,69 \text{ мкм}$$

$$L_{tf4} = T4 - F4 \quad L_{tf4} = 712,89 \text{ мкм}$$

$$L_{t4} + L_{f4} + L_{tf4} + \delta_0 = 2,003 \cdot 10^3 \text{ мкм.}$$

2). Визначаємо F_9 шляхом диференціювання залежності $x(t)$:

Рівняння переміщення рухомої системи реле:

$$F_9 = mx'' + rx' + cx, \left[x'' = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} (x')^2 \right], \quad (3.7)$$

де, m - маса, приведена до вісі якоря; x – переміщення якоря, яке визначається датчиком переміщення; c – сила реакції пружин; визначення швидкості переміщення якоря $\dot{x}$; визначення прискорення якоря $\ddot{x}$ ”.

Електромагнітна сила притягання якоря визначається із рівняння руху якоря реле і залежить від прискорення якоря на приведену вагу, а також від протидіючої сили, яка створюється пружинами контактів. Прискорення якоря під час включення реле визначається шляхом визначення другої похідної функції $\delta(t)$ методом Рідера.

Перевірка. F_3 в момент розмикання останнього тилового контакту $= m_{\text{якоря}}$.

3) Визначення скритих ходів:

- для тилових контактів шляхом вирішення системи рівняння:

$F_{T1}, F_{T2}, F_{T3}, F_{T4}$ (враховуючи послідовність розмикання тилових контактів).

$$F_{T1} = a_1 + C_T * x_1; a_1 = 4 L_{T1}(C_T + C_0); x_1 = L_{TC1}$$

$$F_{T2} = a_2 + C_T * (x_1 + x_2); a_2 = (3C_T + 4C_0) L_{T2} + C_T L_{T1}; x_2 = L_{TC2}$$

$$F_{T3} = a_3 + C_T * (x_1 + x_2 + x_3); a_3 = (2C_T + 4C_0) L_{T3} + C_T (L_{T1} + L_{T2}); x_3 = L_{TC3}$$

$$F_{T4} = a_4 + C_T * (x_1 + x_2 + x_3 + x_4); a_4 = (C_T + 4C_0) L_{T4} + C_T (L_{T1} + L_{T2} + L_{T3}); x_4 = L_{TC4}$$

де, C_0 – постійна загального контакту; C_T – постійна тилового контакту; L_T – сумісний хід тилового контакту; L_{TC} – скритий хід тилового контакту.

- для фронтових контактів $F_{F1}, F_{F2}, F_{F3}, F_{F4}$:

$$F_{F1} = m + 4 C_0 [L_{FT1} - (L_{T4} - L_{T1})] + (C_F + 4C_0) [(L_{T2} + L_{FT2}) - (L_{T1} + L_{FT1})] + C_F * Y_1; Y_1 = L_{FC1}$$

$$F_{F2} = L_{F1} + (2C_F + 4C_0) [(L_{T3} + L_{FT3}) - (L_{T2} + L_{FT2})] + C_F * Y_2; Y_2 = L_{FC2}$$

$$F_{F3} = L_{F2} + (3C_F + 4C_0) [(L_{T4} + L_{FT4}) - (L_{T3} + L_{FT3})] + C_F * Y_3; Y_3 = L_{FC3}$$

$$F_{F4} = L_{F3} + (4C_F + 4C_0) L_{F4} + C_F * Y_4; Y_4 = L_{FC4}$$

де, L_F – сумісний хід фронтового контакту; L_{FT} – переліт між фронтовим та тилловим контактом; L_{FC} – скритий хід фронтового контакту.

4). Контактний тиск ΔP_K в реле НМШ і РЭЛ створюється попереднім натисненням регулювальних пластин на фронтові і тиллові контакти P_0 і силою реакції сумісного ходу контактних пружин P_K :

$$P_K = P_0 + \Delta P_K = c x_{скр} + c x_{совм} \quad (3.8)$$

де, c – жорсткість контактних пружин, $c x_{скр}$ – прихований хід контакту, який він би пройшов, якби він не спирався на регулювальну пластину, $c x_{совм}$ – сумісний хід фронтового (тилового) і загального контактів.

Визначення контактного тиску:

$$P_{\text{л}} = C_{\text{т}} * L_{\text{пов.к.тил.}}$$

$$L_{\text{пов.к.}} = L_{\text{спіл.ходу}} + L_{\text{скрит.ходу}}$$

$$P_{\text{фп}} = C_{\text{ф}} * L_{\text{пов.х.к.}} * \Phi_{\text{п}}$$

3.4. Визначення точності автоматизованого вимірювання контактного тиску

У таблицях 3.2 та 3.3 наведено узагальнені результати експериментальних вимірювань контактного тиску грамометром часового типу та результати розрахунків контактного тиску за запропонованою методикою для реле НМШ та РЕЛ відповідно. Оскільки грамометр часового типу дає високу похибку, для отримання більш достовірних результатів вимірювання контактного тиску для кожного контакту проводили 100 разів, після чого розраховували середнє значення. Для отримання розрахункових даних використано експериментальний зразок АВК для перевірки параметрів реле залізничної автоматики. Порівняльний аналіз цих результатів показав, що відхилення розрахункових і вимірних значень контактного тиску не перевищує 5% для передніх контактів і 3% для задніх контактів. Похибка визначення тиску задніх контактів менша, оскільки вага арматури відома точно, а при визначенні тиску передніх контактів необхідно розрахувати електромагнітну силу тяжіння F_e арматури, яка збільшується.

Даний метод дозволяє вирішити комплексне завдання автоматизації вимірювання механічних параметрів електромагнітних реле без зняття кожуха відповідно з ЕТВ до реле першого класу надійності. Цей метод дозволяє точно вирішити задачу автоматизованого вимірювання контактного тиску для звичайних реле залізничної автоматики типів НМШ і РЕЛ. До переваг цього методу вимірювання контактного тиску можна віднести підвищення точності та зниження суб'єктивності результатів, а також скорочення часу вимірювання контактного тиску, оскільки немає необхідності вимірювати кожен контакт окремо та не розбирати корпус реле.

Таблиця 3.2 - Результати вимірювання контактного тиску для реле НМШ1-1800

№ контакту	Сумісний хід контактів		Експериментальні дані		Розрахункові дані	
	тилових	фронтових	тилові	фронтові	тилові	фронтові
	У _{ті} , мм	У _{фі} , мм	Р _{кт} , Н	Р _{кф} , Н	Р _{кт} , Н	Р _{кф} , Н
1	0,75	0,84	0,2166	0,4783	0,2188	0,4899
2	1,16	0,93	0,3185	0,5195	0,3229	0,5295
3	1,08	0,95	0,2903	0,5332	0,2968	0,5514
4	0,87	0,94	0,2333	0,5165	0,2377	0,5333
5	0,84	0,95	0,2421	0,5145	0,2452	0,5285
6	0,7	0,93	0,192	0,5086	0,1982	0,5176
7	1,13	0,88	0,3087	0,4753	0,3167	0,4632
8	0,67	0,95	0,1931	0,549	0,1953	0,5563

Таблиця 3.3 - Результати вимірювання контактного тиску для реле РЕЛ1-1600

№ контакту	Сумісний хід контактів		Експериментальні дані		Розрахункові дані	
	тилових	фронтових	тилові	фронтові	тилові	фронтові
	У _{ті} , мм	У _{фі} , мм	Р _{кт} , Н	Р _{кф} , Н	Р _{кт} , Н	Р _{кф} , Н
1	0,79	0,74	0,1884	0,4068	0,1924	0,3978
2	0,78	0,89	0,1874	0,5656	0,179	0,5467
3	0,78	0,84	0,1935	0,4674	0,1948	0,4586
4	0,88	0,85	0,2127	0,4568	0,2194	0,4475
5	0,77	0,66	0,1845	0,3773	0,1875	0,3684
6	0,9	0,76	0,196	0,445	0,1966	0,42
7	-	0,78	-	0,4321	-	0,4185
8	-	0,83	-	0,4762	-	0,4633

Висновки

В ході виконання дипломної роботи були розроблені апаратна та програмна частини автоматизованого вимірювального комплексу для перевірки параметрів електромагнітних реле залізничної автоматики. В апаратну частину входить розробка структурної схеми комплексу та принципових схем блоку інтерфейсу з комп'ютером, блоку програмно-керованого джерела живлення, блоку вимірювання часових параметрів реле, блоку вимірювання механічних параметрів реле.

Було розроблено програмне забезпечення автоматизованого вимірювального комплексу, завдяки якому можна вимірювати параметри реле такі як: напругу вмикання (при прямій та зворотній полярності), напругу відпускання, перехідний опір контактів, опір обмотки реле, рівень напруги ізоляції, спільний хід тилових і фронтних контактів, міжконтактний зазор, фізичний зазор між якорем і наконечником, контактний тиск, неодночастність замикання контактів, час вмикання реле, час вимикання реле, час дрижання контактів. Крім виміру параметрів реле залізничної автоматики, завдяки АВК для перевірки реле можливо контролювати відповідність вимірювальних параметрів нормативним значенням, а також якщо реле несправне, то визначати місце і тип несправності.

Впровадження АВК для перевірки параметрів електромагнітних реле залізничної автоматики надає наступні переваги у порівнянні з існуючою технологією, при застосованні уніфікованого стенду:

- скоротити час (в 5-6 разів) для перевірки та ремонту одного реле;
- збільшити точність вимірювань параметрів реле;
- збільшити продуктивність праці електромеханіка завдяки виключення трудомістких і одноманітних ручних операцій;
- збільшити надійність і довговічність реле залізничної автоматики, і як слідство збільшити безпеку руху потягів;
- зменшити вагогабаритні показники стендів;
- зменшити вартість обладнання для перевірки параметрів реле залізничної автоматики та знизити експлуатаційні витрати;
- знизити енергоспоживання обладнання для перевірки параметрів реле залізничної автоматики.

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.: Горяча 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.Сапожников, В. В. Теоретические основы железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: Підручник для вузів / Под ред. В. В. Сапожникова. В.В. Сапожников , Ю.А. Кравцов, В.В. Сапожников - 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.Гуляев, С. Э. Розробка пристроїв сполучення для персонального комп'ютера типу IBM PC [Текст] / С. Э. Гуляев, 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.