



Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра АТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри

Гаврилюк В.І.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**до випускної магістерської роботи**

Резніков Артем Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи Розробка автоматизованих засобів діагностування та контролю релейної електричної централізації

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

2. Термін подання студентом закінченої роботи 14.12.2020

3. Вихідні дані до роботи Системи електричної централізації релейного типу, які використовуються на залізницях України

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Назва розділу	Обсяг %	Кількість креслень
1. Вступ	30	
2. Аналіз існуючих систем діагностування та контролю електричної централізації релейного типу	30	4
3. Пошук відмов в станційному обладнанні системи електричної централізації за допомогою орієнтованих графів	60	5
4. Розробка підсистеми діагностики системи електричної централізації малих станцій	90	3
5. Розробка підсистеми контролю електричної централізації великих станцій (БМРЦ)	90	4

Студент  
Науковий керівник

## РЕФЕРАТ

Зведення про обсяг пояснювальної записки: 74 сторінок, 8 рисунків, 16 джерел літератури.

Ключові слова: підсистема діагностування, ЕЦ, блоки ЕЦ, контроль апаратури, орієнтовані графи. Задачею даної магістерської роботи було розробити методи та засоби для пошуку відмов в постовій частині електричної централізації.

В першому розділі був проведений аналіз існуючих систем діагностування та контролю електричної централізації блочного типу.

В другому розділі приведено принцип пошуку відмов по існуючій технології та запропоновано виконувати пошук відмов по направлених деревах пошуку. В розділі побудовані направлені дерева для пошуку відмови при встановленні маршруту прийому та штучному розмиканні секцій.

В третьому розділі розроблена автоматична підсистема пошуку несправностей в постовій апаратурі ЕЦ малих станцій, створена її структурна схема та її принципова реалізація на мікропроцесорній елементній базі також наведено алгоритм роботи даної підсистеми при пошуку відмов в апаратурі набірної групи.

В четвертому розділі створена автоматична підсистеми пошуку несправностей в постовій апаратурі БМРЦ та виконано представлення її роботи у вигляді орієнтованого графу. Розглянути проблеми які виникають при діагностуванні БМРЦ, та обґрунтована необхідність використання датчиків Холла. Наведені перспективи використання орієнтованих графів в системах пошуку відмов для електричної централізації.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ РЕЛЕЙНОГО ТИПУ	8
1.1 Обґрунтування необхідності додаткового контролю пристроїв ЕЦ на релейній елементній базі	8
1.2 Особливості діагностування пристроїв електричної централізації	9
1.3 Мікропроцесорна система контролю та діагностики МСДЦ "КАСКАД"	14
1.4 Комплекс автоматичного диспетчерського контролю АДК-СЦБ	15
1.5 Апаратно-програмний комплекс диспетчерського контролю (АПК-ДК)	17
1.6 Система технічної діагностики «Прогноз»	21
1.7 Постановка задачі	21
1.8 Висновки до першого розділу	22
2 ПОШУК ВІДМОВ В СТАНЦІЙНОМУ ОБЛАДНАННІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ОРІЄНТОВАНИХ ГРАФІВ	24
2.1 Методи пошуку несправностей в пристроях СЦБ	24
2.2 Методика побудови інформаційних діаграм пошуку відмов	26
2.3 Використання орієнтованих графів для пошуку несправностей в станційних пристроях електричної централізації	27
2.4 Аналіз причин відмов в постових пристроях ЕЦ	29
2.5 Представлення алгоритмів пошуку відмов у вигляді орієнтованих дерев	30
2.6 Висновки до другого розділу	40
3 РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ МАЛИХ СТАНЦІЙ	42
3.1 Обґрунтування впровадження системи	42
3.2 Структурна схема діагностування пристроїв ЕЦ	45
3.3 Принцип роботи підсистеми контролю постових пристроїв ЕЦ	47
3.4 Робота принципової схеми контролю постових пристроїв електричної централізації	49

3.5 Висновки до третього розділу	57
4 РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ВЕЛИКИХ СТАНЦІЙ (БМРЦ)	58
4.1 Підсистема контролю стану постової апаратури в системі БМРЦ для прискорення пошуку відмови шляхом локалізації місця пошкодження	58
4.2 Розробка алгоритму пошуку несправностей в системі БМРЦ	60
4.3 Використання орієнтованого графу для пошуку відмов в постовій частині БМРЦ	62
4.4 Структурна схема системи діагностування системи БМРЦ	63
4.5 Використання в якості джерел первинної інформації датчиків Хола	65
4.6 Робота принципової схеми при виявленні відмови	69
4.7 Висновки до четвертого розділу	70
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	72
ЛІТЕРАТУРА	73

## ВСТУП

Пристрої залізничної автоматики і телемеханіки(ЗАТ) вирішують важливу і відповідальну задачу - забезпечують безпечне управління перевізним процесом. Розробка і впровадження новітніх систем залізничної автоматики є актуальним науковим завданням [1].

Забезпечення заданого рівня якості функціонування пристроїв ЗАТ вимагає розробки систем технічної діагностики(СТД) і систем контролю(СК). Їх впровадження дозволяє виявляти передвідмовні стани об'єкту контролю(ОК), що значно скорочує кількість небезпечних і захисних відмов систем залізничної автоматики. Наслідком цього є скорочення часу, знаходження обслуговуючого персоналу на коліях і в інших небезпечних зонах, а також підвищення якості виконання робіт.

При цьому зменшується час вимушених затримок рухомого складу, викликаних проведенням ремонтно-профілактичних робіт. Вимоги високого рівня достовірності інформації про транспортні процеси забезпечується використанням спеціалізованих методів виміру первинної інформації. Ці методи повинні враховувати особливості роботи обладнання сигналізації, централізації і блокування(СЦБ).

Найбільш трудомістким процесом в обслуговуванні пристроїв СЦБ являється перевірка приладів системи ЕЦ, а пошук несправностей являється складним процесом який потребує глибоких фундаментальних та спеціальних практичних знань. Застосування сучасної техніки дозволяє переглянути нормативні документи за регламентом обслуговування і створити умови для збільшення робочого ресурсу апаратури, та значно пришвидшити пошук несправностей.

Впровадження автоматизованих робочих місць(АРМ) систем технічної діагностики не лише підвищує ефективність праці електромеханіків, але і значно знижує роль "людського фактору" при визначенні стану об'єкту діагнозу(ОД).

В процесі реалізації систем збору даних і моніторингу стану об'єктів залізничного транспорту, необхідно враховувати просторову розподіленість джерел інформації. Застосування мікропроцесорної техніки і сучасної апаратури зв'язку

дозволяє не лише оперативно і з високою достовірністю доставляти інформацію, в пункти її концентрації, але і підняти процес збору даних і ухвалення рішення на якісно інший, більш високий рівень.

Просторова розосередженість і різноманітність типів пристроїв ЗАТ вимагає ухвалення рішення про їх технічний стан на місці проведення вимірів. Це дозволить здійснювати процес діагностування в реальному масштабі часу і понизити інформаційне навантаження каналів зв'язку. Ефективне використання обчислювальних можливостей технічних засобів можливе при використанні алгоритмів з елементами самоорганізації, які реалізуються в об'єктних контролерах.

Системи контролю та діагностування які використовуються на даний час не дають можливості пришвидшити пошук відмов в постовій частині обладнання ЕЦ. Тому завданням даної роботи є розробка підсистеми діагностування системи ЕЦ, яка в результаті аналізу дозволить або вказати на несправній блок, або звузити пошук до перевірки декількох блоків в постовій частині.

# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ РЕЛЕЙНОГО ТИПУ

## 1.1 Обґрунтування необхідності додаткового контролю пристроїв ЕЦ на релейній елементній базі

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

- впровадженням ряду мікропроцесорних систем ЗАТ і прийняттям концепцій їх подальшого розвитку на магістральному залізничному транспорті [1];
- 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 (слайд 2).

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 [2].

На магістральному залізничному транспорті України перебуває в експлуатації 1648 (близько 2 тис.) станцій. При цьому ступінь моральної та фізичної застарілості більшості пристроїв ЕЦ, які експлуатуються в даний час, визначається періодом впровадження відповідних систем ЗАТ (слайд 2).

З другого слайду 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). В той же час переоснащення також потребує значних фінансових затрат і це стримує швидку заміну релейних систем на мікропроцесорні. В зв'язку з цим пропонується доповнити існуючі системи ЕЦ релейного типу пристроями та засобами діагностування та контролю, які дозволять зменшити час пошуку несправностей та підвищити час безвідмовної роботи систем ЕЦ.

## **1.2 Особливості діагностування пристроїв електричної централізації**

В даний час на мережі залізниць для здійснення технічної діагностики систем ЗАТ рекомендовані до застосування мікропроцесорні системи диспетчерського контролю АПК-ДК, АСДК і АДК-СЦБ.

Системи діагностування лінійної частини об'єктів ЗАТ можна розділити на:

- стаціонарні;
- мобільні;
- переносні.

Стаціонарні системи діагностування поділяються на спеціалізовані для діагностування окремих видів пристроїв ЗАТ (рейкових ланцюгів, кабельних

мереж, пристроїв електроживлення та ін.) і універсальні для комплексного діагностування систем ЗАТ.

Стаціонарні системи діагностування можуть бути розподіленими, коли окремі компоненти системи діагностування рознесені в просторі і зв'язок між ними здійснюється по каналах передачі даних (дистанційне діагностування) або локальними.

Мобільні системи діагностування розміщують на рухомому складі (вагоні-лабораторії, дрезини тощо) або на автотранспорті і застосовують там, де за технологічних або економічних умов недоцільно або неможливе застосування стаціонарних систем.

Переносні діагностичні комплекси, реалізовані на базі переносних персональних комп'ютерів, застосовуються для підвищення ефективності пошуку несправності, проведення ремонтно-відновлювальних робіт [2].

До складу розподілених систем діагностування можуть входити:

- підсистеми логічного контролю функціонування пристроїв ЗАТ;
- підсистеми вимірювання і допускового контролю параметрів;
- підсистема моніторингу;
- підсистема зв'язку;
- засоби відображення, обробки та зберігання інформації;
- комплекс програмного забезпечення для вирішення прикладних задач.

За способом передачі інформації системи діляться на:

- спорадичні;
- циклічні;
- змішані.

Залежно від можливості нарощування кількості модулів і функцій системи бувають:

- масштабовані;
- немасштабовані.

Стосовно до систем АПК-ДК, АСДК і АДК-СЦБ можна відзначити загальні принципи їх побудови: це стаціонарні розподілені системи для

комплексного діагностування систем ЗАТ, що мають багаторівневу ієрархічну структуру, що володіють можливістю масштабування; застосовується циклічне опитування стану об'єктів; збір інформації на станції з сигнальних точок перегонів проводиться з частотним поділом довічних повідомлень; передача інформації зі станції на центральний пост відбувається з тимчасовим поділом однойменних повідомлень різних станцій і частотним поділом станцій; центральний пост з'єднаний зі станціями ділянки і перегінними сигнальними точками одним фізичним ланцюгом.

Всі об'єкти діагностування залізничної автоматики і телемеханіки можна розділити на три групи:

1 група - пристрої з недостатньо високим рівнем надійності, що вимагають повної та глибокої діагностики шляхом контролю параметрів в режимі реального часу;

2 група - пристрої з високим рівнем надійності, обумовленої схемно-конструктивними рішеннями та умовами експлуатації, що вимагають часткового контролю параметрів;

3 група - пристрої, які не потребують діагностики за допомогою зовнішньої системи технічної діагностики і моніторингу, що володіють вбудованою самодіагностикою, резервуванням компонентів з автоматичним перемикачем при відмовах.

До першої групи пристроїв відносяться:

- рейкові кола;
- світлофори;
- стрілки;
- пристрою електроживлення;
- кабельні мережі;
- пристрої автоблокування;
- пристрої переїзної та загороджувальної сигналізації;
- управління шлагбаумами;
- пристрою тунельної і мостової сигналізації;

- колійні пристрої АЛС, САУТ;
- пристрої контролю технічного стану рухомого складу при русі поїзда.

До другої групи пристроїв відносяться постові пристрої ЗАТ.

До третьої групи пристроїв відносяться мікропроцесорні системи ЗАТ.

При обслуговуванні систем автоматики і телемеханіки, широко використовується регламентне обслуговування. Найбільш передовий спосіб технічного обслуговування «за станом» вимагає наявності високонадійної і досить точної контрольної апаратури, що пов'язане з певними технічними труднощами і вимагає додаткових грошових витрат. Тому в даний час в багатьох галузях техніки, на промисловому і магістральному залізничному транспорті використовується в основному регламентне обслуговування таких систем. Однією з найважливіших завдань для промислових підприємств і всіх галузей транспорту в умовах, що склалися є забезпечення ефективності їх роботи за рахунок зниження витрат на експлуатацію всіх технічних засобів. Досягнення зазначеної мети можливе за рахунок високої якості технічної експлуатації з поступовим переходом на обслуговування за «Станом», що зменшує вплив «людського фактору» на роботу пристроїв. Дане завдання досить актуальне, в тому числі, і для пристроїв залізничної автоматики і телемеханіки (ЗАТ).

Зростання швидкостей руху і ваги поїздів на основних напрямках залізниць збільшують інтенсивність роботи пристроїв ЗАТ, особливо напільних [2]. На другорядних лініях інтенсивність роботи пристроїв ЗАТ на порядок менше, але витрати на їх експлуатацію при діючій організації технічного обслуговування залишаються порівнянними з витратами на експлуатацію пристроїв ЗАТ на лініях основних напрямків. Інтенсивність роботи пристроїв ЗАТ навіть на одній станції також сильно розрізняється на головних і бічних коліях.

Єдина періодичність профілактичних робіт з технічного обслуговування пристроїв ЗАТ по всій мережі доріг веде до нераціонального використання трудових ресурсів. Кроком до диференціювання термінів проведення робіт з технічного обслуговування пристроїв ЗАТ стало введення періодичності виконання робіт з технічного обслуговування пристроїв і термінів проведення

капітальних ремонтів з урахуванням категорії залізничних ліній за інтенсивністю руху поїздів.

Постове обладнання станційних систем електричної централізації працює надійніше ніж колійне обладнання, але при цьому при відмові в постовій частині ЕЦ пошук її є доволі складним процесом який вимагає досить глибоких знань по функціонуванню системи з боку обслуговуючого персоналу, і значних затрат часу.

Розробка системи технічної діагностики вимагає рішення цілого ряду теоретичних і практичних задач. Ці задачі пов'язані з оцінкою надійності експлуатованих пристроїв автоматики і телемеханіки, аналізом відмов, моделюванням процесу пошуку і усунення несправностей, вибором необхідного і достатнього числа контрольованих параметрів, розробкою способів і методів передачі і обробки контрольної інформації, створення і дослідження високонадійних діагностичних датчиків. Необхідне також визначення оптимальної структури систем діагностики, які забезпечують високу економічну ефективність всього діагностичного комплексу.

Технічна діагностика визначає стан, в якому знаходиться технічний об'єкт(пристрій, система). Об'єктами дослідження технічної діагностики можуть служити будь-які технічні системи, які задовольняють двом умовам :можуть знаходитися в двох взаємовиключних і різних станах(наприклад, працездатному і непрацездатному); у них можна виділити елементи, кожен з яких також характеризується вказаними різними станами.

Головною відмітною особливістю об'єкту технічної діагностики є те, що його стан в цілому розглядається як функція, залежна від станів елементів, що входять в нього. Прикладом об'єкту діагнозу може служити блочна система електричної централізації. Система ЕЦ має працездатні і непрацездатні стани. До працездатних відноситься стан, при якому можливі завдання,замикання і розмикання усіх маршрутів.

Електрична централізація має багато непрацездатних станів, при яких неможливі переведення яких-небудь стрілок, відкриття сигналу при замкнутому маршруті і так далі. В якості елементів ЕЦ містить блоки, які також мають

працездатні і непрацездатні стани. Блоки, у свою чергу, також можуть служити об'єктами діагнозу, оскільки в якості елементів вони мають реле, що теж мають працездатні і непрацездатні стани. Пошук несправності у блочній системі ЕЦ складається з двох етапів.

Спочатку систему розглядають як сукупність блоків, де знаходиться несправний блок. Потім цей блок аналізують як сукупність різних реле і знаходять несправне реле. Поняття "Стан об'єкту діагнозу" є ключовим в технічній діагностиці. Стан визначається параметрами, якими характеризується кожна система. Параметрами можуть виступати значення сигналів якого-небудь роду на окремих виходах системи і можливість системи виконувати ті або інші окремі функції.

Параметри діагностики технічних систем ділять на основні і допоміжні. Основні параметри характеризують виконання системою заданих функцій, а допоміжні - зручність експлуатації, зовнішній вигляд і тому подібне. Розрізняють чотири види станів технічних систем :справне, несправне, працездатне і непрацездатне. Систему називають справною, якщо вона відповідає усім вимогам, що пред'являються до неї, тобто усі її параметри як основні, так і допоміжні знаходяться в межах заданої норми.

Вихід за ці межі будь-якого параметра означає, що система несправна.

У системах ДЦ вже присутні функції контролю та діагностування ЕЦ. Тому розглянемо існуючі системи ДЦ.

### **1.3 Мікропроцесорна система контролю та діагностики МСДЦ "КАСКАД"**

Останніми роками все частіше простежуються тенденції розділення систем контролю і систем діагностики. Зараз на залізницях широко використовуються системи контролю (будь-які види диспетчерського контролю, пристрої електричної централізації контролюючі різні параметри), різні контрольно-вимірювальні прилади, які розвиваються досить стрімкими темпами разом з розвитком систем ДЦ. Такі системи можуть контролювати значне число параметрів, але істотним недоліком даних систем є те, що вони контролюють як

правило тільки найпростіші дискретні величини і в основному найпростішим способом — вимірювання контрольованої величини і порівняння із заданим значенням. До цього типу систем відноситься система диспетчерської централізації “Каскад” , розроблена дніпропетровською фірмою “Анtron”. Локальні мережі лінійних пунктів - забезпечення зв'язку лінійних постів з центральним постом.

Комплекс "ЦП КАСКАД" розташовується безпосередньо в центрі управління перевезеннями і складається з робочих станцій автоматизованих робочих місць диспетчерського персоналу з'єднаних локальною мережею, серверу, комунікаційного оснащення.

Комплекси "ЛП КАСКАД" географічно розташовуються на розподільних пунктах ділянки (станціях, блокпостах, роз'їздах) і складаються з мікропроцесорного контролера і комплекту уніфікованих модулів відповідно до складності об'єкту автоматизації.

Комплекс центрального поста "ЦП КАСКАД" з'єднаний з комплексами лінійних пунктів "ЛП КАСКАД" через кільцеву локальну мережу зв'язку в єдину комп'ютеризовану систему централізованого управління під загальною назвою МСДЦ "КАСКАД".

При цьому і комплекс "ЦП КАСКАД" на центральному посту і комплекс "ЛП КАСКАД" на лінійних станціях не виконує ні контролю ні діагностування постової апаратури станційних систем електричної централізації [3].

#### **1.4 Комплекс автоматичного диспетчерського контролю АДК-СЦБ**

Структурній комплекс АДК-СЦБ функціонує наступним чином. З пристроїв СЦБ сигнали, що знімаються, проходять первинну обмотку в модулях дистанційного зчитування сигналів ДСС (модулі аналогового і дискретного введень), далі через центральний блок зв'язку ЦБС поступають в промисловий комп'ютер. Подальший розвиток передбачає декілька варіантів: підключення мобільного або стаціонарного АРМ ДК-ШН, тобто електромеханіка, і через модем АРМ адміністратора дистанції. Можливе також підключення до комплексу і інших зацікавлених осіб.

Приклад алгоритму роботи з комплексом: аналіз протоколу збоїв пристроїв СЦБ за добу, докладний аналіз збоїв, порушень і відхилень від норм в пристроях СЦБ, складання заходів і рекомендацій по усуненню збоїв, порушень і відхилень від норм в пристроях СЦБ, ознайомлення начальника ділянки і старшого електромеханіка з виявленими недоліками, передача складених заходів електромеханіку на конкретну станцію до 8 ч ранку, контроль виконання заходів протягом робочої зміни.

На станціях де впровадили АДК-СЦБ, помітно підвищилася якість роботи рейкових кіл, стрілочних переводів, вдалося більш точно контролювати час уповільнення сигнальних реле світлофорів і т.д. З'явилася можливість аргументовано пред'явити претензії дистанції електропостачання за якістю роботи фідерів.

Крім того, виявлені неправильні дії окремих чергових по станції. Наприклад, багатократні спроби перевести засніжені стрілки «смиканням» приводить до підвищеного зносу електродвигуна і редуктора стрілочного електроприводу. Наочний графік переводу стрілки дозволив виявити неправильні дії і потім провести технічне навчання з черговими.

З'явилася можливість прогнозувати і запобігати відмовам пристроїв СЦБ. Для зручності регламентні роботи, такі як контроль напруг і струмів, часу переводу стрілок, напруг рейкових кіл, оформляються в табличній формі. За запитом в промисловому комп'ютері збираються дані по кожному об'єкту. Потім середнє арифметичне зібраних значень виводиться в таблиці. Дані можна берегти на жорсткому диску і при необхідності вивести на друк.

Засоби АДТ в системі АДК-СЦБ забезпечують наступні функції :

безперервний контроль і вимірювання по сукупності діагностичних пристроїв (відповідно до моделей і динаміки процесів, що діагностуються);

фіксацію параметрів нештатної роботи пристроїв і протоколювання динаміки подій в часі по дискретних і аналогових сигналах;

ведення архівів динамічних і діагностичних баз даних (БД), статистики відмов і нештатної роботи пристроїв;

локалізацію і пошук несправностей, формування даних діагностичного аналізу на момент подій і діагнозів;

статистичну оцінку інформації в БД щодо діагностичних моделей об'єктів (пристроїв ЗАТ і їх компонентів; пристроїв, діючих в залежності);

логічне розпізнавання залежності по послідовності подій при взаємодії пристроїв ЗАТ;

моніторинг параметрів стану і роботи пристроїв об'єктів, що діагностуються, показників працездатності;

контроль дії оперативного і обслуговуючого персоналу з пристроями;

контроль і управління процесом технічного обслуговування (логічні ознаки для об'єктів обслуговування, планових робіт);

діагностика апаратно-програмних засобів системи;

інтеграція даних технічного стану пристроїв і систем ЗАТ на об'єктах;

архівація даних і документування звітних форм за наслідками діагностики і технічного обслуговування;

обмін даними і централізацію результатів по ієрархічній структурі зон контролю і управління техобслуговуванням на робочих місцях електромеханіка (старшого електромеханіка, начальника ділянки і диспетчера).

Об'єктами діагностики пристроїв і систем ЗАТ є РК, стрілки, світлофори, пристрої електроживлення, кабельні мережі, пристрої АБ, а при інтеграції з мікропроцесорними системами ЗАТ – дані за станом пристроїв і результати самодіагностики для реалізації централізованих в дистанції функцій АТД і ТЕ засобів ЗАТ на ділянках і вузлах залізниць.

Автоматизація контролю і вимірювання, діагностики і моніторингу забезпечується програмно-апаратними засобами АДК-СЦБ і можливостями вимірювального комплексу ІВК-АДК. В результаті система досить повно контролює напільні пристрої електричної централізації, але зовсім не виконує контроль постових пристроїв ЕЦ.

## 1.5 Апаратно-програмний комплекс диспетчерського контролю (АПК-ДК)

Апаратно-програмний комплекс диспетчерського контролю(АПК-ДК) дозволяє отримувати достовірну інформацію про положення потягу і стан пристроїв СЦБ в повному об'ємі і, в порівнянні з іншими системами контролю (ЧДК, АСДК) є на сьогодні найбільш ефективним і сучасним. Основними цілями створення АПК-ДК є:

- автоматизація основних функцій поїзного диспетчера,
- отримання своєчасної, повної і достовірної інформації про стан пристроїв автоматики за рахунок, безперервного контролю їх технічного стану;
- підвищення надійності роботи пристроїв, за рахунок своєчасного виявлення передвідмовних станів і профілактики збоїв.

Застосування сучасних інформаційних технологій дозволяє виконувати наступні функції:

- аналіз експлуатаційних дій оперативного і диспетчерського персоналу по управлінню рухом потягів;
- оптимізація пропуску потягів;
- аналіз якості роботи пристроїв;
- визначення передвідмовного стану пристроїв;
- прогнозування стану пристроїв;
- оптимізація процесу пошуку і усунення відмов;
- створення інформаційної бази для часткової автоматизації технічного обслуговування облаштувань ЗАТЗ;
- відновлення, з метою аналізу, дійсного стану облаштувань ЗАТЗ і положення потягу за минулі періоди часу.

Автоматизується робота апарату поїзних диспетчерів, а також технологія роботи ШЧ по контролю стану пристроїв, з можливістю передачі оперативної інформації про положення потягу і стан пристроїв працівникам інших служб.

Джерелами інформації є:

- прилади лінійних пунктів, сигнальних точок і переїздів ділянок залізниць;

- станційні пристрої автоматики, що дозволяють контролювати поїзну ситуацію і стан пристроїв на станції (рейкові кола, сигнали, стрілки);
- апаратура ДК, ДЦ і ЭЦ станцій;
- станційні прилади і пристрої, що дозволяють контролювати технічні і технологічні порушення в роботі систем (відмову джерел живлення, перегорання запобіжників, натиснення аварійних кнопок і т. д.);
- апаратура контролю аналогових сигналів (ПИК- 10),
- перегінні пристрої, що дозволяють контролювати параметри сигнальної точки і стан ізолюючих стиків;
- прилади і обладнання спеціальних систем великих сортувальних станцій, що забезпечують технологію сортувальної роботи(АРС, ГАЦ і ін.);
- апаратура передачі даних;
- пожежно-охоронна сигналізація;
- інші пристрої.

Структура об'єкту автоматизації паралельно-послідовного (довільного) типу використовує для організації обміну інформацією існуючі лінії зв'язку.

У АПК-ДК передбачена діагностика сигнальної точки кодового автоблокування(АБ):

- контроль напруги на додатковій обмотці дросель трансформатора живлячого кінця рейкового ланцюга;
- напруга на обмотці колійного реле;
- справність ізолюючих стиків;
- напруга живлення дешифратора;
- напруга на обмотці реле З;
- струм в ланцюзі живлення дозволяючих ламп світлофора;
- імпульсна робота реле ОИ.

Структура системи АПК-ДК – трирівнева.

Перший рівень - підсистема збору і обробки інформації нижнього рівня складається з лінійних пунктів, що збирають дискретну і аналогову інформацію з

датчиків. Апарати контролю сигнальної точки(АКСТ), розташовані в РШ сигнальних установок, по існуючій лінії ДСН-ОДСН передають інформацію про параметри роботи сигнальної точки. Інформація від АКСТ перегону збирається селектором частоти, демодулятором (СЧД). Для вимірів напруги і опору ізоляції на станціях встановлюються контролери вимірів аналогових сигналів ППК 10.

Для збору дискретної інформації з вільних контактів реле, а також лампочок і кнопок пультів служать контролери знімання дискретних сигналів ППК 120. У перший рівень можуть включатися датчики, передачі інформації про інші об'єкти, наприклад КТСМ або пожежно-охоронна сигналізація.

Другий рівень АПК-ДК - підсистема збору інформації зі станцій і передачі її концентратору ЦП АПК-ДК. Уся інформація з датчиків стікається в станційний концентратор, що реалізовує функції збору, обробки, зберігання, архівації і передачі на верхній рівень з можливістю видачі інформації до ДСП і в АРМ-ШН. Цей АРМ дозволяє виконувати виміри в контрольованих ланцюгах, стежити за станом об'єктів СЦБ і оперативною обстановкою на станції, а також вести архіви.

Третій рівень системи включає взаємозв'язані підсистеми відповідно до двоєдиної мети створення системи. Перша підсистема - підсистема автоматизації оперативного управління рухом відділення дороги, що включає ЛВС, Арми ДНЦ, ДНЦО, ДГП, графіста, реалізуючі свої функції на базі інформації від АПК-ДК, інших ДК і ДЦ і АСОУП.

Друга підсистема - підсистема автоматизації технологічних процесів ШЧ включає АРМ ШЧД, АРМи ШН і реалізує свої функції на основі інформації від нижнього рівня АПК-ДК, з АС-Ш і від першої підсистеми верхнього рівня.

Для виключення втрат інформації про стан пристроїв на станціях і перегонах, а також про положення потягу на ділянці, організовується зв'язкове "кільце", що дозволяє перенаправити інформаційні потоки по справній ланці.

Система дозволяє контролювати стан як дискретних так і аналогових величин, але контроль постового обладнання все рівно в системі не реалізований.

## 1.6 Система технічної діагностики «Прогноз»

В даній системі інформація про стан об'єктів контролю ОК знімається датчиками первинної інформації і через пристрої узгодження, поступає в лінійний канал зв'язку ЛКС. Останній забезпечує передачу інформації на найближчу станцію, де вона обробляється спеціальними пристроями апаратури діагностики на станції, відображається на пульті інформації і через канал зв'язку передається на центральний диспетчерський пункт ЦДП. Станційна апаратура приймає інформацію про стан пристроїв автоматики на перегінних сигнальних точках і станційних контрольованих об'єктах; обробляє її для виявлення несправних об'єктів і відмов каналів зв'язку; зберігає і формує повідомлення диспетчеру. На станції також приймаються сигнали телекерування від диспетчера; виконуються відповідні їм команди; в ЦДП передається інформація диспетчерського контролю руху потягів про стан блок-ділянок і станційних пристроїв. Як апаратуру лінійного каналу зв'язку використовують типові пристрої частотного диспетчерського контролю. На диспетчерському пункті здійснюється автоматичне опитування і перевірка роботи станційних пунктів, автоматична реєстрація несправності, відображення інформації про стан контрольованих об'єктів на пульті індикації ЦП, автоматичне декодування результатів діагностики, самоконтроль діагностичної апаратури, включаючи канал зв'язку.

Як каналоутворювачу апаратуру на ділянці «Станція — ЦДП» використовують пристрої диспетчерської централізації системи «ЛУЧ».

Система «Прогноз» забезпечує контроль 20 станцій, на кожній з яких може контролюватися стан 40 двохпозиційних датчиків. Крім того, на кожній станції збирається інформація з 16 сигнальних точок, на яких можуть контролюватися 19 датчиків. При цьому стан реле постової частини електричної централізації не перевіряється.

## 1.7 Постановка задачі

**Актуальність роботи.** На даний час зношеність систем електричної централізації викликає все більше відмов в постовій частині ЕЦ. Для їх виявлення

в короткий проміжок часу необхідно обслуговуючому персоналу мати досить високу кваліфікацію. В іншому випадку більшість таких відмов призводить до затримки в русі поїздів. Таким чином розробка графів пошуку несправностей в постовому обладнанні та підсистеми яка буде виконувати пошук в автоматичному режимі являється актуальною задачею.

**Метою роботи** є розробка методів та засобів для пошуку відмов в постовій частині електричної централізації.

**Завданням роботи** є:

1. Проведення аналізу можливостей існуючих систем контролю та діагностування по виявленню відмов в постовій частині електричної централізації;
2. Побудова діаграм пошуку відмов обслуговуючим персоналом в постовій частині електричної централізації у вигляді дерев;
3. Побудова автоматичної підсистеми пошуку несправностей в постовій апаратурі ЕЦ малих станцій з практичною її реалізацією на мікропроцесорній елементній базі;
4. Побудова автоматичної підсистеми пошуку несправностей в постовій апаратурі БМРЦ та представлення її роботи у вигляді орієнтованих графів.

**Об'єкт дослідження** – процес функціонування апаратури постової частини електричної централізації.

**Предмет дослідження** – методи та засоби для пошуку відмов в постовій частині електричної централізації.

Для вирішення поставлених задач використано побудову діаграм пошуку відмов в вигляді розгалужених дерев та орієнтованих графів.

## **1.8 Висновки до першого розділу**

Виходячи зі всього вище переліченого можна зробити наступний висновок про раціональність розробки і упровадження системи технічної діагностики і контролю станційних пристроїв СЦБ. Єдина система яка експлуатується на залізницях України, яка містить досить глибокий контроль і самі елементарні діагностичні функції є система МСДЦ "КАСКАД". Але в той же час в цій системі

повністю відсутнє прогнозування розвитку відмов пристроїв СЦБ, діагностика пристроїв також практично не використовується, а в автоматичному контролі параметрів операції проводяться тільки з дискретними величинами, а аналогові параметри не контролюються. На залізницях РФ технічна діагностика і прогнозування відмов використовується більш інтенсивно. Такі системи диспетчерської централізації як АСДК, АДК-СЦБ, РПЦ «Діалог-Ц» містять досить сильні підсистеми діагностики і контролю обладнані автоматичними робочими місцями старших електромеханіків (АРМ ШНС), що базується на сучасній мікропроцесорній техніці. Але навіть ці системи практично не реалізують функції прогнозування відмов, діагностика відмов недостатньо глибока (проводиться діагностика всього об'єкту в цілому, але не діагностуються вузли з яких він складається). Тому виникає необхідність створення на базі ЕЦ підсистеми технічної діагностики і контролю з можливістю включення в круг диспетчерського контролю, яка реалізувала б достатньо повний контроль постової апаратури електричної централізації..

## 2 ПОШУК ВІДМОВ В СТАНЦІЙНОМУ ОБЛАДНАННІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ОРІЄНТОВАНИХ ГРАФІВ

### 2.1 Методи пошуку несправностей в пристроях СЦБ

Тривалість відновлення пристроїв після відмови суттєво залежить від способи фіксації пошкодження. В пристроях СЦБ застосовують два основних способи фіксації пошкодження при отриманні інформації про відмову: безпосередньо в момент пошкодження (безперервний спосіб) і в момент завдання маршруту, переводу стрілок, розмикання маршруту і т.д. (спосіб квітірування). Безперервний спосіб дає можливість почати пошук пошкодження відразу після того як воно з'явиться. При цьому суттєво зростає ймовірність відновлення роботи працездатності елемента, до моменту коли наступить час його використання. При способі квітірування відновлення елемента в будь якому випадку вимагає затримки в нормальному функціонуванні елемента. Для зменшення кількості таких випадків використовують спеціальні схеми профілактичних перевірок і вимірів по графіку технологічного процесу [4].

Для швидкого пошуку відмов в діючих пристроях СЦБ обслуговуючий персонал повинен добре знати принципи роботи пристроїв, послідовність роботи всіх елементів, призначення і функції кожного елемента, розміщення апаратури, вміти працювати з технічною документацією, і вимірювальними приладами, додержуватись певних послідовностей перевірок. Такий комплекс знань необхідний для ефективного пошуку несправностей, але може бути недостатнім для того, щоб час на пошук несправності (який за звичай більший часу який витрачається на заміну елемента) був мінімальним.

Для обслуговуючого персоналу розроблені спеціальні методи діагностики які дають можливість побудувати таку послідовність операцій, при якій середній час пошуку відмови буде мінімальним. Розрізняють наступні методи: зовнішній огляд, спосіб заміни і спосіб вимірювань.

*Зовнішній огляд* найбільш простий спосіб перевірки,але з його допомогою рідко вдається виявити скриту відмову.

**Спосіб заміни** передбачає вилучення елемента, вузла або блока, в якому передбачається відмова і встановлення з запасу на його місце такогуж справного елемента.

**Спосіб вимірювань** являється найбільш ефективним при пошуку несправностей в постовій частині електричної централізації. При цьому обслуговуючим персоналом частіш всього використовуються такі прилади як омметр та вольтметр. Для скорочення часу пошуку потрібно притримуватись певного алгоритму пошуку перевірок.

**Метод послідовного перебору** ґрунтується на почерговій перевірці всіх вузлів чи елементів які входять в електричне коло. Використання цього методу обґрунтовано лише в тому випадку, коли відсутній зв'язок між елементами, або обслуговуючий персонал має недостатню кваліфікацію. Також таким методом користуються при відсутності необхідних приладів для фіксації стану елементів.

**Метод «середньої точки» по кількості елементів** застосовується при пошуку обриву в електричному колі. Перший вимір в цьому випадку проводиться по середині кола, чим і визначається де обрив (в основному за допомогою вольтметра). Якщо обрив в першій половині кола, то вимір знову виконується по середині і т.д.

**Метод «середньої точки» по ймовірності відмови** відрізняється від попереднього тим, що коло яке перевіряється ділиться навпіл не по кількості елементів, а по сумі ймовірностей того, що кожний з цих елементів міг відмовити. Такий метод зручно застосовувати для постової апаратури тому, що ланцюги живлення на посту ЕЦ складаються з контактів з різною ймовірністю відмов (штепсельні розетки, пайка, контакти кодових реле і реле першого класу надійності). Недоліком даного методу, як і попереднього, являється те, що він не враховує час проведення перевірок, який в окремих випадках може бути дуже суттєвим (час переходу з горловини на станцію, час відкриття пульта з оформленням запису і т.д.).

**Інформаційний метод** являється найбільш універсальним, так як він включає в себе два попередніх методи. Програма перевірок, побудована по інформаційному методу, носить назву інформаційної діаграми і на відміну від

таблиць, які містить тільки ознаки відмові можливі причини, включає в себе і оптимальну послідовність перевірок. Таким чином пошук любого пошкодження необхідно вести послідовно, а не в кількох місцях одночасно.

## 2.2 Методика побудови інформаційних діаграм пошуку відмов

Кібернетичні методи діагнозу дозволяють скласти найбільш доцільну послідовність перевірок для відшукування будь-якої несправності з найменшою витратою часу. Оптимальну або близьку до неї послідовність перевірок можна отримати, використовуючи теорію інформації. При цьому треба виходити з наявності в системі, в якій сталася відмова, якійсь початковій невизначеності. Така невизначеність є слідством того, що наявність однієї з можливих відмов в системі є випадковою подією.

В процесі пошуку відмови кожна перевірка, що проводиться, дає деяку інформацію, розмір якої чисельно визначається зменшенням невизначеності (ентропії) системи. Якщо при перевірці одного або декількох елементів систем з'ясувалося, що один з них несправний, то результат такої перевірки вважається позитивним, інакше результат перевірки визнається негативним. Вірогідність позитивного результату  $P$ , таким чином, може бути підрахована заздалегідь, якщо відома відносна вірогідність відмов  $P_i$  кожного з елементів  $i$  те, що сталася тільки одна відмова. Очевидно, при цьому вірогідність позитивного результату перевірки дорівнюватиме сумі вірогідності відмов тих елементів, які не охоплювалися цією перевіркою.

Теорія інформації дає можливість підрахувати спад ентропії в результаті однієї перевірки [4]:

$$\Delta H = -P \log_2 P - (1 - P) \log_2 (1 - P), \quad (2.1)$$

де  $P$  – ймовірність позитивного результату перевірки, підрахована вказаним способом.

Аналогічно виконується розрахунок для всіх подальших перевірок. В результаті такого розрахунку може бути отримана схема пошуку або інформаційна

діаграма пошуку несправностей, яка вказуватиме найкоротші шляхи відшукування будь-якої з задалегідь відомих несправностей.

Дії з складання оптимальної послідовності перевірок (інформаційної діаграми) зводяться до наступного:

визначення вірогідності позитивного результату кожної перевірки  $P$  і витрат часу  $T$  для кожної перевірки;

обчислення значення ефективності перевірки по формулі ефективності і вибір перевірки з найбільшим значенням;

визначення нових станів системи, що утворилися в результаті позитивного і негативного результату перевірки;

перерахунок відносної вірогідності відмов для елементів, що залишилися неперевіреними, вірогідності позитивного результату кожної перевірки, що залишилася, з урахуванням результату виконаної перевірки і витрат часу перевірок, що залишилися;

повторення процедури до тих пір, поки послідовність не визначиться повністю.

Як стає зрозумілим з наведеного вище процедура це складна і потребує статистичних даних по відмовах кожного елемента ЕЦ.

### **2.3 Використання орієнтованих графів для пошуку несправностей в станційних пристроях електричної централізації**

При побудові інформаційних діаграм пошуку несправностей виникає необхідність в великій кількості розрахунків і використанні статистичних даних по виникненню відмов. При цьому складність процесу в тому, що офіційна статистика відмов може суттєво відрізнятись від реальної статистики і відмови на одному посту ЕЦ можуть мати одну ймовірність, а на іншому посту, де система вже експлуатується набагато довше зовсім іншу. В зв'язку з цим пропонується створити схеми пошуку електромеханіком відмови в постовій частині ЕЦ спираючись на досвід обслуговуючого персоналу у вигляді орієнтованих графів [5].

Орієнтований граф або орграф  $G$ , який позначається через  $G(V, E)$ , складається з множини  $V$  вершин і множини  $E$  впорядкованих пар елементів з  $V$ , що називається множиною *орієнтованих ребер* або просто *ребер*, якщо зрозуміло, що граф орієнтований. Елемент множини  $E$  називається *орієнтованим ребром*. Якщо  $(a, b) \in E$ , тоді  $a$  називається *початковою вершиною* ребра  $(a, b)$ , а  $b$  називається *кінцевою вершиною*.

Відзначимо, що поняття орієнтованого графа допускає наявність петель, чого не було у разі простих графів. Тому є, в основному, дві причини. По перше, визначення орієнтованого ребра природним чином включає поняття петлі, оскільки петля у вершини  $a$  є просто ребро  $(a, a)$ . У разі неорієнтованих графів це не можна було зробити, оскільки ребро неорієнтованого графа має вигляд  $\{a, b\}$ , тому петля повинна була б мати вигляд  $\{a, a\}$ . По-друге, коли йдеться про відношення, елемент може знаходитися у відношенні з самим собою, що не має сенсу для множин, оскільки будь-який елемент є в наявності в множині тільки один раз. І ще, поняття петлі більшою мірою властиво орієнтованим графам.

Ребро  $(a, b)$  орієнтованого графа позначається на діаграмі стрілкою з  $a$  до  $b$ . Відмітимо, що в простому графові ребро представляється двоелементною підмножиною, щоб підкреслити, що відношення симетричне, тоді як в орієнтованому графові ребро представлене впорядкованою парою, щоб акцентувати важливість порядку і те, що  $(a, b)$  може бути ребром в орграфі, а  $(b, a)$  – ні. Якщо  $(a, b)$  - ребро орієнтованого графа  $G(V, E)$ , так що  $a$  - початкова вершина, а  $b$  - кінцева вершина ребра  $(a, b)$ , тоді вершини  $a$  і  $b$  *інцидентні* ребру  $(a, b)$ . Вершина  $a$  називається *суміжною* до вершини  $b$ . Вершина  $b$  називається також *суміжною* від вершини  $a$ . *Мірою виходу* вершини  $v$  називається кількість ребер, для яких  $v$  є початковою вершиною, позначається  $\text{outdeg}(v)$ . *Мірою входу* вершини  $v$  називається кількість ребер, для яких  $v$  є кінцевою вершиною, позначається  $\text{indeg}(v)$ . Якщо  $\text{indeg}(v) = 0$ , то вершина  $v$  називається *джерелом*. Якщо  $\text{outdeg}(v) = 0$ , то вершина  $v$  називається *стоком*. Звернемо увагу, що, хоча згідно з визначенням орієнтованого графа він може мати петлі, до справжнього моменту не розглядалася ситуація, коли з вершини  $a$  у вершину  $b$  може виходити більш ніж одно ребро. Орієнтований граф з

більш ніж одним ребром з однієї вершини в іншу називається *мультиграфом*, або, точніше, *орієнтованим мультиграфом*. Якщо кожне ребро помічене, говоритимемо, що це *розмічений орієнтований*, або просто *розмічений граф*, з розумінням того, що це орієнтований граф. *Орієнтований граф*  $G'(V', E')$  називається *орієнтованим підграфом* орієнтованого графа  $G(V, E)$  якщо  $V' \subseteq V$  і  $E' \subseteq E$ . Таким чином, кожна вершина в  $G'$  є вершиною в  $G$  і кожне орієнтоване ребро в  $G'$  є орієнтованим ребром в  $G$ . *Орієнтований шлях* з  $a$  в  $b$  задається послідовністю вершин  $v_0 v_1 v_2 v_3 \dots v_n$ . *Довжина* орієнтованого шляху називається кількістю орієнтованих ребер, що входять в дорогу.

У такому разі граф  $G^s(V, E^s)$  називається *співвіднесеним графом* орієнтованого графа  $G(V, E)$ . Спрощуючи формулювання, можна сказати, що множина ребер  $E^s$  неорієнтованого графа  $G^s(V, E^s)$  можна визначити таким чином:  $\{a, b\} \in E^s$  тоді і тільки тоді, коли для різних вершин  $a$  і  $b$  ребро  $(a, b) \in G$  або  $(b, a) \in G$ .

#### 2.4 Аналіз причин відмов в постових пристроях ЕЦ

Блочна маршрутно-релейна централізація (БМРЦ) є основним типом централізації великих і середніх станцій [4]. При складанні оптимальних програм пошуку несправностей (орієнтованих дерев) необхідно враховувати послідовність роботи реле, вірогідність конкретних відмов і час проведення тих або інших перевірок. У постових облаштуваннях БМРЦ найбільше число відмов пов'язане з перегоранням запобіжників. У тих випадках коли сигналізація перегорання працює нормально, запобіжник, що перегорів, можна відшукати досить швидко. Гірше йде справа, коли сигналізація не спрацювала. Якщо на посту не змонтована додаткова схема контролю, то запобіжник, що в цьому випадку перегорів, доводиться відшукувати по індикації, що змінилася, на табло. Іншою причиною відмов, що часто зустрічається, на посту є втрата контакту в штепсельному роз'ємі блоку. Зазвичай для відновлення контакту досить злегка поворошити штепсельний роз'єм, але щоб ушкодження не повторилося, необхідно після цього ретельно перевірити контакти роз'єму блоку, а також взаємне розташування гніздової і ножової колодок. Обрив

ланцюга може статися і в контакті кодового реле в набірному блоці, якщо реле було погано відрегульоване, або в контакті кнопки в пульті. Найчастіше такі ушкодження вдається виявити тільки за допомогою вольтметра. Виміри проводять по відношенню до одного з полюсів живлення, причому зазвичай обирають полюс СМБ, який не має індивідуальних запобіжників. При виборі послідовності вимірів, що проводяться, корисно дотримуватися методу "середньої точки", а також враховувати доступність місця виміру. Так, в першу чергу заміряти слід там, де можна обійтися без драбини, без зняття захисних кожухів, розкриття пульт-табло і т. д.

Одним з відповідальних елементів постової апаратури БМРЦ є стабілітронний блок. Найбільш частою причиною відмови в його роботі є вихід з ладу стабілітрона. Порушення нормальної роботи постових облаштувань БМРЦ можуть бути викликані пониженням напруги контрольної батареї. Найуразливішими в цьому відношенні являються схеми автоматичних кнопкових реле АКН і стрілочних реле, що управляють, ПУ і МУ. На деяких постах БМРЦ довгі маршрути не задаються вже при напрузі контрольної батареї менше 25-27 В. Тому неможливість набрати довгий маршрут, в той час, як маршрути, що складаються з двох-трьох елементарних, задаються нормально, зазвичай завжди вказує на пониження напруги контрольної батареї.

Пошкодження в схемах включення сигналів найчастіше пов'язані з перегоранням запобіжників або світлофорних ламп. У експлуатації спостерігалися також і випадки пробою діодів вогневих реле, коли сигнальні запобіжники встановлені номіналом 0,5 А замість 0,3 А.

Відмови в облаштуваннях БМРЦ можна класифікувати за способом їх прояви на ті, що відбуваються в процесі установки або розмикання маршруту, та при використанні дій аварійного призначення (штучне розмикання, запрошувальний сигнал та ін.).

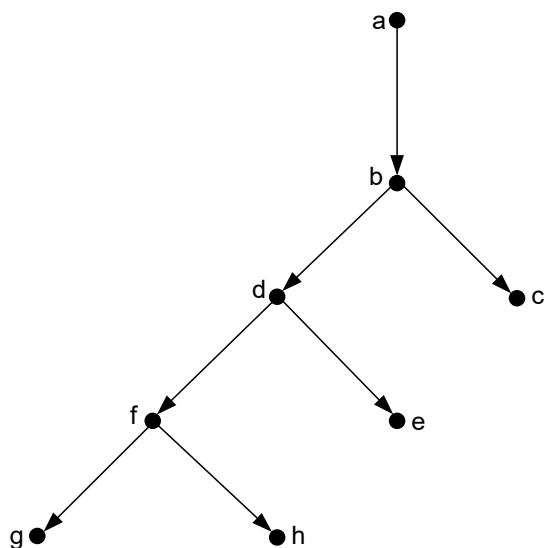
## **2.5 Представлення алгоритмів пошуку відмов у вигляді орієнтованих дерев**

Так як графи пошуку відмов обслуговуючим персоналом не мають петель (повторно перевірений елемент не перевіряється) і при перевірці цикли відсутні, то краще їх відображати не орієнтованим графом, а орієнтованим деревом [5]. *Дерево* - це граф без циклів. *Орієнтованим деревом*  $T$  є вільний від петель орієнтований граф,

співвіднесений граф якого є деревом; так що якщо існує шлях від вершини  $a$  до вершини  $b$ , то він єдиний. Спочатку помітимо, що якщо в орієнтованому дереві є ребро  $(a, b)$ , тоді не існує ребро  $(b, a)$ , інакше шлях  $aba$  був би циклом, і шлях з  $a$  в  $b$  не був би єдиним. Таким чином, множина  $E$ , яка для дерева є як множина ребер, так і відношенням, має таку властивість, що якщо  $(a, b) \in E$ , тоді  $(b, a) \notin E$ . Таке відношення називається *асиметричним*. Повертаючись до (неорієнтованих) дерев, спочатку відмітимо, що якщо дерево має хоч би одно ребро, воно має хоч би дві вершини з мірою 1. Щоб переконатися в цьому, розглянемо для заданого дерева  $T$  можливі шляхи. Якщо у дерева  $n$  вершин, тоді довжина шляху не може перевищити  $n - 1$ , оскільки кожна вершину можна використати тільки один раз. Інакше вийшли б цикли, а у дерева немає циклів. Тому існує максимальний шлях, який не можна продовжити, щоб отримати довший шлях. Припустимо, що шлях починається у вершині  $a$  і закінчується у вершині  $b$ . Як  $a$ , так і  $b$  повинні мати міру 1, оскільки інакше шлях можна було б продовжити. Але це суперечить тому, що шлях максимальний. Вершини міри 1 називаються *листями*. Інші вершини називаються *внутрішніми вершинами*. Дерево  $T$  називається остовним деревом графа  $G$ , якщо  $T$  - підграф графа  $G$  і кожна вершина в  $G$  є вершиною в  $T$ . Орієнтоване дерево називається *корневим орієнтованим деревом*, якщо існує єдина вершина  $v_0$  така, що  $\text{indeg}(v_0) = 0$ , і існує шлях з  $v_0$  в кожную іншу вершину дерева.

Розглянемо діаграми пошуку відмов в постовій частині ЕЦ і представимо їх у вигляді корневих орієнтованих дерев.

Розглянемо послідовності пошуку відмов при установці маршруту прийому на колію. Якщо після натиснення початкової кнопки не спалахнули лампи НЛ і НПЛ (рис.2.1 вузол а), то це може бути викликано або відсутністю полюса СПБ-К або ж обривом в ланцюзі збудження кнопкового реле. Оскільки полюс СПБ-К відключається при незавершеному наборі, коли були натиснуті початкова і варіантна кнопки (при цьому горять відповідний покажчик напрямку і світлові чарунки кнопок), то в першу чергу слід відмінити набір.

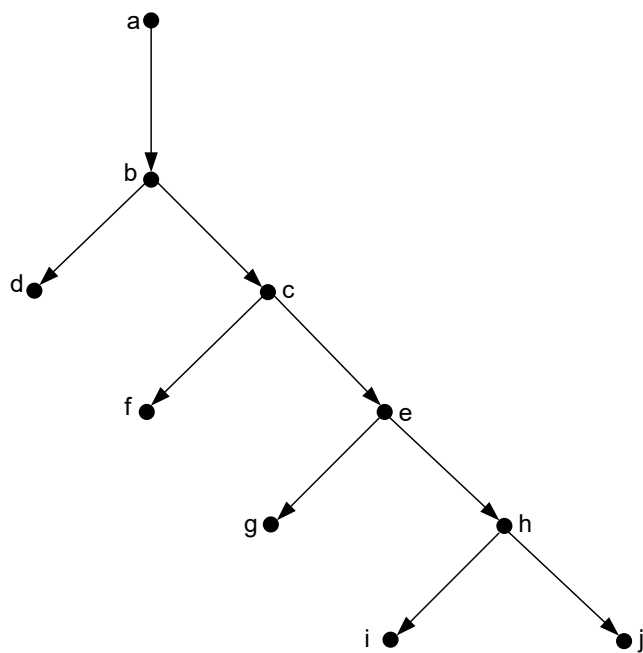


- a – При натисненні початкової кнопки не горять лампочки НП та НПП.
- b – Натиснути кнопку „Відміна набору” та повторно натиснути початкову кнопку. Лампочка НП та НПП горять.
- c – Не була закінчена установка попереднього маршруту.
- d – Перевірити, чи загоряються кнопкові лампочки при натисненні інших початкових кнопок.
- e – За допомогою вольтметра знайти місце обриву у колі збудження кнопкового реле (спочатку перевірити СМБ на виході блоку НІМ 1-8/2-8 при ненаписаній кнопці).
- f – перевірити цілісність запобіжника СПБ-К/СПБ-Н (5А).
- g – замінити запобіжник.
- h – За допомогою вольтметра визначити місце обриву в обв'язці.

(ab) – перехід від перевірки a до перевірки b; (bc) – перехід від перевірки b до перевірки c, якщо перевірка дала позитивний результат; (bd) – перехід від перевірки b до перевірки d, якщо перевірка дала негативний результат; (df) – перехід від перевірки d до перевірки f, якщо перевірка дала негативний результат; (de) – перехід від перевірки d до перевірки e, якщо перевірка дала позитивний результат; (fh) – перехід від перевірки f до перевірки h, якщо перевірка дала позитивний результат; (fg) – перехід від перевірки f до перевірки g, якщо перевірка дала негативний результат.

Рис. 2.1 Коренево орієнтоване дерево пошуку відмови при натисканні початкової кнопки (ознака «а»)

Якщо після натиснення початкової кнопки спалахує кнопкова лампа, але не спалахує лампа напрямку (рис.2.2), то може бути порушений ланцюг збудження реле напрямку або ж лампи напрямку несправні. Щоб переконатися в тому, що реле напрямку збудилося, досить відпустити початкову кнопку маршруту потягу, оскільки ланцюг блокування кнопкового реле проходить через фронтний контакт протиповторного реле, яке, у свою чергу, може збудитися тільки після збудження реле напрямку.



a – При натисненні початкової кнопки лампочка НП горить, а НПП не горить.  
 b – Натиснути кнопку „Відміна набору” та повторно натиснути початкову кнопку. НПП горить.  
 c – Горить червона лампочка групової відміни маршрутів.  
 d – Раніше була натиснута початкова кнопка іншого маршруту.  
 e – Після відпускання початкової кнопки лампочка НП гасне.  
 f – Замінити запобіжник СПБ-Б (ЗА).  
 g – За допомогою вольтметра знайти місце обриву кола реле НР.  
 h – Після установки маршруту на табло відсутня частина білої полоси.  
 i – Замінити запобіжник СХ.  
 j – За допомогою вольтметра знайти обрив у колі ввімкнення лампочки НПЛ.

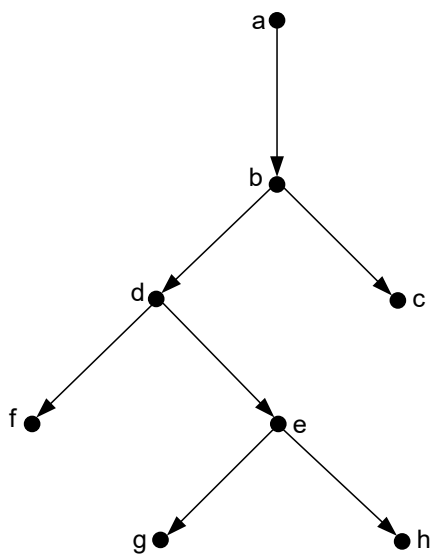
(ab) – перехід від перевірки a до перевірки b; (bc) – перехід від перевірки b до перевірки c, якщо перевірка дала негативний результат; (bd) – перехід від перевірки b до перевірки d, якщо перевірка дала позитивний результат; (cf) – перехід від перевірки c до перевірки f, якщо перевірка дала позитивний результат; (ce) – перехід від перевірки c до перевірки e, якщо перевірка дала негативний результат; (eh) – перехід від перевірки e до перевірки h, якщо перевірка дала негативний результат; (eg) – перехід від перевірки e до перевірки g, якщо перевірка дала позитивний результат; (hi) – перехід від перевірки h до перевірки i, якщо перевірка дала позитивний результат; (hj) – перехід від перевірки h до перевірки j, якщо перевірка дала негативний результат.

Рис. 2.2 Коренево орієнтоване дерево пошуку відмови при натисканні початкової кнопки (ознака «б»)

Однією з причин порушення ланцюга реле напрямку може бути перегорання запобіжника СПБ-Б, при цьому одночасно знеструмиться реле групової відміни і його повторювач, в результаті спалахне червона лампа групової відміни. Якщо реле напрямку збудилося, а індикація відсутня, то маршрут може бути встановлений, а пошук пошкодження в ланцюзі індикації може продовжуватись.

Після відпускання натиснутої початкової кнопки кнопкове реле повинне стати на самоблокування. Якщо ланцюг блокування буде порушений, тоді знеструмляться і кнопкове реле і реле напрямку, а обидві лампи згаснуть (рис.2.3). Таке явище може статися у тому випадку, коли порушений ланцюг реле ИЗ, а черговий по станції не помітив миготливої лампи допоміжного керування і не скористався допоміжною кнопкою. Крім того, відсутність блокування кнопкового

реле може бути результатом порушення ланцюга реле ОН або втратою контакту в ланцюзі полюса СПБ-Н. В даному випадку перегорання запобіжника виключається, оскільки полюси СПБ-Н і СПБ-К проходять через один і той же запобіжник.



- a – При натисненні початкової кнопки лампочки НЛ та НПЛ загорілись, а при відпусканні згасли.
- b – Блімає червона лампочка допоміжного керування.
- c – Встановити маршрут при натиснутій допоміжній кнопці. За допомогою вольтметра знайти обрив у колі реле ИЗ.
- d – Реле ОН під струмом.
- e – Реле ПП під струмом.
- f – За допомогою вольтметра знайти місце обриву у колі реле ОН.
- g – За допомогою вольтметра перевірити коло реле ПП.
- h – Перевірити за допомогою вольтметра обв'язку полюса СПБ-Н.

(ab) – перехід від перевірки a до перевірки b; (bd) – перехід від перевірки b до перевірки d, якщо перевірка дала негативний результат; (bc) – перехід від перевірки b до перевірки c, якщо перевірка дала позитивний результат; (df) – перехід від перевірки d до перевірки f, якщо перевірка дала негативний результат; (de) – перехід від перевірки d до перевірки e, якщо перевірка дала позитивний результат; (eh) – перехід від перевірки d до перевірки h, якщо перевірка дала позитивний результат; (eg) – перехід від перевірки d до перевірки g, якщо перевірка дала негативний результат.

Рис. 2.3 Кореневе орієнтоване дерево пошуку відмови при натисканні початкової кнопки (ознака «в»)

Подальша робота схем, що беруть участь в установці маршруту, відбувається після натиснення кінцевої кнопки. Kontakтами початкового і кінцевого кнопкових реле, а також кутових УК і кінцевих ВК реле комутується ланцюг збудження автоматичних кнопкових реле, від яких, у свою чергу, збуджуються усі необхідні проміжні кнопкові реле. У наступному такті роботи схеми збуджуються усі проміжні реле ВП, і тим самим остаточно утворюється ланцюг збудження стрілочних реле ПУ і МУ. На цьому закінчується покаскадне включення реле маршрутного набору, і починають працювати реле виконавчої групи. Після установки стрілок по маршруту відбувається комутація схеми відповідності, побудованої за планом станції, внаслідок чого спрацьовує початкове реле Н.

При невідповідності алгоритму роботи схеми, після натиснення кінцевої кнопки, пошук причини відмови проводиться з урахуванням його зовнішніх ознак відповідно до інформаційних діаграм: не спалахнули зелені лампи кінцевою і проміжних кнопок - пошук відмови проводиться за аналогією з тією ж ознакою при натисненні початкової кнопки (рис.2.1); зелена лампа кінцевої кнопки спалахнула, а лампи проміжних кнопок не горять (рис. 2.4); зелені лампи кінцевої і проміжних кнопок спалахнули, а біла смуга по маршруту не з'явилася (рис 2.5); біла смуга по маршруту запалилася, а контроль дозволяючого вогню на пульті не з'явився (рис.2.6).

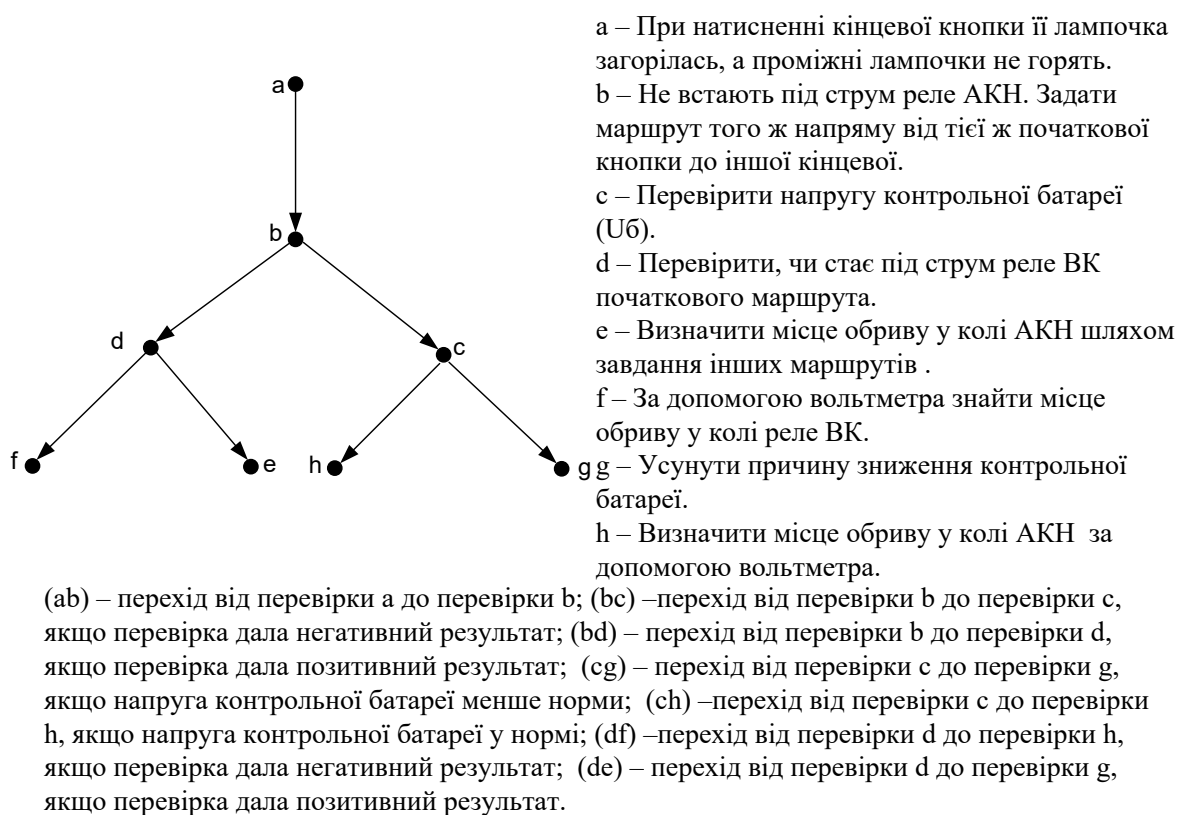


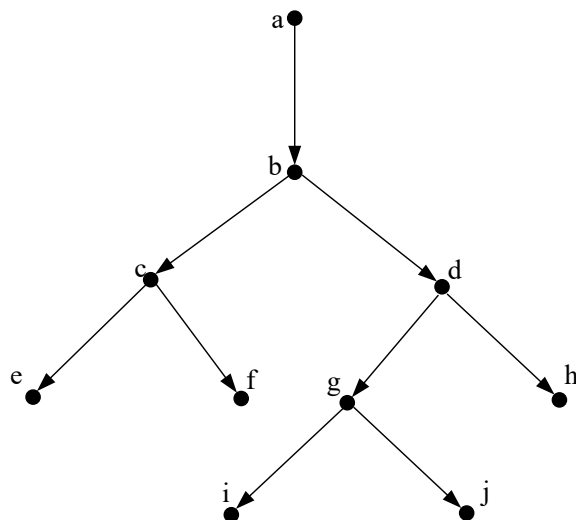
Рис. 2.4 Коренево орієнтоване дерево пошуку відмови при натисканні кінцевої кнопки (ознака «б»)

У тому разі коли після натиснення кінцевої кнопки не спалахнула кінцева лампа, можливо, що окрім початкової кнопки була натиснута ще одна і тому не подається живлення на кнопкові реле. В цьому випадку доцільно відмінити набір з повторним натисненням початкової і кінцевої кнопок. Якщо нічого не зміниться, слід перевірити ланцюг збудження кнопкового реле або ж обв'язування полюса СПБ-К (цілість запобіжника СПК-К вже перевірена при натисненні початкової кнопки).

Причиною відсутності горіння проміжних ламп (рис.2.4) може бути неспрацьовування реле АКН. Це, у свою чергу, може бути викликано зниженням напруги контрольної батареї, обривом ланцюга реле ВК, через контакт якого створюється ланцюг АКН, або ж порушенням контакту в іншій точці схеми АКН. Місце обриву в ланцюзі визначається у вільний від поїздів час, оскільки маршрут може бути встановлений за допомогою індивідуального керування.

Характерною ознакою відмови є відсутність білої смуги, що «горить» по маршруту при правильній індикації усіма проміжними лампами (рис 2.5). Додатковою ознакою, що уточнює місце відмови, в цьому випадку є лампа завдання маршруту НПЛ. Якщо вона продовжує світитись, то це свідчить про те, що не всі реле ПУ (МУ) збудилися через обрив в ланцюзі або через те, що не встало під струм одне з проміжних реле ВП. Що припинила горіти лампа НПЛ це свідчить про те, що усі кнопкові реле знеструмилися і, отже, всі стрілочко-керуючі реле стали під струм. В цьому випадку причиною відсутності білої смуги по маршруту може бути обрив в ланцюзі контрольно-секційних реле КС або початкове реле Н., що не збудилося. Збудження реле Н відбувається за схемою відповідності з перевіркою контролю переведеного положення стрілок.

Таким чином, необхідно передусім переконатися за допомогою кнопки "Контроль стрілок", чи всі вони мають контроль переведеного положення. Якщо якась з стрілок такого контролю не має, то переходять до відшукування відмови в схемі стрілок. Якщо ж усі стрілки мають контроль, слід визначити, чи не порушений ланцюг схеми відповідності. Це стає ясным після того, як маршрут буде встановлений за допомогою індивідуального керування, при якому схема відповідності виключається. Якщо маршрут також не задається і при індивідуальному керуванні, можна зробити висновок про порушення ланцюга контрольно-секційних реле.

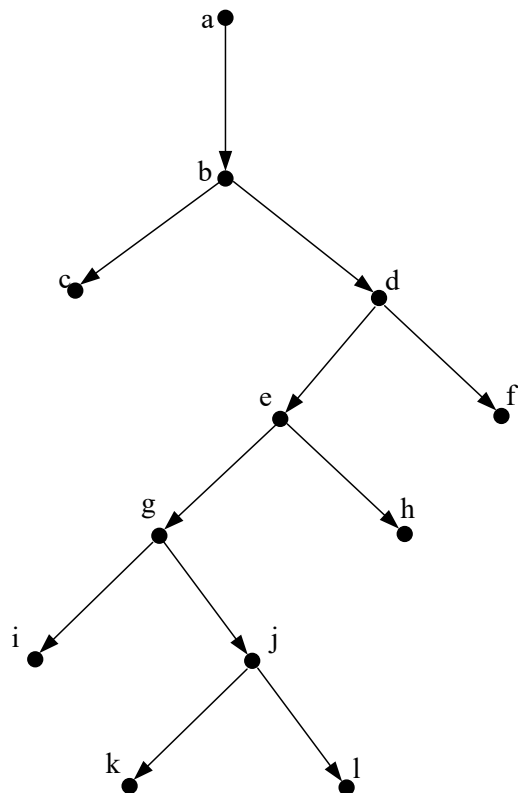


- a – При натисненні кінцевої кнопки всі кнопкові лампочки загорілись, але біла полоса не загорілась.
- b – Лампочка напрямлення згасла.
- c – Не збудились реле ПУ(МУ). Перевірити, чи збуджується одне з реле ВП.
- d – Перевірити, чи всі стрілки мають контроль переведеного положення.
- e – Перевірити шину напрямлення, від якої збуджується реле ВП.
- f – Визначити місце обриву у колі ПУ(МУ) відповідної ділянки за допомогою вольтметра.
- g – При натисненні кнопки індивідуального керування загоряється біла полоса і відкривається сигнал.
- h – Перевірити схему стрілки у відповідності з інформаційною діаграмою.
- i – Визначити місце обриву у схемі відповідності шляхом завданням інших маршрутів та за допомогою вольтметра.
- j – Визначити місце обриву у колі КС шляхом завданням інших маршрутів та за допомогою вольтметра.

(ab) – перехід від перевірки a до перевірки b; (bc) – перехід від перевірки b до перевірки c, якщо перевірка дала негативний результат; (bd) – перехід від перевірки b до перевірки d, якщо перевірка дала позитивний результат; (cf) – перехід від перевірки c до перевірки f, якщо перевірка дала позитивний результат; (ce) – перехід від перевірки c до перевірки e, якщо перевірка дала негативний результат; (dh) – перехід від перевірки d до перевірки h, якщо перевірка дала негативний результат; (dg) – перехід від перевірки d до перевірки g, якщо перевірка дала позитивний результат; (gi) – перехід від перевірки g до перевірки i, якщо перевірка дала позитивний результат; (gj) – перехід від перевірки g до перевірки j, якщо перевірка дала негативний результат.

Рис. 2.5 Кореневе орієнтоване дерево пошуку відмови при натисканні кінцевої кнопки (ознака «в»)

Завершальною зміною індикації на табло при установці маршруту є поява на повторювачі дозволяючого вогню. Якщо ж біла смуга по маршруту спалахнула, а повторювач світлофору не включився (рис.2.6), то причиною цього може бути порушення кола горіння ламп або порушення в колі сигнального реле. І в тому, і в іншому випадку при завданні маршруту прийому червона лампа на повторювачі табло продовжує горіти. Якщо ж червона лампа згасла, а зелена не спалахнула, то найбільш вірогідною причиною є перегорання зеленої лампи повторювача вхідного сигналу або втрата контакту в лампотримачі.



- a – При натисненні кінцевої кнопки біла полоса по маршруту загорілась, а зелена лампочка повторювача не горить.
- b – Зелена лампочка початкової кнопки погасла.
- c – Визначити місце обриву кола сигнального реле шляхом завдання інших маршрутів або за допомогою вольтметра.
- d – Червона лампочка повторювача на пульті згасла.
- e – Перевірити цілісність сигнальних запобіжників.
- f – Несправна зелена лампочка повторювача на пульті або обрив у її колі.
- g – Перевірити, чи є напруга на кабельних клеммах штатива в колі сигнальних трансформаторів
- h – Замінити сигнальний запобіжник
- i – Перевірити вольтметром коло П220 у релейній.
- j – Ввімкнути амперметр замість сигнального запобіжника та перевірити струм в колі.
- k – Перегоріла лампа на сигналі або немає контакту у лампотримачі.
- l – Перевірити кола первинних обмоток сигнальних трансформаторів у релейній шафі вхідного сигналу.

(ab) – перехід від перевірки a до перевірки b; (bc) – перехід від перевірки b до перевірки c, якщо перевірка дала негативний результат; (bd) – перехід від перевірки b до перевірки d, якщо перевірка дала позитивний результат; (df) – перехід від перевірки d до перевірки f, якщо перевірка дала позитивний результат; (de) – перехід від перевірки d до перевірки e, якщо перевірка дала негативний результат; (eh) – перехід від перевірки e до перевірки h, якщо перевірка дала негативний результат; (eg) – перехід від перевірки e до перевірки g, якщо перевірка дала позитивний результат; (gi) – перехід від перевірки g до перевірки i, якщо перевірка дала негативний результат; (gj) – перехід від перевірки g до перевірки j, якщо перевірка дала позитивний результат; (jk) – перехід від перевірки j до перевірки k, якщо перевірка дала негативний результат; (jl) – перехід від перевірки j до перевірки l, якщо перевірка дала позитивний результат.

Рис. 2.6 Коренево орієнтоване дерево пошуку відмови при натисканні кінцевої кнопки (ознака «Г»)

Ознакою того, що сигнальне реле короткочасно вставало під струм, але не отримало ланцюг блокування, може служити згасання зеленої лампи початкової кнопки, ланцюг якої обривається контактом реле ПП, яке, у свою чергу, знеструмлюється зі збудженням сигнального реле. Тому, якщо зелена лампа початкової кнопки згасла, відмову слід шукати в ланцюзі включення світлофорних ламп. В першу чергу перевіряють цілість сигнальних запобіжників. Іншою найбільш вірогідною причиною відмови в цьому випадку може бути перегорання світлофорної лампи або поганий контакт в лампотримачі. Проте, перш ніж відправитися на усунення

пошкодження до релейної шафи вхідного сигналу, доцільно перевірити, чи з'являється напруга 22 В на нижніх клеммах стативу після натиснення сигнальної кнопки. За допомогою амперметра або омметра можна також переконатися, чи справні ланцюги первинних обмоток сигнальних трансформаторів, а після цього вже слід приступати до усунення пошкодження безпосередньо на вхідному сигналі.

Відмови, що проявляються при розмиканні маршруту, зазвичай виявляються легко, оскільки при цьому повинні збудитися тільки маршрутні замикаючі реле. Причиною того, що не обробилася одна з секцій, як правило, є відмова в роботі рейкового ланцюга (стійкий або такий, що переважається), на що вказує горіння однієї з секцій на табло червоним світлом. Якщо ж секція горить на табло білим світлом, то вірогідною причиною є обрив в ланцюзі збудження маршрутного реле.

У разі, коли після проходу потягу жодна з секцій маршруту не обробилася, найбільш вірогідною причиною є відсутність напруги СМБ через несправність стабілітронного блоку або перегорання запобіжника.

Аналогічним чином можна побудувати дерево для пошуку відмови при відміні невикористаного маршруту. На рис.2.7 приведено орієнтоване дерево для пошуку відмов при штучному розмиканні секції СП.

Дерева для пошуку відмов в маршруті прийому при натисканні першої кнопки (рис 2.1 - рис 2.3) можна об'єднати в загальне дерево з вершиною «стан ламп НЛ та НПЛ». При цьому кожне з дерев рис.2.1 – рис 2.3 стануть складовими частинами остового дерева загального пошуку.

Для постової частини ЕЦ необхідно побудувати орієнтовані дерева для усіх основних типів відмов і за допомогою комп'ютерної техніки забезпечити доступ до них обслуговуючому персоналу [6]. Це дасть змогу навіть при не високій кваліфікації електромеханіків значно скоротити час пошуку відмов в постовій частині ЕЦ. Крім цього, використовуючи властивості орієнтованих дерев є можливість оптимізувати алгоритми пошуку несправностей, наприклад використовуючи методи для бінарних дерев пошуку.

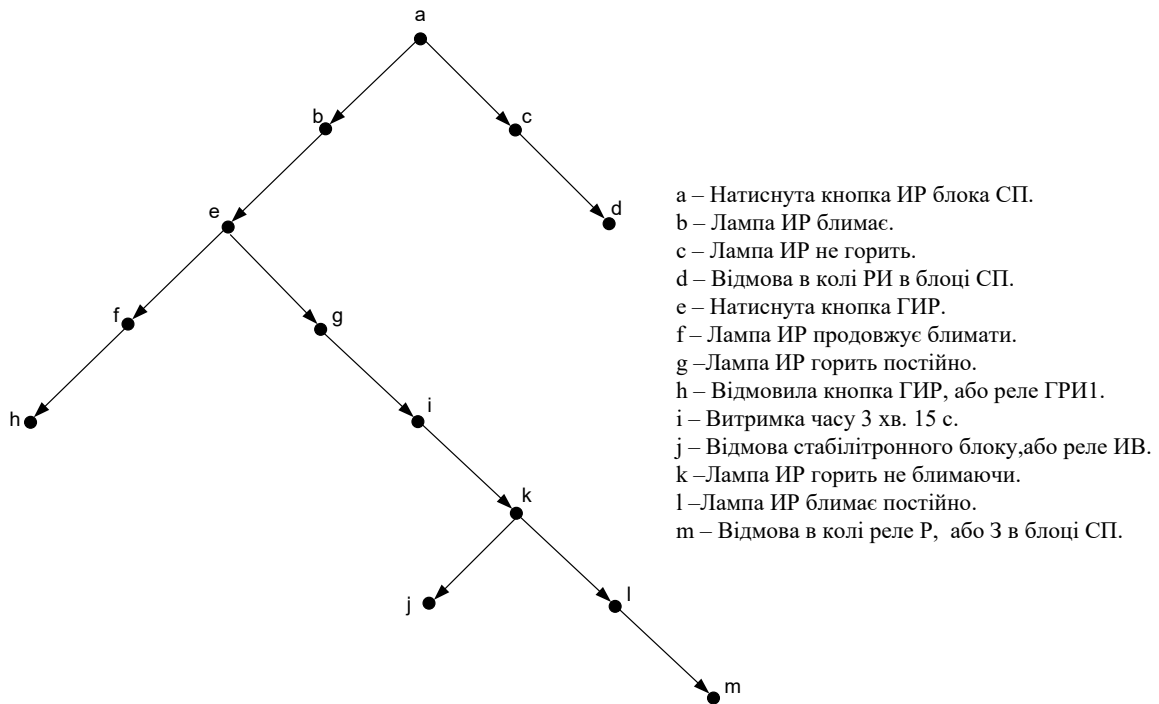


Рис. 2.7. Кореневе орієнтоване дерево пошуку відмови при штучному розмиканні секції СП

Бінарне кореневе дерево, яке назвемо просто бінарним деревом, забезпечує прекрасний метод організації даних, при якому будь-які конкретні дані можна легко знайти або встановити їх відсутність. Очевидно, що самий неефективний спосіб пошуку - послідовний перегляд усіх даних, оскільки якщо необхідні дані відсутні, то для встановлення цього факту треба проглянути увесь список. Бінарне дерево пошуку дозволяє уникнути цього. Єдиною вимогою є введення на даних деякого лінійного порядку. Лінійний порядок може бути на в файлі або деякому іншому ключі, що визначає дані. Але нас цікавитиме тільки наявність деякого лінійного порядку.

## 2.6 Висновки до другого розділу

В даному розділі проведено аналіз існуючих методів пошуку несправностей в постовій частині пристроїв електричної централізації і запропоновано створити орієнтовані графи пошуку несправностей для обслуговуючого персоналу. В результаті роботи було з'ясовано що краще алгоритм пошуку буде відображений не за допомогою графів, а за допомогою орієнтованих дерев. При внесенні всіх дерев пошуку несправностей в постовій частині ЕЦ до комп'ютеру та при наданні обслуговуючому персоналу до нього доступу, навіть електромеханіки з

поверхневими знаннями принципів роботи електричної централізації зможуть виявляти відмови в постовій частині за короткий час. За допомогою бінарного пошуку в орієнтованому дереві є можливість знаходити відмову не в усьому дереві послідовним його виконанням а в якійсь його частині. Застосовувати такий підхід вигідно в тому випадку, коли дерева пошуку несправностей будуть дуже громіздкі (наприклад для виконавчої групи) і пошук при необхідності швидше знайти відмову можна виконувати тільки в тих частинах дерева, де ймовірність відмови найвища. Таким чином виконується комбінація методу пошуку відмови з «середньою точкою» по ймовірності відмови та інформаційний метод пошуку.

## 3 РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ МАЛИХ СТАНЦІЙ

### 3.1 Обґрунтування впровадження системи

Необхідність розробки підсистеми пошуку несправностей в пристроях електричної централізації малих станцій викликана цілим рядом причин. На самперед – це зменшення часу на усунення відмов, що сприяє зниженню простою поїздів під час виникнення відмови. Зменшення часу на усунення відмови досягається за рахунок того, що система проінформує обслуговуючий персонал в якому вузлі виникла відмова, яке відмовило реле, або яке реле не спрацьовує. Що додасть оперативності електромеханіку, або особі, що виконує його обов'язки, в усуненні відмови. Відновлення системи є функція таких випадкових величин, як час пошуку несправності  $t_{\text{п}}$ , час оповіщення про несправність, що з'явилася,  $t_{\text{оп}}$ , час, затрачуваний на про слідування до пристрою, що відмовив,  $t_{\text{пр}}$ , і власне час усунення несправності  $t_{\text{ус}}$  [7]:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{п}} + t_{\text{оп}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{ус}} \quad (3.1)$$

Відзначимо, що при впровадженні системи діагностування час оповіщення незначний. Величина  $t_{\text{оп}}$  визначається часом циклу опитувань контрольованих елементів. У реальній системі діагностування пристроїв автоматики й телемеханіки цей час становить кілька секунд, тому при розрахунках відновлення величиною  $t_{\text{оп}}$  можна зневажити. Тоді формулу відновлення системи можна записати в такий спосіб:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{п}} + T_{\text{пр}} + T_{\text{ус}}; \quad (3.2)$$

де  $T_{\text{п}}$  – математичне очікування часу пошуку несправності;

$T_{\text{пр}}$  – математичне очікування часу, затрачуваного на проходження до несправного об'єкту;

$T_{\text{ус}}$  – математичне очікування часу усунення несправності.

$T_{\text{в}}$  – багато в чому визначає час затримки поїздів і тому явно спостерігається необхідність цей час звести до мінімуму.

Останнім часом тенденції в обслуговуванні пристроїв СЦБ, направленні в бік приведення кількості технічних одиниць на одного електромеханіка до нормативної, що призводить до збільшення меж окологдків. Тобто електромеханік може обслуговувати дві малі станції з пристроями електричної централізації. Цей фактор негативно впливає на швидкість усунення виникаючих відмов. Виконуючи графік технологічного обслуговування на одній із станцій, і отримавши повідомлення про відмову на іншій, електромеханіку необхідний певний час для прибуття на місце відмови. Можлива ще й така ситуація, коли даний електромеханік, що обслуговує станцію проживає не за місцем знаходження станції.

Як правило, у випадку коли один електромеханік обслуговує дві станції, на одній із станцій у його відсутності присутній електромонтер. Отримавши від системи пошуку несправностей інформацію про характер відмови, електромеханік засобами зв'язку може корегувати дії монтера на найшвидше її усунення. Приміром замінити реле, що вийшло з ладу на інше, вилучене з аварійно – відбудовного запасу.

Час пошуку пошкодження, є самим вагомим часом в усуненні пошкодження в цілому, тому що, як вище було зазначено на усунення пошкодження може прийти працівник, який в даний момент на чергуванні, але дану станцію він не обслуговує, отже доки він с орієнтується на місці час спливатиме, адже станція працівнику є незнайома. Так як йому потрібно спочатку знайти потрібний статив, щоб остаточно впевнитись, який із каскадів не дає можливості для приготування маршруту прийому. Потім необхідно взяти монтажну схему, щоб впевнитись з, якими реле відбувається ув'язка. Потім по принциповій схемі знаходиться місце пошкодження. На все це затрачується багато часу. Теж саме відноситься і до працівника, що постійно обслуговує, хоча станція йому знайома, але доки працівник знайде місце пошкодження може сплинути багато часу, за який можна затримати не один потяг. Але ж це все оговорюється для працівників, що давно працюють, а якщо працівник влаштувався недавно, звісно часу на знаходження пошкодження піде ще більше ніж у працівників зі стажем роботи.

Знаходження пошкодження можливо виконувати поетапно: наприклад неможливо завдати маршрут прийому, знаючи що, даний вид маршруту виконується

за допомогою чотирьох каскадів, перевіряємо, який з каскадів не виконується і розпочинаємо його перевірку, де знаходиться обрив кола для спрацювання відповідного каскаду. А саме обрив кола будемо знаходити за допомогою вольтметра. Один кінець вольтметра встановлюємо на М(мінусовий полюс), а іншим послідовно підключаємо до контактів реле, що ввімкненні в коло даного каскаду. Для прискорення пошуку пошкодження спочатку вольтметр підключаємо до середини кола. Таким чином з'ясуємо в якій частині кола маємо пошкодження, подальші виміри проводимо в цій частині.

Встановлення контролю підсистеми пошуку несправностей у змінного інженера дистанції, дозволяє йому більш оперативно організовувати заходи, щодо усунення пошкодження в роботі пристроїв на станції, та інформувати керівництво дистанції.

У випадку відсутності з певних причин електромеханіка, або неможливості його швидкого прибуття на місце відмови, старший електромеханік, або начальник виробничої ділянки на підставі отриманих даних про характер відмови, може скласти певний план, щодо її усунення, визначити необхідні для цього прилади і пристрої, намітити подальші дії.

Основний пріоритет використання підсистеми пошуку несправностей в пристроях електричної централізації можна визначити як: проінформований – значить озброєний.

Незважаючи на деякі додаткові витрати підсистема може стати надійним помічником для працівників господарства сигналізації та зв'язку у пошуку несправностей в станційних пристроях автоматики. На сьогоднішній день є технології, за допомогою яких можливо зменшити час пошуку пошкодження, а саме за допомогою підсистеми контролю постових пристроїв електричної централізації. Реалізувати проектування приведеної підсистеми можливо шляхом контролю стану реле основних струн набірної і виконавчої груп. За допомогою вільних трійників контактів реле кожного із чотирьох каскадів, які під'єднанні до відповідних датчиків, а ті в свою чергу до мікроконтролерів, з допомогою яких отримані дані аналізуються

та виводяться на персональний комп'ютер. Дані аналізується за допомогою програми, складеної по алгоритму роботи підсистеми.

Алгоритм роботи підсистеми пошуку несправностей в пристроях електричної централізації приведений на слайді.

Також всі отримані дані будуть реєструватися та заноситись до відповідної бази даних, що унеможливить приховування реальної обстановки на станції, та дасть можливість контролювати дії працівників, що її обслуговують, а також стан станційних пристроїв електричної централізації.

### **3.2 Структурна схема діагностування пристроїв ЕЦ**

При створенні системи діагностики станційних пристроїв, в першу чергу необхідно перевіряти стан колійних пристроїв. Для підвищення надійності кожену групу об'єктів раціонально перевіряти окремим мікроконтролером, що дасть змогу при виході з ладу одного з них користуватися функціями системи по перевірці інших пристроїв. Кожний з контролерів необхідно резервувати і використовувати одну з безпечних структур підключення (наприклад дублювання з сильними зв'язками). Функціональна схема системи діагностики має структуру приведену на слайді [8].

Персональний комп'ютер, який виконує головну функцію в даній системі зв'язаний шиною даних з мікроконтролерами (МК1-МК8) кожний з яких виконує контроль та діагностування однієї групи об'єктів електричної централізації. Мікроконтролери знаходяться в релейному приміщенні і зв'язані з контрольованими об'єктами або безпосередньо, або через лінію зв'язку. Мікроконтролер МК1 зв'язаний з пристроєм фіксації аналогових сигналів, який представляє собою реєстр-замикач. Який в свою чергу зв'язаний з аналого-цифровим перетворювачем, на якому оцифровується аналоговий сигнал, котрий знімається з виходу мультиплектора. Вибір активного входу котрого, також реалізується мікроконтролером МК1. На входи мультиплектора подається сигнал від пристроїв діагностування кабелів сигналізації, централізації та блокування.

Контролер МК2 реалізує функції аналогічні контролеру МК1 за винятком того, що на входи мультиплектора подаються сигнали від пристроїв діагностування стрілок.

Контролер МК3 виконує такі ж самі функції, але на входи мультиплексора приймає сигнал від колійних реле.

В якості мультиплексора можна використовувати будь який інший пристрій який виконував би функцію комутації багатьох вхідних сигналів на один вихідний. Наприклад, кроковий шукач, компаратор и т.д [9]. Але дані пристрої забезпечують лише переключення вхідних каналів на вихід по заданому циклу, підходить для діагностики кабелів сигналізації, централізації та блокування та колійних реле та не підходять для діагностування стрілок. При діагностиці стрілок необхідно підключати на вхід аналогово-цифрового перетворювача ту стрілку, яка в даний момент переводиться. Для цього потрібно щоб вхідні сигнали від стрілок на вхід аналогово-цифрового перетворювача подавались не по черзі, а по команді мікроконтролера. Такі функції краще виконує мультиплексор.

МК4 зв'язаний за допомогою модему через лінію зв'язку з пристроями контролю напруг на лампах станційних сигналів.

МК5 зв'язаний з пристроєм контролю дискретних сигналів, котрий також є регістром-замикачем. Регістр виконує функції буфера між мікроконтролером та блоком гальванічної розв'язки на вхід якого поступають сигнали від живлячої панелі поста електричної централізації. В якості гальванічної розв'язки можна використовувати звичайну схему на оптопарі так як при контролі дискретних сигналів достатньо інформації двох рівнів, нуля та одиниці. У контролерів МК1, МК2, МК3 немає блоку гальванічної розв'язки так як її реалізує аналого-цифровий перетворювач.

Мікроконтролер МК6 так як і МК5 зв'язаний з пристроєм контролю дискретних сигналів та гальванічною розв'язкою. На вхід гальванічної розв'язки підключені сигнальні реле.

МК7 і МК8 також підключені до пристроїв контролю дискретних сигналів та гальванічних розв'язок. На входи гальванічних розв'язок підключені реле набірної та виконавчої групи відповідно.

Мікроконтролери виконують функції збору та первинної обробки інформації, після чого вона передається на персональний комп'ютер.

Принцип функціонування даної системи наступний. Персональний комп'ютер по черзі приймає інформацію від мікроконтролерів МК1-МК8, аналізує її, порівнює з нормами, створює статистичну базу. Якщо якийсь із параметрів виходить із запланованої нормалі, комп'ютер включить дзвінок і ввімкне застережну сигналізацію на пристрої відображення інформації (дисплеї). Для зручності користування може бути встановлено додатковий пристрій відображення на місці чергування електромеханіків. Додатковий пристрій відображення може бути виконаний як діодний індикатор що сигналізуватиме вихід з ладу об'єкту. Крім цього персональний комп'ютер підключається до системи диспетчерського контролю і передає інформацію через модем по лінії зв'язку диспетчеру служби сигналізації централізації та блокування [9].

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

Для пошуку відмов в релейній апаратурі побудуємо підсистему яка буде виконувати пошук відмов лише в постовій частині ЕЦ, тобто виконувати функції шостого сьомого та восьмого контролерів [10].

### **3.3 Принцип роботи підсистеми контролю постових пристроїв ЕЦ**

Принцип роботи підсистеми пошуку відмов в ЕЦ малої станції полягає в постійному контролю пристроїв електричної централізації. Дана система працює наступним чином: кожне реле відповідного каскаду контролюється датчиками, які в свою чергу підключенні до вільних трійників цих реле, а якщо вільних контактів немає, встановлюють реле повторювачі, за допомогою яких здійснюємо розмноження контактів. У випадку неможливості, або не рентабельності встановлення повторювача (якщо необхідно доповнити лише один контакт), підключення виконаємо до обмотки реле способом вольтметра.

Більш детально роботу підсистеми можна розглянути на прикладі неможливості приготування маршруту, так як один із каскадів не спрацьовує із-за обриву кола живлення реле. Розглянемо випадок наявності пошкодження в набірній

групі для схеми відправлення з першої колії в парному напрямку по вихідному світлофору Ч1 для станції наведеній на слайді.

Припустимо, що при встановленні маршруту не спрацьовує початкове реле Ч1Н, яке ввімкнено по четвертому колу між блочних з'єднань маршрутного набору, побудованого по плану станції, а саме в коло відповідності.

Робота системи контролю аналізує ситуацію з початку завдання маршруту, а не з середини роботи алгоритму маршруту прийому, як робить обслуговуючий персонал, для прискорення пошуку несправності. Дана система має велику швидкість опрацювання отриманих даних, тому аналіз роботи системи контролю розпочинається з початку завдання маршруту прийому, а саме з першого каскаду.

Після натискання черговим по станції кнопки категорії маршруту, кнопок початку і кінця маршруту, відбувається по каскадно встановлення, замикання маршруту, та відкриття вихідного світлофору Ч1. В кожній струні набірної групи є основні реле, які контролюють роботу усіх реле даної струни. В першому колі між блочних з'єднань маршрутного набору – це кнопкові реле, в другому колі – автоматично – кнопкові реле і так далі. Ці реле контролюють правильність положення контактів реле які вмикають їх коло збудження. Контролюючи стан основних реле, підсистема по каскадно (по струно) контролює працездатність пристроїв електричної централізації. Отже, якщо виконуються усі вимоги безпеки, встановлюється маршрут і відкривається світлофор, підсистема фіксує справність роботи пристроїв автоматики.

За умови яку ми розглядаємо, в колі живлення початкового реле Ч1П розрив, в даному випадку підсистема розпочинає аналізувати коло вмикання

початкового реле. А саме стан контактів реле, які ввімкненні в коло реле Ч1Н. Стан деяких контактів був перевірений в попередніх каскадах. Наприклад стан фронтового контакту допоміжного кінцевого реле НПВ перевірявся в першому, другому, і третьому колах між блочних з'єднань маршрутного набору, фронтові контакти замикаючих реле – в третьому колі між блочних з'єднань.

Припустимо, що в колі живлення контакт реле Ч1И створює обрив, тобто натомість фронтового його фактичне положення тилове. Як тільки підсистема

виявляє відхилення в даному каскаді, одразу виводить інформацію на монітор електромеханіка. Таким чином працівник розуміє, що необхідно перевірити коло живлення реле ЧІИ. в коло вмикання реле ЧІИ входять два контакти, по положенню яких швидко можливо визначити характер відмови: або заданий ворожий маршрут, або, як приклад, що доволі часто трапляється, відсутній контакт в штепсельному з'єднанні колодки і реле ЧІИ.

У випадку пошкодження у виконавчій групі для схеми приймання на другу колію по вхідному світлофору Ч, принцип пошуку та фіксації відмови аналогічний вище приведеному.

Взагалі підсистема контролює стан пристроїв при встановленні маршруту від початку (натискання кнопки) до його встановлення (відкриття світлофору).

Так, як система працює постійно, то у випадку коли маршрут не встановлюється система перевіряє нормальний стан основних реле електричної централізації. При відповідному стані реле підсистема фіксує її справний стан. При відхиленнях виводить інформацію на монітор електромеханіка з вказівкою вузла в якому відбувся збій.

Збереження інформації про причину відмови може слугувати у вирішенні спірних питань, у випадках допущення відмов з вини, або не правильних дій працівників суміжних служб. Надасть швидкості у розслідуванні причин відмови, та нажаль виникаючих транспортних подій.

### **3.4 Робота принципової схеми контролю постових пристроїв електричної централізації**

Для реалізації даної підсистеми контролю за станом станційних пристроїв використаємо мікроелектрону базу. Системи управління і контролю на одно кристальних мікроконтролерах в теперішній час використовують практично у всіх видах діяльності людини [11]. Тому майже щоденно виникають все нові області використання даних систем. Останнім часом в зв'язку з бурхливим розвитком електроніки розширилися можливості і самих мікроконтролерів, що дозволяє реалізовувати велику кількість задач, що раніше були недосяжними для реалізації.

Одним з найбільш популярних видів мікроконтролерів є пристрої, що випускає фірма Microchip, відомі за аббревіатурою PIC.

Як було вище зазначено, що кожне реле, а відповідно і його контакти постійно контролюються за допомогою даної системи, а саме наступним чином: до вільних контактів реле підключено схему гальванічної розв'язки для цифрового сигналу. Гальванічна розв'язка зібрана на оптоелектронній схемі, які на принциповій схемі мають умовне позначення DA1.1-DA1.n. Для аналогового сигналу (підключення до обмотки реле) використовуємо роз'єднувальні трансформатори, на принциповій схемі мають позначення TR1 – TR29.

При побудові вимірювальних схем цифрової обробки сигналів для збору та переробки інформації, контролю та управління, необхідно забезпечити гальванічну розв'язку вимірювальних кіл з однієї сторони та кіл персонального комп'ютера, а також кіл цифрової обробки даних з іншої сторони, при цьому вирішуються такі задачі:

- захист кіл комп'ютера від дії електричної напруг та струмів. Це важливо при експлуатації пристроїв в умовах впливу на ЕОМ несанкціонованих електромагнітних впливів, а також можливість виникнення суб'єктивного фактора «людський фактор», що призводить до виведення з ладу обладнання;
- захист обслуговуючого персоналу від враження електричним струмом;
- забезпечення необхідної перешкодозахищеності.

На даний час в зв'язку з розвитком технологій напівпровідникових пристроїв розширюється можливість по використанні оптоелектронних розв'язуючих пристроїв, оптичних вентилів (оптронів). Принцип роботи оптрона виконується наступним чином: світловипромінювальний діод, р-п перехід, якого зміщений в прямому напрямку випромінює світло, котре сприймається фототранзистиром. Таким чином виконується гальванічна розв'язка кіл, пов'язаних зі світлодіодом, з однієї сторони, та фототранзистиром з іншої сторони.

Оптоелектронні розв'язуючі пристрої мають такі переваги:

- можливість здійснення розв'язки в широкому діапазоні напруг, в тому числі до 500В, що являється значенням, прийнятим при реалізації систем вводу даних;
- можливість передачі сигналів на високій частоті;
- малі габаритні розміри.

Для здійснення гальванічної розв'язки в принциповій схемі використовують оптрони типу АОТ 128, котрі складаються із кристалів інфрачервоного AsGaAl світлодіода та кремнієвого р-п-р фототранзистора. Кристали розміщені в одній площині, оптично зв'язані напівсферичним світлодіодом. Така конструкція забезпечує відсутність польових втрат при довготривалому накладанні напруги ізоляції. АОТ128 має такі технічні характеристики:

- постійна мінімальна пряма напруга на вході - 1,6В при струмі 10мА;
- постійна максимальна пряма напруга на вході - 1,6В при струмі 10мА;
- вихідна залишкова напруга - 0,3В при струмі 10мА;
- струм втрат на виході - 10мкА;
- напруга ізоляції - 1500В/м.; Опір ізоляції - 1011ОМ;

Гранично –допустимий режим експлуатації:

- вхідний струм - 40мА;
- максимальний вхідний імпульсний струм - 100мА;
- максимальна напруга комутації - 30В;
- максимальний вихідний постійний струм - 16мА;
- робочий діапазон температур від: –40 до +85 °С.

В даній системі контролюються не тільки цифрові, а і аналогові сигнали, тому схема гальванічної розв'язки має свої конструктивні відмінності від схеми гальванічної для цифрових сигналів.

В принциповій схемі застосовують регістри типу К555ІР22 з умовним позначенням в схемі DD1.1-DD1.n.

Регістр - це лінійка із декількох тригерів, в котрому на різницю від лічильника-дільника відсутні внутрішні заборони зворотні зв'язки. Регістри застосовують для накоплення та здвигу даних.

В електричній схемі елемента серії К555 в заміні багатомірного транзистору використана матриця діодів Шотки. Мікросхеми серії К555 по швидкості дії відповідають серії К155, зате струм споживання мікросхеми знижений у п'ять раз. По економічності дана серія уступає мікросхемам серії К134 (1мВ) лише в 2 рази, але в результаті споживає енергію на перенесення 1 біта інформації в 1,5 рази менше. На теперішній час мікросхеми серії К555 цілком витіснили з апаратури серію К134, та по мірі зростання номенклатури є ефективною заміною для мікросхем самої масової, стандартної серії К155.

Мікросхема К555ІР22-восьми розрядний регістр-защівка відображення даних, вихідні буферні підсилювачі, якого мають третій Z-стан [12]. Схема регістра складається із двох частин. Перша частина - це вісім D- тригерів з входом дозволу паралельного запису PE. Доки напруга на вході PE високого рівня, дані від паралельних входів D-тригерів D0-D7 відображаються на виходах Q0-Q7. Подання на вхід PE напруги низького рівня дозволяє запис в тригери нового восьми бітового байта. Друга вихідна частина керується по виводу дозволу OE. Її вісім буферних ключових підсилювачів відрізняються великою загрузочною здатністю та мають третій Z-стан.

Якщо, згідно таблиці 3.1, на вхід EO подати напругу низького рівня, дані із тригерів регістра перейдуть на виходи Q0-Q7. Ці виходи розімкнуться, якщо на вхід OE подати напругу високого рівня.

Регістр має наступні характеристики:

- струм споживання – 40мА;
- вихідний струм буферного виходу кожного розряду не менше – 30мА;
- час затримки розповсюдження даних від входу до виходу – 32нс;
- час ввімкнення виходів від Z-стану складає: до напруги високого рівня – 20нс, низького – 28нс;
- перехід до Z-стану від напруги високого рівня потрібний інтервал – 45нс, низького – 24нс;
- час затримки розповсюдження даних від входів до виходів 32нс.

Стан регістра K555ИР22.

Режим роботи	Вхід			Вихід тригера Q	Вихід Q0 – Q7
	EO	PE	D <sub>n</sub>		
Дозвіл і зчитування із регістру	Н	В	Н	Н	В
	Н	В	В	В	Н
Фіксація і зчитування із регістру	Н	Н	Н	Н	В
	Н	Н	В	В	Н
Фіксація в регістр	В	Н	Н	Н	В
	В	Н	В	В	Н

Буферний вхід має гістерезис Шмітта  $\pm 400\text{мВ}$ , що підвищує стійкість до завад при перемиканні.

Вихідний струм буферного виходу дозволяє обслуговувати шини з ємкісним характером навантаження (пам'ять МОП, мікропроцесорна система).

Мультиплектори застосовуємо типу K155КП7, які в схемі мають умовне позначення DD2.1-DD2.n.

Мультиплектори – цифрові багатопозиційні перемикачі, по – іншому, комутатори. Принцип роботи у мультиплектора полягає в наступному: наприклад у мультиплектора може бути n- входів та один вихід. Це означає, що на ці n- входи під'єднанні n- джерел цифрових сигналів – генератор послідовних цифрових слів, то байти від будь-якого генератора є можливість передати, в єдиний вихідний провід. Для цього необхідно потрібний нам вхід обрати, подавши на чотири входи селекції двійковий код адреси (тобто обрати номер каналу).

Мікросхема K155КП7 представляє собою селектор – мультиплектор на вісім каналів зі стропуванням [12]. В залежності від установленого на входах А, В, С коду дозволяє прохід сигналу на вихід Y0-Y7 лише від одного з восьми інформаційних входів D0-D7.

Параметри мультиплектора K155КП7:

– номінальна напруга живлення –  $5\text{В} \pm 5\%$  ;

- вихідна напруга низького рівня не більше – 0,4В;
- вихідна напруга високого рівня не більше – 2,4В;
- вхідний струм низького рівня не більше – -1,6мА;
- вхідний струм високого рівня не більше – 0,04мА;
- струм споживання не більше – 48мА.

Для комутації аналогових сигналів в схемі використовуємо КМОП комутатор [12]. Мікросхема К526П2 – КМОП комутатор на вісім каналів комутації цифрових і аналогових сигналів.

Оскільки канал польового транзистора розмикається і замикається при зміні керуючого потенціалу і затвор струму не споживає, польовий ключ може розривати послідовні електричні кола. Такий електронний контакт і коло його навантаження з джерелом керуючого потенціалу гальванічно не пов'язані. На цій властивості побудований принцип як одиночного ключа комутації, так і багатопозиційних напівпровідникових перемикачів, так званих комутаторів.

Комутатори можуть мати безліч входів і один вихід, або бути диференціальними. Диференціальний комутатор посиляє сигнал з обраної пари проводів в вихідну двох провідну лінію. Електронні контакти КМОП двонаправленні, тому сигнал можливо подавати на вихід комутатора, та вибравши адресу, направити його на один з чисельних входів. Комутатори КМОП пропускають як аналогові, так і цифрові сигнали. В останньому варіанті одна і та ж мікросхема може працювати як цифровий мультиплексор, і як демультимплексор.

Комутатори використовують в таких аналогових вузлах: перемикачі - мультиплексори; ключі вибірки сигналів; перебивачі – модулятори, для операційних підсилювачів; комутаційні ключі; модулятори – демодулятори.

Мікросхема К562П2 має вісім входів і один вихід [12]. Живлення мікросхеми відбувається підключенням до контактів 16 і 17 плюса і мінуса джерела живлення відповідно. Еквівалентна схема ключа – однополюсна, тобто тільки на замикання електронного контакту. Для восьми канального варіанту потрібен трьох розрядний код управління (А, Б, С). якщо на вході дозволу Е1 рівень високий, то усі контакти

розімкнуті. Опір включеного каналу при напрузі живлення 5В складає 0,5...2,5кОм. Час затримки розповсюдження не перевищує 30нс.

Мікроконтролер для принципової схеми обрано типу PIC18F4550 з умовним позначенням в схемі DD3.1.

Мікроконтролер є головним елементом принципової схеми, завдяки якому здійснюється контроль усієї системи, він є високоефективним 8 – розрядним КМОП. Даний вид мікроконтролера використовує RISC структуру процесорного ядра, має розширені можливості ядра, стек глибиною в вісім рівнів та безліч внутрішніх і зовнішніх переривань. Гарвардська архітектура з окремими шинами команд та даних дозволяє одночасно передавати 14-розрядні команди та 8- розрядні дані. Двухкомандний конвеєр дозволяє виконувати всі команди за один машинний цикл, окрім команд вітвлення, що виконуються за два цикли. Даний вид мікроконтролера ідеально підходить для аналогового інтерфейса.

Архітектура мікроконтролерів PICmicro являється однією з найбільш розповсюджених архітектур, доступних на сьогоднішній день на світовому ринку електронних компонентів. Можливо відмітити декілька основних переваг у використанні мікроконтролерів PICmicro: незначний час проектування пристроїв; можливість зміни коду програми в стадії випуску моделі; низька вартість зміни програми; можливість збереження калібровочної інформації без доповнення апаратних рішень; малий ризик розробок, так як одна і та ж мікросхема може використовуватись при проектуванні і в готовому пристрої.

Обраний мікроконтролер має FLASH пам'ять програм. Тобто мікроконтролер можна перепрограмувати. Випускається в дешевому пластмасовому корпусі, тому що не потрібно робити вікно для стирання пам'яті. Пам'ять програм мікроконтролера може бути стерта и повторно запрограмована без вилучення із схеми. Пристрій може бути розроблений таким чином, що мікроконтролер програмується після встановлення його на плату. Мікроконтролер має однакові параметри для дослідного зразка, експериментальної партії, та випуску продукції.

Мікроконтролер типу PIC18F4550 має такі характеристики:

– тактова частота від 0 до 48МГц;

- пам'ять даних (RAM) 2,048кбайта;
- пам'ять програм (EEPROM) 0.256кбайт;
- 34 контакти вводу - виводу (I/O);
- температурний діапазон від – 40 до + 85 градусів по Цельсію.

Крім того, має набір різних периферійних пристроїв, таких як, 8- та 16-розрядні таймери, швидкодіючий аналоговий перетворювач з 10- розрядним дозволом та мультиплексивними вхідними каналами. Має 13 аналогових входів (каналів АЦП) та 2 аналогових входи (аналоговий компаратор). До його складу також входять модулі зрівняння накоплення та широтно-імпульсної модуляції (ШИМ), синхронний послідовний порт, який може функціонувати, як трьохпроводний периферійний інтерфейс (SPI). Має наявність вбудованого модуля USB з 64 байтовою двухпортовою буферною пам'яттю, модуль USB підтримує протокол версії 2.0, завдяки цьому є можливість побудови комп'ютерної перефії. Інтерфейс USB PIC18 використовується для організації зв'язку з персональним комп'ютером через usbser/sys, який є драйвером, що входить до операційної системи Windows XP (також досяжний в Windows 98SE s Windows2000). Завдяки використанню даного драйверу, відпадає необхідність в написанні нового драйвера для Windows. Компанія Microchip на своєму вебсайті надає драйвер як для персонального комп'ютера, так і для мікроконтролера.

Напруга живлення  $V_{cc}$  мікроконтролера від 2В до 5,5В. Струм споживання  $I_{cc}$  складає 25мА. Межа температури експлуатації від -40 до +125 °С.

Для підключення головної ЕОМ використовуємо USB роз'єм типу AU-Y1005-R з умовним позначенням в схемі X1. А для підключення порту, який має умовне позначення в схемі X2 з мікроконтролером використовуємо мікросхему MAX 232. Дана мікросхема є перетворювачем сигналів послідовного порту X2 в сигнали, які підходять для використання в схемах на базі ТТЛ або КМОП технологій. Він є прийомо-передатчиком і перетворює сигнали RX, TX, CTS, RTS.

Схема забезпечує рівень вихідного сигналу (приблизно  $\pm 7,5В$ ), перетворюючи вхідну напругу +5В за допомогою внутрішнього зарядового насоса на зовнішніх конденсаторах. З допомогою чого, це спрощує реалізацію в пристроях, які працюють

на напругі від 0 до +5В, так як, немає необхідності змінювати джерело живлення, тільки для того, щоб використовувати порт X2. Вхідна напруга порту X2 може досягати  $\pm 25\text{В}$ , понижується до стандартних 5В використовуваних в

ТТЛ. Входи мають середній поріг 0,3В та середній гістерезис 0,5В. Коли мікросхема на вхід отримує логічний «0» від ТТЛ, вона перетворює її в напругу від +3В до +15В, а коли отримує логічну «1» перетворює її в напругу від -3В до -15В, і так само схема виконує перетворення від порту X2 до ТТЛ.

Принципова схема всієї системи працює наступним чином: як тільки відбувається зміна стану контакту з тилового на фронтний, створюється коло для роботи світлодіода оптрона, коли він випромінює світло фототранзистор насичається і таким чином на виході оптрона в шину даних передається логічна «1». По шині даних він потрапляє на відповідний регістр, який реєструє отримані дані. Як тільки мультиплексер перемикається на відповідний регістр з його вихідних виводів інформація про зміну стану контакту потрапляє по шині даних на вхідні виводи мікроконтролера, який реєструє отриману інформацію з подальшим її опрацюванням та виведенням на монітор електромеханіка. Взагалі система працює постійно, тобто опитування стану контактів відбувається постійно, з певним інтервалом, який задається програмуванням самого мікроконтролера, а саме наступним чином: опитування кожного регістра виконується по чергово, тобто мікроконтролер на свої адресні виводи подає кодову командну комбінацію, які по шині даних поступають на вхід мультиплексора. Отримавши дану кодову комбінацію мультиплексор перемикається на потрібний регістр, з якого потрібно зчитати інформацію. Як тільки необхідний регістр підключено відразу відбувається передача даних з виводів регістра Q0-Q7 на вхідні виводи мікроконтролера D0-D7.

### **3.5. Висновки до третього розділу**

Побудова дерев пошуку які розглядалися в другому розділі роботи значно підвищить швидкість пошуку відмов обслуговуючим персоналом. В даному розділі виконали побудову системи автоматичного пошуку відмов яка для малих станцій дозволить вказати відмову без участі електромеханіка,

При побудові підсистеми контролю стану ЕЦ малих станцій враховувались особливості технічного обслуговування таких об'єктів та необхідність в локалізації місця пошкодження в найкоротший термін. В розділі розроблена структурна схема підсистеми діагностування, наведена принципова схема реалізації даної підсистеми та приведено алгоритм функціонування такої системи при пошуку відмов.

## **4 РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ВЕЛИКИХ СТАНЦІЙ (БМРЦ)**

### **4.1 Підсистема контролю стану постової апаратури в системі БМРЦ для прискорення пошуку відмови шляхом локалізації місця пошкодження**

На залізницях України найбільш поширеною для великих станцій є система блочної маршрутно-релейної централізації (БМРЦ). Система БМРЦ має низку недоліків, такі як застаріла елементна база, велике споживання енергії, великі габарити постових пристроїв і т.д. Також більшість постів електричної централізації експлуатуються вже досить тривалий час (30 років і більше) що збільшує кількість відмов постових пристроїв системи за рахунок фізичного старіння.

Пошук відмов на посту електричної централізації процес складний ніж в колійних пристроях і потребує більш глибоких знань роботи системи від обслуговуючого персоналу. Крім цього, обслуговуючий персонал може знаходитись за межами поста електричної централізації, так як за спеціалістом може бути закріплено декілька станцій, і час усунення відмови збільшується за рахунок інтервалу часу, необхідного для прибуття на пост кваліфікованого спеціаліста, який зможе знайти місце пошкодження.

У найближчий час масової заміни систем на більш сучасну елементну базу не планується, тому для більш ефективного їх використання та скорочення часу на пошук несправностей актуально використовувати додаткові системи контролю працездатності постової апаратури.

Система БМРЦ у своєму складі має 4 кола між блочних з'єднань набірної, та 8 кіл виконавчої груп. Кожне з них будується згідно колійного розвитку станції та таблиці маршрутів. Підсистема контролю дозволить звунити коло пошуку несправностей, за рахунок перевірки правильності спрацювання кожного з кіл між блочних з'єднань по розробленому алгоритму. При виявленні, в якому колі не відбулося замикання, далі перевіряється які контакти реле в колі на цей час повинні бути замкнені та розімкнені і чи так це насправді. В системах електричної централізації не блочного типу, для визначення стану контактів системою

контролюється замикання та розмикання вільних контактних груп відповідних реле та їх повторювачів.

Однак при створенні такої системи контролю для системи БМРЦ виникає значна проблема: в системі БМРЦ усі реле знаходяться в зачинених блоках та контролювати їх безпосередньо неможливо. Єдиною можливістю зчитування інформації є під'єднання до штепсельних розеток монтажу.

При локалізації місця відмови до апаратури одного блоку, заміну елементу може виконати будь який працівник дистанції сигналізації та зв'язку який знаходиться на посту в даний час і таким чином значно скоротиться час існування відмови. Якщо обслуговуючий персонал на посту відсутній, та все рівно скорочується час пошуку відмови, так як при прибутті електромеханіка, система вказує вже визначене місце пошкодження.

За рахунок складності під'єднання та неможливості безпосереднього отримання інформації про стан того чи іншого елементу системи планується під'єднання до штепсельних розеток монтажу. Таким чином отримуємо можливість перевірити чи вірно замкнені відповідні контакти, що мають бути замкнені у даній ситуації, у кожному з блоків набірної та виконавчої груп.

Такий метод перевірки працездатності блоків дозволить скоротити час пошуку несправності, та звести цей пошук лише до перевірки трьох – чотирьох блоків у маршруті. Тобто час на пошук несправності скорочується майже в три рази.

#### **4.2 Розробка алгоритму пошуку несправностей в системі БМРЦ**

Будь-яка задача діагнозу вирішується за допомогою реалізації відповідної процедури, в основі якої лежить алгоритм діагностування, який являє собою сукупність приписів у вигляді послідовності перевірок і правил їх обробки результатів для отримання загального результату діагностування. Розрізняють алгоритми перевірки справності, працездатності і пошуку несправності. В нашому випадку побудуємо алгоритм останнього типу.

Перевірка кіл у блоках ведеться за допомогою цифрового вольтметра. Так, якщо блоці усі контакти реле і самі реле знаходяться у правильному положенні, то на приладі

перевірки падіння напруги не буде. В разі невірному положення контактів, їх не замикання, на приладі перевірки буде падіння напруги плюсу живлення відносно мінусу.

У такий спосіб можливо виявити однократну помилку в схемі та визначити несправний блок, або групу блоків, якщо перевірка велась у не основному маршруті.

Двократні помилки малоймовірні, але їх пошук теж можливий. Якщо в одному з ланцюгів сталося двократна помилка, наприклад у двох блоках не спрацювало по одному реле, то на приладі перевірки отримаємо лише половину з очікуемого падіння напруги. Таким чином робиться висновок, що є ще одна несправність і пошук продовжується. Коли буде виявлено ще один блок, на якому є половина від очікуемого падіння напруги, система обробить отримані дані та виведе на панель індикації найменування блоків, у яких найбільш вірогідно знаходиться несправність.

Це дозволяє обслуговуючому персоналу одразу перейти до пошуку несправності в конкретних блоках, та значно скорочує час на пошук та усунення несправності.

У разі виявлення однократної помилки у схемі на панель індикації виводиться найменування несправного блоку, що дає можливість його заміни на справний любим працівником дистанції сигналізації та зв'язку, при його присутності на посту електричної централізації, та відновлення нормальної роботи станції без очікування прибуття кваліфікованого спеціаліста.

Зразок алгоритму пошуку несправності у обраному маршруті наведено на слайді. Розглянемо роботу системи діагностування при однократній помилці при несправності реле ПУ у блоці НСС стрілки 7/9, у маршруті прийому на третю колію від світлофора Н.

Маршрут задається послідовним натисканням кнопок світлофора Н та ЧЗ. У процесі завдання маршруту струни КН і АКН спрацювали без відмов.

Струна між блочних з'єднань ПУ, МУ, замикається при наявності проміжних маневрових світлофорів, від початку до маневрового світлофору, та від світлофору до кінця маршруту, як у нашому випадку. Так як дана струна складається з двох частин, то її перевірка працездатності відбувається двічі. Так у другій її частині

отримали мінімальне падіння напруги, ця частина вважається працездатною. У першій же частині маємо падіння напруги, тому робимо висновок, що несправність сталося у першій частині.

Таким чином обслуговуючий персонал має інформацію про характер несправності та її ймовірне знаходження.

Пошук несправності скорочується до перевірки трьох блоків.

### **4.3 Використання орієнтованого графу для пошуку відмов в постовій частині БМРЦ**

Найбільш поширеними формами представлення алгоритмів діагностування є таблиці і деревовидні графи. Безумовні алгоритми з безумовною зупинкою представляються у вигляді таблиць, в якості яких, наприклад, виступають словники несправностей. В цьому випадку пошук несправного елемента вимагає виконання всієї безлічі перевірок, включених в тест, з фіксацією їх результатів. На основі аналізу повної сукупності цих результатів робиться висновок про місце несправності. В нашому випадку алгоритм з умовною зупинкою, тому його зручно розглядати як орієнтований граф. В загальному випадку алгоритм пошуку відмови в набірній групі приводимо як орієнтований граф [6]. Наводити алгоритм як орієнтоване дерево немає змоги, так як в ньому є цикли і петлі (рис.4.1).

Якщо всі алгоритми пошуку будуть представлені у вигляді орієнтованих графів, то використовуючи властивості графів, можна для різних типів перевірок визначити ізоморфні та гомеоморфні графи, знайти зв'язані графи та місця перетинів графів, визначити розрізаючі множини та ребра, знайти підграфи які повторюються в різних типах графів. Це дасть змогу по спільним частинам перевірок значно скоротити об'єм апаратури, необхідної для фіксації стану об'єктів. Крім цього можна виконати алгоритми пошуку найкоротшого шляху графу.

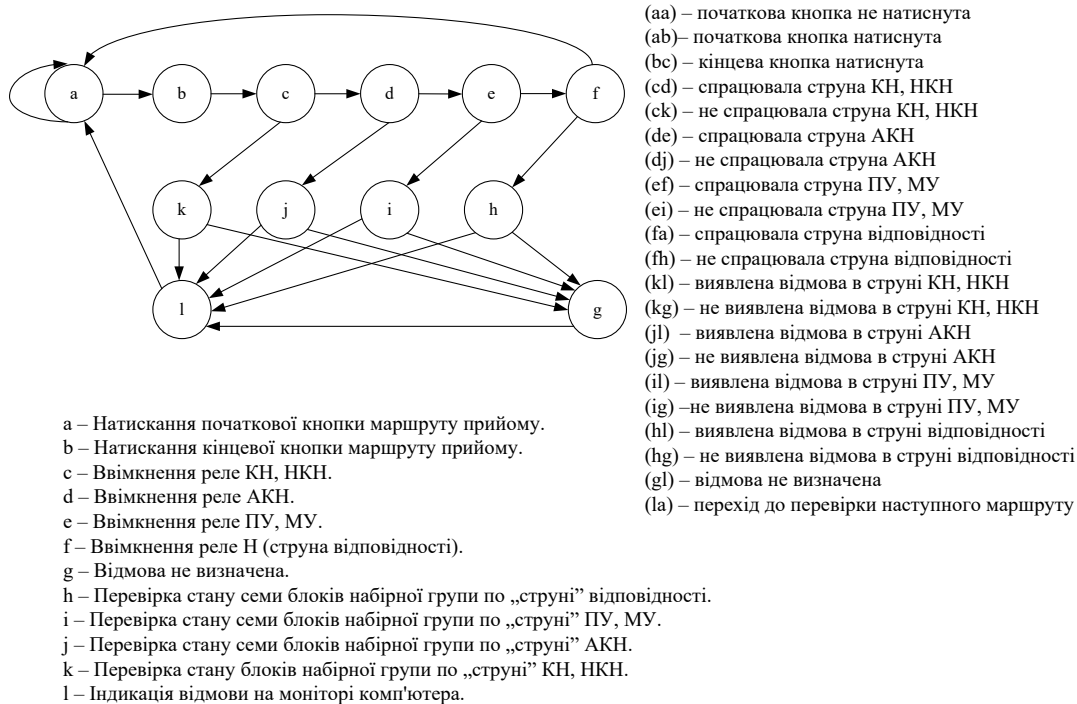


Рис. 4.1 Орієнтований граф пошуку відмови при маршруті прийому на станцію

При розгляді графів нас цікавили вершини і ребра, по яких можна переміщатися. Тепер нас цікавить не лише переміщення з точки А в точку В, але і те, як це зробити найкращим способом. Це може бути найдешевший шлях, найбезпечніший шлях, найкоротший шлях або той, який вимагає мінімум енергії, або шлях, вибраний відповідно до якогось іншого критерію. В нашому випадку це шлях який дасть найбільш точний результат виходячи з наявності датчиків контролю.

#### 4.4 Структурна схема системи діагностування системи БМРЦ

Структурна схема складається з:

- Мультиплексорів, що призначенні для почерговому підключенні блоків набірної групи до компараторів;
- Компараторів, які при присутності падіння напруги, та перевищенні його над опорною напругою, виводить на свій вихід логічну одиницю. Це дозволяє перейти від аналогової напруги до цифрової;
- Мікроконтролерів, що призначенні для зчитування інформації з компараторів, формування шини адреси для кожного з мультиплексорів, а також передачі інформації, для подальшої її обробки, на персональний комп'ютер;

- Персонального комп'ютера, що призначений для обробки отриманої інформації від мікроконтролерів, а також відправлення результатів обробки на пристрій відображення та диспетчеру;

- Пристрою відображення, що призначений для відображення інформації про несправність у зручному вигляді для обслуговуючого персоналу.

#### *Опис роботи схеми.*

У початковий момент часу сама система діагностування вимкнена. Зчитування інформації ведеться лише з датчиків Холла по заданому маршруту. Це дозволяє безконтактним способом отримати інформацію про стан системи автоматики та не вплинути на її роботу. При виявленні несправності на одному з датчиків отримаємо напругу, яка пройде крізь мультиплексом, компаратор, а вже на виході компаратора отримаємо логічну одиницю. Мікроконтролер, обробивши отриману інформацію, передасть її на персональний комп'ютер, який, в свою чергу запустить систему діагностування по заданому алгоритму пошуку несправності.

Для нашому випадку датчики Холла не виявили несправність у струнах КН та АКН. А при перевірці справності струни ПУ, МУ було виявлено, що струна несправна. Таким чином отримана інформація дозволяє почати перевірку лише тієї струни, що несправна, не перевіряючи працездатність інших струн.

Третя струна між блочних з'єднань замикається від початку до найближчого маневрового світлофору по маршруту, та від маневрового світлофору до кінця маршруту. Тобто складається з двох половин.

У другій частині напруга присутня, тому ця частина вважається працездатною. У першій же частині датчиком Холла напруга виявлена не була, тому діагностування ведеться лише несправної частини, це дозволяє ще більш скоротити час пошуку несправності, за рахунок більш детальної локалізації області пошуку.

Персональний комп'ютер, обробивши отриманні данні, запускає систему пошуку несправності. Починається зчитування напруги з блоків БМРЦ. Вони почергово підключаються за допомогою мультиплексора до компаратора, який порівнює напругу з опорною. При справності електричного ланцюгу у блоці, на виході компаратора отримаємо логічну одиницю, при несправності – логічний нуль.

У нашому випадку несправність сталась у третьому блоці. Таким чином при перевірці першого блоку була отримана логічна одиниця, при перевірці другого також, при перевірці третього, був отримали логічний нуль. Отже система діагностування робить висновок про несправність саме цього блоку. Далі ця інформація попадає на персональний комп'ютер, де оброблюється та передається на пристрій відображення, де обслуговуючий персонал має змогу її отримати у зручному вигляді та швидко відреагувати, а також відправляється диспетчеру, де реєструється.

Принципова схема системи діагностування складається з мікроконтролерів K1816BE51, компараторів K544CA2, мультиплексорів K155КП1 та датчиків Холла і приведена на слайдах.

#### **4.5 Використання в якості джерел первинної інформації датчиків Хола**

Цей датчик представляє собою датчик присутності напруги. Живиться від напруги +5В, що значно спрощує схему його монтажу [13].

Інтегральні датчики магнітного поля у своїй більшості використовують ефект Холу, відкритий американським фізиком Едвіном Холлом (E. Hall) в 1879 р. Ефект Холу полягає в наступному. Якщо провідник із струмом поміщений в магнітне поле, то виникає е.р.с., спрямована перпендикулярно і струму, і полю. Ефект Холу ілюструється на слайді. По тонкій пластині напівпровідникового матеріалу протікає струм  $I$ . За наявності магнітного поля на носії заряду(електрони), що рухаються, діє сила Лоренца. Ця сила викривляє траєкторію руху електронів, що призводить до перерозподілу об'ємних зарядів в напівпровідниковій пластині. Внаслідок цього на краях пластини, паралельних напрямку протікання струму, виникає е.р.с., так звана е.р.с. Хола [14]. Ця е.р.с. пропорційна векторному добутоку індукції  $B$  на щільність струму  $j$  :

$$E_H = \frac{d}{q_n} [B \times j] \quad (4.1)$$

де  $d$  - ширина пластини,  $q$  - заряд частки-носія,  $n$  - концентрація носіїв. При зниженні концентрації носії в е.р.с. Холу зростає, тому в якості матеріалу для датчиків Холу переважне використання таких напівпровідників, як кремній, арсенід

галію та ін. Для прямокутної пластини з однорідними струмом і магнітним полем, спрямованими, як показано на слайді, ця е.р.с . рівна

$$E_H = k_H V_H B \quad (4.2)$$

де  $k_H$  - постійна Холу,  $V_H$  - напруга, що створюється на токопідводячих виводах датчика Холу. Для кремнію  $k_H$  складає величину по рядка 70 мВ/ (В·Тл), тому, як правило, е.р.с . датчика Холу вимагається посилювати. Кремній має тензорезистивним ефект, що полягає в зміні опору при механічній напрузі. Бажано зменшити цей вплив в датчику Холу. Це досягається відповідною орієнтацією елемента Холу на інтегральній схемі і використанням декількох елементів на кристалі. На слайді показані два елементи Холу, розташовані поруч на кристалі ИМС. Вони позиціонуються так, що випробовують практично однакову механічну напругу, що викликає зміну  $R$ . До елемента, який на малюнку зображений ліворуч, прикладена напруга збудження  $V_H$ , спрямована по вертикальній осі, а до зображеного справа - по горизонтальній. При складанні сигналів цих двох датчиків помилка, викликана деформацією кристала, компенсується.

Датчики Хола є основою багатьох типів датчиків, таких як датчики лінійного або кутового переміщення, датчики магнітного поля, датчики струму, датчики витрати та ін. [14]. Зручність безконтактного спрацьовування (повна відсутність механічного зносу), низька вартість, простота використання роблять їх незамінними в приладобудуванні, автомобільною, авіаційною і інших галузях промисловості. Інтегральні датчики Холу роблять такі фірми, як Honeywell, Melexis, Allegro Microsystems, Micronas Intermetall, Siemens, Analog Devices та ін. Перша група інтегральних датчиків Холу - це лінійні пристрої, що застосовуються у вимірниках напруженості магнітного поля. Як правило, ці пристрої містять схеми посилення сигналу датчика. Необхідна попередня обробка сигналу зазвичай полягає в посиленні і температурній компенсації. Може знадобитися також стабілізація живлячої напруги. За відсутності магнітного поля вихідна напруга датчика має дорівнювати нулю, тому потрібно диференціальний підсилювач (зображення на слайді). Сучасні технології дозволяють ввести до складу ИМС датчиків магнітного поля складні цифрові системи обробки інформації. Прикладом такої ИМС може

служити HAL805 фірми Micronas Intermetall, що утримує на кристалі в трьохвивідному корпусі ТО92 АЦП, ЦАП, ЦПС і енергонезалежну пам'ять.

Така структура дозволяє програмувати чутливість і зміщення датчика, здійснювати фільтрацію перешкод і механічних завад. Друга група включає мікросхеми компараторного типу з логічними рівнями напруги на виході. Ця група численніша в силу більшого числа можливих застосувань. Мікросхеми з логічним виходом(зображення на слайді) діляться на дві підгрупи: перемикачі і тригери. Уніполярний перемикач спрацьовує тільки за наявності магнітного поля однієї полярності і гарантує вимкнений стан у відсутність магнітного поля; магнітне поле протилежної полярності не робить на нього ніякого впливу(зображення на слайді). Біполярний тригер, навпаки, реагує на обидві полярності: включається при наближенні північного або південного полюсів магніту і вимикається тільки у тому випадку, якщо поле з протилежним знаком досягне певного рівня. Термін "біполярний перемикач" зазвичай застосовується до тригерів, що реагують на пропажу поля. Такі перемикачі переходять у включений стан за наявності магнітного поля, а вимикаються при зниженні рівня тієї ж полярності, відсутності поля, або у присутності поля з протилежним знаком(зображення на слайді). Наявність ступеня гістерезису, який є різницею між величинами магнітного поля в точках включення і виключення, підвищує завадозахищеність пристрою. Логічний двохвивідний датчик Холу HAL556 робить фірма Micronas Intermetall. Ця мікросхема(зображення на слайді) споживає великий струм при наближенні позитивного полюса магніту до маркірованої сторони корпусу і малий струм при видаленні. HAL556 реалізує зворотні функції. Мікросхеми мають вбудовану систему, що збільшує напругу, прикладену безпосередньо до кристала датчика Холу, з тим щоб зробити можливим застосування недорогих постійних магнітів, що мають порівняно малу коерцитивну силу.

Датчики Холу випускаються багатьма компаніями у світі, наприклад, компанією Honeywell. Мною для розробки підсистеми був обраний датчик ДХК-0.5А. Датчик Холу ДХК-0.5А призначений для виміру величини магнітної індукції на основі перетворення магнітної індукції у вихідну напругу [14]. Датчик виконаний

на основі планарної топологічної структури, сформованої на поверхні кремнієвого кристала. Основні технічні характеристики:

-Номинальний струм, що управляє, - 3 мА;

-Напруга Холу при магнітній індукції 0.25 Т і номінальному струмі, що управляє, - 70 мВ(чутливість  $K = 280$  мВ/Т);

-Залишкова напруга при номінальному керівнику струмі -не більше 7 мВ(значення цього параметра залежить від умов постачання);

-Вхідний опір - 1.8 ... 3 кОм(опір між виведеннями  $I_x$ );

-Вихідний опір - не більше 3 кОм (опір між виведеннями  $U_x$ );

-Маса - не більше 2.5 г.

-  $I_x$  і  $I_x$  – виведення для підключення джерела струму (струмові виведення), що управляє;

-  $U_x$  і  $U_x$  - виведення вихідного сигналу(холовські виходи);

опір між струмовими виведеннями менший, ніж між холловськими.

-Вихідна напруга в мВ:

$$U_x - (-U_x) = K * (I_x / 3) * B$$

де

$I_x$  – значення управляючого струму, в Ма

$K$  - чутливість в мВ/Т(близько 280 мВ/Т)

$B$  - величина магнітної індукції в Т.

Датчик ДХК-0.5А являється знаочутливим як по відношенню до напрямку магнітної індукції, так і по відношенню до полярності управляючого струму.

Використання датчиків Холла дає низку переваг:

- Можливість проводити постійні виміри;

- Безконтактний спосіб виміру, а це значить, що датчик не впливає на роботу вимірюваної системи;

- Забезпечення високої ізоляції вимірюючої системи від вимірюваної;

- Висока точність виміру;

- Малі габарити та вага;

- Простота монтажу та обслуговування;

- Мала вартість та висока надійність.

#### **4.6 Робота принципової схеми при виявленні відмови**

Датчик Холла дозволяє безконтактно перевірити наявність напруги у ланцюгах між блочних з'єднань БМРЦ – це означає, що при попередньому діагностуванні системи за допомогою датчиків виявляється лише струна, що несправна. Так як виявлення проходить безконтактно – то це ні як не може вплинути на роботу схеми. При наявності напруги у лінії датчик на своєму сигнальному виході має рівень напруги, що відповідає логічній одиниці, при відсутності напруги – логічного нуля.

При виявленні, за допомогою датчиків, несправної струни, вмикається алгоритм пошуку несправності. Виходячи з того, що системі діагностування вже відомо в якій саме струні сталося несправність, то починається перевірка саме тих блоків, що входять до даної струни та даного маршруту. Це значно скорочує час на пошук несправності.

Програмно комутуються виходи з блоків відповідної струни між блочних з'єднань, в прямому та зворотному напрямках, це дозволяє не зважати на зміну полюсів живлення в системі БМРЦ при різному типі маршрутних завдань.

Скомутована напруга проходить крізь мультиплексом, огранічується за рівнем за допомогою подільника напруги, та опиняється на вході компаратора. В компараторі проходить порівняння вхідної напруги з опорною. В разі, якщо вхідна напруга перевищує або дорівнює опорній на виході компаратора формується логічна одиниця [15]. Якщо ж напруга не перевищує опорну – формується логічний нуль. Таким чином з'являється можливість перейти від аналогових величин до цифрових без використання додаткових пристроїв перетворення.

З компаратора інформація потрапляє на мікроконтроллер, який в свою чергу формує повідомлення для персонального комп'ютера о результатах діагностування.

На персональному комп'ютері проводиться аналіз отриманої інформації, вивід індикації для обслуговуючого персоналу в зручному вигляді для сприйняття, а також формування та відправка повідомлення диспетчеру про характер, місце та час пошуку несправності. Це дає змогу диспетчеру, при відсутності обслуговуючого

персоналу на станції вчасно відреагувати та організувати роботи по відновленню працездатності системи електричної централізації.

В заданому маршруті ланцюги між блочних з'єднань КН та АКН спрацювали без відмов. Однак при встановленні маршруту сталося несправність. За допомогою зчитування з датчиків Холла інформації було встановлено, що несправність знаходиться у струні між блочних з'єднань ПУ, МУ. У першій з її двох частин було виявлено відсутність напруги. Таким чином кількість блоків, що повинні детально діагностуватись зводиться до 3 – 4х. Після потрапляння до персонального комп'ютеру відповідної інформації запускається алгоритм пошуку несправності. Завдяки отриманим даним від датчиків, формується шина адреси лише для відповідного мультиплексуру. Починається опитування блоків та визначення несправного.

При комутації входу РМ0 на вихід мультиплексуру, за допомогою компаратору отримаємо логічну одиницю, це дозволяє зробити висновок о його працездатності. Опитування продовжується.

Комутація входу РМ1 на вихід мультиплексура, та подальші аналогічні дії теж дають інформацію о працездатності наступного блоку у маршруті.

При комутації входу РМ2 на вихід мультиплексуру, та проходження напруги до компаратору дають логічний нуль на виході компаратора. Ця інформація потрапляє на персональний комп'ютер, де оброблюється та аналізується програмно. Робиться висновок о непрацездатності конкретного блоку по заданому маршруту. Виводиться індикація для обслуговуючого персоналу та відправляється повідомлення диспетчеру.

#### **4.7 Висновки до четвертого розділу**

Для системи БМРЦ використання запропонованого методу перевірки працездатності блоків дозволяє скоротити час пошуку несправності, та звести пошук несправного блоку лише до перевірки трьох – чотирьох блоків у маршруті. Таким чином завдяки системі діагностування обслуговуючий персонал має достатньо швидко знайти та замінити непрацездатний блок. Час на відновлення працездатності електричної централізації скорочується в декілька разів [16]. В розділі розроблена

структура підсистеми діагностування, принципова схема та алгоритм її роботи при пошуку відмови в набірній групі БМРЦ. Розроблений також алгоритм роботи системи у вигляді орієнтованого графу. Представлення алгоритмів пошуку відмов у вигляді орієнтованих графів дозволить використовуючи властивості графів, для різних типів перевірок визначити ізоморфні та гомеоморфні графи, знайти зв'язані графи та місця перетинів графів, визначити розрізаючі множини та ребра, знайти підграфи які повторюються в різних типах графів. Це дасть змогу по спільним частинам перевірок значно скоротити об'єм датчиків, необхідних для фіксації стану об'єктів. Крім цього можна виконати алгоритми пошуку найкоротшого шляху графу.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Впровадження підсистеми діагностування дає можливість покращити якість обслуговування релейної апаратури в системі ЕЦ, зменшити час на усунення відмов, та зменшити час затримки руху поїздів, як на малих станціях так і на станціях обладнаних системою БМРЦ.

В цілому при виконанні даної магістерської роботи вирішені наступні задачі:

1. Проведено аналіз можливостей існуючих систем контролю та діагностування по виявленню відмов в постовій частині електричної централізації, на базі якого прийняте рішення про розробку підсистем контролю та діагностування стану постової апаратури системи ЕЦ малих станцій та системи БМРЦ;
2. Створена побудова діаграм пошуку відмов обслуговуючим персоналом в постовій частині електричної централізації у вигляді дерев для ряду відмов які часто зустрічаються при експлуатації систем ЕЦ;
3. Розроблена автоматична підсистема пошуку несправностей в постовій апаратурі ЕЦ малих станцій, створена її структурна схема, принципова реалізація на мікропроцесорній елементній базі та наведено алгоритм її роботи при пошуку відмов;
4. . Створена автоматична підсистеми пошуку несправностей в постовій апаратурі БМРЦ та виконано представлення її роботи у вигляді орієнтованого графу. Наведені перспективи використання орієнтованих графів в системах пошуку відмов для електричної централізації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Правила технічної експлуатації залізниць України. Міністерство транспорту України. Київ – 1995. – С 34 – 35.
2. «Станционные системы автоматики и телемеханики»: Учеб. Для вузов ж.-д. трнсп. / Вл. В. Сапожников, Б. Н. Елкин, И. М. Кокурин и др.; Под ред. Вл. В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 2000. 432 с.
3. «Электрическая централизация стрелок и сигналов». Казаков А. А., изд-во «Транспорт», 1974, стр. 1-392.
4. Данько М.І. та ін. Мікропроцесорна диспетчерська централізація «КАСКАД» /М.І. Данько, В.І. Мойсеєнко, В.З. Рахматов, В.І. Троценко, М.М. Чепцов: Навч. посібник. – Харків, 2005. – 176 с.
5. Перникис Б. Д., Ягудин Р. Ш. Предупреждение и устранение неисправностей в устройствах СЦБ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.:Транспорт, 1994. – 254 .
6. Андерсен, Джеймс А. Дискретная математика и комбинаторика.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 960 с.
7. «Основы технической диагностики»: В 2-х кн./ Под ред. П. П. Пархоменко. – М.: Энергия, 1968 – 224 с.
8. Мозгалеvский А. В. Техническая диагностика: Непрерывные объекты [Уч. пособие для втузов] / А. В. Мозгалеvский, Д. В. Гаскаров – М.: Высшая школа, 1975 – 207 с.)
9. Богомоллов А. М., Твердохлебов В. А. «Диагностика сложных систем». К.: Наукова думка, 1974 – 128 с.
10. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) ЦШ-0060.
11. Правила безпечної експлуатації пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізницях України, затверджені наказом від 17.11.2003 № 288-Ц (ЦШ-0030).
12. В.Л. Шило. Популярные цифровые микросхемы. Справочник. Москва «Радио и связь», 1989, - 352с.

13. «Технические средства диагностирования»: Справочник [В. В. Клюев и др.] Под общ. ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1989 – 671 с. (681.5 (035) Т38)
14. Практична електроніка. Датчик Холла. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ruselectronic.com/datchik-kholla/> дата звернення 08.12.2020). — Назва з екрана.
15. Бортник Г.Г., Кичак В.М. Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах: підручник – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 232с.
16. 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.