

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна**

**Кафедра «Автоматика та телекомунікації»**

**«ДО ЗАХИСТУ»  
Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ Гаврилюк В.І.  
(підпис) (ПБ)  
20 \_\_\_\_ р. \_\_\_\_ « \_\_\_\_ »

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітня програма «Автоматика та автоматизація на транспорті»

**Тема** Автоматизація вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики

**Theme** Automated measurement for testing mechanical parameters of the signal relays

Керівник дипломної роботи доцент \_\_\_\_\_ Профатилов В.І.

Студент групи АТ1926 (8-АТ) \_\_\_\_\_ Осняч А.О.

Student АТ1926 (8-АТ) \_\_\_\_\_ Osnyach A.O

**Дніпро  
2020**

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна  
Факультет «Комп'ютерні технології і системи»  
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»  
151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
Автоматика та автоматизація на транспорті

Спеціальність  
Спеціалізація

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Завідувач кафедри АТ

Гаврилюк В.І.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»

Осняч Аліна Олегівна  
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи Автоматизація вимірювання механічних параметрів  
реле залізничної автоматики

Затверджена наказом по університету № 798ст від « 18 » жовтня 2019 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

Свідчення про об'єм пояснювальної записки: 50 сторінок, 4 таблиці, 5 рисунків, 16 джерел літератури.

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

В першому розділі проведено аналіз існуючої технології перевірки електромагнітних реле залізничної автоматики, перевірка їх часових, електричних і механічних параметрів. Виявлені такі недоліки існуючої технології перевірки реле на РТД: застосовуються застарілі стенди; низька точність вимірювань; від електромеханіка вимагає постійної зорової напруги; практично всі операції перевірки параметрів реле виконуються вручну, а це вимагає значних затрат часу; ряд параметрів оцінюються візуально

Другий розділ включає в себе розробку вимірювального комплексу для перевірки параметрів електромагнітних реле залізничної автоматики. В дипломному проекті було розроблено структурну схему автоматичного вимірювального комплексу, а також принципові схеми його блоків. За допомогою автоматизованого вимірювального комплексу можливо виміряти часові, електричні та механічні параметри реле залізничної автоматики.

В третьому розділі був розроблений метод автоматизованого вимірювання контактного тиску який дозволить вимірювати механічні параметри електромагнітних реле залізничної автоматики без зняття кожуху реле, що значно скоротить час перевірки реле.

## Зміст

### Вступ

1 Аналіз технології перевірки електромагнітних реле залізничної автоматики в РТД.....	6
1.1 Класифікація електромагнітних реле залізничної автоматики.....	6
1.2 Вимоги до електромагнітних реле першого класу надійності.....	8
1.3 Аналіз існуючої технології перевірки параметрів реле першого класу надійності.....	11
2 Розробка автоматизованого вимірювального комплексу для вимірювання параметрів реле залізничної автоматики .....	18
2.1 Структурна схема автоматизованого вимірювального комплексу для вимірювання параметрів реле залізничної автоматики.....	18
2.2 Блок інтерфейсу автоматизованого вимірювального комплексу для вимірювання параметрів реле.....	20
2.3 Блок програмно-керованого джерела живлення.....	25
2.4 Блок вимірювання часових параметрів реле.....	31
3 Розробка методів автоматизованого вимірювання механічних параметрів реле залізничної автоматики.....	34
3.1 Метод визначення механічних параметрів реле залізничної автоматики.....	34
3.2 Визначення точності автоматизованого вимірювання контактного тиску.....	44

## **Вступ**

Реле типу НМШ та РЭЛ використовуються для побудови пристроїв залізничної автоматики, що забезпечують безпеку руху поїздів на станціях та перегонах. Для забезпечення надійної й безвідмовної роботи реле першого класу надійності, вони експлуатуються з урахуванням спеціальних експлуатаційно-технічних вимог (ЕТВ). Для забезпечення відповідності ЕТВ реле залізничної автоматики періодично перевіряються й регулюються по всьому комплексу параметрів. Існуюча технологія перевірки параметрів реле типу НМШ та РЭЛ не забезпечує необхідної якості обслуговування пристроїв залізничної автоматики, морально й технічно застаріла, а також вимагає великої кількості ручних операцій, що приводить до значних витрат часу на перевірку реле. Резерви підвищення якості перевірки реле типу НМШ та РЭЛ й продуктивності праці при використанні існуючої технології практично вичерпані, тому задача автоматизації процесу вимірювання параметрів електромагнітних реле залізничної автоматики є актуальною.

# **1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВІРКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ В РТД**

## **1.1 КЛАСИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ**

На сьогоднішній час електромагнітні реле є основними елементами в 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 оставатися головними і найбільш масовими елементами систем регулювання рухом поїздів на перегонах і станціях. В економічно розвинених країнах не тільки продовжують експлуатуватися пристрої залізничної автоматики, містять десятки мільйонів електромагнітних реле, але й 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 [2]:

- Висока надійність роботи в складних кліматичних умовах;
- Повний електричний розрив комутованих ланцюгів при розімкнутих контактах, і мале, стабільне перехідний опір при замкнутих контактах;
- Відсутність гальванічного зв'язку між керуючими і вихідними ланцюгами, 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.

Аналіз розвитку схемотехніки сучасних пристроїв залізничної автоматики в

Україні і за кордоном показує, що електромагнітні реле будуть застосовуватися ще досить тривалий період часу. Це, насамперед, пов'язано з тим що, схемотехніка пристроїв залізничної автоматики вельми консервативна, оскільки від її роботи залежить безпека перевізного процесу. Тому впровадження будь-якого нового пристрою або модернізація старого обладнання вимагають ретельних випробувань на безпеку, як в лабораторних, так і експлуатаційних умовах. До того ж досі не розроблено напівпровідникових елементів, що є по надійності рівноцінною заміною електромагнітних реле першого класу надійності, що забезпечують безпеку руху поїздів.

Існує велика кількість різновидів і типів реле, але всі вони мають дві основні частини:

- 1) сприймаючу частину, яка реагує на зміну певного виду фізичної енергії;
- 2) виконавчу частину, яка безпосередньо виробляє стрибкоподібне зміна струму в вихідний ланцюг.

У техніці використовується велика кількість різновидів і типів реле, що відрізняються конструкцією, принципом роботи і т.п. Тому в основу класифікації реле можна брати різні ознаки. По виду фізичної природи енергії, на яку реагує сприймає частина, всі реле можна розбити на наступні класи (рис. 1.1): електричні, механічні, теплові, оптичні, пневматичні, акустичні, рідинні та газові [2].

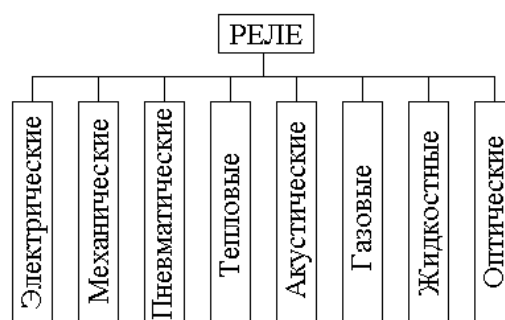


Рис. 1.1. Класифікація реле по виду керуючого впливу

У пристроях автоматики і телемеханіки на залізничному транспорті найбільшого поширення набули електричні реле. Однак поряд з ними в автоматичці виникає необхідність використовувати й інші класи реле. Наприклад, в автостопом

на локомотивах використовуються пневматичні реле, що працюють за рахунок енергії стисненого повітря та приводять в дію поїзні гальма при наближенні до сигналів із заборонним показанням. У схемі автоматичної переїзної сигналізації, застосовуються реле НМШТ-1440 і АНШМТ-310, які являють собою поєднання електричного та теплового реле і використовуються в якості реле часу або для захисту від перевантажень.

Електричні реле - це реле, сприймає частина яких реагує на один з видів електричної енергії. Електричні реле, за принципом пристрою сприймає частини, діляться на: нейтральні електромагнітні реле; поляризовані електромагнітні реле; магнітоелектричні реле; електродинамічні реле; індукційні реле; напівпровідникові реле.

У пристроях залізничної автоматики найбільш широке розповсюдження отримав клас нейтральних електромагнітних реле завдяки їх простій конструкції, а також надійної та безвідмовної роботи. Конструкція будь нейтрального електромагнітного реле складається з чотирьох основних вузлів: обмотка реле (розташовується або на сердечнику, або на якорі); нерухома частина магнітопроводу, складається з сердечника і ярма; якор, який представляє собою рухому частину магнітопроводу; контактна система. В залежності від конструкції магнітного ланцюга електромагнітні реле діляться на три типи: реле клапанного типу; реле соленоїдного типу; реле із зовнішнім поперечно рухається якорем. Основна маса нейтральних електромагнітних реле застосовуються в техніці є реле клапанного типу. Найбільш масові реле залізничної автоматики типів НМШ і РЕЛ також мають магнітну систему клапанного типу.

## **1.2 ВИМОГИ ДО ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ РЕЛЕ ПЕРШОГО КЛАСУ НАДІЙНОСТІ**

Електромагнітні реле, що експлуатуються в пристроях автоматики, повинні задовольняти великій кількості різних експлуатаційно-технічних вимог (ЕТВ), 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 та механічні.

До електричних параметрам електромагнітного реле відносяться:

- на-напруга (струм) спрацювання реле;
- напруга (струм) відпускання реле;
- робоча напруга (струм) реле;
- напруга (струм) перевантаження реле;
- опір обмотки реле; перехідний опір замкнутих контактів;
- коефіцієнт запасу;
- коефіцієнт повернення (коефіцієнт безпеки).

До часових параметрах електромагнітного реле відносяться:

- час спрацювання реле;
- час відпускання реле;
- час перельоту якоря з одного положення в інше.

До механічних параметрах будь-яких електромагнітних реле відносяться:

- висота антимагнітних штифта;
- хід якоря;
- міжконтактний зазор;
- контактний тиск;
- неодноразовість замикання або розмикання контактів;
- спільний хід контактів.

Крім перерахованих параметрів, роботу електромагнітного реле характеризують механічна і тягова характеристики. Механічна характеристика реле - це залежність механічних зусиль, подоланих якорем при його русі, від ходу якоря. Тягова характеристика - це залежність електромагнітної сили тяжіння створюваної електромагнітом реле, від величини повітряного зазору між якорем і сердечником при постійній магніторухомій силі (м.р.с.).

Всі електромагнітні реле по надійності роботи діляться на реле першого класу і реле нижчого класу надійності. У всіх пристроях залізничної автоматики, що

забезпечують безпеку руху поїздів, застосовуються реле першого класу надійності типів НМ, НМШ і РЕЛ. На їх основі будуються робочі та контрольні ланцюга управління світлофорами і стрілками, рейкові кола, а також логічні схеми, що безпосередньо забезпечують безпеку руху поїздів. Реле залізничної автоматики розробляються, виготовляються та експлуатуються з урахуванням спеціальних експлуатаційно-технічних вимог (ЕТВ) щодо забезпечення надійності, які розроблені та затверджені Управлінням сигналізації, зв'язку та обчислювальної техніки МПС.

Згідно ЕТВ електромагнітні реле СЦБ першого класу надійності повинні виключати небезпечні відмови. Для цього вони повинні відповідати таким основним вимогам.

1. Фронтіві і загальні контакти не повинні зварюватися при будь-яких умовах експлуатації. Для фронтівих контактів застосовується вугілля з металевим наповненням, а для загальних контактів срібло або його сплави.

2. Якір повинен повертатися в початковий стан і замикає тиліві контакти при знятті напруги з обмоток або зменшенні його до величини напруги відпускання під дією сили тяжіння.

3. Можливість залипання якоря після виключення живлення повинна бути виключена. Для цього між якорем і сердечником завжди повинен бути залишковий повітряний зазор, який реалізується за допомогою антимагнітних бронзового штифта, укріпленого на якорі. У нормальнодіючих реле висота штифта повинна бути не менше 0,2 мм, а у повільнодіючих реле - не менше 0,15 мм.

4. Всі тиліві контакти реле повинні розмикатися при замиканні хоча б одного фронтівого контакту і навпаки. Дана вимога виконується тільки в реле першого класу надійності типу РЕЛ.

ЕТВ до реле першого класу надійності включають в себе також вимоги до електричним параметрам, до контактів та конструкції реле.

Основні вимоги до електричних параметрах електромагнітного реле першого класу надійності: напруга спрацьовування не більше 0,8 від номінального; напруга відпускання не менше 0,08 від номінального; напруга (струм) спрацьовування реле,

виміряний при одній полярності, не повинно перевищувати напругу (струм) спрацьовування при іншій полярності більш ніж на 20%; коефіцієнт повернення для колійних реле повинен бути не менше 0,5, вогневих реле не менше 0,3, у решти не менше 0,2; обмотка реле повинна тривалий час витримувати напруги перевантаження, дорівнює дворазовому номінальному робочій напрузі.

Основні вимоги до контактів реле першого класу надійності: перехідний опір фронтових контактів не більше 0,3 Ом, тилових контактів не більше 0,03 Ом; розчин контактів не менше 1,3 мм, а в момент перемикання контактів не менше 0,8 мм; спільний хід контактів повинен бути не менше 0,35 мм, а ковзання контактів для їх самоочищення у фронтових контактів повинно бути не менше 0,25 мм, а у тилових контактів не менше 0,2 мм; контактний тиск фронтових контактів не менш 0,294 Н (30 гр.), а тилових контактів не менш 0,147 Н (15 гр.); неодночасність замикання або розмикання контактів - не більше 0,2 мм.

ЕТВ до конструкції реле першого класу надійності включає наступне. Реле повинно мати конструкцію, що не вимагає додаткового схемного контролю відпускання якоря. Положення контактів повинне забезпечуватися механічним з'єднанням їх між собою і якорем. Штепсельні роз'єми реле повинні виключати можливість його помилкового включення. Корпус реле повинен виключати попадання всередину вологи, пилу і газів для усунення впливу зовнішнього середовища на роботу реле. Реле повинно стійко працювати при температурі навколишнього повітря від -40 до +60 °С і відносній вологості до 95%, виміряної при температурі +20° С.

### **1.3 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВІРКИ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ПЕРШОГО КЛАСУ НАДІЙНОСТІ**

Для забезпечення відповідності ЕТВ реле залізничної автоматики проходять трудомісткий процес регулювання та перевірки на заводах-виробниках, а також при вхідному контролі в ремонтно-технологічній дільниці (РТД) відразу після отримання та після тривалого зберігання. В процесі експлуатації реле так само періодично

перевіряються і регулюються по всьому комплексу параметрів, так як в процесі тривалої експлуатації параметри реле змінюються. В даний час всі основні роботи з ремонту, регулюванню і перевірці параметрів реле зосереджені на ремонтно-технологічних дільницях СЦБ.

Технологія перевірки електромагнітних реле першого класу надійності в РТД викладена в технологічній карті «Апаратура СЦБ. Технологічний процес ремонту РМ32-ЦШ 09.36-85». Згідно ремонт та перевірка приладів СЦБ виконується з дотриманням принципу подвійної перевірки. Регулювання та вимір електричних, часових і механічних параметрів реле здійснює електромеханік-регулювальник, а контрольну перевірку і пломбування - інший електромеханік або старший електромеханік, який має право прийому апаратури та друк для пломбування. Відповідно до технічних умов (ТУ) заводу-виробника для електромагнітних реле першого класу надійності типів НМШ (ТУ32ЦШ72-76) та РЕЛ (ТУ32ЦШ451-86) вимірюванню в процесі перевірки і ремонту реле в РТД підлягають наступні параметри:

- 1) електричні параметри: напруга (струм) спрацьовування реле при прямій полярності; напруга (струм) спрацьовування реле при зворотній полярності; напруга (струм) відпускання реле; опір обмотки реле; перехідний опір контактів;
- 2) тимчасові параметри: час спрацювання реле; час відпускання реле;
- 3) механічні параметри: висота антимагнітних штифта; міжконтактний зазор в крайніх положеннях якоря і при перельоті контактів; спільний хід фронтів і тилівих контактів; контактний тиск фронтів і тилівих контактів; неодноразовість замикання фронтів і тилівих контактів.

Гарантувати безвідмовну роботу реле протягом заданого терміну експлуатації можливе тільки за умови точного вимірювання їх електричних, часових і механічних параметрів, а також відповідності цих параметрів ТУ заводу-виробника та технологічними картами на ремонт реле в РТД. Електромеханік при перевірці нейтральних реле в РТД, у відповідності з технологічним процесом, повинен виконати вимірювання не менше п'яти механічних, п'яти електричних і двох часових параметрів. При цьому загальне число вимірювань, що припадають на одне реле,

може досягати до 50 для механічних параметрів і до 21 для електричних параметрів, в залежності від числа контактів і кількості обмоток реле.

Для вимірювання електричних параметрів реле в РТД використовують типовий універсальний стенд для випробування реле СЦБ, дешифраторних осередків та трансмітерів типу СІ-СЦБ заводського виготовлення або спрощений спеціалізований стенд, що виготовляється самостійно в РТД. Стенд представляє собою набір регульованих вторинних джерел живлення, стрілочних приладів електровимірювань, електросекундоміра і допоміжних комутаційних пристроїв. Стенд дозволяє вимірювати напругу (струм) спрацьовування і відпускання реле постійного і змінного струму з напругою перевантаження до 250 В, а також перехідний опір контактів методом вольтметра-амперметра. Регулювання напруги (струму) на обмотці реле здійснюють за допомогою ЛАТР. В якості вимірювальних приладів до 1974 року застосовувалися електромагнітні прилади М24 з установкою шунтів і додаткових резисторів, а з 1974 року зовнішній комбінований прилад Ц4312. Комбінований вимірювальний прилад Ц4312 має клас точності 1,0 по постійному і 1,5 по змінному струму, а прилади М24 - 1,5 по постійному і 2,5 по змінному струму.

Вимірювання опору обмотки реле виробляють будь-яким способом, що забезпечує похибку не більше 1%. Для вимірювання опору обмоток реле використовують ампервольтметром Ц4312 або омметр Щ-30. Для струмових реле, що мають малий опір обмотки, використовують міст постійного струму. Наявність короткозамкнених витків в обмотках реле визначають за допомогою окремого приладу, що представляє собою міст змінного струму. При насадці на сердечник котушки з короткозамкненими витками, індуктивний опір плеча зміниться, що призведе до розбалансу мосту, і відхиленню стрілки міліамперметра.

Вимірювання перехідного опору контактів проводять чотирьох-провідним методом, що дозволяє виключити вплив сполучних проводів на результати вимірювання. Через вимірювані контакти пропускають струм 0,5 А і за допомогою мілівольтметра вимірюють падіння напруги на контактах, значення якого буде пропорційно перехідному опору контактів. Якщо перехідний опір контактів більше

норми, то виробляють ще три виміри для виключення помилки. Точне вимірювання перехідного опору контактів можливе тільки при наявності стабільного джерела струму, який в універсальному стенді СІ-СЦБ відсутній.

До недоліків технології вимірювання електричних параметрів реле відносяться:

- невисокий клас точності вимірювальних приладів;
- низька чутливість вимірювальних приладів електромагнітного типу;
- нерівномірність шкали стрілочних вимірювальних приладів;
- часті відмови вимірювальних приладів через зникнення електричних ланцюгів або збільшення перехідного опору в контактах перемикачів між вимірювань;
- відсутність в стенді стабілізованих джерел живлення, що збільшує похибку вимірювання;
- ручне регулювання вихідної напруги (струму) за допомогою ЛАТР, не забезпечує достатньої точності вимірювання;
- велика кількість ручних операцій при вимірюванні параметрів реле (до 30 комутацій на одне реле).

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

Недоліками технології вимірювання часових параметрів реле являються:

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

- витрати часу на складання схеми вимірювання часових параметрів реле.

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

Висота антимагнітних наклепів згідно ЕТВ до реле першого класу надійності нормується, оскільки вона робить істотний вплив на коефіцієнт повернення, електричні та інші параметри реле. Зараз ця операція проводиться вручну, за допомогою набору щупів № 2 і № 3, причому електромеханік-регулювальник візуально визначає момент рівності вимірюваної величини і підбираються щупів. Також вимір висоти антимагнітних наклепів може проводитися за допомогою пристрою на базі стрілочного індикатора годинникового типу (Люфтомір), що дозволяє визначати висоту антимагнітних наклепів з точністю до 0,01 мм. Дана технологія вимірювання висоти антимагнітних наклепів відрізняється суб'єктивністю при оцінці вимірюваної величини, малою продуктивністю і вимагає від електромеханіка напруженого і стомлюючого візуального контролю.

Спільний хід фронтів (тилових) контактів визначається ходом якоря від моменту прямого торкання замикаються контактів до моменту повного тяжіння (відпускання) реле. Вимірювання цього параметра проводиться щупами при візуальному контролі знаходження загальних контактів в зіткненні з фронтними (тиловими). Необхідний спільний хід фронтів і загальних контактів забезпечують такий спосіб. Між сердечником і якорем вводять щуп товщиною 0,4 мм і домагаються прямого торкання замикаються контактів при мінімально помітному просвіті 0,01-0,03 мм. Для визначення спільного ходу тильових контактів між якорем і сердечником вводять щуп товщиною 0,9 мм. При такій регулюванні спільний 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 необхідно 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 спільного ходу контактів володіє наступними недоліками:

- не вимірюється реальна величина спільного ходу контактів, а тільки

фіксується, відповідає чи не відповідає нормі вимірюване значення. У той же час значення цього параметра робить істотний вплив на напругу спрацювання і відпускання реле, перехідний опір контактів, контактний тиск і час спрацювання реле і, що найбільш важливо, визначає ресурс роботи контактної системи;

- високе зорова напруга електромеханіка-регулювальника;
- значні витрати часу на регулювання, так як кожен контакт регулюється окремо.

В умовах РТД немає засобів, що дозволяють вимірювати значення неодноразовості замикання фронтів і тильових контактів. Зараз в РТД проводиться візуальна оцінка параметра за допомогою застарілого пристосування, принцип роботи якого заснований на підключенні контрольних лампочок в ланцюг перевіряються контактів. За неодноразовості їх загоряння робиться висновок про неодноразовості замикання контактів. Даний спосіб візуальної оцінки неодноразовості замикання фронтів і тильових контактів дуже суб'єктивний і не дозволяє однозначно визначити відповідає параметр вимогам ЕТВ чи ні.

Вимірювання контактної тиску здійснюється вручну за допомогою графометра годинникового типу Г-10-60. Контактний тиск вимірюють шляхом відтягування фронтального (тильового) контакту від загального і відліку показань в момент їх розмикання. Для підвищення точності відліку додають світловий або звуковий контроль розмикання контактів. При цьому більш точно фіксується момент розмикання контактів і виключається досить стомлююча для регулювальника операція візуального контролю за положенням контактів. Статистичні спостереження показують, що недоліком даного способу вимірювання контактної тиску є досить висока погрішність. Вона обумовлена як суб'єктивністю при визначенні моменту відліку показань, так як напрямок зусилля і точка докладання зусиль при звільненні контакту встановлюються електромеханіком вручну, так і похибкою самого графометра. Графометр Г-10-60 необхідно утримувати в руці на рівні поздовжньої осі вимірюваного контакту, так як будь-які відносні відхилення від цієї осі призводять до збільшення похибки вимірювання. Висока погрішність вимірювання контактної тиску (до 30%) відбивається на якості регулювання реле в



РТД і в сильному ступені впливає на їх комутаційний ресурс.

З проведеного аналізу технології перевірки реле в РТД можна зробити наступні висновки:

- для перевірки електричних і часових параметрів реле в даний час застосовуються морально застарілі стенди, не забезпечують необхідну точність;
- результати вимірювань характеризуються високою суб'єктивністю, яка обумовлена ручним керуванням виконавчими пристроями, недоліками стрілочних вимірювальних приладів безпосередньої оцінки (інерційністю, не лінійністю шкали, низькою чутливістю), а також відсутністю відповідності між допусками по відхиленню вимірюваної величини і класом точності вимірювального приладу;
- процес вимірювання параметрів реле трудомісткий, стомлюючий і вимагає від електромеханіка високої кваліфікації, постійного зорового напруження і значних витрат часу, так як практично всі операції технологічного процесу перевірки параметрів реле виконуються вручну;
- продуктивність праці є низькою через не високій швидкості вимірювань, а також втрат часу на складання схем вимірювань та обробку результатів.

Статистичні дослідження, проведені на кафедрі АТ ДНУЗТу, показали, що до 10% реле випускаються з РТД з браком, тобто їх параметри лежать поза допустимих меж, а величина міжконтактного зазору при перельоті якоря може відхилятися від норми до 35%. Резерви підвищення якості перевірки реле і продуктивності праці при використанні існуючої технології і вимірювальних приладів практично вичерпані, тому для усунення даних недоліків необхідно оснащення РТД стендами, що дозволяють автоматизувати вимірювання параметрів і характеристик електромагнітних реле залізничної автоматики.

## **2. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ**

### **2.1. Структурна схема автоматизованого вимірювального комплексу для вимірювання параметрів реле залізничної автоматики**

Автоматизований вимірювальний комплекс для вимірювання параметрів реле призначений для вимірювання електричних, часових параметрів електромагнітних реле залізничної автоматики типів НМЩ, РЭЛ.

Автоматизований вимірювальний комплекс для вимірювання параметрів реле дозволяє контролювати відповідність вимірюваних параметрів нормативним значенням, а також у разі виходу реле з ладу визначати місце і тип несправності.

Автоматизований вимірювальний комплекс для вимірювання параметрів реле є приставкою до персонального комп'ютера типу IBM PC(з процесором не нижче 80286), що підключається до паралельного порту комп'ютера. Управління всіма блоками пристрою, а також реалізація алгоритмів вимірювання параметрів і характеристик нейтральних реле залізничної автоматики здійснюється за допомогою програми, написаної на мові Object Pascal. Програма дозволяє виводити результати вимірювання параметрів реле на екран монітора, на принтер і записувати результати в базу даних реле типу PARADOX.

Конструктивно автоматизований вимірювальний комплекс для вимірювання параметрів реле складається з чотирьох блоків:

- блок інтерфейсу - призначений для реалізації двостороннього обміну інформацією між АВК для контролю параметрів реле і персональним комп'ютером через паралельний порт, а також для формування сигналів, що управляють, для решти блоків даного пристрою;

- блок програмно - керованого джерела живлення - дозволяє формувати постійну напругу в діапазоні  $0 \div 50$  В з кроком 50 мВ. Блок призначений для реалізації алгоритмів вимірювання напруги (струму) спрацьовування і напруги (струму) відпуску електромагнітних реле залізничної автоматики;

- блок вимірювання часових параметрів реле - дозволяє вимірювати часові інтервали в діапазоні від 65 мс (з точністю  $\pm 2$  мкс) до 70 хвилин (з точністю  $\pm 65$  мс), а також контролювати логічний стан 8 фронтів і 8 тилівих контактів реле. Даний блок призначений для реалізації алгоритмів вимірювання часу спрацьовування реле, часу відпадання реле, часу перельоту контактів, а також неодночасності замикання (розмикання) контактів (тобто 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 оцифровувати струмову залежність  $i(t)$  в обмотці при включенні реле, яка потім використовується для автоматизованого визначення положення якоря  $\delta(t)$  і обчислення механічних параметрів реле без зняття кожуха реле.

Всі блоки АВК для вимірювання параметрів реле виконані у вигляді окремої печатної плати за стандартом «Eurocard» (розмір 100x220мм), що дозволяє використовувати для їх розміщення стандартні 19-дюймові стійки, що випускаються різними виробниками. Стандарт «Eurocard» на сьогодні найбільш популярним в світі, наприклад, він включений в такі стандарти як IEEE 1101 (США) IEC297-3 (Європа) і DIN 41494 (Німеччина). З'єднання блоків між собою здійснюється за допомогою загальної шини, високошвидкісної шини стандарту VMEbus, що спрощеним варіантом. Така конструкція автоматизовано вимірювального комплексу для вимірювання параметрів реле залізничної автоматики, дозволяє легко модифікувати його апаратну частину, розширюючи функціональні можливості стенду, а також

зменшує вартість вимірювального комплексу за рахунок використання стандартного устаткування.

Даний комплекс дозволяє вимірювати такі параметри реле:

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

Комплекс дозволяє знаходити наступні несправності:

- невідповідність виміряних значень нормам;
- визначення замикання якоря;
- зварювання контактів;
- відсутність замкнутих контактів;
- одночасне замикання загального контакту з тилувим і фронтовим контактом, під час перельоту якоря.

## **2.2. Блок інтерфейсу автоматизованого вимірювального комплексу для вимірювання параметрів реле**

Для контролю параметрів реле в автоматизованому вимірювальному комплексі блок інтерфейсу виконує дві функції:

1. Зв'язок комплексу з комп'ютером через паралельний порт;
2. Управління блоками вимірювального комплексу, по командах, що поступають з комп'ютера.

До механічних параметрах будь-яких електромагнітних реле відносяться:

- висота антимагнітних штифта;

- хід якоря;
- міжконтактний зазор;
- контактний тиск;
- неодночасність замикання або розмикання контактів;
- спільний хід контактів.

Зв'язок автоматизованого вимірювального комплексу для вимірювання параметрів реле з персональним комп'ютером типу IBM PC здійснюється по інтерфейсу Centronics, який призначений для підключення до комп'ютера принтерів, але завдяки простоті сполучення і програмування широко використовується для підключення до комп'ютера нестандартних зовнішніх пристроїв. Вибір даного способу підключення до комп'ютера був обумовлений наступними перевагами інтерфейсу Centronics:

- стандартність, оскільки даний інтерфейс є на кожному персональному комп'ютері типу IBM PC і на всіх комп'ютерах працює однаково;
- для підключення зовнішнього пристрою не потрібне втручання в конструкцію комп'ютера, необхідно лише підключити сполучний кабель до вихідного роз'єму паралельного порту;
- обмін інформацією здійснюється побайтно, що дозволяє підтримувати досить високу швидкість передачі інформації (до 300 Кбайт/с в стандартному режимі SPP і до 2 Мбайт/с в розширеному режимі ECP);
- простота програмування, що дозволяє створювати драйвери для нестандартних зовнішніх пристроїв, як на асемблері, так і на мовах високого рівня;
- даний інтерфейс використовує логічні рівні сигналів TTL - стандарту, що дозволяє використовувати для реалізації пристроїв сполучення широко поширені і дешеві інтегральні мікросхеми серій K555 і K1533.

Інтерфейс Centronics володіє і цілим рядом недоліків: відсутність гальванічної розв'язки, низька перешкодозахисна, невелика довжина сполучного кабелю (1,8 м). Але оскільки АВК призначений для експлуатації в

приміщенні в умовах РТД, то дані недоліки не роблять істотного впливу на роботу інтерфейсу.

Обмін інформацією між комп'ютером і АВК для вимірювання параметрів реле здійснюється відповідно до стандарту IEEE 1284 в стандартному режимі SPP. Даний режим роботи паралельного порту підтримується всіма IBM – сумісними комп'ютерами, що дозволяє програмному забезпеченню АВК для вимірювання параметрів реле працювати під управлінням операційних систем, починаючи з DOS 6.22 і закінчуючи Windows XP. У режимі SPP паралельний порт є трьома 8-розрядним регістром: регістр даних, регістр управління і регістр стану. Регістр даних паралельного порту в режимі SPP працює тільки на висновок, тому він використовується для запису інформації в АВК для вимірювання параметрів реле. Регістр управління паралельного порту має всього чотири керівних сигнали, що виходять на зовнішній роз'єм комп'ютера, тому сигнали керування для АВК також передаються через регістр даних. Для фіксації інформаційних і таких, що управляють сигналів, що поступають з комп'ютера, в блоці інтерфейсу використовуються два 8-розрядні регістри (K555ІР22) , які дозволяють сформувати загальну шину даних (ШД) і шину управління (ШУ) для всіх блоків АВК.

Запис інформації з АВК в комп'ютер здійснюється через регістр стану паралельного порту. Оскільки регістр стану паралельного порту має всього п'ять входних ліній на зовнішньому роз'ємі, то для побайтного обміну інформацією в блоці інтерфейсу використовується мультиплексор 2х1 (K555КП11). Читання інформації здійснюється за два такти, спочатку прочитуються чотири молодших біта ШД АВК, а потім чотири старших біта. П'ятий вхід регістра стану паралельного порту (BUSY) використовується для детектування підключення АВК до комп'ютера. Якщо АВК не підключений, то програма, що управляє, фіксує помилку і подальша робота АВК для вимірювання параметрів реле припиняється.

АВК для вимірювання параметрів реле має модульний принцип побудови, при якій всі блоки з'єднуються між собою за допомогою системної шини. Такий принцип побудови АВК забезпечує гнучкість при розширенні функціональних можливостей, а також збільшує ефективність і економічність всієї системи. Блок інтерфейсу формує спрощений варіант шини стандарту VMEbus, найбільш широко вживаний в промисловій автоматизації. Для з'єднання блоків з шиною використовуються штирьові роз'єми DIN41612-B (аналог СНП58-64В) на 64 контакти, які володіють високою механічною і електричною надійністю. Шина VMEbus (стандарт IEEE 1014) має максимальну довжину 500 мм, що дозволяє встановлювати до 21 модуля, і швидкості передачі даних 80 Мбайт/с.

Блок інтерфейсу реалізує 8-розрядну шину даних, що дозволяє пристроям АВК здійснювати побайтний обмін інформацією. Також блок інтерфейсу формує 4-розрядну шину адреси, що дозволяє адресувати до 16 різних пристроїв. У стандарті VMEbus, модуль, що встановлюється в перший роз'єм, повинен виконувати загальносистемні функції, тому в даний роз'єм завжди встановлюється блок інтерфейсу. Розташування інших блоків АВК в шині може бути довільним. Відповідно до стандарту VMEbus блок інтерфейсу реалізує асинхронну передачу даних за допомогою 4-розрядної шини управління. При виконанні операцій читання або запису, блок інтерфейсу спочатку виставляє адресу пристрою, а потім підтверджує достовірність даних на ШД за допомогою сигналів «Запис» (WR) або «Читання» (RD). Блок інтерфейсу провідним модулем АВК, тому на нього покладені функції реалізації механізму арбітражу шини даних системи. Перш ніж передати управління ШД якому-небудь пристрою, він відключає від неї всю решту пристроїв АВК. Дана функція реалізується за допомогою двох дешифраторів 3x8 (K555ИД7).

Шина управління і шина даних побудовані на двох мікросхемах K555ИР22, відповідно DD1 і DD2. Мікросхема K555ИР22 8-ми розрядний регістр відображення даних, вихідні буферні підсилювачі якого мають третій

Z-стан. Схема регістра складається з двох частин. Перша частина – це вісім D-тригерів з входом дозволу паралельного запису PE. Поки напруга на вході PE високого рівня, дані, від паралельних входів D-тригерів D0-D7, відображаються на виходах Q0-Q7. Подачею на вхід PE напруги низького рівня вирішується запис в тригери нового 8-ми бітового байта. Друга вихідна частина пристрою, управляється по виведенню дозволу Z. Її вісім буферних ключових вихідних підсилювачів відрізняються великою здатністю навантаження і мають третій Z-стан.

Споживаний регістром K555IP22 струм 40 мА; вихідний струм буферного виходу кожного розряду не менше 30 мА. Час затримки розповсюдження даних від входів до виходів 32 нс; час включення виходів від Z-стану складає до напруги високого рівня 20 нс, низького - 28 нс. При переході до Z-стану від напруги високого рівня потрібен інтервал 45 нс, від низького - 24 нс.

Шина управління DD1 має виходи:

- UD1-UD4, які подаються на дешифратор DD4 і DD5;
- RD – читання;
- WR – запис;
- два адресні виходи A0 і A1.

Шина даних має 8 виводів, які формують наказ про подальші дії режимі роботи стану.

Дешифратори DD4 і DD5, виконані на мікросхемі K555ИД7, вибирають пристрій, з яким відбуватиметься обмін інформацією з ПК. Мікросхема K555ИД7 перетворить трьохрозрядний код D0-D2 у напругу низького логічного рівня, що з'являється на одному з восьми виходів OUT0-OUT7. Дешифратор має тривхідний логічний елемент дозволу, що дозволяє, з'єднавши паралельно дві мікросхеми, одержати дешифратор з 16-тьма виходами.

Дешифрація відбувається, коли на виходах V2 и V3 напруга низького рівня, а на вході V1 – високого. При інших поєднаннях рівнів на входах



дозволу, на всіх виходах є напруги високого рівня. Дешифратор K555ИД7 споживає струм 10 мА (вихідний-8 мА). Час затримки розповсюдження сигналу мікросхеми не перевищує 39 нс.

Деякі пристрої працюють при подачі на їх вхід напруги низького рівня. Для цього використовується мікросхема K555ЛН1. Ця мікросхема складається з 6-ти інверторів, які забезпечені двотактним вихідним каскадом. Час затримки розповсюдження сигналу складає 15 нс, стікаючий вихідний струм для одного інвертора 8 мА. Найбільший струм мікросхеми при  $U_{\text{вх}}=4,5$  В складає 66 мА, якщо на всіх входах присутні напруги високого рівня, якщо на входах напруги низького рівня, то струм знижується в 2,2 разу.

Щоб інформація із стану про стан реле виводилася на моніторі комп'ютера, служить мультиплексор DD3, виконаний на мікросхемі K555КП11. Мікросхема K555КП11 містить виходи OUT0-OUT3, які мають третій Z-стан. Якщо на виведення OE - дозвіл вихідним даним – подається напруга високого рівня, виходи розімкнуться. Трансляція даних виходам дозволяється при активній напрузі низького рівня на вході OE. У кожного з чотирьох мультиплексорів є по два входи А і В. Для їх вибору служить один вхід адреси даних А/В. Якщо на вході А/В напруга низького рівня, вибираються виходи А. Відповідно при напрузі високого рівня на вхід А/В, приймаються від входів В. Найбільший струм мікросхеми споживають при Z-стані їх виходів 19 мА, час затримки розповсюдження сигналу рівно 18 мс.

Інформація подається на входи А0-А3 (старші байти) і В0-В3 (молодші). Вибір старших і молодших байтів відбувається подачею на вхід А/В напруги високого рівня (1), або низького (0). Якщо на цьому вході 0, то вибираються старші байти, якщо 1 – молодші.

### **2.3. Блок програмно-керованого джерела живлення**

Блок програмно-керованого джерела живлення використовується в АВК для реалізації алгоритмів вимірювання напруги спрацьовування і

напруги відпадання нейтральних реле залізничної автоматики відповідно до технологічного процесу перевірки і ремонту реле на РТД.

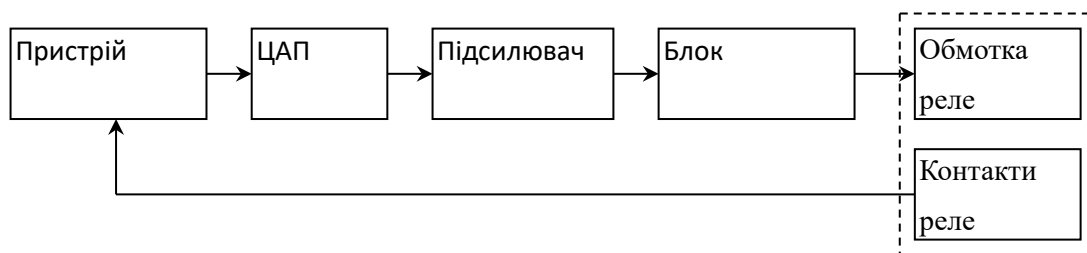


Рис. 2.1. Структурна схема блоку програмно-керованого джерела живлення

На обмотку реле подається напруга (струм), що змінюється по заданому алгоритму, який реалізується пристроєм управління. Одночасно контролюється стан контактів реле. У разі замикання фронтів або тильових контактів, зміна напруги на обмотці реле припиняється і фіксується його значення, яке і береться за шуканий параметр напруг спрацьовування або відпадання. На відміну від реверсивного лічильника або генератора напруги, що лінійно змінюється, які дозволяли реалізовувати тільки прості лінійні алгоритми, використання в даному блоці цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), дозволяє реалізовувати будь-які алгоритми управління напругою і уникнути непродуктивних витрат часу при вимірюванні напруг спрацьовування і відпадання реле.

Принципова схема блоку програмно-керованого джерела живлення приведена на листі 3. Блок підключений до системної шини через оптрони, що забезпечують гальванічну розв'язку блоку від решти пристроїв мікропроцесорного стенду для контролю параметрів реле. Використання оптронної розв'язки дозволяє уникнути безпосереднього підключення випробовуваного реле до комп'ютера, що збільшує перешкодостійкість АВК, а також зменшує вірогідність виходу з ладу комп'ютера і інших блоків мікропроцесорного стенду, у разі підключення несправного реле.

До отвору X1 підключається блок інтерфейсу, до X2 – блок живлення, до X3 підключаються обмотки реле.

Основу блоку програмно-керованого джерела живлення складає 10 - розрядний перемножуючий ЦАП К572ПА1, який призначений для перетворення 10 - розрядного паралельного двійкового коду в аналоговий струм, пропорційний значенням коду і опорної напруги. ЦАП виконаний за КМОП технологією на базі матриці резисторів типу R-2R. 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, тобто приріст вихідної напруги при зміні вхідного коду на одиницю,

$n$  – число розрядів ЦАП,

$a_i$  – значення  $i$ -ого біта коду на цифровому вході ЦАП.

Крок квантування вихідної напруги джерела живлення визначається наступним виразом:

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

де  $U_{\text{оп}}$  – опорна напруга, що поступає на вхід матриці R - 2R ЦАП,  $R$  – значення опору матриці R - 2R ЦАП,

$R_{oc}$  – значення опору ланцюга зворотного зв'язку ЦАП, яке є сумою значень внутрішнього опору зворотного зв'язку самого ЦАП і зовнішнього опору зворотного зв'язку ( $R_{25}$  і  $R_{26}$ ).

Як випливає з виразів (2.1) і (2.2), максимальна вихідна напруга визначається двома складовими: значенням опорної напруги і значенням співвідношення  $R_{oc} / R$ . Відповідно до технічних характеристик ЦАП К572ПА1, опорна напруга не може бути більше 15 В, тому максимальний діапазон вихідної напруги встановлюється шляхом зміни значення зовнішнього опору ланцюга зворотного зв'язку. Зокрема, при опорній напрузі  $U_{оп} = -10,24\text{В}$  і опорі зворотного зв'язку  $R_{oc} = 50\text{кОм}$ , максимальна напруга на виході буде рівне 51,15В.

З виразу (2.2) виходить, що для отримання мінімальної похибки перетворення цифрового коду в аналоговий сигнал, необхідно мати стабільне значення опорної напруги. Для цього в блоці програмно-керованого джерела живлення використовується високо стабільне джерело опорної напруги (ДОН) на операційному підсилювачі (рис. 2.2.а).[5]

Як видно з рисунка 2.2.б. вихідна напруга ДОН на операційному підсилювачі зберігає стабільне значення 10,24В при коливаннях напруги живлення в діапазоні від 11 до 18В, причому перекид позитивної і негативної напруг живлення операційного підсилювача може також досягати до 7В. Використання даного ДОН забезпечує достатньо високу точність роботи ЦАП К572ПА1.[5]

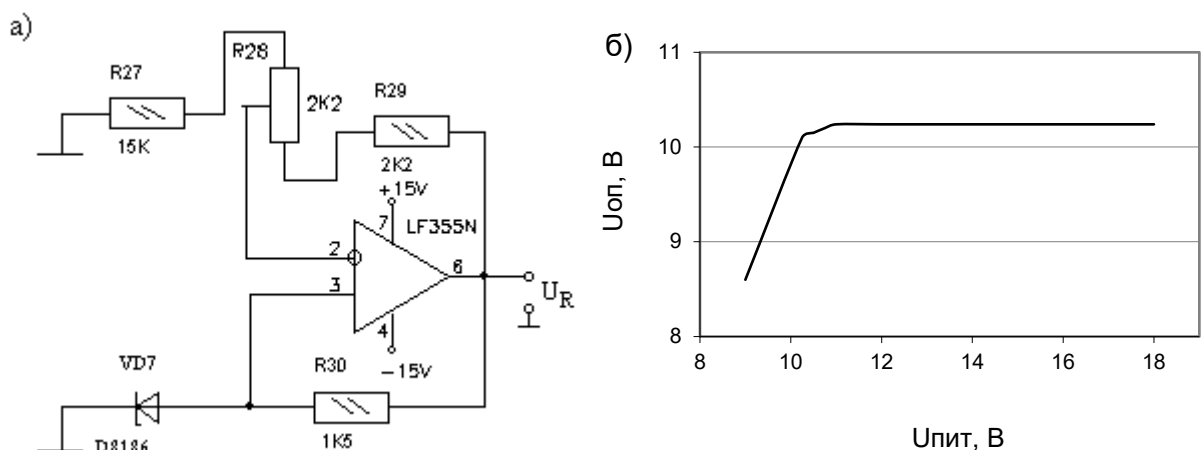


Рис. 2.2. Джерело опорної напруги для ЦАП: а - принципова схема ДОН; б - залежність вихідної напруги ДОН від напруги живлення

Блок комутації, зібраний на малогабаритних реле РЭС-60 (K1–K4), призначений для виконання наступних функцій:

- (K1) перемикається в залежності яке реле перевіряється, токове чи реле напруги;
- з'єднання виходу програмно-керованого джерела живлення з обмотками реле (K2), що перевіряється, через отвір X3;
- перемикання полярності вихідної напруги на обмотках реле (K3);
- комутація обмоток реле, що перевіряються, – послідовно або паралельно (K4).

Сигнал «RELE» на системній шині, що управляє, формується блоком програмно-керованого джерела живлення одночасно з подачею напруги на обмотку реле, призначений для повідомлення в інші блоки мікропроцесорного стенду про наявність або відсутність напруги на обмотці реле (якщо сигнал RELE відповідає лог.1, то реле знеструмлене, якщо ж сигнал «RELE» відповідає лог.0, то на обмотку реле подано напругу).

Мікросхема ЦАП К572ПА1 призначена для перетворення 10-ти розрядного паралельного двійкового коду на цифрових входах в струм на аналоговому виході, який пропорційний значенням коду і опорної напруг. До складу мікросхеми входить матриця, резистора R-2R, підсилювачі-інвертори, для управління струмовими ключами, струмові двопозиційні ключі, виконані на КМОП транзисторах. Вхідний струм задається зовнішнім джерелом опорної напруги і послідовно ділиться у вузлах релейної матриці R-2R по двійковому закону. Двійковий закон розподілу струмів в гілках матриці, резистора, дотримується за умови рівності потенціалів виходів 11 і 12. Це забезпечується підключенням виходу 11 до інвертуючого входу ОП, охопленого негатив зворотним зв'язком. Що інвертує вхід ОП з'єднується з

виходом 2 і з шиною аналогової землі. При цьому здійснюється перетворення струму на виході 11 у пропорційну йому напругу на виході ОП. З виходу 11 струм поступає на перетворювач струму в напругу DA9. DA7 – джерело опорної напруги.

Струм споживаний 50 мА; вихідний струм зсуву нуля 100 нА; час встановлення вихідного струму 5мкс.

Мікросхеми DD2 і DD3 (K555IP22) призначені для шини даних. Вони мають виходи AD2 – AD9 молодші байти і AD0, AD1 – старші байти. Ці байти управляють струмом на виході ЦАПa.

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

UK1 – UK4 виконують наступні функції:

- після інвертування UK1 на мікросхемі K555ЛН1, включають реле K1, яке робить вибір між токовим реле та реле напруги;
- UK2, після інвертування на мікросхемі K555ЛН1, включають реле K2, яке в свою чергу підключає обмотки випробовуваного реле до блоку програмно-керованого джерела живлення;
- з UK3 проінвертований сигнал поступає на обмотку реле K3, яке інвертує сигнал на виході. У деяких реле необхідно вимірювати як пряму так і зворотну напругу. Для цього і служить реле K3;
- сигнал з UK4 після інвертора поступає на реле K4, яке підключає обмотки реле або послідовно, або паралельно. В деяких випадках це необхідно.

Вихід RELE служить для передачі інформації в комп'ютер про стан реле. Тобто чи включене воно або вимкнено, яка напруга зараз на його обмотках і т.д.

Мікросхема DD1 (K555IP22) підключена так, що вона виступає в ролі підсилювача потужності, і захищає блок інтерфейсу від перевантажень.

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

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

## 2.4. Блок вимірювання часових параметрів реле

Блок вимірювання часових параметрів реле застосовується в мікропроцесорному стенді для вимірювання часових інтервалів у діапазоні від 65 мс до 70 хвилин з точністю  $\pm 2 \text{ мкс} \div 65 \text{ мс}$ . Структурна схема вимірювання часових параметрів реле - приведена на рис. 2.3.[5]

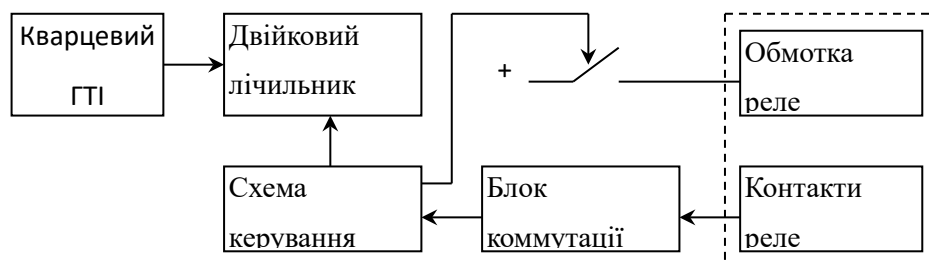


Рис. 2.3. Структурна схема блоку вимірювання часових параметрів реле

Схема керування одночасно вмикає (вимикає) ключ, який подає напругу на обмотку реле та сигнал дозволу на роботу лічильника. Лічильник починає рахувати імпульси, які 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.

Принципова схема блока вимірювання часових параметрів реле приведена на листі 4. 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 застосовується однокристальна ЕОМ (OEOM) типа MCS - 51. OEOM MCS - 51 дозволяє контролювати логічний стан восьми фронтівих і восьми тилівих 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 фронтівих і тилівих контактів, перевіряемого реле. Програмне забезпечення OEOM підтримує двадцять різних режимів вимірювання часових параметрів реле. [ 6]

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 OEOM, 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 фронтових та тильових 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 К580ВІ53, 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 включений між кварцовим генератором і нульовим лічильником, і виконує функції програмно - керованого преддільника, 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 фронтових і тильових 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) видно, що точність вимірювання часових інтервалів за допомогою лічильників залежить від стабільності частоти кварцового генератору. За таким способом вимірювання часових параметрів абсолютна похибка буде дорівнювати  $\pm t_0$ , а відносна похибка  $t_0/T_x$ . Максимальна відносна похибка вимірювання 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 взірцевих часових інтервалів використовується електронний частотомір типу ЧЗ-34, який дозволяє виробляти 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 2.1, де  $T_0$  – інтервал, який виробляє частотомір ЧЗ-34,  $dT$  – абсолютна похибка, яка дорівнює довжині періодів кварцового генератору.

Таблиця 2.1

Визначення похибки вимірювання часових інтервалів

$T_0$ , мс	$dT$ , мкс	$\delta$ , %
200	$\pm 4$	0,003
400	$\pm 7$	0,0028
600	$\pm 10$	0,0026
1000	$\pm 16$	0,0026

Відносна похибка визначається за виразом (2.4), з урахуванням зміни частоти кварцового генератору мікропроцесорного стенду для контролю параметрів реле. Випробування показали, що максимальна відносна похибка вимірювання часових інтервалів не перевищує 0,003%. Згідно з існуючою технологією вимірювання часу підйому та відпускання реле здійснюється або механічним секундоміром ПВ-53Щ (точністю  $\pm 10$  мс), або цифровим

вимірювачем часових параметрів реле Ф291 (точністю  $\pm 1$  мс). Як видно з таблиці 2.1, використання АВК дозволяє значно зменшити похибку вимірювання часових параметрів реле залізничної автоматики.

### **3. РОЗРОБКА МЕТОДІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ**

#### **3.1. Метод визначення механічних параметрів реле залізничної автоматики.**

Електромагнітні реле залізничної автоматики першого класу надійності використовуються для побудови пристроїв, що забезпечують безпеку руху потягів. Для забезпечення надійної і безвідмовної роботи реле першого класу надійності експлуатуються з урахуванням спеціальних експлуатаційно-технічних вимог (ЕТВ). Для забезпечення відповідності ЕТВ реле періодично перевіряються і регулюються по всьому комплексу параметрів. Існуюча технологія перевірки параметрів реле залізничної автоматики не забезпечує необхідної якості обслуговування пристроїв залізничної автоматики, морально і технічно застаріла, а також вимагає великої кількості ручних операцій, що приводить до значних витрат часу на перевірку реле. Статистичні дослідження, проведені на кафедрі АТ ДНУЗТа, показали, що до 10 % реле першого класу надійності випускаються в експлуатацію з порушенням ЕТВ. Резерви підвищення якості перевірки реле і продуктивності праці при використанні існуючої технології практично вичерпані, тому завдання автоматизації процесу вимірювання параметрів електромагнітних реле залізничної автоматики є актуальним.

На даний час вимірювання контактного тиску проводиться вручну за допомогою графометра часового типу Г-10-60. Контактний тиск вимірюють шляхом відтягування фронтового або тилового контакту від загального, і відліку показань у момент їх розмикання. Статистичні спостереження показують, що недоліком даного способу вимірювання контактного тиску є достатньо висока погрішність (до 30 %), яка обумовлена як суб'єктивністю при визначенні моменту відліку показань, так і погрішністю самого

грамометра. Спроби вирішення задачі автоматизації вимірювання контактного тиску реле залізничної автоматики здійснювалися і раніше. Наприклад, пропонували спосіб вимірювання контактного тиску електромагнітних реле, побудований на базі струмових реального датчика положення якоря. Недоліком даного способу є те, що застосування зовнішнього датчика дозволяло створити тільки напівавтоматичний стенд, оскільки датчик вимагав індивідуального калібрування і настройки для кожного вимірюваного реле. До того ж обробка інформації проводилася в аналоговій формі, що знижувало точність одержуваних результатів. Також пропонувався спосіб вимірювання тиску тилових контактів, заснований на залежності значення струму в обмотці реле, у момент початку руху якоря при шунтуванні обмотки, від значення тиску тилових контактів. Недоліком даного способу є те, що він не дозволяє вимірювати тиск фронтових контактів реле, а також не дає можливості 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;

$\Delta C$  - це відхилення постійного грамометру від номінального значення.

Статистичні дослідження показали, що відносна похибка вимірювання параметру (зазорів) складає:

$$2 \Delta m/x = 0,045/1,45 \approx 4 \%,$$

$$(2 \Delta m = 0,15T = 0,045 \text{ мм}; F=0,3 \text{ мм}; \text{фізичний зазор } 1,45+0,3 \text{ мм}).$$

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  $\delta(t)$ . Прист-

рій підключається до комп'ютера через USB-порт і дозволяє оцифровати 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) –  $x = f(t)$ :

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

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

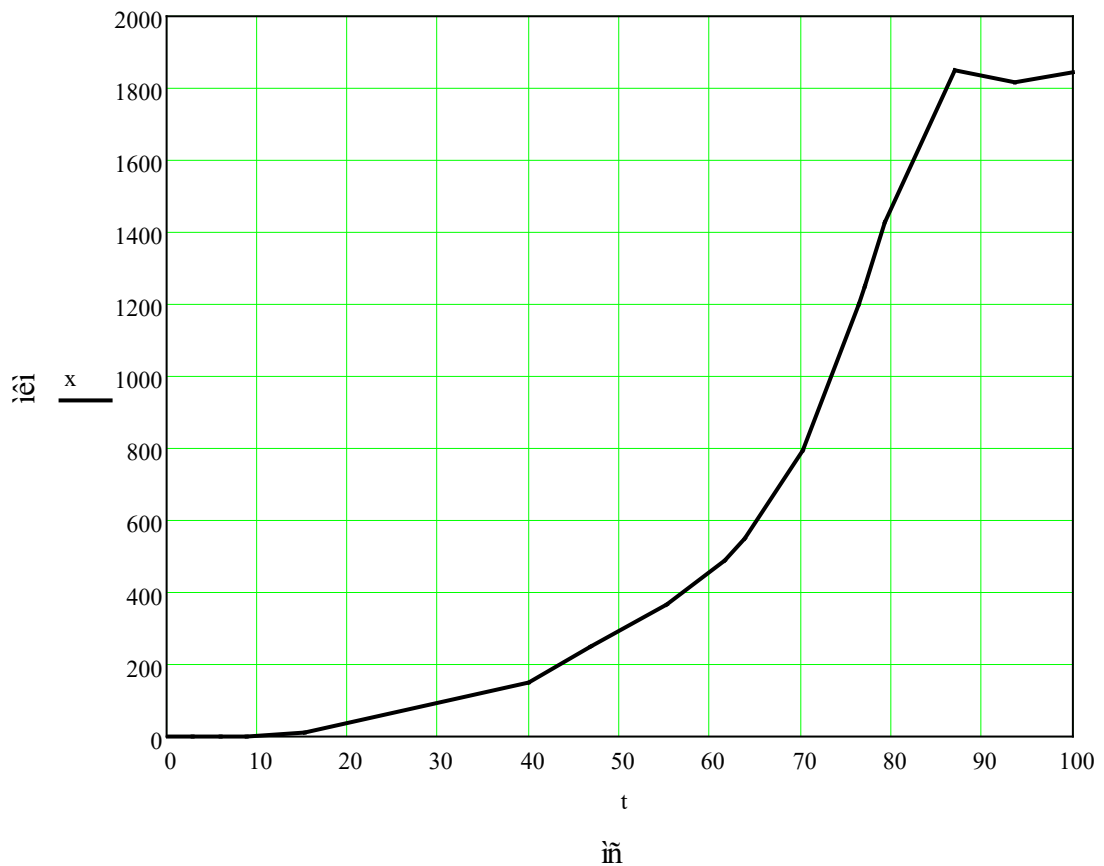


Рис. 3.1. Зазор між якорем і сердечником при вмиканні реле

$t$  – час, мс;

$\delta$  – зазор між якорем та сердечником, мкм;

$x$  – переміщення якоря, мкм;

$\delta_0$  – залишковий зазор, мкм;

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

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

$T1: = \delta_1(46,8)$	$T1 = 1,758 \cdot 10^3$	$F1: = \delta_1(77,2)$	$F1 = 754,87$
$T2: = \delta_1(55,2)$	$T2 = 1,64 \cdot 10^3$	$F2: = \delta_1(70,4)$	$F2 = 2,09 \cdot 10^3$
$T3: = \delta_1(64)$	$T3 = 1,456 \cdot 10^3$	$F3: = \delta_1(79,4)$	$F3 = 575,37$
$T4: = \delta_1(61,6)$	$T4 = 1,518 \cdot 10^3$	$F4: = \delta_1(76,6)$	$F4 = 805,11$

3). Конструкція і параметри контактів:

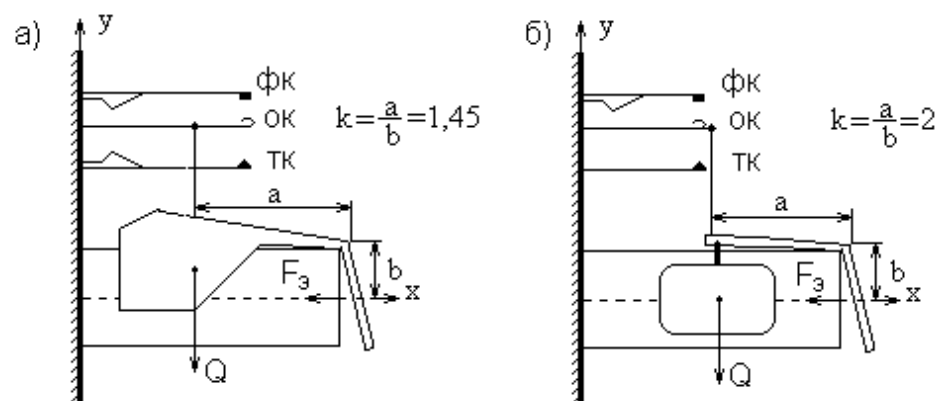


Рис. 3.2. Конструкція контактної системи: а – реле НМШ; б – реле РЭЛ

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  $F$ .

Момент інерції перетину плоскої пружини рівний:

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



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

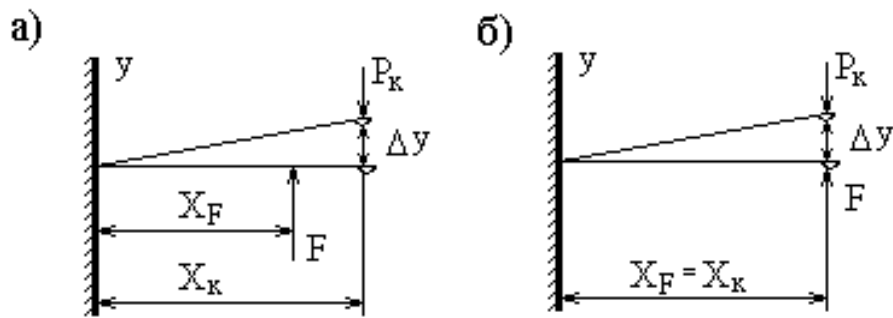


Рис. 3.4. Пружина загального контакту: а – реле НМШ б – реле РЭЛ

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

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

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:

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

Константа для контактів, Н/м (1Н=0,102 кг або 102 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:

$$L_{ki} = L_k \cdot x$$

$$L_k = 1,34 \cdot 52 / 36$$

$$L_k = 1,936$$

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

### Алгоритм розрахунку контактного тиску

1). Визначаємо спільний хід контактів (співпівставивши  $x(t)$  і часову діаграму контактів). Для визначення стану контактів і положення якоря в будь-який момент часу по дискретним значенням використовується лінійна інтерполяція методом Лагранжа, яка завжди точно проходить через вузлові точки, отримані за допомогою вимірювального пристрою. Поєднуючи положення якоря реле і часові діаграми стану контактів можна визначити сумісний хід тилових і фронтових контактів, а також відстань між фронтовими і тиловими контактами під час перельоту загальних контактів в кожній контактній групі. Визначення координат розмикавання тилових і замикавання фронтових контактів:

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

$L_{fn}$  – спільний хід фронтових контактів, мкм;

$L_{tfn}$  – перельот контактів, мкм;

$n$  – номер контакту.

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

де  $\delta_{max}$  – максимальна відстань між якорем і сердечником;

$\delta_0$  – залишковий зазор

#### 1-ша група контактів 1ФТ

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

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

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

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

#### 2-га група контактів 2ФТ

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

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

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

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

3-я група контактів 3ФТ

$$L_{t3} = \delta_{\max} - T3$$

$$L_{t3} = 547 \text{ мкм}$$

$$L_{f3} = F3 - \delta_0$$

$$L_{f3} = 417,95 \text{ мкм}$$

$$L_{tf3} = T3 - F3$$

$$L_{tf3} = 880,63 \text{ мкм}$$

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

4-та група контактів 4ФТ

$$L_{t4} = \delta_{\max} - T4$$

$$L_{t4} = 485 \text{ мкм}$$

$$L_{f4} = F4 - \delta_0$$

$$L_{f4} = 647,69 \text{ мкм}$$

$$L_{tf4} = T4 - F4$$

$$L_{tf4} = 712,89 \text{ мкм}$$

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

2). Визначаємо  $F_3$  шляхом диференціювання залежності  $x(t)$ :

Рівняння переміщення рухомої системи реле:

$$F_3 = mx'' + rx' + cx, \left[ x'' = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} (x')^2 \right], \quad (3.7)$$

де,  $m$  - маса, приведена до вісі якоря;

$x$  – переміщення якоря, яке визначається датчиком переміщення;

$c$  – сила реакції пружин.

- визначення швидкості переміщення якоря  $x'$ ;

- визначення прискорення якоря  $x''$ ;

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 тильових контактів шляхом вирішення системи рівняння:

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

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

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

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

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

$$x_4 = L_{TC4}$$

$C_0$  – постійна загального контакту;

$C_T$  – постійна тилового контакту;

$L_T$  – сумісний хід тилового контакту;

$L_{TC}$  – скритий хід тилового контакту.

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

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

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

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

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

$L_F$  – сумісний хід фронтового контакту;

$L_{FT}$  – перельот між фронтовим та тиловим контактом;

$L_{FC}$  – скритий хід фронтового контакту.

4). Контактний тиск  $\Delta P_K$  в реле НМШ і РЭЛ створюється попереднім на-  
тисненням регулювальних пластин на фронтові і тилові контакти  $P_0$  і си-  
лою 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,  $c x_{совм}$  – су-  
місний хід фронтового (тилового) і загального контактів.

Визачення контактного тиску:

$$P_L = C_T * L_{пов.к.тил.}$$

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

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

### 3.2. Визначення точності автоматизованого вимірювання контактного тиску

У таблицях 3.2 і 3.3 наведені узагальнені результати експериментальних вимірювань контактного тиску грамометром часового типу і результати обчислень контактного тиску по пропонованому методу для реле НМШ і РЭЛ відповідно. Оскільки грамометр часового типу дає високу похибку, то для отримання достовірніших результатів вимірювання контактного тиску для кожного контакту проводилося 50 разів, після чого обчислювалося середнє значення. Для отримання розрахункових даних використовувався експериментальний зразок АВК для перевірки параметрів реле залізничної автоматики. Порівняльний аналіз даних результатів показав, що відхилення обчисленого і виміряного значень контактного тиску не перевищує 3,6 % для фронткових контактів і 2,3 % для тильових контактів. Похибка визначення тиску тильових контактів менша, оскільки точно відома вага якоря, а при визначенні тиску фронткових контактів необхідно обчислювати електромагнітну силу тяжіння якоря  $F_e$ , що збільшує похибку обчислень в 1,52 раза.

Даний метод дозволяє достатньо точно вирішити завдання автоматизованого вимірювання контактного тиску для нормальнодіючих реле залізничної автоматики типів НМШ і РЭЛ. До переваг даного методу вимірювання контактного тиску можна віднести збільшення точності і зменшення суб'єктивності одержуваних результатів, а також зменшення часу на вимірювання контактного тиску, за рахунок того, що відпадає необхідність проводити вимірювання для кожного контакту окремо і знімати кожух реле.

Даний метод дозволяє вирішити комплексне завдання автоматизації вимірювання механічних параметрів електромагнітних реле без зняття кожуха відповідно з ЕТВ до реле першого класу надійності.

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 <sub>ті</sub> , мм	У <sub>фі</sub> , мм	Р <sub>кт</sub> , Н	Р <sub>кф</sub> , Н	Р <sub>кт</sub> , Н	Р <sub>кф</sub> , Н
1	0,78	0,86	0,2156	0,4782	0,2198	0,4889
2	1,15	0,94	0,3195	0,5194	0,3228	0,5294
3	1,05	0,96	0,2901	0,5312	0,2958	0,5504
4	0,84	0,93	0,2332	0,5155	0,2367	0,5332
5	0,87	0,92	0,2411	0,5135	0,2451	0,5275
6	0,7	0,91	0,194	0,5076	0,1972	0,5174
7	1,12	0,86	0,3097	0,4763	0,3156	0,4631
8	0,69	0,97	0,1921	0,539	0,1944	0,5561

Таблиця 3.3

Результати вимірювання контактного тиску для реле РЭЛ1-1600

№ контакту	Сумісний хід контактів		Експериментальні дані		Розрахункові дані	
	тилових	фронтових	тилові	фронтові	тилові	фронтові
	У <sub>ті</sub> , мм	У <sub>фі</sub> , мм	Р <sub>кт</sub> , Н	Р <sub>кф</sub> , Н	Р <sub>кт</sub> , Н	Р <sub>кф</sub> , Н
1	0,78	0,72	0,1882	0,4057	0,1915	0,3969

2	0,77	0,99	0,1862	0,5645	0,189	0,5457
3	0,79	0,83	0,1921	0,4684	0,1939	0,4575
4	0,89	0,81	0,2136	0,4567	0,2185	0,4465
5	0,76	0,67	0,1842	0,3763	0,1866	0,3693
6	0,8	0,78	0,194	0,441	0,1964	0,43
7	-	0,76	-	0,4312	-	0,4186
8	-	0,84	-	0,4763	-	0,4631

## **Висновки**

В ході виконання магістерської роботи був проведений аналіз існуючої технології перевірки реле залізничної автоматики на РТД. Статистичні дослідження, проведені на кафедрі АТ ДНУЗТу, показали, що до 10% реле випускаються з РТД з браком, тобто їх параметри лежать поза допустимих меж, а величина міжконтактного зазору при перельоті якоря може відхилятися від норми до 35%, тобто дана технологія має цілий ряд суттєвих недоліків:

- для перевірки електричних і часових параметрів реле в даний час застосовуються морально застарілі стенди, не забезпечують необхідну точність;

- результати вимірювань характеризуються високою суб'єктивністю, яка обумовлена ручним керуванням виконавчими пристроями, недоліками стрілочних вимірювальних приладів безпосередньої оцінки (інерційністю, не лінійністю шкали, низькою чутливістю), а також відсутністю відповідності між допусками по відхиленню вимірюваної величини і класом точності вимірювального приладу;

- процес вимірювання параметрів реле трудомісткий, стомлюючий і вимагає від електромеханіка високої кваліфікації, постійного зорового напруження і значних витрат часу, так як практично всі операції технологічного процесу перевірки параметрів реле виконуються вручну;

- продуктивність праці є низькою через не високій швидкості вимірювань, а також втрат часу на складання схем вимірювань та обробку результатів.

Резерви підвищення якості перевірки реле і продуктивності праці при використанні існуючої технології і вимірювальних приладів практично вичерпані, тому для усунення даних недоліків необхідно оснащення РТД стендами, що дозволяють автоматизувати вимірювання параметрів і характеристик електромагнітних реле залізничної автоматики.

В результаті виконання даного дипломного проекту були розроблені



апаратна та програмна частини автоматизованого вимірювального комплексу для перевірки параметрів електромагнітних реле залізничної автоматики. Апаратна частина включає в себе розробку структурної схеми стенда і принципів схем блоку інтерфейсу, блоку програмно-керованого джерела живлення, блоку вимірювання часових параметрів реле і блоку вимірювання механічних параметрів реле.

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

Впровадження автоматизованого вимірювального комплексу для перевірки параметрів електромагнітних реле дозволяє:

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

## Список використовуваної літератури

1. Теоретичні основи залізничної автоматики й телемеханіки. А. С. Переборов, А. М. Брилеєв, В. В. Шевцов й ін.; За редакцією А. С. Переборова. - 3-і изд., перераб. і доп. - М.: Транспорт, 1984. - 384 с.
2. Сапожников В. В., Кравцов Ю. А., Сапожников Вл. В. Теоретические основы железнодорожной автоматики и телемеханики: Учеб. для вузов/Под ред. В. В. Сапожникова. - М.: Транспорт, 1995. - 320 с.
3. Сороко В. И. Реле железнодорожной автоматики и телемеханики. – М.: НПФ «ПЛАНЕТА», 2002 – 696с.
4. Шило В. Л. Популярні цифрові мікросхеми: Довідник. М.: Радіо й зв'язок, 1987. - 352 с.
5. Федюрков Б.Г., Телець В.А. Мікросхеми ЦАП й АЦП. М.: Энергоатомиздат, 1990. - 320 с.
6. Якубовский С. В. Цифрові й аналогові мікросхеми. Довідник. М.: Радіо й зв'язок, 1990. - 496 с.
7. Каган Б. М., Сташин В. В. Основи проектування мікропроцесорних пристроїв автоматики. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 304 с.
8. Иванов В. И., Аксьонов А. И., Ношин А. М. Напівпровідникові оптоелектронні прилади - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 448 с.
9. Новиков Ю. В., Калашников О. А., Гуляев С. Э. Розробка пристроїв сполучення для персонального комп'ютера типу IBM PC. - М.: Економ, 1997. - 224 с.
10. Безруков В. В., Профатилов В. И. Основи програмування в Delphi. Дніпропетровськ ДИИТ. 2001. - 258 с.
11. Сороко В. И., Разумовський Б. А. Апаратури залізничної автоматики й телемеханіки.: Довідник. В 2-х томах. - 2-і изд., перераб і доп. - М.: Транспорт, 1981. - 352 с.
12. Шмирев А. Г. Довідник по залізничної автоматики й телемеханіки.: М., Транспорт, 1970 р. – 384 с.