

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра АТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри

Гаврилук В.І.

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до випускної магістерської роботи

Петренко Олександр Вікторович

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи Підвищення надійності роботи стрілочних переводів в мікропроцесорній централізації шляхом розробки засобів автоматизованого контролю їх параметрів

Затверджена наказом по університету № 798ст від « 18 » 10 2019 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи 14.12.2020

3. Вихідні дані до роботи Станція обладнана системою мікропроцесорної централізації МПЦ-У

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Обсяг %	Кількість креслень
1. Вступ	30	
2. Аналіз існуючих систем мікропроцесорної централізації по контролю стану напільних об'єктів	30	6
3. Методи та засоби технічної діагностики стрілочних переводів	60	7
4. Розробка засобів автоматичного прогнозування та контролю стану стрілочних переводів в МПЦ	90	3
5. Переваги використання запропонованої методики в технічному обслуговуванні стрілочного переводу	90	

Студент
Науковий керівник

РЕФЕРАТ

Зведення про обсяг пояснювальної записки: 71 сторінка, 15 рисунків, 18 джерел літератури.

Ключові слова: підсистема діагностування, стрілочні переводи, кореляційний аналіз, мікропроцесорна централізація. Задачею даної магістерської роботи була розробка методів та засобів технічної діагностики та прогнозування для покращення обслуговування стрілочних переводів.

В першому розділі роботи було проведено аналіз систем на мікропроцесорній елементній базі, які застосовуються на залізницях України. Метою аналізу було визначення ступеня контролю та діагностування стрілочних переводів в кожній з розглянутих систем.

В другому розділі розглянуті методи діагностування стрілочного переводу, вибрані для реалізації функціональний діагноз стрілки пасивними засобами по аналізу часової та частотної залежності струму переводу стрілки. В розділі наведена структурна схема комплексу вимірювання струму стрілки під час її експлуатації та алгоритм його роботи.

В третьому розділі виконано аналіз різних методів діагностування стрілочних переводів які можна застосувати для створення автоматичного контролю стану стрілочних переводів. В результаті для діагностування стрілочних переводів була вибрана взаємкореляційна функція, так як її реалізація в МПЦ є найбільш простою а результати найбільш достовірні.

В четвертому розділі наведені перспективи впровадження системи прогнозування відмов стрілочного переводу на станції при використанні мікропроцесорної централізації.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналіз існуючих систем мікропроцесорної централізації по контролю стану напільних об'єктів	7
1.1 Обґрунтування необхідності переоснащення пристроїв ЕЦ на мікроелектронній основі	7
1.2 Система мікропроцесорної централізації ЕЦ-ЕМ	9
1.3 Система мікропроцесорної централізації «Ебілок 950»	11
1.4 Автоматизована система мікропроцесорної централізації АС МПЦ.....	14
1.5 Мікропроцесорна централізація МПЦ-С.....	16
1.6 Комплекс систем автоматизованого управління «Стріла-10»	18
1.7 Система мікропроцесорної централізації МПЦ-У	20
1.8 Постановка задачі	24
1.9 Висновки до першого розділу	25
2 Методи та засоби технічної діагностики стрілочних переводів	26
2.1 Застосування функціонального діагностування для контролю стану стрілочного переводу.....	26
2.2 Прогнозування відмов стрілочного переводу.....	30
2.3 Структура системи діагностування та контролю стрілочних переводів та електродвигунів.....	35
2.4 Алгоритми функціонування системи діагностування та контролю стрілочних переводів	36
2.5 Функції діагностики МПЦ-У по контролю стрілочного переводу.....	39
2.6 Висновки до другого розділу	42
3 Розробка засобів автоматичного прогнозування та контролю стану стрілочних переводів в МПЦ.....	43
3.1 Вибір методу математичного опису кривої споживання струму стрілочним двигуном постійного струму з послідовним збудженням	43

3.2 Порівняння кривих споживання струму методом допустимих значень та методом інтегралів або площин.....	44
3.3 Застосування нейромережевих технологій для діагностування стрілочних переводів з двигуном постійного струму	47
3.4 Порівняння кривих споживання струму за допомогою кореляційного аналізу.....	49
3.5 Використання коефіцієнта кореляції для діагностики стрілок	51
3.6 Визначення надійності (довірчого інтервалу) коефіцієнта кореляції ...	52
3.7 Взаємна кореляційна функція для діагностування стрілочного переводу	53
3.8 Регресійне обчислення в діагностиці стрілочного переводу	57
3.9. Система прогнозування відмов СП.....	59
3.10 Висновок до третього розділу	65
4 Переваги використання запропонованої методики в технічному обслуговуванні стрілочного переводу	66
4.1 Переваги впровадження системи прогнозування відмов стрілочного переводу на станції.	66
Загальний висновок.....	69
Література	70

ВСТУП

Технічні засоби і системи залізничної автоматики і телемеханіки безпосередньо забезпечують виконання умов безпеки руху поїздів. На верхньому рівні - це системи диспетчерського управління і контролю, що видають команди управління до пристроїв нижнього рівня на станціях і перегонах, а ті в свою чергу, управляють стрілочними переводами та показаннями світлофорів.

Відмови в цих системах створюють передумови появи небезпечних ситуацій, ведуть до аварій і катастроф. В даний час загальний стан технічних засобів ЗАТ характеризується високим ступенем їх старіння. У той же час модернізація пристроїв стандартними методами призводить до значних і невиправданих витрат, так як при цьому рівень забезпечення безпеки підвищується незначно, а терміни окупності перевищують 15 років. Крім того, відбувається погіршення якісного і кількісного рівня обслуговуючого персоналу, що приводить до підвищення ролі «людського фактора».

Не всі прилади систем діагностики відповідають сучасним вимогам. Деяким необхідне періодичне технічне обслуговування, калібрування, крім того, вони мимоволі або при некваліфікованому втручанні переходять в стан неправильного функціонування. Це може значно знижувати вірогідність і ефективність діагностування.

У перспективі система діагностування і прогнозування повинна розглядатися як підсистема автоматизованих систем управління і контролю об'єктів ЗАТ або взаємодіяти з цими системами. При цьому повинно передбачатися використання загальних точок знімання інформації і реалізація методів пасивного діагностування (без впливів на об'єкт контролю). Як наслідок, перехід на самодіагностуючі системи ЕЦ і АБ сприятиме значному підвищенню ефективності діагностування, але так як це процес довгий і дорогий, то одним з варіантів вирішення проблеми могла б стати діагностика і прогнозування існуючої апаратури за допомогою достовірних засобів контролю.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ПО КОНТРОЛЮ СТАНУ НАПІЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

1.1 Обґрунтування необхідності переоснащення пристроїв ЕЦ на мікроелектронній основі

Перспективи розвитку систем ЗАТ на залізничному транспорті України характеризуються прийняттям ряду принципових рішень:

- впровадженням ряду мікропроцесорних систем ЗАТ і прийняттям концепцій їх подальшого розвитку на магістральному залізничному транспорті;
- повною відмовою від розроблення, проектування та впровадження як релейних, так і релейно-мікропроцесорних систем ЗАТ на більшості підприємств промислового залізничного транспорту гірничо-металургійного комплексу.

Процеси технічного переоснащення залізничного транспорту в межах його реформування спрямовані на комплексну модернізацію інфраструктури та рухомого складу із використанням сучасних прогресивних технологій. Одними з основних пристроїв є технічні засоби керування та регулювання руху поїздів, серед яких, в свою чергу, особливе місце займають системи електричної централізації стрілок та сигналів. Переважну кількість пристроїв ЗАТ на залізницях України (за технічною оснащеністю) становлять системи електричної централізації стрілок та сигналів (ЕЦ), відповідно до чого основний внесок у процес модернізації ЗАТ має припадати на станційні системи автоматики.

Необхідність освоєння нової техніки, побудованої на мікроелектронній основі, викликана рядом факторів, визначальними з яких є: зношеність основних фондів пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) на залізницях України, яка наближається до 75%; моральна застарілість релейно-контактної техніки та відставання в її розвитку від передових країн світу і навіть країн близького зарубіжжя; економічна недоцільність реконструкції об'єктів транспорту з високою зношеністю пристроїв СЦБ на базі релейно-

контактної логіки (через високу собівартість її виробництва, проектування та впровадження). Модернізація і відновлення релейних систем ЗАТ вимагають значної витрати гостро дефіцитних металів, спеціальних електротехнічних матеріалів (вартість яких має тенденцію лише до зростання), великих обсягів будівництва і виробничих площ для розміщення апаратури, її ремонту та регулювання, істотних витрат на придбання вже на нинішній час дорогого резервного устаткування та елементів, приблизно 50% яких на Україні не освоєно і не виробляється [1].

На магістральному залізничному транспорті України перебуває в експлуатації 1614 (близько 2 тис.) станцій і більше 66 тис. стрілок, з яких більше 43 тис. централізовані (65% від загальної кількості). При цьому ступінь моральної та фізичної застарілості більшості пристроїв ЕЦ, які експлуатуються в даний час, визначається періодом впровадження відповідних систем ЗАТ (рис. 1.1).

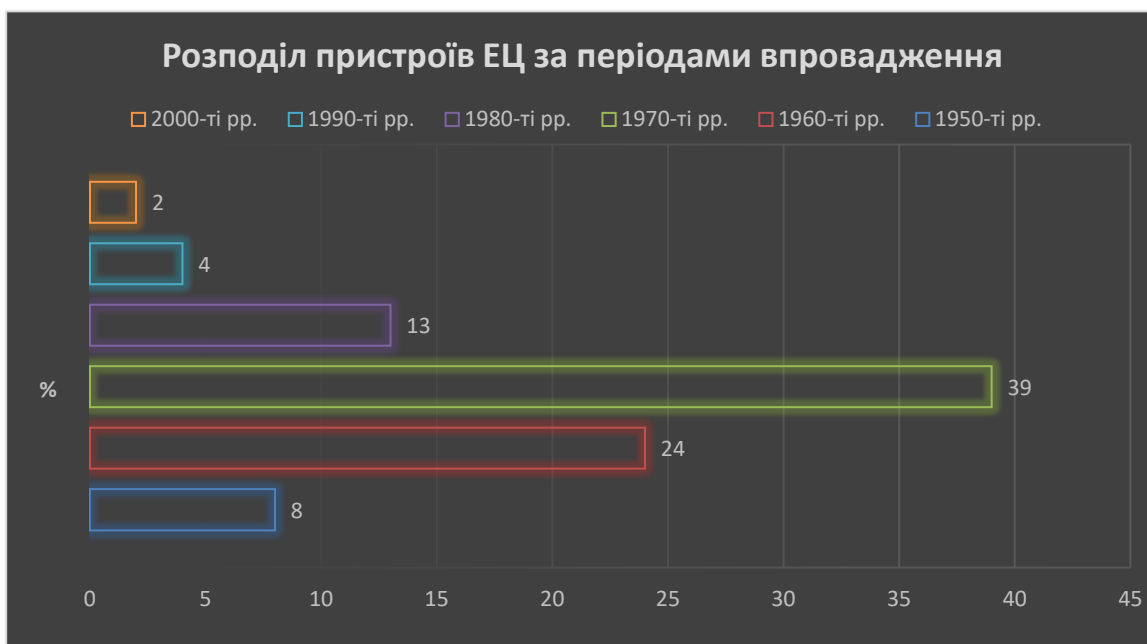


Рис. 1.1 Розподіл пристроїв ЕЦ за періодами впровадження

З рис. 1.1 випливає, що більше 75% пристроїв ЕЦ експлуатуються понад 30 років, що підтверджує необхідність комплексного їх переоснащення на мікроелектронній основі. Виходячи з недоцільності реконструкції станційних систем ЗАТ на базі релейно-контактних пристроїв, логічним є питання про

впровадження на більшості станцій мікропроцесорних систем ЕЦ (МПЦ). На даний момент на залізниці України МПЦ використовується менше 1% від загальної кількості ЕЦ.

1.2 Система мікропроцесорної централізації ЕЦ-ЕМ

Система мікропроцесорної централізації ЕЦ-ЕМ призначена для централізованого управління засобами керуючої обчислювальної техніки об'єктами низової та локальної автоматики - стрілками, світлофорами, переїздами і т. п. на залізничних станціях з урахуванням виконання всіх вимог Правил технічної експлуатації залізниць до обладнанням електричної централізації стрілок і сигналів, в умовах високого ступеня безпеки (не нижче релейних систем електричної централізації) [2].

Система ЕЦ-ЕМ здійснює в реальному часі збір, обробку та зберігання інформації про поточний стан об'єктів ЕЦ. На підставі отриманої інформації реалізуються технологічні алгоритми централізованого управління станційними об'єктами низової та локальної автоматики з формуванням і видачею керуючих впливів. При необхідності черговому по станції (ДСП) можуть видаватися пояснювальні повідомлення про результати процесу управління. Одночасно проводиться безперервна діагностика стану системи з формуванням і оперативною передачею в ЕОМ робочого місця ДСП інформації для відображення стану об'єктів ЕЦ і результатів діагностування мікропроцесорних засобів системи. Керуючий обчислювальний комплекс НВК РА є ядром системи ЕЦ-ЕМ і призначений для управління стрілками і сигналами в складі мікропроцесорної централізації постового обладнання на станціях [3].

Централізоване управління станцією на базі НВК РА забезпечується можливістю об'єднання в одному комплексі функцій ЕЦ, зв'язку з об'єктом і зв'язку з оперативно-технологічним персоналом (робочі місця чергового по станції - АРМ ДСП, автоматизоване робоче місце електромеханіка СЦБ - АРМ ШН, та ін). Організація зв'язку НВК РА системи ЕЦ-МУ з об'єктами управління і контролю дозволяє забезпечити до 56 контрольованих дискретних входів на один модуль вводу і до 48 керованих дискретних виходів на один модуль

виведення з загальним сумарним обмеженням за кількістю модулів вводу і виводу на один шафа до 19. Загальна кількість дискретних входів - 1080, виходів - до 790.

Контрольовані параметри є дискретною інформацією, яка приймає значення «0» або «1». В якості датчиків використовуються контакти реле. Вихідна керуюча інформація видається на обмотки реле з опором не менше 1600 Ом (наприклад, ДЗ-2700, РЭЛ1-1600 або РЭЛ2-2400).

Рішення комплексу завдань в НВК РА системи виконується безперервно циклічно. Час циклу - 1 секунда. Час реакції системи на будь-який зовнішній вплив становить 1 - 2 секунди. Максимальна кількість одночасне оброблюваних системою усереднених маршрутів в будь-якій стадії обробки (установка, підтримка, скасування маршрутів і т. д.) становить не менше 15.

Основні функції управління і контролю реалізуються в блоці БЦПУ, який входить в один з шаф НВК РА. У свою чергу, блок БЦПУ містить три однакових обчислювальних каналу, кожен з яких має 2 лінії зв'язку з двома ЕОМ РМ ДСП (до трьох ЕОМ у складі ЕЦ-ЕМ), з якого ведеться управління об'єктами централізації. Кожна ЕОМ фізично пов'язана з двома різними обчислювальними каналами. У процесі функціонування системи одна ЕОМ знаходяться в робочому режимі, друга - в гарячому резерві, третя (якщо є) - у холодному резерві. При великих районах управління допускається розподіл станції на зони управління з виділенням самостійних комплектів органів управління і контролю для кожної із зон.

В залежності від стану системи розрізняються основний режим, допоміжний режим і аварійний режим централізованого управління об'єктами.

У процесі функціонування НВК РА забезпечує реалізацію технологічних алгоритмів з метою забезпечення високої пропускну здатності станції при забезпеченні необхідних умов безпеки.

Обладнання електроживлення системи ЕЦ-ЕМ на базі НВК РА пред'являють більш жорсткі вимоги до надійності системи енергопостачання

тому що вона повинна забезпечувати безперебійне електроживлення шаф НВК РА і персональних ЕОМ робочого місця ДСП.

Організація живлення релейного обладнання та підлогових пристроїв системи ЕЦ-ЕМ аналогічна організації живлення систем релейних централізацій. На станціях, де можливе одночасне зникнення напруги у всіх фідерах, повинні застосовуватися обладнання безперебійного живлення (ПБЖ), що забезпечують безперебійного електроживлення на час відсутності напруги у всіх фідерах за рахунок перетворення постійної напруги резервного джерела живлення в необхідну величину напруги.

Енергопостачання мікропроцесорної частини системи ЕЦ-ЕМ (шаф НВК РА, ЕОМ РМ ДСП) здійснюється від джерела безперебійного живлення (ПБЖ), при цьому харчування кожного обчислювального каналу НВК РА і відповідної ПЕОМ РМ ДСП здійснюється від різних фаз.

Незважаючи на те, що в системі використовуються АРМи на базі комп'ютерів, діагностування стану стрілочних переводів в цій системі не реалізоване.

1.3 Система мікропроцесорної централізації «Ebilock 950»

Система централізації «Ebilock 950» розроблена фахівцями шведської фірми АВВ Даймлер-Бенц Транспортейшн (Adtranz) для керування стрілками, світлофорами й іншими об'єктами на станції і перегонах [4].

На вимогу замовника поставляється кожен з трьох варіантів централізації Ebilock 750, 850 або 950. Варіант 750 передбачає використання релейних схем для управління підлоговим обладнанням, модифікація 850 має повністю безконтактну техніку, а 950 адаптована до різних схем управління підлоговим обладнанням: релейно-контактних і безконтактних.

Централізація охоплює три рівні управління: перший рівень включає робочі місця чергового по станції і технічного персоналу, другий рівень забезпечує перевірку логічних умов безпеки, а третій - підключення датчиків і виконавчих обладнань.

Встановлення маршрутів відбувається за допомогою клавіатури АРМ ДСП і контролюється на дисплеї. Ці команди обробляються в комп'ютері залежностей центральної обробної системи (ЦОС).

Основний комп'ютер збирає, обробляє інформацію і видає команди для управління об'єктами. Резервний комп'ютер працює в гарячому резерві: він обробляє інформацію, але не формує команд. Обидва комп'ютери безперервно обмінюються інформацією і при виході з ладу основного, перемикання на резервну відбувається без затримки. Комп'ютери через шлейф зв'язку підключені до об'єктних контролерів, які розташовуються в модулях об'єктних контролерів (МОК). МОК встановлюються в горловині станції і через контролери підтримують інформаційний обмін з обома комп'ютерами і між собою. Кожна петля зв'язку об'єднує до 15 комп'ютерів. Обрив кабелю в одному місці не призводить до порушення зв'язку: кожен концентратор має по два напрямки і вихід з порядку одного не призводить до втрати працездатності системи.

Центральний процесор «Ебілок 950» і система об'єктних контролерів є основною ланкою МПЦ. В системі МПЦ використовується підлогове обладнання та релейна апаратура вітчизняного виробництва.

До складу МПЦ входять: центральний процесор (ЦП), апаратура управління і контролю (2АРМ ДСП, АРМ ШН), обладнання електроживлення, об'єктні контролери, концентратори зв'язку на стативах ОК, пристосованих для встановлення зазначених обладнань, релейне обладнання; підлогове обладнання СЦБ.

Управління МПЦ здійснюється з автоматизованого робочого місця чергового по станції (АРМ ДСП), створеного на базі промислової ЕОМ. Робота МПЦ контролюється по відображенню стану об'єктів на дисплеї АРМ ДСП, управління здійснюється черговим по станції з клавіатури АРМа. Діагностика МПЦ і контроль технічних параметрів здійснюються з автоматизованого робочого місця електромеханіка (АРМ ШН). Цей же АРМ дозволяє аналізувати протокол дій чергового по станції і роботи МПЦ.

Центральна обробна система (ЦОС) складається з процесора «Ebilock-950», що забезпечує логіку дії МПЦ та умови безпеки руху поїздів. Процесор Ebilock складається з двох комп'ютерів. Один комп'ютер постійно знаходиться в роботі, інший-в гарячому резерві. У разі виходу з порядку основного комп'ютера негайно включається резервний.

Комп'ютери пов'язані через петлі зв'язку з концентраторами. При перемиканні комп'ютерів відбувається автоматична комутація петель зв'язку. Головна мета ЦП полягає в обробці даних таким чином, щоб забезпечити виконання всіх взаємозалежностей безпечним чином. ЦП забезпечують трансформацію команд від системи управління накази, які є безпечним чином передаються стрілками, сигналами та іншим обладнанням; замикання об'єктів на маршруті; штучне і автоматичне розмикання маршрутів; інші функції централізації згідно ТЗ на систему МПЦ.

Основні і резервні комп'ютери ЦП через модеми пов'язані з концентраторами зв'язку. Система зв'язку побудована таким чином, що при обриві кабелю в одному місці інформація продовжує надходити на кожен концентратор з різних місць.

Система об'єктних контролерів є частиною системи МПЦ. Дана система здійснює взаємодію між комп'ютерною частиною централізації з релейними обладнанням і підлоговим обладнанням. Об'єктні контролери (ОК) діляться на наступні типи: сигнальний, стрілочної, релейний.

Об'єктні контролери системи «Ebilock 950» використовують вітчизняні рейкові ланцюги, світлофори, електроприводи, реле і дають можливість здійснювати ув'язку з системами автоблокування, переїзної сигналізації, кодування рейкових ланцюгів, САУТ, і іншими системами.

До складу АРМ ДСП і АРМ ШНа входять промислові комп'ютери; 2 кольорових дисплея, клавіатури в промисловому виконанні; маніпулятори типу «миша», принтери, активні звукові системи.

Робота МПЦ контролюється по відображенню стану об'єктів на дисплеї АРМ ДСП, управління здійснюється черговим по станції з клавіатури АРМ.

Команди ДСП, накази центрального комп'ютера, стан об'єктів, час і події автоматично реєструються в журналі подій і можуть бути роздруковані на принтері.

Діагностика МПЦ і контроль технічних параметрів здійснюються з автоматизованого робочого місця електромеханіка (АРМ ШН). Цей же АРМ дозволяє аналізувати протокол дій чергового по станції і роботи МПЦ.

До центрального блоку забезпечення безпеки системи Ebilock - 850 може бути підключений приблизно 300 приладів управління об'єктами. В системі початкового рівня Ebilock -950 можливе підключення до 100 приладів.

Як і в попередній системі, реалізація додаткового діагностування стану стрілочних переводів та прогнозування їх стану в даній системі не реалізоване.

1.4 Автоматизована система мікропроцесорної централізації АС МПЦ

АС МПЦ розроблена з використанням нових науково–технічних рішень, що забезпечує підвищення безпеки руху, новий рівень функціональних можливостей та ефективності роботи оперативного та обслуговуючого персоналу, підвищення технічно–економічних показників впровадження, експлуатації і обслуговування [5].

АС МПЦ призначена для заміни фізично і морально застарілих релейних систем електричної централізації як на діючих, так і на знову вводяться в експлуатацію залізничних станціях.

Функції:

- технологічне управління об'єктами централізації на станції (відповідно до типових рішень МРЦ-13 з централізації стрілок і сигналів);
- контроль стану об'єктів на станції;
- контроль справності технологічного обладнання та самодіагностика;
- взаємодія з оператором;
- архівація інформації.

АС МПЦ – вітчизняна розробка за техніко-економічними показниками не поступається аналогічним системам зарубіжних виробників.

Система являє собою централізовану двоканальну систему. Така побудова дозволяє при високій функціональній безпеці отримати досить економічну і надійну в експлуатації систему внаслідок застосування стандартних елементів промислової автоматизації, а саме, контролерів, модулів вводу/виводу, електромагнітних реле загальнопромислового застосування.

Апаратно-програмні засоби, структура системи та схемотехнічні рішення обрані з урахуванням виконання вимог " ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність», «ДСТУ 4151-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Електромагнітна сумісність. Вимоги та методи випробувань». Розвинена система діагностики дозволяє локалізувати несправні елементи системи до знімного пристрою.

Система дозволяє отримати економію експлуатаційних витрат за рахунок:

- високої надійності системи внаслідок застосування сучасних високонадійних компонентів загально технічного застосування, не потребують обслуговування за весь період експлуатації;
- зниження споживання електроенергії;
- скорочення регулювальних операцій внаслідок застосування цифрової техніки.
- досягти стійкого зниження вартості обладнання МПЦ по відношенню до релейних систем електричної централізації за рахунок постійної тенденції збільшення вартості спеціалізованого обладнання СЦБ і зниження вартості компонентів цифрової техніки.

Схемні рішення для застосування МПЦ на різних за складністю станціях:

- Автоматизована система мікропроцесорної централізації для малих станцій(до 10 стрілок)
- Автоматизована система мікропроцесорної централізації для середніх станцій(до 30 стрілок)

- Автоматизована система мікропроцесорної централізації для великих станцій(АС МБЦб)
- Підсистема АС МБЦб ділянки(горловини)

В даній системі на досить не поганому рівні реалізовано контроль стану стрілочних переводів як об'єкта в цілому, але контроль стану їх елементів практично не застосовується.

Ошибка! Источник ссылки не найден..5 **Мікропроцесорна централізація МПЦ-С**

Система мікропроцесорної централізації МПЦ-С виробляється та вдосконалюється з 2005 р. спеціалістами ТОВ НВП «САТЕП» (м. Харків) за участю фахівців Української державної академії залізничного транспорту [6]. Станом на 2013 р. дана система МПЦ у різних модифікаціях впроваджена на чотирьох станціях промислового залізничного транспорту.

Система МПЦ-С виробляється в трьох модифікаціях, які відрізняються способом розміщення апаратури нижнього рівня та її конструктивним виконанням:

- МПЦ-Д – система з децентралізованим розміщенням обладнання (МПК розташовуються в колійних ящиках у безпосередній близькості від ОКК);
- МПЦ-Ц – система з централізованим розміщенням обладнання (МПК нижнього рівня розташовуються на посту ЕЦ у спеціальних касетах);
- МПЦ-С(к) – система з комбінованим розміщенням обладнання (частина МПК нижнього рівня розташовується на посту ЕЦ, а інша частина – в напільних шафах керування, які об'єднують ОКК певного району станції).

Архітектура системи складається з трьох рівнів. Верхній рівень представлений підсистемами користувача, ув'язування із зовнішніми пристроями контролю і керування.

Підсистема користувача включає автоматизовані робочі місця чергового по станції АРМ ДСП (основне і резервне) і електромеханіка СЦБ (АРМ ШН).

До складу АРМ ШН входить комплект ЕОМ з ППЗ, що забезпечує контроль і діагностику напільних та постових пристроїв системи, архівацію й прогнозування станів системи та відмов її елементів. Підсистема ув'язки з вищими і суміжними системами контролю і керування (системами диспетчерського контролю, диспетчерської централізації, тощо) включає спеціалізовані ЕОМ реєстрації і передачі даних (включаючи ППЗ), маршрутизатори, засоби фіксації відеоінформації та інші пристрої.

Середній рівень системи МПЦ-С складається з ЕОМ залежностей ЕЦ. ЕОМ залежностей виконані на базі промислових ЕОМ з відповідним ППЗ і є основними програмно-апаратними модулями системи МПЦ. Вони включені за варіантом мажоритарного навантаженого резервування «2 з 3-х» з періодичним контролем справності елементів і їх своєчасним відновленням. У трьох незалежних каналах резервування виконується паралельно приймання і обробка інформації, перевірка необхідних логічних залежностей і умов безпеки, а також прийняття рішення про передачу відповідальних команд керування. Для мінімізації помилок і виключення можливих небезпечних наслідків ПЗ для різних каналів резервування розробляється незалежними групами програмістів.

ЕОМ залежностей незалежно один від одного отримують команди керування від АРМ ДСП (основного і резервного), формують сигнали контролю на АРМДСП і АРМ ШН, формують команди керування на МПК й інші пристрої нижнього рівня, отримують від них необхідні сигнали контролю – відповідно до протоколів обміну даними. Згідно з принципом мажоритарного резервування «2 з 3-х» передача команди керування на відповідний ОКК виконується лише при збігові коду команди не менше ніж у двох ЕОМ залежностей ПОЛЗ.

До складу нижнього рівня системи МПЦ входить таке обладнання:

– МПК напільних пристроїв та інших ОКК системи МПЦ: стрілок – МКСТ, світлофорів (поїздових, маневрових, переїзних) – МКСВ, рейкових датчиків –МКРД (лише при контролі вільності ділянок колії методом лічення осей);

– МПК введення (МК IN-32.01) і виведення (МК OUT-16.01) дискретної інформації (збудження реле та контроль їх контактів);

– мажоритуючі пристрої «2 з 3-х» – комутатори зв'язку КС3/1, які служать пристроями сполучення ЕОМ залежностей ПОЛЗ з МПК нижнього рівня та комутатори ліній зв'язку КЛС, які виконують функції сполучення ПОЛЗ з МКРД;

– пристрої захисту, комутації та вторинного електроживлення МПК;

– спеціалізовані касети для розміщення мікропроцесорних пристроїв.

При аналізі даної системи слід відзначити, що це єдина в Україні система МПЦ в якій повністю відсутні реле першого та другого класу надійності. Але поки що на магістральному транспорті Укрзалізниці ця система розповсюдження не набула. Що стосується діагностики стану стрілочних переводів, система не виконує глибоке діагностування, а лише загальний контроль напільних об'єктів.

1.6 Комплекс систем автоматизованого управління «Стріла-10»

КСАУ «Стріла-10» являє собою інтеграцію мікропроцесорної централізації, системи інтервального регулювання на основі тональних рейкових кіл, системи автоматичного оповіщення та системи технологічної діагностики і моніторингу [7]. Крім вирішення традиційних завдань електричної та диспетчерської централізації з допомогою сучасних високотехнологічних засобів, пропонується ряд інновацій у сфері забезпечення безпеки та управління перевізним процесом, таких як автоматичне оповіщення працюючих бригад на станціях і перегонах з використанням GSM каналів зв'язку і систем GPS; автоматичне оповіщення пасажирів про прибуття, відправлення і запізнення поїздів; інтеграція засобів ідентифікації рухомого складу на базі GSM каналів зв'язку з локомотивом і систем GPS з системами ЕЦ і ДЦ [8].

В склад КСАУ «Стріла-10» входять:

- мікропроцесорна централізація МПЦ «Стріла-10»;

- автоблокування на базі тональних рейкових ланцюгів МПАБ «Стріла-10»;
- Напівавтоматичне блокування на базі рахунку осей;
- апаратура контролю та кодування тональних рейкових ланцюгів ЦМ КРЦ;
- апаратура захисту від грозових і комутаційних перенапруг;
- підсистема технологічної діагностики та моніторингу;
- система автоматичного інформування та оповіщення пасажирів, обслуговуючого персоналу та ремонтних бригад (ЦІСІО);
- віддалені автоматизовані робочі місця ДЦ.

Особливості та переваги:

- Повна відмова від використання реле 1-го класу на всіх рівнях (від підлогового обладнання до керуючого центру);
- Спосіб побудови центрального обчислювального модуля — спеціалізований обчислювач зі структурою 1002D на базі ПЛІС, що забезпечує надійність і швидкодію в 3-4 рази вище, ніж у мікропроцесорних засобів, а вартість в 4-5 разів нижче, ніж у промислових комп'ютерів;
- Принцип резервування апаратури – два дубльованих канали зі змінною конфігурацією (від 100% резервування до нерезервованих об'єктних контролерів);
- Застосування САПР дозволяє оперативно змінювати конфігурацію колійного розвитку станції;
- Ув'язка з існуючими або розробляються релейними або мікропроцесорними системами ЖАТЬ, інтеграція або ув'язка з диспетчерськими централізаціями та іншими системами верхнього рівня;
- Комплексний захист від грозових і комутаційних перенапруг;
- Вбудована система самодіагностики;
- Використання об'єктних контролерів з частотним керуванням (без комутації);

Характеристика та галузь використання

Характеристика	Значення
Максимальна кількість об'єктів на один комплект обладнання	1024 (200 стрілок)
Час циклу системи	0,1 с
Принцип резервування апаратури	100% резервування зі змінною конфігурацією
Принцип резервування каналів зв'язку	два незалежних безпечних канали
Принцип управління виконавчими об'єктами	безконтактне частотне управління
Використання реле 1-го класу	не використовуються на всіх рівнях
Діапазон робочих температур	від мінус 40 до плюс 70 С
Принцип розміщення обладнання:	
на постах ЕЦ	централізоване
у транспортабельних модулях і шафах вхідних світлофорів	децентралізоване
Принцип відображення об'єктів:	
на малих станціях	багатомоніторні АРМи,
на великих об'єктах	табло колективного користування (відеостіни)

В системі достатньо розвинена діагностика модулів самої системи, а колійні об'єкти тільки контролюються.

1.7 Система мікропроцесорної централізації МПЦ-У

Система мікропроцесорної централізації МПЦ-У виробництва Северодонецького НВО "Імпульс" – комплекс технічних і програмних засобів, призначений для створення мікропроцесорних централізацій стрілок і сигналів залізничних станцій[6].

МПЦ-як сучасна альтернатива експлуатуються на залізницях релейних систем електричних централізацій забезпечує істотне підвищення безпеки і надійності управління рухом поїздів на залізничних станціях з різним обсягом поїзної роботи, включаючи високошвидкісні ділянки.

Може застосовуватися для побудови МПЦ станцій з параметрами:

- кількість стрілок до256 шт.;

- кількість світлофорів до256 шт.;
- кількість рейкових ланцюгів до512 шт.

МПЦ-У не поступається за характеристиками жодному з відомих аналогів, а по ряду параметрів перевершує їх.

Основні функції МПЦ-У:

- контроль і управління процесами прийому, відправлення, пропуску, обгону поїздів, маневрової роботи;
- забезпечення безпеки руху поїздів за маршрутами;
- відображення в реальному масштабі часу достовірної інформації про поїзному;
- положенні і стані пристроїв залізничної автоматики;
- контроль стану системи електроживлення;
- безперервне протоколювання дій експлуатаційного персоналу, архівування параметрів об'єкта управління і формування необхідних протоколів і звітів;
- установка маршруту без відкриття світлофора;
- Індивідуальна витримка часу для кожного світлофора, що відкривається;
- індивідуальний відлік витримки часу для кожного скасовується маршруту і розмикається секції;
- введення керуючих команд за допомогою маніпулятора "миша".

Особливості МПЦ-У:

- високий рівень безпеки, який відповідає вимогам стандарту України ДСТУ 4178 і значно перевершує вимоги міжнародного стандарту IEC 62425 (рівень SIL 4);
- в МПЦ-У виключені релейно-контактні інтерфейси, всі логічні залежності між світлофорами, стрілками та секціями, дільницями шляху реалізуються програмно в трьохканальному керуючому контролері;

- забезпечено захист від комутаційних, грозових перенапруг і коротких замикань (грозозахист);
- простота розширення і зміни конфігурації МПЦ-у конкретної станції за рахунок модульної структури технічних засобів, програмного забезпечення і вдалої конструкції;
- забезпечено зв'язок МПЦ-у через шлюз із зовнішніми системами: диспетчерської централізації та контролю (ДЦ, ДК), автоблокування, управління переїзною сигналізацією, автоматизованими системами контролю вантажоперевезень;
- можливість контролю та управління прилеглими об'єктами (перегоном, переїздом та ін.);
- можливість модифікації програмного забезпечення без участі фахівців СНВО "імпульс" за допомогою сертифікованої САПР, що поставляється. При цьому забезпечується захист від несанкціонованого доступу, а також виконуються вимоги щодо забезпечення функціональної безпеки;
- реалізація апаратних засобів на найсучаснішій елементній базі, що сприяє скороченню експлуатаційних витрат і підвищенню надійності;
- простота технічного обслуговування завдяки автоматичному виявленню несправностей і їх усунення в найкоротші терміни;
- можливість використання існуючих рейкових ланцюгів, сигналів і стрілочних електроприводів;
- до складу МПЦ-у входить система єдиного часу, що отримує сигнали точного часу від супутникових систем навігації;
- можливість централізованого та децентралізованого розміщення апаратури;
- можливість збільшення кількості одночасно працюючих АРМ ДСП, нарощування кількості модулів управління підлоговим обладнанням та розширення

Функціональності МПЦ-У;

- кожен модуль є типовим елементом заміни (ТЕЗ). Заміна модуля на запасний не вимагає виконання будь-яких дій з програмування або регулюванню;

- можливість поставки спеціального комплексу технічних і програмних засобів для комплексної перевірки МПЦ-У конкретній ж/д станції в реальному масштабі часу.

Функціональна безпека МПЦ-У забезпечена за рахунок:

- триканальної апаратури управління об'єктом за принципом "2 з 3";
- модулів зв'язку з об'єктом, що мають по два диверсних канали;
- внутрішньосистемних резервованих радіальних сполук типу "точка-точка"(відмова будь-якого з'єднання не впливає на роботу інших сполук);
- самодіагностування модулів МПЦ-У;
- безперервного контролю і діагностування несправностей підлогового обладнання та програмно-технічних засобів МПЦ-У зі збором, обробкою, зберіганням і відображенням інформації на спеціалізованому АРМ електромеханіка, а також з виявленням перед відмовних станів;
- програмного забезпечення, що функціонує в режимі жорсткого реального часу;
- дубльованого виконання АРМ ДСП;
- захищеності інтерфейсу з оператором;

В МПЦ-У реалізований принцип одиничної відмови – поодинокі дефекти апаратних і програмних засобів не призводять до небезпечних відмов і виявляються при робочих або тестових впливах в реальному часі. Розрахункова інтенсивність небезпечних відмов (збоїв) однієї відповідальної функції МПЦ-У становить менш ніж 10^{-11} /год.

В даній системі найбільш глибоко реалізований контроль стрілочного переводу з записом часової залежності стрілки в пам'ять АРМа електромеханіка, але діагностування відмов практично не реалізоване. Тим не менше саме цю систему можна брати для реалізації діагностування стрілочних переводів, так як вимірювання струму переводу стрілки тут вже реалізовано.

1.8 Постановка задачі

Актуальність роботи. Для забезпечення надійної роботи систем регулювання рухом поїздів нормативними документами передбачено проведення періодичного технічного обслуговування, що включає контроль основних параметрів апаратури та її регулювання як безпосередньо під час експлуатації, так і в ремонтно-технологічній дільниці дистанції сигналізації та зв'язку. Недоліками існуючої технології обслуговування пристроїв станційної автоматики є: значні затрати часу та ручної праці; неможливість проведення безперервного контролю і своєчасного виявлення можливих дефектів та пошкоджень; відсутність можливості виявлення деяких скритих дефектів, суб'єктивність отриманих результатів та їх недостатня точність, пов'язана з візуальною реєстрацією. Все це негативно впливає на ефективність поїзної роботи на станціях.

З урахуванням великої кількості об'єктів станційної автоматики на залізницях України, існуюча технологія, крім вказаних недоліків, несе з собою також значні експлуатаційні витрати а враховуючи можливості впровадження швидкісного руху ще й зменшення пропускну здатності дільниць.

Подальше підвищення ефективності технічного обслуговування пристроїв на станціях та зменшення експлуатаційних витрат можливе за рахунок прогнозування виникнення відмов, з організацією на цій основі безперервного контролю технічного стану пристроїв, а при виявленні відмови визначення її характеру і локалізації. До об'єктів які потребують діагностування в першу чергу відносяться стрілочні переводи, так як відмови стрілок викликають досить значні затримки в русі поїздів.

Таким чином, підвищення надійності роботи стрілочних переводів в мікропроцесорній централізації шляхом розробки засобів автоматизованого контролю їх параметрів є актуальною задачею.

Метою роботи розробка методів та засобів технічної діагностики та прогнозування для покращення обслуговування стрілочних переводів.

Завданням роботи є:

- аналіз можливостей існуючих систем мікропроцесорної централізації що до контролю та діагностування стану стрілочних переводів;

- розробка методів прогнозування для підвищення ефективності контролю стрілочних переводів під час їх експлуатації та зменшення часу на їх технологічне обслуговування.

- розробка засобів прогнозування для підвищення ефективності контролю стрілочних переводів під час їх експлуатації на базі існуючих систем мікропроцесорної централізації.

Об’єкт дослідження – процес технічного обслуговування стрілочних переводів в мікропроцесорних системах централізації.

Предмет дослідження – методи та засоби контролю стану стрілочних переводів в мікропроцесорних системах централізації.

Для вирішення поставлених задач застосовано методи інтегралів або площин, використання нейромережових технологій і взаємкореляційної функції для аналізу часових та частотних характеристик струму переводу стрілок.

1.9 Висновки до першого розділу

В першому розділі проведено аналіз систем на мікропроцесорній елементній базі, які застосовуються на залізницях України. Метою аналізу було визначення ступеня контролю та діагностування стрілочних переводів в кожній з розглянутих систем.

За результатами аналізу з розглянутих систем МПЦ однією з найбільш ефективних і перспективних для діагностики стану стрілочних переводів є система МПЦ-У. Хоча дана система має свої недоліки, однак її використання на залізницях України дуже актуальне і тому цю систему можна використати для подальшого аналізу і покращення діагностування стану стрілочних переводів.

2 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ

2.1 Застосування функціонального діагностування для контролю стану стрілочного переводу

При вирішенні будь-якої задачі діагностування досліджуваній об'єкт (в нашому випадку стрілочний перевід) піддається деяким випробуванням [9]. У загальному випадку процес діагностування являє собою багаторазову подачу на об'єкт (рис. 2.1) певних вхідних впливів, багаторазове вимірювання і аналіз відповідей (вихідних сигналів або реакцій) на ці впливи, які можуть надходити на входи об'єкта від засобів діагностування (ЗД) або зовнішніми (робочими) сигналами, що визначаються алгоритмом функціонування пристрою. Вимірювання та аналіз відповідей СП завжди здійснюється засобами діагностування. Взаємодіючи між собою ОД і ЗД утворюють систему діагностування.

Розрізняють два види систем діагностування (рис. 2.1). Система тестового діагностування (рис. 2.1, а) передбачає подачу впливів на ОД з боку ЗД. Інших впливів на ОД не надходить. Тому як склад, так і послідовність подачі цих впливів можна вибирати виходячи з умов ефективної організації процесу діагностування. При цьому кожне чергове вплив можна призначати в залежності від відповідей об'єкта на попередні дії. Впливу в такій системі називають тестовими.

В системі функціонального діагностування (рис. 2.1, б) ЗД не формує впливів на ОД [10]. На ОД і ЗД надходять робочі дії, передбачені алгоритмом функціонування об'єкта. Система діагностування діє в процесі робочого функціонування ОД і вирішує завдання правильності функціонування і пошуку несправностей, що порушують нормальне функціонування.

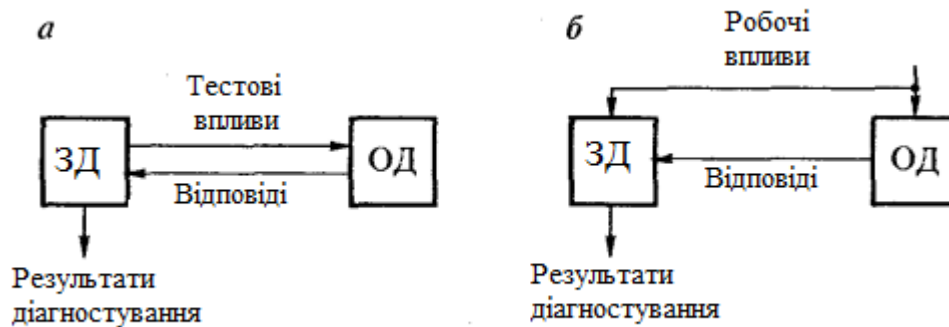


Рис.2.1 Системи діагностування технічного стану ОД: а – тестове діагностування; б – функціональне діагностування.

Уявимо схему функціонального діагностування у вигляді схеми з двох блоків (рис. 2.6). В ній вся додаткова апаратура об'єднана в одному блоці – схемі контролю (СК). Результатом діагностування є сигнал помилки, який формується при виникненні дефекту в об'єкті діагностування, а також, можливо, і в самій СК.

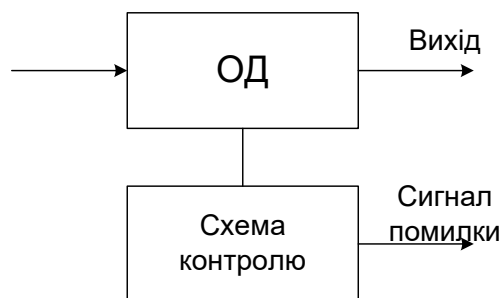


Рис.2.2 Блок-схема функціонального діагностування

Для оцінки ефективності функціонального діагностування використовується спеціальна характеристика – достовірність результату роботи D . Це вірогідність, з якою оцінюється істинність результату, що отримуємо на виході ОД. Достовірність D відображає як характеристики надійності ОД і СК, так і інформаційні можливості використовуваного методу контролю.

В загальному випадку можуть мати місце три можливих події: ОД вчасності стрілочний перевід з контролем працює правильно; ОД з контролем показує наявність помилки (помилки можуть виявлятися або тільки в ОД, або і в ОД і в СК); про роботу ОД з контролем неможна сказати нічого визначеного (невизначений результат). Насправді , якщо об'єкт працює правильно або

використовуваний метод контролю дозволяє визначити помилку, то такий результат вірно відображає істинний стан ОД. Якщо помилка сталася, а використовуваний метод контролю не зміг її визначити, або помилки нема, а схема контролю показує наявність помилки, то про істинний стан ОД з контролем неможливо нічого сказати. В цьому випадку має місце невизначення [11].

Вказані три події утворюють повну групу подій. Позначимо вірогідності їх появи відповідно $P_{np}(t)$, $P_{oo}(t)$, $P_{nr}(t)$. Тоді

$$P_{np}(t) + P_{oo}(t) + P_{nr}(t) = 1. \quad (2.1)$$

З цієї формули слідує, що достовірність

$$D(t) = P_{np}(t) + P_{oo}(t) = 1 - P_{nr}(t) \quad (2.2)$$

Для знаходження ймовірності появи кожної з подій необхідно враховувати виявляючу здібність обраного методу контролю і вид його реалізації. Під методом контролю розуміють математичний метод, що забезпечує перевірку правильності функціонування ОД. Під видом контролю розуміють спосіб апаратної або програмної реалізації обраного методу контролю.

У системі функціонального діагнозу засоби діагнозу не формують впливів на об'єкт діагнозу. На об'єкт діагнозу й на засоби діагнозу надходять тільки робочі впливи, передбачені робочим алгоритмом функціонування об'єкта. Система діагнозу працює в процесі робочого функціонування об'єкта діагнозу й вирішує завдання перевірки правильності функціонування й пошуку несправностей, що порушують роботу об'єкта діагнозу. В остаточному підсумку процедура діагнозу зводиться до порівняння роботи ідеального пристрою (задається моделлю ОД) і реального СП. Для проведення процедури діагнозу потрібне рішення основних завдань: вибір і побудова моделі ОД, синтез тесту, побудова алгоритму діагнозу, синтез і реалізація засобів діагнозу.

Складність діагностики стрілочних переводів полягає в тому, що ми можемо тут застосовувати тільки функціональний діагноз. У системі

функціонального діагнозу на об'єкт діагнозу надходять тільки робочі впливи, передбачені робочим алгоритмом функціонування стрілочного переводу. Основною задачею функціонального діагностування у СП є те що ми криву струму яка іде на стрілку записуємо в пам'ять комп'ютера.

Для стрілочного переводу використання активних діагностичних засобів представляється проблематичним, тому що подаючи контрольні сигнали по двох провідній схемі стрілки (вхід системи) у нас немає виходу з якого ми змогли б знімати реакцію системи. Якщо на вхід подавати звичайний робочий сигнал у якості контрольного, то реакцією системи можна вважати переведення стрілки. Але в цьому випадку ми не одержуємо ніякої інформації про об'єкт крім визначення його належності до множини станів В чи С (працездатності або не працездатності). Крім цього такий вплив можливо робити тільки в тих інтервалах часу, коли стрілка не задіяна в поїзній або маневровій роботі. З вищесказаного можна зробити висновок що для стрілочних переводів не раціонально використовувати активні технічні засоби, і варто розробляти пасивні засоби, які не вимагають посилок на вхід системи додаткових контрольних сигналів.

У системах електричної централізації які встановлюються в цей час на залізницях України вже є вбудований функціональний контроль чотирьох положень стрілочного переводу - нормальне (плюсове), переведене (мінусове), проміжне (середнє) і взриву. Контроль параметрів стрілочного переводу здійснюється головним чином при профілактичних вимірах і при періодичній заміні апаратури. Тому раціонально припустити, що засоби технічного діагностування стрілки повинні містити функціональний контроль чотирьох положень і автоматичний контроль таких параметрів як час переведення стрілки, контроль за споживанням струму стрілочним двигуном, контроль за щільністю прилягання вістряка до рамної рейки й т.д.

2.2 Прогнозування відмов стрілочного переводу

Прогнозування відмов – один із способів підвищення надійності обладнання в процесі його експлуатації. Сутність прогнозування відмов полягає в тому, що на основі наявної інформації про зміну параметрів несправні елементи виявляються за деякий час до відмови і замінюються або відновлюються [12].

Розрізняють два методи прогнозування: інструментальний і статистичний. Елементи, зміна якості яких можна проконтролювати деякими засобами вимірювання, піддаються інструментальному прогнозуванню. При неможливості контролю параметрів елемента його відмови піддаються статистичному прогнозуванню.

Інструментальні методи прогнозування можливі в тому випадку, якщо відома закономірність зміни деякого параметра, що визначає якість елемента (прогнозованого параметра).

Інструментальне прогнозування можна проводити або по зміні прогнозуючого параметра елемента, або по зміні вихідного параметра виробу. В окремих випадках прогнозуючий параметр може бути і вихідним. Так, наприклад, величина опору-прогнозуючий і вихідний параметри для резистора.

Прогнозування відмов можливо як методами безпосереднього контролю роботи об'єктів (систем) в нормальних режимах, так і в спеціально створених режимах, що імітують старіння, знос або інші чинники збурювання. При прогнозуванні відмов в нормальних режимах періодично вимірюють прогнозуючий параметр. Аналізуючи результати вимірювання параметра і знаючи величину його допуску, можна визначити час попереджувальної заміни або відновлення елемента.

Спеціальні режими роботи дозволяють з певним ступенем точності імітувати явище старіння і зношування. Тому в цьому режимі є можливість більш раннього виявлення змін прогнозованого параметра і вжиття заходів щодо запобігання відмов. Для інструментального методу прогнозування необхідно виявити прогнозувальний параметр і визначити закон його зміни,

виміряти цей параметр з достатньою точністю. Однак, обладнання СА містить велике число різних елементів, у багатьох випадках для яких згадані питання вирішені недостатньо повно, тому застосувати інструментальний метод прогнозування не представляється можливим.

Сутність статистичного методу полягає в тому, що на підставі відомих статистичних даних про часу безвідмовної роботи даного виробу визначається час, протягом якого надійність об'єкта не нижче заданої, після закінчення цього часу проводять профілактичну заміну (відновлення) елемента з прогнозованою несправністю.

Статистичні методи менш точні, ніж інструментальні, і не завжди враховують реальні умови експлуатації. Крім того, вони призводять до великої витрати елементів.

Результати контролю прогнозуючих параметрів можуть записуватися в спеціальних журналах або в технічній документації перевіряється об'єкта. Ці записи повинні давати можливість при кожній черговій перевірці зіставляти її результати з попередніми й аналізувати в динаміці зміни прогнозованого параметра.

Для отримання відомостей про те, як протікають ті чи інші параметри в динаміці, при роботі на перехідних процесах, можуть застосовуватися спеціальні рухомі контрольно–записуючі установки, рухливі міні – лабораторії, обладнані реєструючої апаратурою і вимірювальними приладами підвищеного класу точності. З їх допомогою істотно полегшується, наприклад, діагностика стану систем автоматичного управління, вимірювання.

Найбільш радикальним вирішенням проблеми прогнозування стану об'єктів є впровадження автоматизованого контролю, який забезпечує більшу глибину контролю та пошук можливих несправностей при незначних витратах часу. Наявність у цих системах контролю пристрої для реєстрації параметрів дозволяє накопичувати інформацію про стан кожного конкретного об'єкта, що перевіряється, аналізуючи які, можна прогнозувати появу можливих відмов.

Відмови які можна з досить великою точністю діагностувати по частотним та часовим характеристикам струму який протікає через стрілку в різних режимах роботи приведено в таблиці

Ці ознаками можуть з'являтися раптово а можуть розвиватись поступово, тому якщо наша система вимірює криву переводу стрілки і зробити математичні апарати то вони можуть не тільки виявляти несправність а й прогнозувати коли вона розвинеться до такого рівня що буде заважати роботі СП. Тому більшу частину цих відмов можна прогнозувати до їх появи тому що вони розвиваються поступово а не стрибкоподібно.

Таблиця 2.1

Діагностичні ознаки відмов стрілочних переводів

Типи відмов	Можливі ознаки відмов	Обґрунтування використання саме цієї ознаки
Зменшення опору лінійних провідників Л1 та Л2	Зростання амплітуди сигналу на початку переводу стрілки (перша ділянка часової залежності струму переведення стрілки).	При переведенні стрілки на першій ділянці, на величину сигналу впливає лише активний опір якоря, статора та лінійних провідників [18]. Так як активний опір якоря та статора дуже малий, амплітуда сигналу буде зростати при зменшенні ізоляції лінійних провідників.
Відсутність зазору в корені гостряка стрілки, або віджим рамної рейки.	Короткочасне збільшення амплітуди сигналу наприкінці переводу стрілки (кінець другої, початок третьої ділянки часової залежності струму переводу).	При відсутності зазору під час переводу стрілки, корінь гостряка в кінці переводу своїм кутом впирається в рамну рейку, і момент з боку стрілочного двигуна зростає. Так як з зростанням моменту, зростає стум сигналу, то на границі 2 і 3 ділянки амплітуда при виникненні відмови збільшиться
Забруднення подушок стрілки (не якісне обслуговування працівниками служби колії)	Поступове зростання амплітуди сигналу під час переводу стрілки. (на другій ділянці часової залежності струму переведення стрілки)	При забрудненні стрілочних подушок (погане обслуговування переводу) стрілка рухається рівномірно, але сильно зростає момент навантаження на валу двигуна, тому що стрілка не рухається за інерцією по змащеним подушкам.

Засипання стрілочного переводу сипучими матеріалами	Різкі зміни амплітуди сигналу під час переводу стрілки (на другій ділянці кривої струму переведення стрілки).	При засипанні стрілки сипучими матеріалами, стрілка рухається без постійного зростання навантаження на валу, а зміна навантаження відбувається ривками і відповідно амплітуда сигналу також змінюється ривками.
Люфти в з'єднаннях робочої тяги стрілки	Збільшення часу роботи стрілки в не навантаженому режимі (перша ділянка часової залежності струму переводу стрілки).	При збільшенні люфтів робочої тяги, час між початком роботи двигуна і початком руху гостряків стрілки збільшується, і по величині цього приросту часу можна визначати збільшення величини люфту робочої тяги.
Перевищення максимально допустимої величини струму при переводі стрілки	Перевищення рівня струму, максимально допустимого для даного типу стрілки (визначається на другій ділянці кривої струму переведення стрілки)	Для кожного типу стрілочного переводу у відповідності з нормами для двигунів постійного струму, є максимально допустимий рівень струму, який може протікати через стрілку при переводі. Порівняння необхідно проводити для кожного випадку, коли стрілка переводиться і замикається в крайньому положенні.
Перевищення максимально допустимої величини струму при роботі стрілки на фрикцію	Порівняння струму при роботі на фрикцію та струму нормального переводу (на другій ділянці часової залежності струму переведення стрілки).	Струм при роботі стрілки на фрикцію не повинен перевищувати 30% від струму при нормальному переводі. Це необхідно контролювати при кожному переводі стрілки та відсутності її контролю в крайньому положенні.
Вихід з ладу блока випрямляча	Відсутність постійної складової струму в контрольному ланцюзі стрілочного переводу	При пробі діода в блоці випрямляча, зникає постійна складова струму в контрольному ланцюзі стрілки в зв'язку з тим, що перестає функціонувати схема випрямлення.
Обмерзання або забруднення контактів автоперемикача	Переведення стрілки без відхилень в кривій струму, та з відсутністю контролю, а після декількох переводів фіксується контроль положення.	При обмерзанні контактів контрольного ланцюга автоперемикача, стрілка переводиться без відхилень від норми, але контрольний ланцюг не замикається, і відповідно стрілка не контролюється в крайньому положенні.

<p>Обрив секцій обмоток якоря двигуна, або прогорання ламелей</p>	<p>Нормальний рівень амплітуді сигналу під час переводу стрілки та виникнення пульсацій в спектрі сигналу на діапазоні який залежить від величини струму.</p>	<p>Часова залежність струму переведення стрілки на другій ділянці матиме гострі “піки”, що характеризують виникнення змінної складової струму. Причиною виникнення стрибків амплітуди струму є зміна активного опору ланцюга якоря, а частота змінної складової залежить від швидкості обертання валу двигуна.</p>
<p>Коротке замикання в якорі двигуна</p>	<p>Різкі короткочасні скачки амплітуди часової залежності струму переведення стрілки та виникнення пульсацій в спектрі сигналу на діапазоні який залежить від величини струму.</p>	<p>В випадку короткого замикання часова залежність струму переведення стрілки на другій ділянці матиме гострі “піки”, що характеризують виникнення змінної складової струму. Причиною виникнення стрибків амплітуди є зміна активного опору ланцюга якоря. Змінна складова буде вищою по амплітуді ніж в випадку обриву, так як опір якоря в цьому випадку змінюється в більш значній мірі.</p>
<p>Дефекти підшипників двигуна</p>	<p>Синусоїдальна зміна амплітуди сигналу під час переводу стрілки</p>	<p>Часова залежність струму переведення стрілки наблизатиметься формою до синусоїди, так як при несправному підшипнику якір електродвигуна буде при обертанні періодично зміщуватись відносно осі обертання, і відповідно, буде втрачати контакт щітка на колекторі.</p>
<p>Забруднення колектора двигуна та іскріння на щітках</p>	<p>Виникнення та поступове збільшення пульсацій в спектрі сигналу на діапазоні який залежить від величини струму.</p>	<p>В цьому випадку форма часової залежності струму переведення стрілки на другій ділянці буде аналогічна формі часової залежності при обриві секцій обмоток якоря, але оскільки опір якоря змінюватиметься у меншій мірі, відповідно і “піки” будуть меншої амплітуди.</p>
<p>Коротке замикання в статорі двигуна</p>	<p>Різке збільшення рівня амплітуди сигналу переводу стрілки в одне з положень, при незмінному рівні струму переводу в інше положення.</p>	<p>Такі зміни викликані тим, що опір обмоток статора при переведенні стрілки в плюсове та мінусове положення буде різний, і амплітуда струму при переводі стрілки в один та інший бік також буде змінюватись зворотно пропорційно до опору.</p>

2.3 Структура системи діагностування та контролю стрілочних переводів та електродвигунів

Для діагностики СП з використанням датчиків, необхідно в стрілочному переводі встановити датчики, які діагностуватимуть автоперемикач, редуктор, курбельний контакт, реле ППР і т.д. Також необхідні додаткові жили кабелю для передачі від датчиків на вирішальні пристрої [14]. Це пов'язано з великими додатковими капіталовкладеннями. Запропонована система діагностики стрілочного електродвигуна та переводу функціонує без додаткових датчиків і без перешкод для нормального функціонування ЕЦ. Винести рішення про справність і працездатність двигуна ми можемо по кривій споживання струму. Для реєстрації споживаного струму, необхідно створити наступну підсистему діагностики (зображена на слайді).

В робочий коло СП в провідники Л1 і Л2 ми ставимо невеликий опір R_n (1-2 Ом). Величина резистора R_n принципової ролі не грає, бо хоч активний опір обмоток збудження двигуна і не великий (декілька Ом в залежності від типу двигуна) і близький по величині до опору додаткового резистору, та впливу на роботу стрілки це не створюватиме, тому що опір самих лінійних провідників Л1 та Л2 від 20 до 40 Ом в залежності від розташування стрілки на станції. При проведенні експериментів використовувався опір $R_1=1,2$ Ом. Падіння напруги на резисторах R_n , включеному послідовно в коло живлення двигуна, пропорційне споживанню струму стрілочним двигуном. Далі отриманий сигнал потрапляє на пристрій узгодження (ПУ). Пристрій узгодження є дільником напруги, де наш сигнал перетвориться до рівня, який можна подавати на вхід АЦП.

Резистори R_n і блоки ПУ ставляться окремо для кожної стрілки розміщуються в релейній поста ЕЦ. Пристрій для контролю стану стрілового переводу містить резистори $R_1, \dots, R_2, \dots, R_n$, котрі ввімкнені в робочі ланцюги живлення стрілочних приводів станції, приєднаних до входів перетворювачів(дільників напруги), виходи котрих підключені до входів блоків

гальванічної розв'язки котрі своїми виходами підключені на вхід мультиплектора (M1). Вихід мультиплектора (M1) підключений на вхід аналогово-цифрового перетворювача, а з виходу АЦП сигнал подається на резистор-замикач вихід якого підключений до входу мікропроцесору, котрий в свою чергу зв'язаний з портом електронно обчислювальної машини.

Датчики реєстрації переводу стрілки підключені до ланцюгів керування стрілочними переводами в пульті – табло і їх виходи підключені до блоку узгодження рівнів сигналів, виходи котрого підключені до блоку реєстрації початку переведення стрілок, котрий своїми виходами підключений до мультиплектора (M2), вихід котрого подається на вхідний порт МК. Виходи МК підключені на керуючі входи мультиплекторів, а виходи ПК підключені до лінії диспетчерського контролю, та на блок відображення інформації.

В якості мультиплектора можна використовувати будь який інший пристрій який виконував би функцію комутації багатьох вхідних сигналів на один вихідний. Наприклад, кроковий шукач, компаратор и т.д. Але дані пристрої забезпечують лише переключення вхідних каналів на вихід по заданому циклу, що задовольнить нас при діагностиці кабелів СЦБ та колійних реле та не підходять для діагностики стрілок. При діагностиці стрілок нам необхідно підключати на вхід АЦП ту стрілку, яка в даний момент переводиться. Для цього потрібно щоб вхідні сигнали від стрілок на вхід АЦП подавались не по черзі, а по команді мікроконтролера. Такі функції може виконувати тільки мультиплексор.

Друкуючий пристрій необхідний для того щоб старший електромеханік міг надрукувати інформацію про стан пристроїв та апаратури ЕЦ і роздати її електромеханікам відповідальним за дану апаратуру.

2.4 Алгоритми функціонування системи діагностування та контролю стрілочних переводів

При переключенні ДСП стрілочного комутатора і подачі команди на перевід стрілки датчик переводу стрілки підключений до ланцюга керування

стрілочного переводу реєструє команду на переведення даної стрілки. Його вихід підключений до блоку узгодження рівнів сигналів у якому автоматично і відбувається гальванічна розв'язка, і з виходу якого сигнал подається до блоку реєстрації початку переводу стрілок. Мікроконтролер із заданою періодичністю підключає вихід блоку реєстрації на вхід мультиплектора (M2), і циклічно перевіряє наявність сигналу на всіх його входах. Визначивши на якому саме вході мультиплектора є сигнал мікроконтролер визначає номер стрілки яка буде зараз переводитись і відповідно подає сигнал на другий мультиплектор (M1), який підключає на вхід АЦП саме той свій вхід котрий зв'язаний з стрілкою яка переводиться. Вся ця процедура відбувається за дуже малий проміжок часу і мікроконтролер встигає настроїтися на прийом сигналу від АЦП за час, який проходить між включенням реле НПС та реле ППР схеми керування стрілкою. Момент коли спрацьовує ППР вже записується в мікроконтролер.

Така структура системи реалізується для малих станцій з відсутнім маршрутним набором маршруту. В разі коли система використовується на ЕЦ великих станцій де застосована система БМРЦ або будь-яка інша система в якій маршрут задається натисканням двох кнопок, принцип функціонування системи діагностування та контролю стрілочних переводів дещо зміниться. Це пов'язано з тим, що при маршрутному наборі стрілки по встановленому маршруту переводяться автоматично за допомогою реле ПУ та МУ, і відповідно стрілочні комутатори не використовуються. Так як наші датчики фіксації переводу стрілки фіксують команду на переводу стрілки від стрілочних комутаторів, то вони працювати не будуть при маршрутному наборі. Тому в цьому випадку необхідно поставити додаткові датчики на фіксацію натискання поїзних та маневрових кнопок черговим по станції.

Таким чином, після реєстрації датчиками натискання кнопок початку та кінця маршруту, ця інформація через блок узгодження, блок реєстрації, мультиплектор, та мікроконтролер потрапляє в обчислювальну машину. Комп'ютер по натиснутих кнопках початку і кінця маршруту визначить які стрілки зараз будуть переводитись і відповідно до якої стрілки необхідно

підключати АЦП. При такій побудові системи додатково з'являється можливість підключитись для фіксації кривої споживання струму до тієї стрілки в маршруті, яка перевірялась найдавніше. В разі встановлення черговим по станції маршруту індивідуальним переводом кожної стрілки, або при перевірці стрілок на щільність прилягання перевід стрілки фіксуватиметься по алгоритму, який використовується для ЕЦ малих станцій. При одночасному переводі декількох стрілок ми можемо проводити запис тільки однієї кривої споживання (в іншому випадку система значно ускладнюється), тому комп'ютер визначає яка стрілка переводилась раніше і підключає її на запис кривої споживання струму.

Після спрацьовування ППР по резистору R починає протікати робочий струм, котрий проходить через перетворювач потрапляє до блоку гальванічної розв'язки далі через відкритий мультиплексор проходить на аналого-цифровий перетворювач, в якому оцифровується і в цифровій формі передається на регістр-замикач з якого циклічно зчитується мікро контролером.

Оцифрована форма кривої споживання струму електродвигуном стрілочного переводу записується в пам'ять мікроконтролера і потім передається в персональний комп'ютер. В персональному комп'ютері крива струму порівнюється з ідеальною кривою і по результатах цього порівняння виноситься рішення про стан стрілочного переводу. Криві зберігаються в масиві на протязі певної кількості циклів, що дає нам змогу бачити розвиток поступових відмов та прогнозувати час досягнення відмовою критичного значення. В зв'язку з тим що стрілки електричної централізацією переводяться з різною періодичністю (1 переводиться десятки разів на день, інша кілька разів на тиждень), а контролювати необхідно всі стрілки включені в централізацію, то ПК настраює в мікроконтролері пріоритети зчитування інформації. У випадку коли система встановлена на станції з невеликою кількістю стрілок, можна не використовувати в якості керуючого елемента електронно-обчислювальну машину, а задовольнитись лише мікроконтроллером та пристроєм відображення інформації. Якщо діагностика стрілочних

електродвигунів є однією з підсистем загальної діагностики ЕЦ станції, і на станції обладнано робоче місце електромеханіка на базі персонального комп'ютера, то функції ПІС-контролера виконує процесор ЕОМ. В цьому випадку пристроєм відображення є дисплей, що дає нам ряд переваг. По-перше, електромеханік дістає можливість при вступі двигуна в передвідмовний стан, легко визначити яка саме поломка виникла в двигуні. По-друге, для обробки сигналу можна використовувати типові пакети програм що істотно спрощує програму обробки сигналу.

Наведена система діагностування стрілочних переводів може використовуватись в запропонованому вигляді для діагностування стану релейних систем централізації, при використанні її в мікропроцесорних системах, дана розробка перетворюється в підсистему, де якості ПК використовується АРМ електромеханіка.

2.5 Функції діагностики МПЦ-У по контролю стрілочного переводу

МПЦ-У як сучасна альтернатива експлуатованим на залізницях релейним системам електричної централізації забезпечує суттєве підвищення безпеки і надійності управління рухом поїздів на залізничних станціях з різним об'ємом поїзної роботи, включаючи високошвидкісні ділянки[2].

Умовне графічне відображення положення та стану стрілки рис.2.3 ідентично тому що відображається на моніторі АРМ-Ц ДСП.

При необхідності збільшення окремої області графіка застосовується масштабування. Для цього необхідно виконати наступні дії:

- встановити покажчик маніпулятора «миша» на кордон області, що потребує збільшення;

- натиснути ліву кнопку маніпулятора «миша» і не відпускаючи її виконати рух так ,щоб рамка обраного квадрата охопила необхідну для збільшення область ;

- після досягнення кінцевої точки відпустити ліву кнопку маніпулятора «миша».

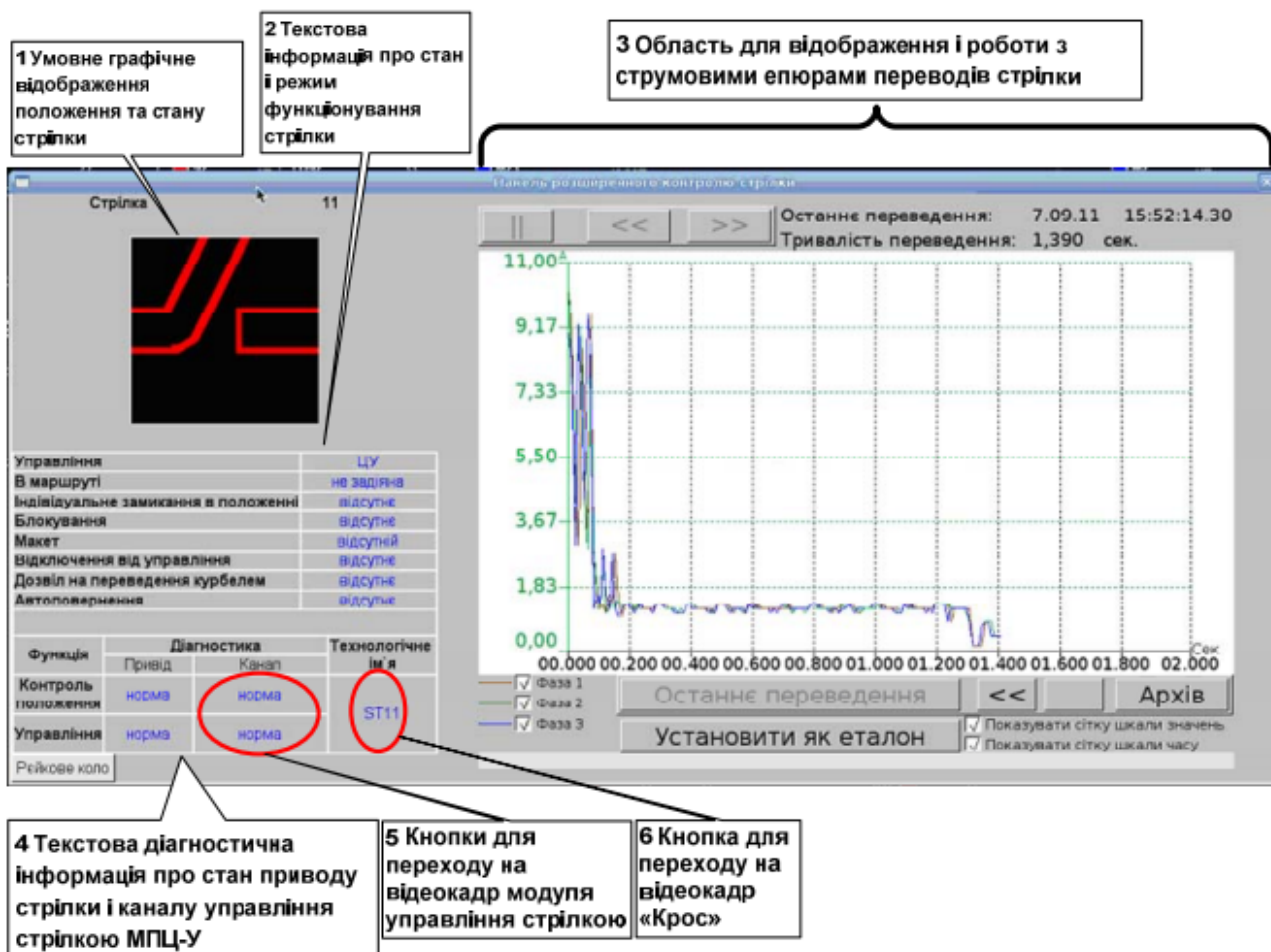


Рис 2.3 Загальний вигляд відеокадра розширеного стану стрілки

Опис текстової інформації про стан і режим функціонування стрілки наведено в таблиці 3.1.

Опис текстової діагностичної інформації про стан стрілки і каналу управління стрілкою МПЦ-У наведено в таблиці 3.2.

Робоче місце АРМ-Ц ШН СКД дає можливість зрівнювати між собою криві переводу стрілок, але виявити несправність тільки з візуального огляду кривих дуже важко, що потребує великого досвіду електромеханіка, та не завжди є ефективним.

Стани і режими функціонування стрілки

Найменування режиму/стану стрілки	Прийняті значення	Колір тексту
1 Управління	МУ	синій
	ЦУ	
2 В маршрутї	не задіяна	синій
	ходова	
	охоронна	
	загальна	
3 Індивідуальне замикання в положенні	відсутнє	синій
	встановлено	червоний
4 Блокування	відсутнє	синій
	встановлено	червоний
Найменування режиму/стану стрілки	Прийняті значення	Колір тексту
5 Макет	відсутній	синій
	встановлено	червоний
6 Відключення від управління	відсутнє	синій
	встановлено	червоний
7 Дозвіл на переведення курбелем	відсутній	синій
	встановлено	червоний
8 Автоповернення	відсутнє	синій
	+	синій
	-	синій

Стан стрілки і каналу управління стрілкою МПЦ-У

Найменування об'єкта діагностики (функції)	Прийняті значення	Колір тексту
1 Привід (Контроль положення)	обрив	червоний
	КЗ	червоний
	норма	синій
2 Привід (Управління)	відсутнє живлення	червоний
	КЗ	червоний
	норма	синій
3 Канал МПЦ-У (Контроль положення)	відмова	червоний
	норма	синій
4 Канал МПЦ-У (Управління)	відмова	червоний
	норма	синій

Отже, в кінцевому випадку, необхідно розробити метод діагностування стрілочних переводів який буде працювати в автоматичному режимі та виконувати прогнозування стану стрілочного переводу.

2.6 Висновки до другого розділу

В другому розділі роботи розглянуті методи діагностування стрілочного переводу, вибрані для реалізації функціональний діагноз стрілки пасивними засобами по аналізу часової та частотної залежності струму переводу стрілки. В розділі наведена структурна схема комплексу вимірювання струму стрілки під час її експлуатації та алгоритм його роботи. Також наведені діагностичні ознаки відмов стрілочного переводу та можливості системи МПЦ-У по діагностуванні стану стрілки. За результатами прийняте рішення стосовно розробки методів автоматичного діагностування, так як в системі МПЦ-У рішення про стан стрілки приймається обслуговуючим персоналом на базі кривих переводу .

3 РОЗРОБКА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ СТАНУ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ В МПЦ

3.1 Вибір методу математичного опису кривої споживання струму стрілочним двигуном постійного струму з послідовним збудженням

При створенні систем контролю та діагностування стрілочних переводів першочерговою задачею є розробка систем, котрі будуть проводити аналіз працездатності стрілочних переводів в автоматичному режимі, без участі людини [13]. Для побудови такої системи потрібно вирішити дві основні проблеми. Перша проблема полягає в визначенні діагностичних ознак, за допомогою яких можна буде визначати і класифікувати різні типи відмов стрілки на ранніх стадіях виникнення. Другою проблемою являється автоматичне визначення виникнення тієї чи іншої відмови по заданих діагностичних ознаках. При вирішенні цієї задачі виникає ряд проблем, на які потрібно звернути особливу увагу. Однією з таких проблем являється вибір методу математичного опису часової залежності струму, який протікає через стрілочний двигун під час переводу стрілки.

Результати вимірювання кривої часової залежності струму при використанні автоматичної системи вимірювання передбачає використання аналого–цифрового перетворювача, в якості елемента, який дозволяє аналоговий сигнал перетворювати в цифрову форму і зберігати результати в вигляді масиву даних. Далі для аналізу записаної кривої струму необхідно відновити форму кривої в комп'ютері, для аналізу стану даної стрілки. Для проведення порівняльного аналізу отриманих даних по кривій часової залежності струму даної стрілки та допустимих значень, відновлення форми не потрібно, так як при порівнянні даних простіше користуватися чисельними методами (метод прямокутників, трапецій, Сімпсона і т.д.). Але крім автоматичного визначення виникнення несправностей стрілочного переводу, необхідно використовувати також прогнозування роботи об'єкту, та оцінювання часу до виникнення несправності та її виду, а для цього необхідно одержувати форму кривої. Також необхідно відтворювати форму кривої часової

залежності струму для візуального перегляду виникнення відмов обслуговуючим персоналом.

Для відтворення форми з масиву даних можна користуватися різними методами побудови кривої часової залежності струму. Найпростішим методом являється апроксимація даних, записаних в цифровому вигляді. При цьому якщо проводити апроксимацію всіх точок масиву в якому записані данні по переводу однієї стрілки, то операція займе кілька хвилин на комп'ютері з не досить високими характеристиками, а на сучасних потужних електронно-обчислювальних машинах десятки секунд. Це надто значний час для побудови однієї кривої, тому взято точки з масиву вибірково, з заданим кроком . В зв'язку з тим, що форма кривої часової залежності струму досить складна, раціонально буде розбити криву на ділянки, на яких форма кривої більш менш лінійна, або підпорядковується якомусь закону і взяти на кожній ділянці потрібну кількість точок з заданим кроком. Результат апроксимації – знаходження поліному з показником ступеню, який менше чи дорівнює числу, що на одиницю менше кількості даних (точок), що апроксимуються.

3.2 Порівняння кривих споживання струму методом допустимих значень та методом інтегралів або площин

Для вирішення задачі фіксації відмови по визначених критеріях оцінки необхідно визначати на яких ділянках кривої споживання струму значення струму перевищує допустиме [14]. Для цього використано коридори допустимих значень які задано програмно. При цьому задано два коридори допустимих значень вище кривої та два коридори нижче кривої (рис.3.1). Величина струму в коридорах складає 10 та 20 процентів від величини струму на даній ділянці. Величини струму в граничних значеннях можна задавати програмно, так як і кількість коридорів та точок які використовуються для побудови кожної ділянки зразкової та аналізованої кривої. Кількість точок на кожній ділянці задається кроком дискретизації (на першій ділянці взято кожену 1000 точку вибірки, на другій – кожену двохсоту і т.д.).

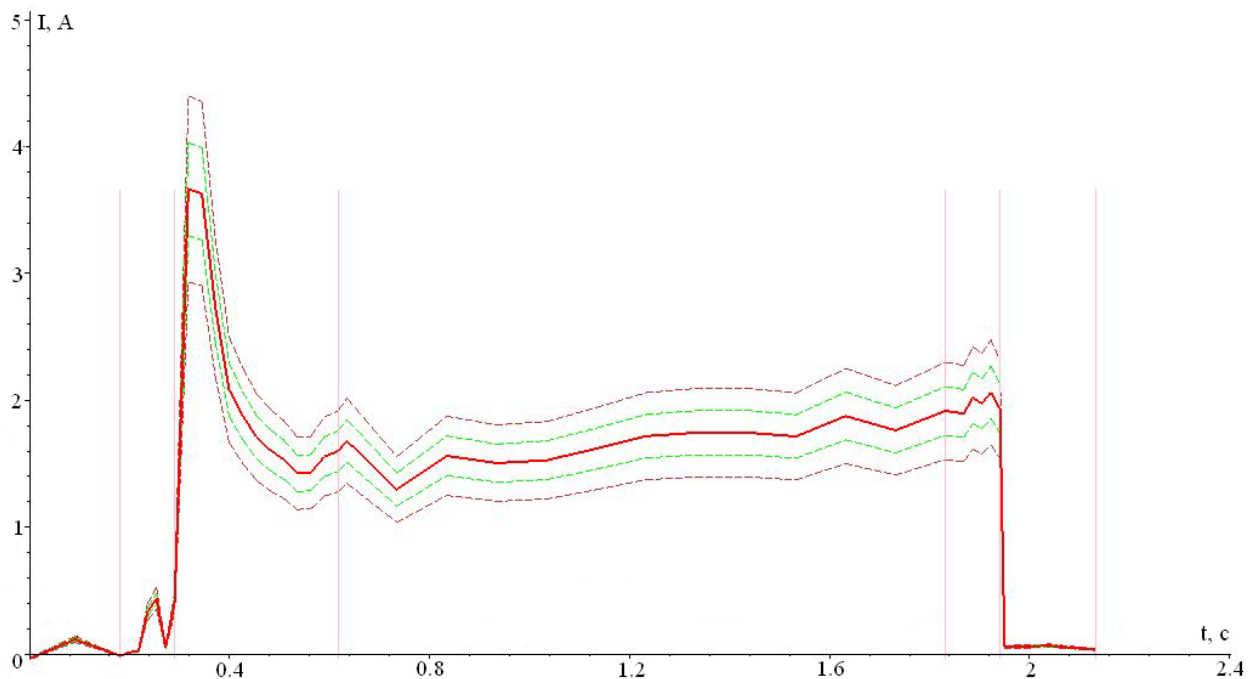


Рис 3.1 Крива струму переводу стрілки з коридорами 10 та 20 %.

Величина першої межі коридору 10 % вибрана з розрахунку можливих відхилень значення струму кривої споживання пов'язаних з відхиленням струму в зв'язку з незначним погіршенням кліматичних умов або температури зовнішнього середовища.

Під методом допустимих коридорів мається на увазі побудова верхньої та нижньої меж (що і утворюють т.зв. коридор) для відносно зразкової кривої. І при виході даної кривої, що зараз аналізується, за межі цього коридору діагностується наявність (лише наявність, а не її вид) несправності. При перевищенні першої межі є можливість прогнозувати виникнення відмови, тобто при таких значеннях стрілка працює нормально, але відмова вже почала розвиватись. В цьому випадку передається інформація обслуговуючому персоналу про можливу відмову. При перевищенні рівня другого коридору, вмикається тривожна індикація та фіксується відмова стрілочного переводу. При цьому проводиться повний аналіз кривої споживання струму (втому числі і спектральний) і виявляється яка саме відмова виникла. Друге граничне значення 20 процентів задається суб'єктивно і може бути збільшене або зменшене при подальших дослідженнях і накопиченні більшої статистичної

бази. При закладенні в програму більшої кількості коридорів можливо більш точно відслідковувати розвиток несправності та запобігати відмові до її виникнення. При перевищенні допустимої величини струму на якійсь з ділянок, в деяких випадках можна відразу визначати і тип несправності (наприклад при перевищенні допустимої величини на п'ятій ділянці, можна відразу визначати несправність типу биття гостряка або віджим рамної рейки). А в випадку перевищення величини струму на четвертій ділянці, не можна однозначно визначити яка відмова, бо тут потрібно крім величини аналізувати також форму кривої.

Для аналізу форми кривої на четвертій ділянці буде використано метод інтегралів. Під методом площин (або інтегралів) мається на увазі обрахування площі кривої, що зараз аналізується, при її виході за межі коридору побудованого для умовно зразкової кривої. Підрахунок площі здійснюється за допомогою різниці визначених інтегралів, межі яких визначаються точками перетину аналізованої кривої та допустимого коридору, та обмежуються функціями допустимого коридору та даної аналізованої кривої.

$$S = \int_a^b f_{реал.}(x)dx - \int_a^b f_{кор.}(x)dx \quad (3.1.)$$

a та b – початкова та кінцева межі визначених інтегралів. Можуть приймати значення: точка перетину аналізованої кривої з коридором (верхнім чи нижнім); межі кускових функцій (що обраховуються для отриманих точок даних); межі ділянок, на які суб'єктивно розділили умовно-ідеальну криву.

$f_{реал.}(x)$ – значення кускової функції реальної (тобто аналізованої), яке відповідає межам обрахованим в даний момент a та b .

$f_{кор.}(x)$ – значення кускової функції для коридору (спочатку обраховується верхня, потім нижня межа коридору), яке відповідає межам обрахованим в даний момент a та b .

Якщо отримана площа входить в суб'єктивно визначений діапазон, то виноситься рішення про належність (чи неналежність) даної аналізованої

кривої до того чи іншого виду несправності. Тобто при такій відмові як коротке замикання в колекторі двигуна, форма кривої на четвертій ділянці має гострі та вузькі списи і відповідно площин які будуть обраховуватись інтегралами буде багато і з малими площами. При такій відмові як засипання подушок площин буде всього декілька, але з значною площею. При струмі фрикції вся ділянка перевищує значення коридору і площина відповідно буде тільки одна але з великою площею.

Для вирішення таких задач крім запропонованих методів можна спробувати застосувати метод динамічних рядів, аналіз за допомогою ряду Фур'є та інші. Поставлена задача взагалі відноситься до класу задач з теорії розпізнавання образів. Для створення системи, що могла б накопичувати досвід (навчатися) з кожною процедурою аналізу пропонується створення системи з псевдо штучним інтелектом типу нейронних мереж .

3.3 Застосування нейромережевих технологій для діагностування стрілочних переводів з двигуном постійного струму

Останнім часом широкого розвитку набули математичні методи обробки діагностичної інформації, що базуються на застосуванні штучних нейронних мереж [15]. До числа переваг нейронних мереж можна віднести можливість знаходження прихованих залежностей між несправністю й формою діагностичного сигналу, прийняття рішень в умовах неповної інформації, автоматичної класифікації образів форми сигналу а також прогнозування відмов. Застосування апарата нейронних мереж для діагностування стрілочних переводів за формою часової залежності струму дозволить виявляти більшість несправностей в автоматичному режимі, та своєчасно інформувати про них обслуговуючий персонал.

Для створення моделі нейронної мережі необхідно визначення оптимальної структури нейронної мережі для побудови автоматизованої системи контролю та діагностування стрілочних переводів по кривій споживання струму стрілочним електродвигуном. На нейронну мережу

покладається задача автоматичного визначення несправностей стрілочних переводів по заданим діагностичним ознакам.

За допомогою використання штучних нейронних мереж можна діагностувати всі відмови стрілочного переводу, для яких отримані діагностичні ознаки. Умовно всі вищезгадані відмови можна поділити на два типи:

1. Несправності, контроль яких не потребує спектрального аналізу (несправності діагностичні ознаки яких визначаються по часовій залежності струму).
2. Несправності, що контролюються з використанням спектрального аналізу (несправності що визначаються по частотній залежності струму).

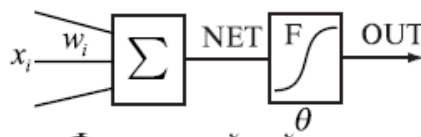


Рис. 3. 2 Формальний нейрон

Найпростішим елементом штучних нейронних мереж є формальний нейрон (рис.3.2). Мережі, побудовані з таких нейронів, можуть сформувати довільну багатомірну функцію на виході.

Для діагностування необхідно записати форму діагностичного сигналу (кривої струму) у цифровому вигляді. Криву споживання струму стрілочним двигуном знімають з резистора, послідовно включеного в лінійне коло, оцифровують за допомогою аналого-цифрового перетворювача, записують в пам'ять комп'ютера. Після запису виконують попереднє перетворення діагностичного сигналу (рис.3.3).

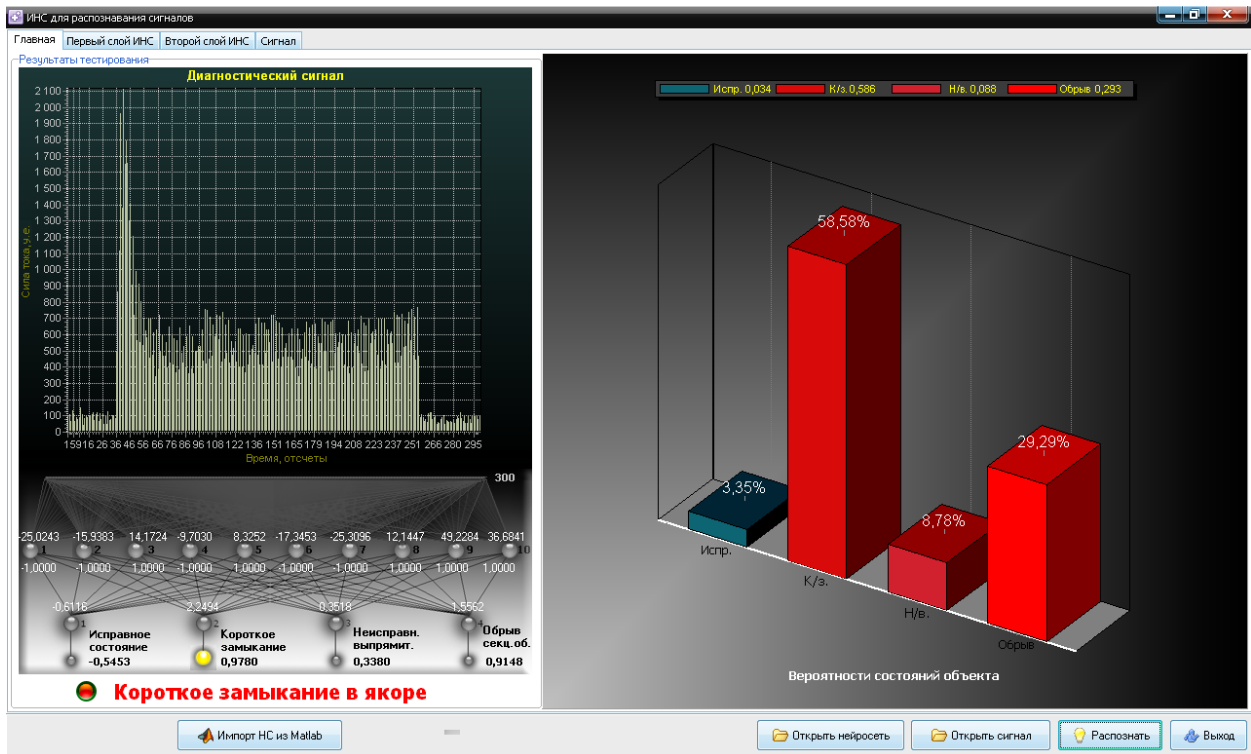


Рис. 3.3 штучна нейронна мережа для аналізу діагностичного сигналу

При побудові штучних нейронних мереж для діагностування стрілочного переводу необхідно вирішити багато питань по конфігурації мережі, які однозначного вирішення не мають. Крім цього для мережі з вчителем необхідна велика кількість вузлів в вихідному шарі, а для мережі яка навчається сама велика кількість статистичних вимірів.

3.4 Порівняння кривих споживання струму за допомогою кореляційного аналізу

Кореляція (correlation), і її окремий випадок для центрованих сигналів – коваріація, є методом аналізу сигналів [17]. Наведемо один з варіантів використання методу. Допустимо, що є сигнал $s(t)$, в якому може бути (а може і не бути) деяка послідовність $x(t)$ кінцевої довжини T , тимчасове положення якої нас цікавить. Для пошуку цієї слідчої в кожному по сигналу $s(t)$ тимчасовому вікні довжиною T обчислюються скалярні добутки сигналів $s(t)$ і $x(t)$. Тим самим ми "прикладасмо" шуканий сигнал $x(t)$ до сигналу $s(t)$, ковзаючи по його аргументу, і за величиною скалярного добутку оцінюємо ступінь подібності сигналів в точках порівняння.

Кореляційний аналіз дає можливість встановити в сигналах (або в лавах цифрових даних сигналів) наявність певного зв'язку зміни значень сигналів з незалежної перемінною, тобто, коли великі значення одного сигналу (щодо середніх значень сигналу) пов'язані з великими значеннями іншого сигналу (позитивна кореляція), або, навпаки, малі значення одного сигналу пов'язані з великими значеннями іншого (негативна кореляція), або дані двох сигналів ніяк не пов'язані (нульова кореляція).

У функціональному просторі сигналів ця ступінь зв'язку може виражатися в нормованих одиницях коефіцієнта кореляції, тобто у косинусі кута між векторами сигналів, і, відповідно, буде приймати значення від 1 (повний збіг сигналів) до -1 (повна протилежність) і не залежить від значення (масштабу) одиниць вимірювань.

У варіанті автокореляції (autocorrelation) за аналогічною методикою проводиться визначення скалярного добутку сигналу $s(t)$ з власною копією, що ковзає по аргументу. Автокореляція дозволяє оцінити середньостатистичну залежність поточних відліків сигналу від своїх попередніх і наступних значень (так званий радіус кореляції значень сигналу), а також виявити в сигналі наявність періодично повторюваних елементів.

Особливе значення методи кореляції мають при аналізі випадкових процесів для виявлення не випадкових складових і оцінки не випадкових параметрів цих процесів.

Зауважимо, що в термінах "кореляція" і "коваріація" існує деяка плутанина. В математичній літературі термін "коваріація" застосовується до центрованих функцій, а "кореляція" - до довільних. У технічній літературі, і особливо в літературі по сигналам і методів їх обробки, часто застосовується прямо протилежна термінологія. Принципіального значення це не має, але при знайомстві з літературними джерелами варто звертати увагу на прийняте призначення даних термінів.

3.5 Використання коефіцієнта кореляції для діагностики стрілок

Після вибору функції як форми кореляційної залежності між ознаками X і Y вирішується завдання, що полягає у визначенні тісноти зв'язку між ними, в оцінці розсіювання відносно лінії регресії значень однієї ознаки для різних значень іншого [16]. Для цього використовують вибіркового коефіцієнта r кореляції.

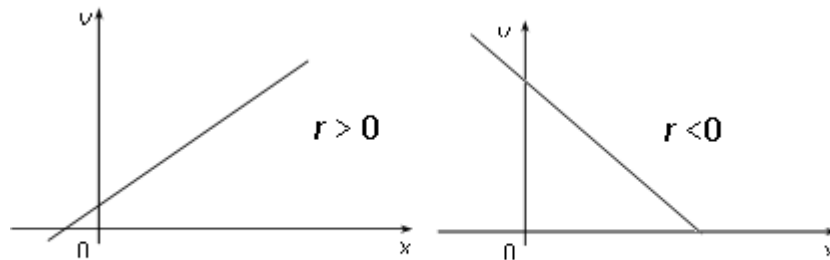


Рис.3.3 Графіки зміни коефіцієнтів лінійної кореляції

Лінійний коефіцієнт кореляції змінюється на відрізку $[-1; 1]$, тобто $|r| \leq 1$. Якщо $r = \pm 1$, то кореляційна залежність стає функціональною. У разі $r > 0$ говорять про позитивну кореляцію величин X , Y (рис. 3.7); в разі $r < 0$ - про негативну кореляцію. Позитивна кореляція між випадковими величинами означає, що при зростанні однієї з них інша має тенденцію в середньому зростати; негативна кореляція означає, що при зростанні однієї з випадкових величин інша має тенденцію в середньому спадати. Якщо $r = 0$, то лінійний зв'язок між ознаками X і Y відсутній, але може існувати криволінійний кореляційний зв'язок або нелінійна функціональна.

Оцінку тісноти лінійного кореляційного зв'язку визначають користуючись табл. 3.1.

Значущість вибіркового коефіцієнта кореляції перевіряють за критерієм Стьюдента. За досвідченими даними обчислюють розрахункову статистику t_p , користуючись формулою:

$$t_p = \frac{|r|\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}. \quad (3.2)$$

Тіснота лінійного кореляційного зв'язку

Тіснота зв'язку	Величина r	
	Позитивна	Негативна
Лінійного зв'язку немає	$0 \div 0,2$	$0 \div -0,2$
Слабка	$0,2 \div 0,5$	$-0,2 \div -0,5$
Середня	$0,5 \div 0,75$	$-0,5 \div -0,75$
Сильна	$0,75 \div 0,95$	$-0,75 \div -0,95$
Функціональна	$0,95 \div 1$	$-0,95 \div -1$

Потім по таблиці критичних точок розподілу Стьюдента за заданим рівнем значущості α і числа ступенів свободи $k = n - 2$ знаходять табличне значення t_{kp} двосторонньої критичної області. Якщо $t_p < t_{kp}$, то коефіцієнт кореляції r — незначний (мало відрізняється від нуля) і ознаки X і Y некорельовані. Якщо $t_p > t_{kp}$, то приходять до висновку про наявність лінійного кореляційного зв'язку.

3.6 Визначення надійності (довірчого інтервалу) коефіцієнта кореляції

Коефіцієнт кореляції, як правило, розраховується за даними вибірки [17]. Щоб отриманий результат поширити на генеральну сукупність, можливе виникнення деякої помилки, яку оцінюють за допомогою середньої квадратичної помилки σ_r . За допомогою σ_r роблять оцінку надійності коефіцієнта кореляції, побудувавши довірчі інтервали для різних обсягів вибірки. Нехай n число спостережень пар чисел $(x; y)$ менше 50 ($n < 50$). У цьому випадку середня квадратична помилка σ_r обчислюється за формулою

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-2}} \quad (3.3)$$

де r — коефіцієнт парної лінійної кореляції, n — обсяг вибірки. Довірчий інтервал для оцінки r знаходять за формулою

$$r - t_\gamma \sigma_r \leq \hat{r} \leq r + t_\gamma \sigma_r, \quad (3.4)$$

де t_γ знаходять по таблиці значень функції Лапласа $\Phi(x)$.

Якщо обсяг вибірки $n > 50$, то похибка σ_r для коефіцієнта кореляції r знаходять також за формулою (60). Потім обчислюють відношення r/σ_r . Якщо це відношення більше 3, то можна вважати, що знайдений коефіцієнт кореляції r відображає справжню залежність між ознаками X і Y . Величина $r - 3\sigma_r$ є, як правило, гарантійним мінімумом, а величина $r + 3\sigma_r$ - гарантійним максимумом коефіцієнта кореляції r і довірчий інтервал для оцінки r запишеться у вигляді

$$r - 3\sigma_r \leq \hat{r} \leq r + 3\sigma_r. \quad (3.5)$$

3.7 Взаємна кореляційна функція для діагностування стрілочного переводу

Взаємна кореляційна функція (ВКФ) різних сигналів (cross-correlation function, CCF) описує як ступінь подібності форми двох сигналів, так і їх взаємне розташування один щодо одного по координаті (незалежної змінної) [17].

$$B_{su}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) u(t + \tau) dt. \quad (3.6)$$

Взаємна кореляція сигналів характеризує певну кореляцію явищ і фізичних процесів, що відображаються даними сигналами, і може служити мірою "стійкості" даної взаємозв'язку при роздільній обробці сигналів в різних пристроях. Для кінцевих по енергії сигналів ВКФ також кінцева, при цьому:

$$|B_{su}(\tau)| \leq \|s(t)\| * \|u(t)\|, \quad (3.7)$$

що випливає з нерівності Коші-Буняковського і незалежності норм сигналів від зсуву по координатах. При заміні змінної $t = t - \tau$ з'єднаних в формулі (3.7), отримуємо:

$$B_{su}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t - \tau) u(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) s(t - \tau) dt = B_{us}(-\tau). \quad (3.8)$$

Звідси випливає, що для ВКФ не виконується умова парності, $B_{su}(\tau) \neq B_{us}(\tau)$ і значення ВКФ не зобов'язані мати максимум при $\tau = 0$.

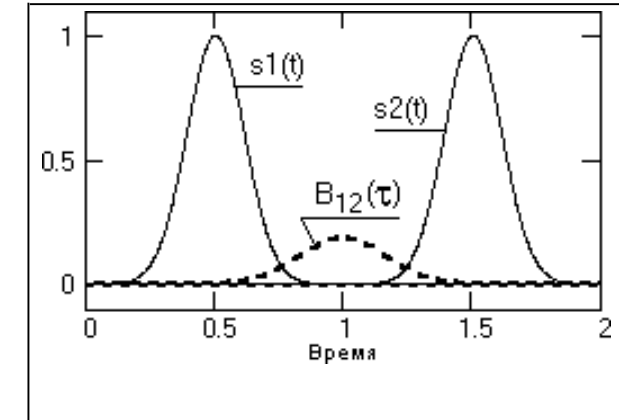


Рис.3.4 ВКФ для двох однакових сигналів

Це можна наочно бачити на рис.3.8, де задані два однакових сигнали з центрами на точках 0.5 і 1.5. Обчислення за формулою (3.13) з поступовим збільшенням значень τ означає послідовні зрушення сигналу $s_2(t)$ вліво по осі часу (для кожного значення $s_1(t)$ для підінтегрального множення беруться значення $s_2(t+\tau)$). При $\tau=0$ сигнали ортогональні та значення $B_{12}(\tau) = 0$. Максимум $B_{12}(\tau)$ буде спостерігатися при зсуві сигналу $s_2(t)$ вліво на значення $\tau=1$, при якому відбувається повне поєднання сигналів $s_1(t)$ і $s_2(t+\tau)$.

Одні й ті ж значення ВКФ за формулами (3.13) і (3.16) спостерігаються при одному і тому ж взаємному положенні сигналів: при зсуві на інтервал τ сигналу $u(t)$ щодо $s(t)$ вправо по осі ординат і сигналу $s(t)$ щодо сигналу $u(t)$ вліво, тобто $B_{su}(\tau) = B_{us}(-\tau)$.

На рис.3.5 наведені приклади ВКФ для прямокутного сигналу $s(t)$ і двох однакових трикутних сигналів $u(t)$ і $v(t)$. Всі сигнали мають однакову тривалість T , при цьому сигнал $v(t)$ здвинутий вперед на інтервал $T/2$.

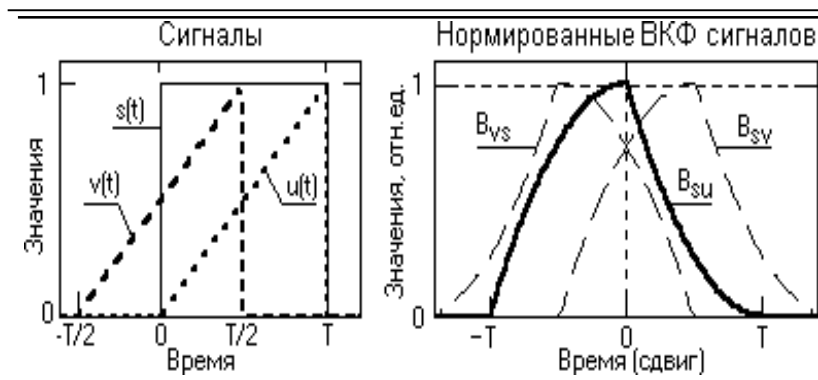


Рис.3.5 Взаємнокореляційні функції сигналів

Сигнали $s(t)$ і $u(t)$ однакові по часовому розташуванню і площа "перекриття" сигналів максимальна при $\tau=0$, що і фіксується функцією B_{su} . Разом з тим функція B_{su} різко асиметрична, так як при асиметричній формі сигналу $u(t)$ для симетричної форми $s(t)$ (щодо центру сигналів) площа "перекриття" сигналів змінюється по різному в залежності від напрямку зсуву (знака τ при збільшенні значення τ від нуля). При зміщенні вихідного положення сигналу $u(t)$ вліво по осі ординат (на випередження сигналу $s(t)$ - сигнал $v(t)$) форма ВКФ залишається без зміни і зсувається вправо на таке ж значення величини зсуву – функція B_{sv} на рис.3.9. Якщо поміняти місцями вираження функцій в (3.13), то нова функція B_{vs} буде дзеркально повернутою щодо $\tau = 0$ функцією B_{sv} .

З урахуванням цих особливостей повне ВКФ обчислюється, як правило, окремо для позитивних і негативних запізнень:

$$B_{su}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) u(t + \tau) dt. \quad B_{us}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) s(t + \tau) dt. \quad (3.9)$$

Для двох зашумлених сигналів $u(t) = s_1(t)+q_1(t)$ і $v(t) = s_2(t)+q_2(t)$, застосовуючи методику виведення формул (6.1.13) з заміною копії сигналу $s(t)$ на сигнал $s_2(t)$, неважко вивести формулу взаємної кореляції в наступному вигляді:

$$B_{uv}(\tau) = B_{s_1s_2}(\tau) + B_{s_1q_2}(\tau) + B_{q_1s_2}(\tau) + B_{q_1q_2}(\tau). \quad (3.10)$$

Останні три члени в правій частині (3.17) затухають до нуля при збільшенні τ . При великих інтервалах задання сигналів вираз може бути записано в такій формі:

$$B_{uv}(\tau) = B_{s_1s_2}(\tau) + \overline{s_1(\tau)q_2(\tau)} + \overline{q_1(\tau)s_2(\tau)} + \overline{q_1(\tau)q_2(\tau)}. \quad (3.11)$$

При нульових середніх значеннях шумів і статистичної незалежності від сигналів має місце:

$$B_{uv}(\tau) \rightarrow B_{s_1s_2}(\tau) \quad (3.12)$$

Всі властивості ВКФ аналогових сигналів дійсні і для ВКФ дискретних сигналів, при цьому для них дійсні особливості дискретних сигналів. Зокрема, при $\Delta t = \text{const} = 1$ для сигналів $x(k)$ і $y(k)$ з числом відліків K :

$$B_{xy}(n) = \frac{K}{K-n} \sum_{k=0}^{K-n} x_k y_{k-n}. \quad (3.13)$$

При нормуванні в одиницях потужності:

$$B_{xy}(n) = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^K x_k y_{k-n} \cong \overline{x_k y_{k-n}}. \quad (3.14)$$

Оцінка періодичних сигналів в шумі. Зашумлений сигнал можна оцінити по взаємній кореляції з "еталонним" сигналом методом проб і помилок з налаштуванням функції взаємної кореляції до максимального значення.

Для сигналу $u(k)=s(k) + q(k)$ при статистичній незалежності шуму і $q_k \rightarrow 0$ функція взаємної кореляції з шаблоном сигналу $p(k)$ при $q_2(k)=0$ приймає вигляд:

$$B_{up}(k) = B_{sp}(k) + B_{qp}(k) = B_{sp}(k) + \overline{q_k p_k}. \quad (3.15)$$

А оскільки $q_k \rightarrow 0$ при збільшенні N , то $B_{up}(k) \rightarrow B_{sp}(k)$. Очевидно, що функція $B_{up}(k)$ буде мати максимум, коли $p(k) = s(k)$. Змінюючи форму шаблону $p(k)$ і домагаючись максимізації функції $B_{up}(k)$, можна отримати оцінку $s(k)$ у вигляді оптимальної форми $p(k)$.

Функція взаємних кореляційних коефіцієнтів (ВКФ) є кількісним показником ступеня подібності сигналів $s(t)$ і $u(t)$. Аналогічно функції автокореляційних коефіцієнтів, вона обчислюється через центровані значення функцій (для обчислення взаємної коваріації досить центрувати тільки одну з функцій), і нормується на добуток значень стандартів функцій $s(t)$ і $v(t)$:

$$\rho_{su}(\tau) = C_{su}(\tau) / \sigma_s \sigma_v. \quad (3.16)$$

Інтервал зміни значень кореляційних коефіцієнтів при здвигу τ може змінюватися від -1 (повна зворотна кореляція) до 1 (повна подібність або

стовідсоткова кореляція). При здвигах τ , на яких спостерігаються нульові значення $\rho_{su}(\tau)$, сигнали незалежні один від одного (некорельовані). Коефіцієнт взаємної кореляції дозволяє встановлювати наявність зв'язку між сигналами незалежно від фізичних властивостей сигналів і їх величини.

При обчисленні ВКФ зашумлених дискретних сигналів обмеженої довжини з використанням формули (3.20) є ймовірність появи значень у форматі $|\rho_{su}(n)| > 1$.

Для періодичних сигналів поняття ВКФ зазвичай не застосовується, за винятком сигналів з однаковим періодом, наприклад, сигналів входу і виходу при вивченні характеристик систем.

Якщо ВКФ використовувати для діагностування СП тобто порівнювати криві переводу по точкам то в результаті при порівнянні двох нормальних переводів на графіку буде вимальовуватися великий пік і це означає що функції співпадають, а якщо порівнювати з деякою несправністю то цей пік буде менший і по величині цих піків ми зможемо емпірично аналізувати коли СП виходить з ладу, але цей метод ми використовувати не будемо так як числові методи простіші і більше підходять для нашої задачі.

3.8 Регресійне обчислення в діагностиці стрілочного переводу

Регресійне обчислення - це метод математичної статистики, що дозволяє звести часні, розрізнені дані до деякого лінійного графіку, приблизно відображає їх внутрішню взаємозв'язок, і отримати можливість за значенням однієї із змінних приблизно оцінювати ймовірне значення іншої змінної [18] .

Графічне вираження регресійного рівняння називають лінією регресії. Лінія регресії виражає найкращі передбачення залежною змінною (Y) по незалежних змінних (X).

Регресію виражають за допомогою двох рівнянь регресії, які в прямому випадку виглядають, як рівняння прямої.

$$Y = a_0 + a_1 * X \quad (1) \quad (3.17)$$

$$X = b_0 + b_1 * Y \quad (2) \quad (3.18)$$

У рівнянні (3.27) Y - залежна змінна, X - незалежна змінна, a_0 - вільний член, a_1 - коефіцієнт регресії, або кутовий коефіцієнт, що визначає нахил лінії регресії по відношенню до осей координат.

В рівнянні (3.28) X - залежна змінна, Y - незалежна змінна, b_0 - вільний член, b_1 - коефіцієнт регресії, або кутовий коефіцієнт, що визначає нахил лінії регресії по відношенню до осей координат.

Кількісне уявлення зв'язку (залежності) між X і Y (між Y і X) називається регресійним аналізом. Головна задача регресійного аналізу полягає в знаходженні коефіцієнтів a_0 , b_0 , a_1 і b_1 і визначенні рівня значущості отриманих аналітичних виразів, що зв'язують між собою змінні X і Y .

При цьому коефіцієнти регресії a_1 і b_1 показують, наскільки в середньому величина однієї змінної змінюється при зміні на одиницю міри іншого. Коефіцієнт регресії a_1 в рівнянні можна підрахувати за формулою:

$$a_1 = r_{xy} * \frac{S_y}{S_x} \quad (3.19)$$

а коефіцієнт b_1 в рівнянні за формулою

$$b_1 = r_{yx} * \frac{S_x}{S_y} \quad (3.20)$$

де r_{yx} - коефіцієнт кореляції між змінними X і Y ; S_x - середньоквадратичне відхилення, підраховане для змінної X ; S_y - середньоквадратичне відхилення, підраховане для змінної Y .

Для застосування методу лінійного регресійного аналізу необхідно дотримуватися таких умов:

1. Порівнювані змінні X і Y повинні бути виміряні в шкалі інтервалів або відносин.
2. Передбачається, що змінні X і Y мають нормальний закон розподілу.
3. Число варіюючих ознак в порівнюваних змінних має бути однаковим.

При порівнянні кривих переводу в результаті буде накопичуватися масив коефіцієнтів кореляції і для цих коефіцієнтів ми можемо побудувати

рівняння регресії за допомогою якого визначити емпіричні коридори і за цими коридорами визначати коли є несправність.

3.9 Система прогнозування відмов СП

В стрілочних переводах в основному використовуються двигуни постійного струму з послідовним підключенням обмотки збудження з якорем. Живлення цих двигунів постійним струмом відбувається або від робочої акумуляторної батареї, або при новому будівництві від трьохфазного випрямляча. Дані були отримані експериментально. Обробка отриманого сигналу від двигуна МСП 0.25 по часовій залежності струму при переведенні стрілки проводимо наступним чином. Часова залежності струму при переведенні стрілки із справним електродвигуном постійного струму має наступний вигляд (рис 3.10).

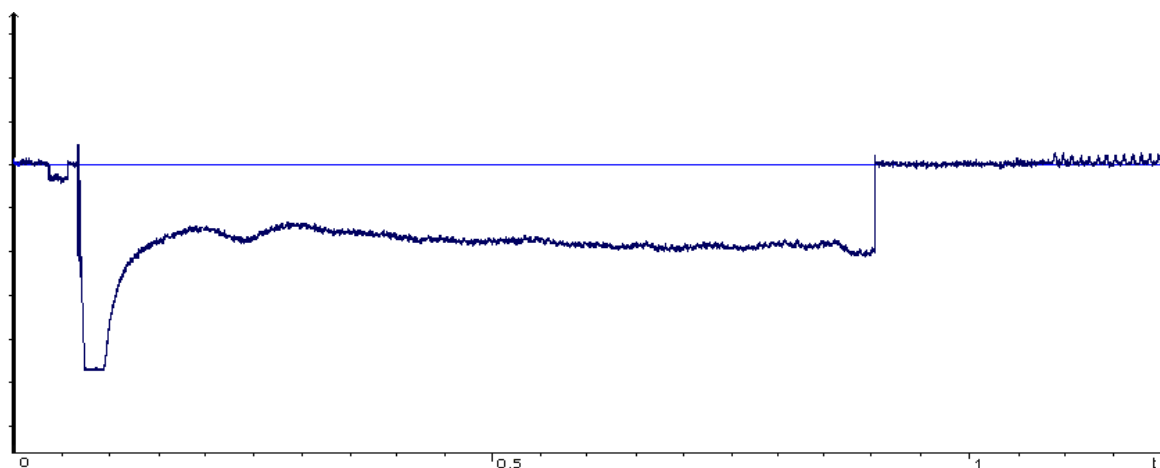


Рис. 3.6 Стрілка нормально працює, двигун без несправностей

Часову залежність струму при переведенні стрілки можна розбити на три ділянки. Перша ділянка включає різкий скачок струму при запуску електродвигуна і рушанні редуктора. Значення струму на цій ділянці може досягати трьох або чотирнадцятикратного значення номінального струму. Це відбувається тому що активний опір обмоток двигуна має малу величину, частота обертання також невелика, шестерні редуктора ще не ввійшли в зачеплення і фактично двигун працює в холостому режимі. В зв'язку з цим і виникає такий різкий скачок струму.

Друга ділянка часової залежності струму при переведенні стрілки представляє собою пряму, при якій двигун працює під навантаженням редуктора, і струм на двигуні не перевищує номінального значення. Третя ділянка кривої це згасання струму при зупинці двигуна. На цій ділянці струм також менший номінального струму якоря.

Крім приведених несправностей двигуна в таблиці 3.1, котрі ми можемо діагностувати і прогнозувати, в двигунів можливі ще такі несправності як перегрів двигуна та падіння ізоляції обмоток відносно корпусу. Але ці несправності бувають у стрілочних двигунів дуже рідко (в статистиці відмов стрілочних двигунів менше 1%), крім цього завдяки короткочасному режиму роботи двигуна при експлуатації, перегрів обмоток практично не відбувається. При аналізі відмов стрілочного переводу по часовій залежності струму при переводі стрілки у нас з'являється можливість діагностувати і прогнозувати всі вище перелічені несправності стрілочного двигуна постійного струму без зняття його з стрілочного переводу. Крім цього, з'являється можливість часткової діагностики стрілочного переводу. Найбільша перевага такого методу заключається в тому, що практично без зміни схеми керування стрілки та використання додаткової апаратури на коліях ми маємо змогу діагностувати і прогнозувати основні елементи стрілочного переводу, контроль яких дозволяє попереджувати більшість відмов стрілочного переводу. Так як часову залежність струму переведення стрілки можна фіксувати в самій будівлі поста електричної централізації, це дає нам змогу не використовувати колійні датчики, і не потребує використання додаткових лінійних проводів.

При створенні систем діагностування і прогнозування відмов стрілочних переводів першочерговою задачею є розробка систем, котрі будуть проводити аналіз працездатності стрілочних переводів в автоматичному режимі, без участі людини. Для побудови такої системи потрібно вирішити основну проблему. Проблемою являється автоматичне визначення виникнення тієї чи іншої відмови по заданих діагностичних ознаках. При вирішенні цієї задачі виникає ряд проблем, на які потрібно звернути особливу увагу. Однією з таких проблем

являється вибір методу математичного опису кривої споживання струму стрілочним переводом.

Для визначення значень заданих діапазонів пропоную використовувати метод взаємної кореляції. Даний метод для автоматичного прогнозування стану стрілочного привода полягає в тому, щоб порівнювати криві переведення токи, нормально працюючого й працюючого з дефектами СП. Тому що взаємна кореляція й визначає ступінь подібності двох сигналів, тобто при порівнянні двох кривих одержуємо певне значення коефіцієнта кореляції й, отже, задавши певний діапазон значень якому буде відповідати будь-який дефект, при влученні значення в задану область ми можемо визначити несправність, що перебуває в даному діапазоні. Коефіцієнт кореляції може приймати значення від -1 до 1 із цього можна зробити висновок, що якщо ми виміряємо криву переведення струму в плюсове положення, те цю криву можна буде використовувати й при переведенні в мінусове положення з обліком 10% погрішності. Якщо при порівнянні значення коефіцієнта кореляції вийшло позитивне й близьке до 1 , то криві дуже схожі, якщо значення негативне й наближається до -1, то криві схожі, але спрямовані в різні сторони, а якщо воно дорівнює нулю, те криві зовсім не мають нічого однакового.

Для приклада візьмемо криву переведення струму для нормально працюючого СП , для СП при короткому замиканні в колекторі двигуна, для СП при роботы на фрикцію, для СП з слабим биттям і для СП з забрудненими подушками . При порівнянні видно що криві навіть візуально відрізняються друг від друга, але провівши ряд розрахунків за допомогою формули взаємної кореляції для цифрових сигналів ми бачимо який коефіцієнт кореляції для кожної кривої. При розрахунку використовувався математичний пакет програми MATLAB, за допомогою його одержали наступні значення, які представлені на графіках.

```

EDITOR      PUBLISH      VIEW
+           +           +
New Open Save Find Files Compare Print Go To Comment Indent Breakpoints Run Run and Advance Run and Time
FILE        NAVIGATE     EDIT           BREAKPOINTS    RUN

MyScriptt.m* x +
1 - Ts1 = 1 / fs1;
2 - N1 = length(data1);
3 - t1 = 0 : Ts1 : Ts1 * (N1 - 1);
4
5 - Ts2 = 1 / fs2;
6 - N2 = length(data2);
7 - t2 = 0 : Ts2 : Ts2 * (N2 - 1);
8
9 - indLo = 9.5e3;
10 - indHi = length(data2);
11 - data2_ = data2(indLo : indHi);
12 - t2_ = t2;
13 - t2_ = t2_ - t2(indLo);
14 - t2_ = t2_(indLo : indHi);
15
16 - indLo = length(data2_) - (23269 - 20992);
17 - data2_ = data2_(1 : indLo);
18 - t2_ = t2_(1 : indLo);
19
20
21 - figure;
22 - plot(t1, data1, t2_, data2_);
23 - xlabel('час, с');
24 - ylabel('сила струму, А');
25

```

Рис. 3.7 Текст програми

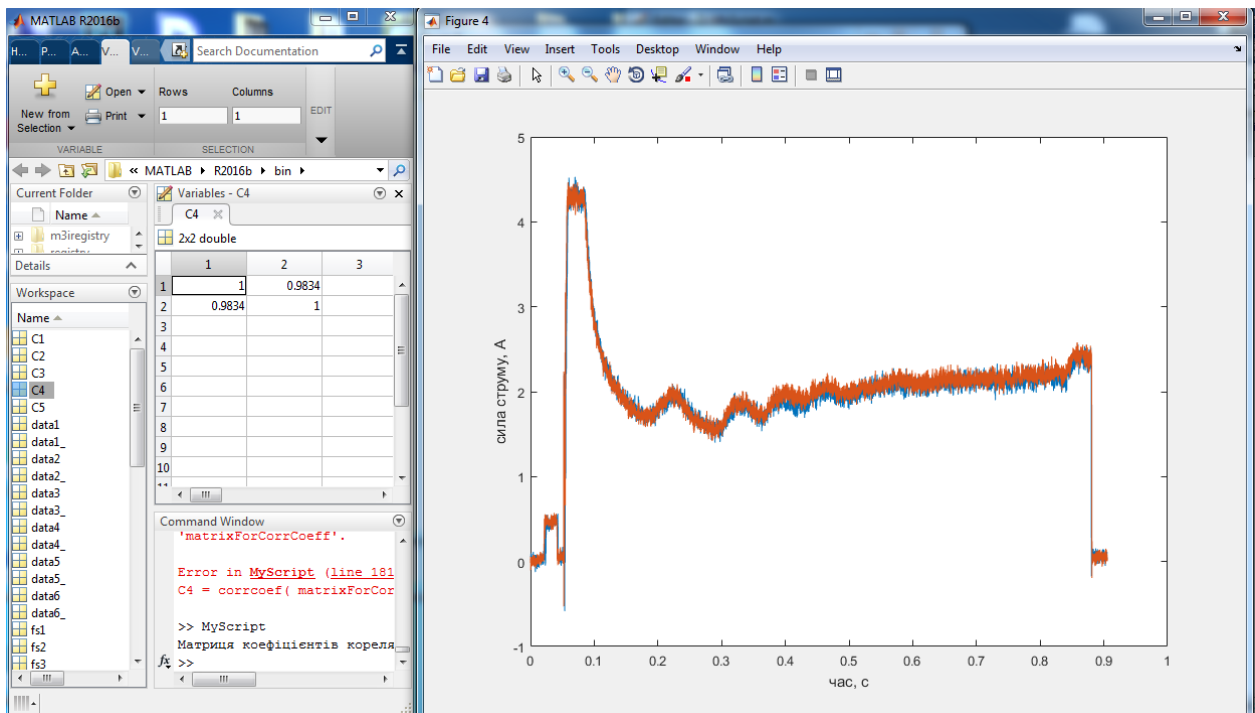


Рис.3.8 Порівняння двох нормальних кривих переводу

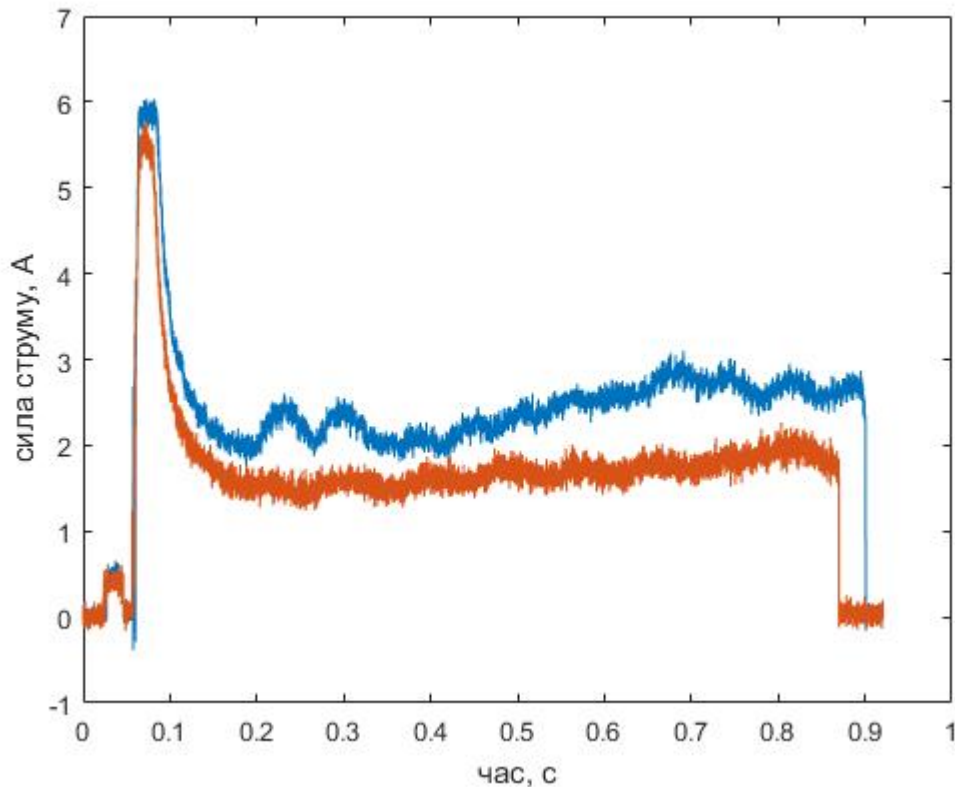


Рис.3.9 Графік переходу нормального (синій)
і з слабким биттям 18кОм (червоний)

Зрівнявши трохи кривих один з одним, можна зробити висновок що якщо коефіцієнт кореляції більше 0,9 то СП працює справно і ніякі відмови не прогнозуються, якщо коефіцієнт кореляції попадає в діапазон від 0,75 до 0,9 то це показує що СП працює справно але уже є деякі ускладнення в роботі які в подальшому можуть призвести до серйозної несправності тому електромеханіку потрібно звернути увагу на цей СП і визначити що саме заважає нормальній роботі. Якщо ж коефіцієнт кореляції менший 0,75 то потрібно негайно доповісти електромеханіку бо це можливо уже передвідмовний стан СП. Можливе навіть порівняння переводів в різні сторони хоча це недоречно але все одно можливо в деяких ситуаціях. Тобто при переведенні СП рівняються криві, визначається коефіцієнт кореляції й отримане значення попадає в певний діапазон значень, по якому можна визначити яка несправність у СП.

Таблиця 3.2

Зв'язок коефіцієнта кореляції з роботою СП

Значення коефіцієнта кореляції	Стан СП
0,9 - 1	СП без несправностей
0,75 – 0,89	СП без несправностей, але з ускладненням в роботі
< 0,75	Аварійний стан СП

Крім цього всього необхідно зробити так щоб з лінії не йшов шум і прибрати перший пік в кривій, для цього робимо деякі зміни в програмі.

```
thresholdForRejection = 0.1;  
indLessThenTreshold1 = find(data1_ < thresholdForRejection);  
data1_(indLessThenTreshold1) = 0;  
indLessThenTreshold2 = find(data2_ < thresholdForRejection);  
data2_(indLessThenTreshold2) = 0;
```

Для збільшення швидкості обробки даних ми програмно збільшуємо крок дискретизації але для цього ставимо фільтр 30-го порядку.

```
data1Decimated = decimate(data1_, 100, 'fir');  
data2Decimated = decimate(data2_, 100, 'fir');
```

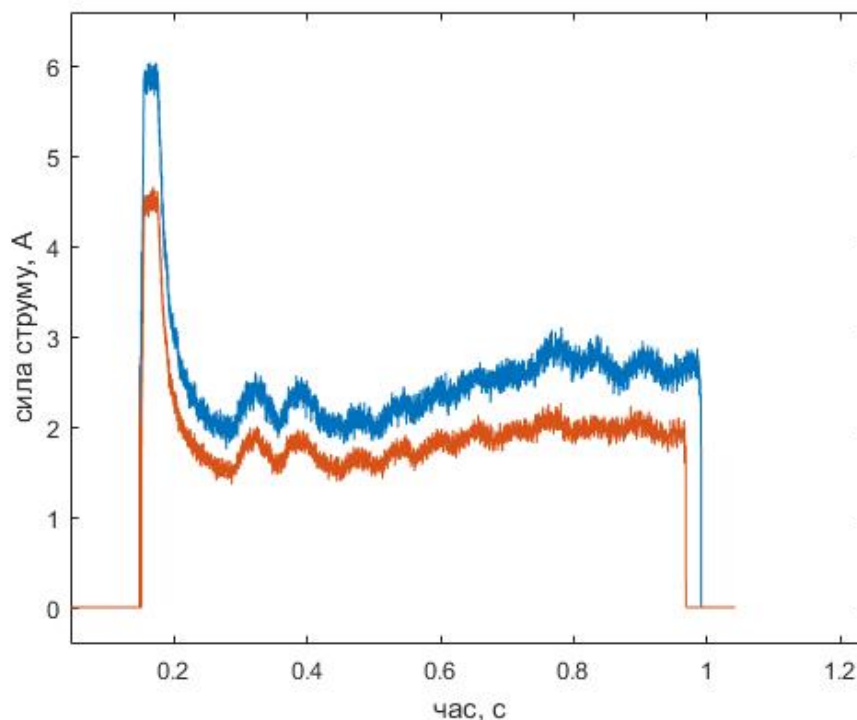


Рис. 3.10 Два нормальних переводы без шуму

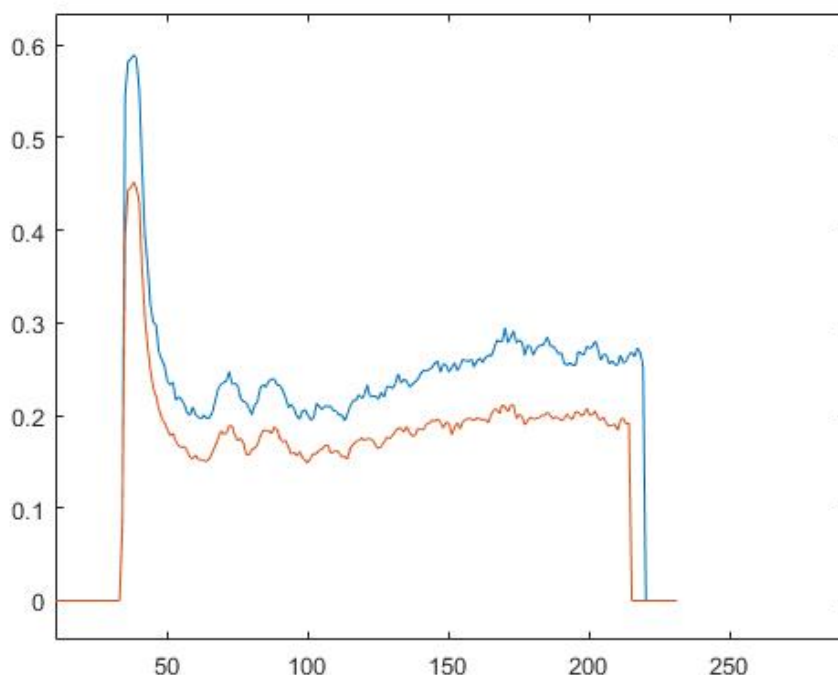


Рис. 3.11 Два нормальних переводи зі збільшеним кроком дискретизації

Даний спосіб автоматичного діагностування стану стрілочного електропривода можна розглядати як альтернативний. При даному способі діагностування не потрібно виключати СП із роботи.

3.10 Висновок до третього розділу

У третьому розділі виконано аналіз різних методів діагностування стрілочних переводів які можна застосувати для створення автоматичного контролю стану стрілочних переводів. Проаналізувавши різні методи діагностування СП ми зупинились на взаємкореляційній функції тому що вона найбільше підходить для даної задачі задачі. Потім за допомогою математичного пакету MathLab розробили програму для аналізу кривих переводу і розрахунку коефіцієнта кореляції за допомогою якого можна прогнозувати відмови в СП.

4 ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МЕТОДИКИ В ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ СТРІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ

4.1 Переваги впровадження системи прогнозування відмов стрілочного переводу на станції

Система МПЦ-У записує криву переводу стрілки в пам'ять комп'ютера. Як розглянута в третьому розділі за допомогою коефіцієнтів кореляції визначаємо по даній кривій чи справна вона чи ні. Якщо все в нормі і система працює то електромеханіку не потрібно робити ніякі дії. Якщо виявлена деяка несправність і якщо систему допрацювати, тобто збільшити кількість перевірок, визначити на кожній ділянці кривої коефіцієнт кореляції, побудувати діапазони для кожної відмови то в результаті електромеханіку буде сповіщено яка конкретна відмова трапилась. Але поки це не зроблено і це дуже важка задача пропонується більш спрощений варіант. Якщо виявлено що коефіцієнт кореляції відрізняється від норми то електромеханік запускає програму і порівнює нормальний перевод і перевод перед відмовою, програма напише яка це відмова. Якщо відмова невідома (в програмі не прописані всі можливі відмови) тоді електромеханік може сам порівняти дані криві, знайти критерії які не співпадають і за допомогою таблиці несправностей знайти порушення в роботі стрілочного переводу.

При впровадженні системи діагностування і прогнозування відмов стрілочних переводів на станції виникає ряд переваг, в порівнянні з впровадженням даного комплексу в ремонтно-технологічній дільниці.

1.Комплекс діагностування і прогнозування відмов стрілочних переводів з автоматизованого перетворюється в автоматичний, так як не потребує участі людини для проведення вимірювань.

2.Впровадження комплексу на станції дозволяє контролювати стан стрілочних переводів а не тільки стрілочних двигунів, тобто розширюються функції контролю, та стає більшою економія часу на перевірку стрілочних переводів.

3. При впровадженні комплексу зникає необхідність перевезення стрілочних двигунів в ремонтно-технологічній дільниці при їх справному стані, для періодичної перевірки, і перевезення тільки двигунів які відмовили.

4. При використанні такої системи значно скорочується кількість двигунів які знаходяться в резерві (приблизно на 5%).

5. Використання системи діагностування значно зменшить кількість відмов стрілочних переводів і відповідно затримок потягів по даній причині.

Після впровадження даної системи стає можливим поліпшення систем діагностики і контролю, в нашому випадку завдання локалізована тільки для стрілочних переводів.

Розробивши даний метод діагностування СП який є пороговим для виявлення відмов на СП, аналогічно можливо використовувати різні методи і моделі для виявлення несправностей у світофорів, рейкових кіл і т.д. потрібно провести такий же аналіз даних, а так як у нас об'єм обмежений ми зупинились на СП.

З цього випливає, що при використанні даної системи скорочується час на діагностику і обслуговування об'єктів, збільшується пропускна спроможність станції, мінімізується ризик для працівників обслуговуючих об'єкти електричної централізації.

В переважній більшості, на даний момент використовуються відносно застарілі методи діагностики, виконання яких несе за собою такі необхідні дії, як закриття перегону, закриття шляху, виключення з централізації стрілок, світлофорів та інших об'єктів на станції, без постійного контролю яких неможливо здійснити максимально можливу пропускну спроможність станції. Застарілі методи діагностики і обслуговування не дають можливість оперативного пропуску поїздів, вимагають перебування працівників безпосередньо на полі, відміна потягів через закриття перегону для діагностики пристроїв, виходячи з цього, можна зробити висновок, що використовуючи застарілі методи діагностики, забезпечити пропуск високошвидкісних поїздів через станцію не є можливим. У такому випадку, якщо застосувати систему

контролю стрілок електричної централізації, то таким чином можна виключити деякі умови виконання перевірки, тим самим значно скоротити час діагностики та виключити перебування працівників на колії, тим самим знизити ступінь ризику для людей. Завдяки даній системі, збільшується пропускна спроможність станції, підвищується ефективність діагностики, як наслідок економія часу. Система дозволяє забезпечити стабільний і безпечний високошвидкісний рух. Не треба забувати, що в даному випадку ми розглядали переваги даної системи тільки на прикладі стрілок електричної централізації, якщо дану систему застосувати по відношенню до інших об'єктів для їх діагностування, то ефективність збільшиться в десятки разів, що в свою чергу дозволить пропуск поїздів з ще більшою швидкістю.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

В даній магістерській роботі вирішені наступні задачі:

- проведено аналіз можливостей існуючих систем мікропроцесорної централізації що до контролю та діагностування стану стрілочних переводів, на основі аналізу прийняте рішення розробляти систему діагностування стрілок для МПЦ-У як для найбільш перспективної системи;

- розроблені методи прогнозування для підвищення ефективності контролю стрілочних переводів під час їх експлуатації та зменшення часу на їх технологічне обслуговування шляхом використання нейромережових технологій, методів інтегралів або площин і взаємкореляційних функцій;

- розроблені засоби та відповідне програмне забезпечення для прогнозування стану стрілочних переводів під час їх експлуатації на базі мікропроцесорної централізації МПЦ-У за допомогою коефіцієнтів кореляції.

В роботі розглянуто метод підвищення ефективності технічного обслуговування пристроїв станційної автоматики шляхом прогнозування виникнення відмов та створення автоматизованої системи контролю. Розглянувши різні способи прогнозування та діагностування пристроїв станційної автоматики такі як використання нейромережових технологій, методи інтегралів або площин і взаємкореляційної функції, проаналізовані алгоритми, діагностичні тести і в результаті було вирішено використовувати функціональний діагноз для стрілочного переводу по кривій споживання струму побудова на взаємкореляційної функції тому що вона найбільше підходить для даної задачі. Потім за допомогою математичного пакету MathLab розробили програму для аналізу кривих переводу і розрахунку коефіцієнта кореляції за допомогою якого можна прогнозувати відмови в СП. При використанні даної програми в МПЦ-У непотрібні ніякі додаткові засоби, тому що крива переводу автоматично записується в пам'ять комп'ютера, а нам лише потрібно встановити цю програму в АРМ електромеханіка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. ЦШ0042. / Гол. Розробник Кузьменко Д. М. Затв. наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 26 квітня 2006р. №347-ЦЗ. – Х.: Залізничавтоматика, 2006. – 461 с.
2. Сапожников Вл. В. Микропроцессорные системы централизации. / Сапожников Вл. В. И др. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008 – 398 с.
3. Рогачева И. Л. Эксплуатация и надежность систем электрической централизации нового поколения. Учебник для колледжей и техникумов железнодорожного транспорта. / Рогачева И. Л. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2005 – 218 с.
4. Мойсеєнко В.І. Мікропроцесорні системи залізничної автоматики. Частина 1 Централізація стрілок і сигналів/ В.І. Мойсеєнко// Під ред. Г.І. Загарія. – Х.: ХФВ «Транспорт України», 1999. – 148 с.
5. Микропроцессорная система централизации стрелок и сигналов EBILock-950/ - М: «ТРАНСИЗДАТ», 2002. – 368 с.
6. Басов В.І. Мікропроцесорні системи управління рухом поїздів МПЦ-У та МАБ-У/ В.І. Басов, В.В. Єлісеєв, О.В. Петренко, А.Б Бойнік, М.Н. Чепцов, С.О. Радковський// Навчальний посібник для студентів залізничного транспорту. К.: 2014 – 430с.
7. Сапожников В.В. Основы технической диагностики/ В.В.Сапожников, В.В.Сапожников// учебное пособие для студентов вузов ж.-д. транспорта - М.: Маршрут, 2004. - 318 с.
8. Биргер, И.А. Техническая диагностика./ И.А.Биргер // – М: Машиностроение, 1978.-240 с.
9. Дмитренко, И. Е. Измерения и диагностирование в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / И. Е. Дмитренко, В. В. Сапожников, Д. В. Дьяков. – М.: Транспорт, – 1994. – 263 с.

10. Бестужев-Лада И.В. Рабочая книга по прогнозированию/ И.В. Бестужев-Лада, С.А. Саркисян, Э.С. Минаев, Е.Н. Мельникова // М.: Мысль, 1982. – 430с.
11. Анаев, Р.Б. Автоматизация процессов контроля и диагностики микропроцессорных систем. Учеб. пособие. - Ростов н/Д, РИИЖТ, 1984.
12. Бойнік А.Б. Діагностування пристроїв залізничної автоматики та агрегатів рухомих одиниць/А.Б.Бойнік, Г.І Загарій // Підручник. Х.: Нове слово, 2008. – 304с.
13. Резников Ю. М., Стрелочные электроприводы электрической и горючей централизации. / Резников Ю. М. – М.: Транспорт, 1975. – 288 с.
14. Маловічко В. В. Підвищення ефективності технічного обслуговування стрілочних переводів шляхом автоматизації контролю їх параметрів // Дисертація за спеціальністю: 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту – 2011. – С. 177.
15. Шкарин Б.А. Математические методы обработки экспериментальных данных/ Б.А. Шкарин // Методическое пособие.– Вологда: ВоГУ, 2014. – 55 с.
16. Белокуров В.П. Математические методы обработки экспериментальных данных/ В.П. Белокуров, Г.А. Денисов, Ю.В. Струков, Н.И. Злобина// ВГЛТА – Воронеж, 2014 – 20с.
17. Харченко М.А. Корреляционный анализ/ М.А. Харченко// Учебное пособие для вузов. – Воронеж: ВГУ, 2008. – 31 с.
18. Губин В.И. Статистические методы обработки экспериментальных данных/ В.И. Губин, В.Н. Осташков// Учеб.пособие для студентов технических вузов. – Тюмень: «ТюмГНГУ», 2007. – 202 с.