

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра _____ Електрорухомий склад залізниць _____
(повна назва)

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

Гетьман Г.К. _____
(підпис) (ПІБ)

20 20_р. _____ грудень « _____ »

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань _____ 14 Електрична інженерія _____
(шифр) (назва)

Спеціальність _____ 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____
(код) (повна назва)

Спеціалізація _____ Електричний транспорт _____
(повна назва)

Тема _____

Проект бортового пристрою для пошуку несправностей
в низьковольтних колах електровозів серії ВЛ80С

Theme _____ The vehicle unit project on the malfunction search
of the low voltage circuit VL80s electric locomotives

Керівник дипломної роботи _____ ст. викладач _____ Голік С. М. _____
(посада) (підпис) (ПІБ)

Нормоконтролер _____ ст. викладач _____ Голік С. М. _____
(посада) (підпис) (ПІБ)

Студент групи _____ ЕТ1926 _____ Скобовят С.А. _____
(група) (підпис) (ПІБ)

Student _____ Skoboviat Serhii _____
(Family name)

Дніпро

2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна
Факультет «Управління енергетичними процесами»
Кафедра «Електрорухомий склад залізниць»
Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

_____ Г.К.Гетьман

"____" _____ грудня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

до магістерської роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Студента групи ET1926 _____ Скобовята Сергія Анатолійовича
(П. І. Б.)

1 Тема магістерської роботи: _____

***Проект бортового пристрою для пошуку несправностей
в низьковольтних колах електровозів серії ВЛ80^С***

затверджена наказом по університету № _____ від «08» червня 2020 р.

2 Термін подання студентом закінченої роботи: «13» грудня 2020 р.

3 Вихідні дані до магістерської роботи: _____

1) *технічний опис електровоза ВЛ80^С;*

2) *електричні схеми кіл керування електровоза ВЛ80^С.*

4 Розділи магістерської роботи та терміни виконання.

Назва розділу магістерської роботи	Термін виконання	Обсяг розділу, %	Кількість ілюстрацій	Рекомендована літ-ра
Вступ	09.06–14.06	5		
1 Аналіз діагностичних пристроїв				
серійних електровозів	15.06–20.09	20	1	2,4–5
2 Аналіз методів визначення відмов в				
електричних колах управління	21.09–04.10	10	1	4–5
3 Розробка граф-моделей основних вузлів				
кіл управління та вибір контрольних точок	05.10–15.11	30	4	1–3
4 Розробка конструкції діагностичного пристрою	16–29.11	20	2	1–2
Висновок	30.11–06.12	5		
Оформлення	07.12–13.12	10		

5 Рекомендована література

1 Электровоз ВЛ80^С. Руководство по эксплуатации. – М.: Транспорт, 1982. – 622 с.

2 Дубровский З.М. Грузовые электровозы переменного тока: Справочник / З. М. Дубровский, В. И. Попов, Б. А. Тушканов. – М.: Транспорт, 1991. – 471 с.

3 Петрович Л.В., Голік С.М. Використання граф-моделей у задачах діагностування несправностей в колах управління електровоза ЧС7 // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.— 5.— № 2009.— С.120–124

4 Андреев А.А., Корнев В.В. Техническое обслуживание электровозов переменного тока. М.: Транспорт, 1982.

5 Электроподвижной состав. Эксплуатация, надежность и ремонт. Под ред. Головатого А.Т., Борцова П.И. М.: Транспорт, 1983.

Дата видачі завдання: « 09 » червня 2020 р.

Керівник магістерської роботи:

_____ *Голік С. М.*
(підпис) (П. І. Б.)

Консультант:

_____ —
(підпис) (П. І. Б.)

Завдання прийняв до виконання:

_____ *Скобовят С.А.*
(підпис) (П. І. Б.)

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка дипломного проекту складається з сімдесяти п'яти сторінок, містить: дев'ятнадцяти рисунків і вісім джерел використаної літератури.

Дана робота розкриває питання розробки діагностичних пристроїв електровозів ВЛ80^С.

В проекті проведено аналіз методів діагностики відмов в електричних колах управління електрорухомого складу, а також діагностичних пристроїв, що застосовуються на електровозах. Розглянута робота основних вузлів кіл управління і розроблені граф-моделі, на основі яких проведений вибір раціональної кількості і місця розташування контрольних точок, що необхідні для локалізації несправностей та забезпечення під'єднання діагностичного пристрою. Керуючись даними, які отримані при виборі контрольних точок розроблена конструкція діагностичного пристрою, що пропонується для модернізації під час виконання капітального ремонту електровозів ВЛ80^С.

Ключові слова: електровоз, електричне коло, методи діагностики, пристрої діагностування, несправність, контрольна точка, граф-модель, гілка, вузол, елемент електричного кола, модернізація.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Аналіз діагностичних пристроїв серійних електровозів.....	7
1.1 Діагностична системи ПУМА-Е і її аналоги.....	9
1.2 Система «ПУМ-Шкода» KS11	21
2 Аналіз методів визначення відмов в електричних колах управління.....	25
2.1 Загальні принципи діагностування електричних схем	25
2.2 Реалізація методів діагностування	28
3 Розробка граф-моделей основних вузлів кіл управління та вибір контрольних точок	34
3.1 Методика розрахунку контрольних точок	34
3.2 Розрахунок контрольних точок в колі управління струмоприймачами та головним вимикачем	37
3.3 Розрахунок контрольних точок в колі керування допоміжними машинами	42
3.4 Розрахунок контрольних точок в колі управління головним контролером ЕКГ-8Ж	46
3.5 Розрахунок контрольних точок в колі лінійних контакторів та групових перемикачів.	54
4 Розробка конструкції діагностичного пристрою	59
Висновок	64
Список використаних джерел	65
Додаток А демонстраційні матеріали	66

					Проект бортового пристрою для пошуку несправностей в низьковольтних колах електровозів серії ВЛ80 ^с		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Скодовят С.А.			Розрахунково- пояснювальна записка		
Перевір.		Голік С.М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Голік С.М.					
Затверд.		Гетьман Г.К.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						4	75
					ДНУЗТ, ЕТ1926		

ВСТУП

В умовах ринкових відносин перед транспортом на перший план виступають задачі підвищення якості перевезень, оперативності та ритмічності в роботі, прискорення термінів доставки вантажів, зменшення експлуатаційних затрат.

Розвиток залізничного транспорту України пов'язаний зі станом тягового рухомого складу. Тому є Підвищення експлуатаційних показників та надійності роботи електровозів є одним з головних завдань локомотивного господарства. На його долю припадає близько десятої частини основних фондів та значна частина експлуатаційних витрат залізниць. Із усіх експлуатаційних витрат, які мають місце в локомотивному господарстві, біля 20% випадає на технічне обслуговування локомотивного парку.

Скорочення експлуатаційних витрат у локомотивному господарстві являється актуальною проблемою. Одним з основних напрямків усунення цієї проблеми є покращення якісних показників роботи локомотивного господарства.

Основним завданням покращення показників роботи в локомотивному господарстві є забезпечення інформаційної підтримки процесів експлуатації та ремонту локомотивного парку, котра б забезпечила безумовне виконання заданих об'ємів перевезень з мінімальними витратами в сферах експлуатації та ремонту локомотивів. На даний час методи експлуатації локомотивів все в більшій мірі ґрунтуються на автоматизованій математичній обробці даних, впроваджуються діагностичні та випробувальні стенди і комплекси, автоматизоване і механізоване ремонтне обладнання та екіпірувальні пристрої. При чому, саме впровадження діагностування рухомого складу є ключовим кроком до переходу на систему обслуговування рухомого складу за фактичним його станом, що заявлено у концепції реформування залізничного транспорту.

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо встановлення діагностичних пристроїв на новозбудованих електровозах є частиною технічного завдання, то розробка і встановлення на існуючий тяговий електрорухомий рухомий склад систем діагностики потребує детального розгляду.

Тому, темою дипломного проекту обрано розробку діагностичного пристрою для кіл керування електровоза ВЛ80^С. Кола керування якого є однією з вразливих частин електроустаткування.

Дана тема є актуальною для основних локомотивних депо регіональних філій АТ Укрзалізниця, що експлуатують електровози даної серії. Адже впровадження діагностичного пристрою може суттєво полегшити умови роботи локомотивної та ремонтної бригад, прискорити час пошуку несправностей, і, як наслідок зменшити кількість позапланових ремонтів та транспортних подій, викликаних несправностями в колах керування електровоза.

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ СЕРІЙНИХ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Під час технічної діагностики локомотивів виконують тестове й функціональне діагностування. Для тестового діагностування характерна подача спеціальних впливів від засобів діагностування на устаткування. Функціональне діагностування здійснюється в ході перевірки працездатності устаткування локомотива в процесі його експлуатації.

Засоби технічного діагностування рухомого складу розвиваються й можуть бути розділені на три основні групи:

- стаціонарні,
- переносні (портативні)
- бортові (вбудовані).

Стаціонарні системи діагностування.

Область застосування. Стенди діагностування на ремонтних заводах, у великих локомотивних депо.

Призначення. Діагностування устаткування (великих вузлів, електричних схем) після або перед виконанням технічного обслуговування.

Переваги. Низька вартість діагностування; можливість контролювати параметри; вимірювання яких у процесі експлуатації ускладнене з конструктивних причин.

Недоліки. Необхідність моделювання режимів роботи об'єкта діагностування. Додатковий час на підключення датчиків і діагностування.

Приклад. Стенд АСКД-Електровоз.

Портативні (переносні) діагностичні прилади.

Область застосування. Діагностування на заводах, у лабораторіях, депо.

Призначення. Застосовуються для перед- або післяремонтного діагностування окремих вузлів, зазвичай електричних машин, дизелів, підшипників тощо.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги. Неруйнівна (безрозбірна) діагностика вузлів під час виконання технічного обслуговування. Невисока вартість, а також можливість проведення діагностування з невеликими витратами часу на підключення. Можливість уведення інформації в ЕОМ для аналізу.

Недоліки. Як правило, діагностування виконується тільки по одному параметру вузла, інші параметри не контролюються. Для контролю кожного вузла локомотива необхідний окремий прилад, а інформація про проведення діагностування не завжди накопичується для подальшого аналізу. Приклад. Прогноз 1, DPAST 4.0, Бриз.

Бортові системи діагностування.

Область застосування. Комплексне діагностування рухомого складу в процесі експлуатації.

Призначення. Безперервний контроль технічного стану рухомого складу в процесі експлуатації. Нагромадження інформації про роботу вузлів.

Переваги. Контроль працездатності всього об'єкта діагностування в процесі експлуатації. Виявлення прихованих несправностей. Можливість взаємодії із системами керування. Бортові системи діагностування підвищують безпеку руху завдяки безперервному контролю найбільш відповідальних вузлів локомотива.

Недоліки. Висока вартість, яка обумовлена складними умовами експлуатації рухомого складу, а також забезпеченням придатності вузлів і агрегатів до контролю. Застосоване мікропроцесорне обладнання повинно надійно працювати в умовах значних перепадів температур, вібрації, впливу електромагнітних полів, тому необхідне використання обладнання спеціального виконання.

Режими роботи системи діагностування.

Режим нормальної роботи електровоза. На дисплеї відображається наступна інформація: швидкість руху, напруга контактної мережі, загальний струм споживання електровоза, номер позиції, поточний час.

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Режим відображення інформації із запитів машиніста.

Режим відображення критичних і припустимих значень. Перевищення контрольованими параметрами припустимих значень приводить до видачі звукового сигналу, відображенню інформації про несправність, появи вікна з висновком та вказанням характеру несправності.

Кадр перегляду історії – можливість перегляду й аналізу інформації, що зберігається в постійному запам'ятовуючому пристрої.

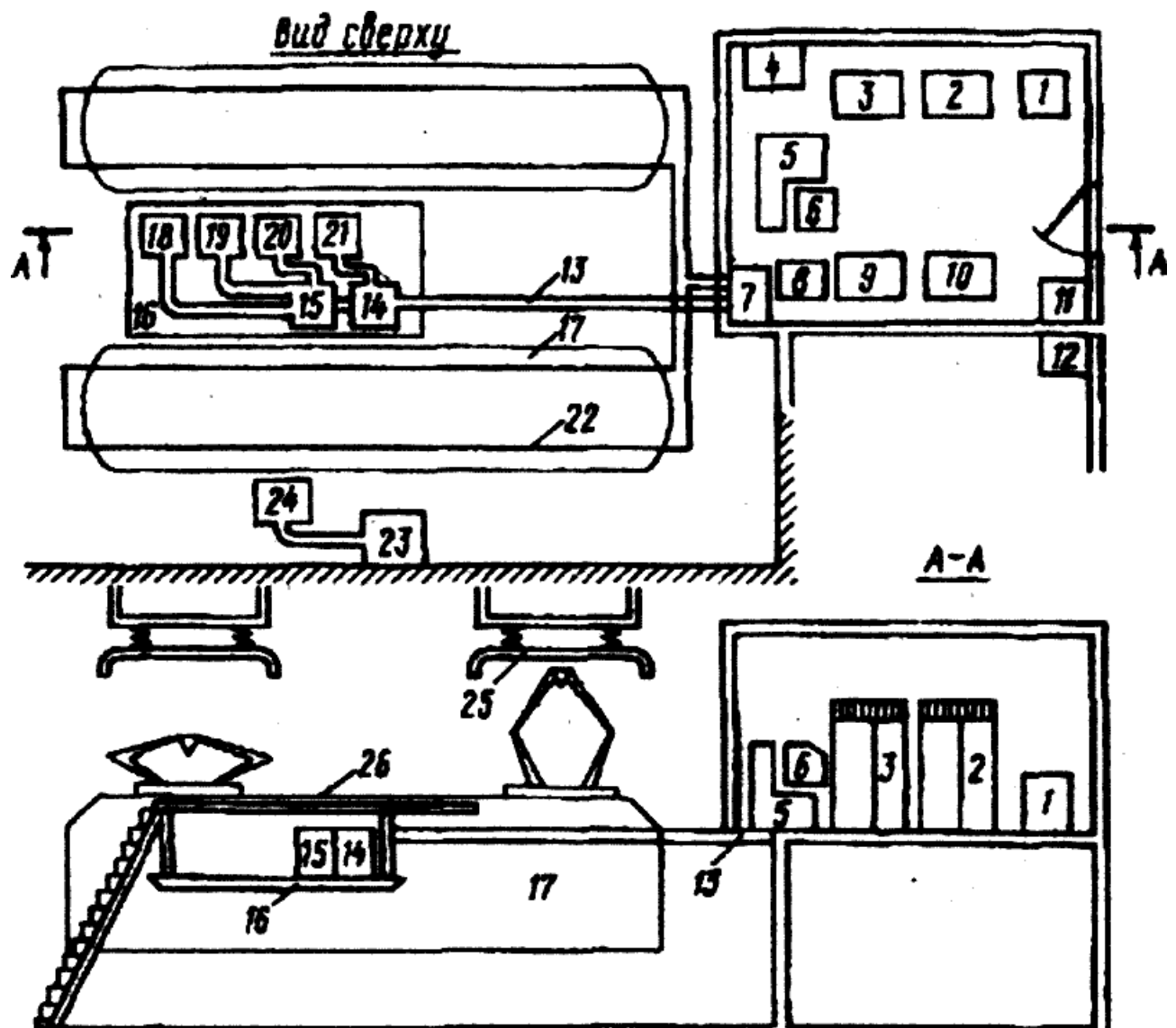
1.1 Діагностична системи ПУМА-Е і її аналоги

Першим, на залізницях з шириною колії 1520 мм, універсальним засобом технічного діагностування (ЗТД) електрорухомого складу є встановлена в 1967 р. у локомотивному депо Москва-Пасажирська Курська універсальна машина-автомат ПУМА-Е (ПУМА-Э) [1], призначена для всебічної автоматичної перевірки електричних кіл і апаратів пасажирського електровоза ЧС2 (рисунок 1.1). Для під'єднання до таких СТД на локомотиві встановлюють стикувальний пристрій – щит із штепсельними рознімачами, до яких приєднують проводи від різноманітних апаратів і ділянок електричних кіл. Крім того, на окремих вузлах і агрегатах електровоза постійно або на час перевірки можуть встановлювати датчики.

Електровоз для перевірки ставлять у депо (див. рис. 1.1) і гнучкими кабелями з'єднують із машиною. Перевірку виконують за заданою комп'ютерною програмою. Коди команд зчитуються фотоелектричним ввідним програмним пристроєм, розшифровуються в блоці дешифрування і далі розподіляються по блоках машини.

Блок комутації на будь-якому кроці перевірки може здійснити підключення десяти будь-яких проводів з 200, які з'єднані з електровозом, до будь-яких із 100 робочих точок машини. Блок вибору об'єкта контролю дозволяє в будь-який момент часу почати перевірку одного з двох електровозів, що стоять на плановому ремонті і з'єднаних з ПУМА-Е.

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1-перфоратор; 2-стійка з пристроєм для введення програми; 3-стійка з блоком комутації; 4-телеграфний апарат для запису програм контролю на перфострічку; 5-пульт управління зі світловим табло; 6-швидкодрукуючий механізм, для запису результатів перевірки; 7-монтажна панель; 8-джерело напруги, що плавно змінюється; 9-стійка з високовольтним блоком виміру опору ізоляції; 10-пульт; 11-розподільний щит; 12-блок живлення; 13-конduit з'єднувального проводу; 14-панель затискачів; 15-комутатор вибору об'єкта контролю; 16-піддон для розміщення гнучких з'єднань; 17-електровоз; 18-сполучне колодка стикування високовольтних кіл; 19-штепсельні рознімання стикування кіл управління; 20-штепсельне рознімання під'єднання датчика кута повороту головного перемикача; 21-виносний пульт оператора; 22-шлейф для перевірки АЛСН; 23-джерело струму для перевірки апаратів захисту; 24-стикувального пристрою джерела струму; 25-датчик натискання струмоприймача; 26-площадка для огляду дахового устаткування

Рисунок 1.1 – План розташування ПУМА-Е в локомотивному депо

					Арк.
					10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Перед початком ремонту і після його виконання роблять діагностування за декількома програмами. Швидкість роботи машини дозволяє робити до 40 елементарних перевірок у хвилину. Програма, що містить 500 вимірів, може бути здійснена за 15÷20 хв. За традиційних методів контролю подібний обсяг роботи потребує не менше 100 людино·год. без гарантії об'єктивності отриманих результатів.

За деяких програм діагностування оператор може знаходитися на електровозі, використовуючи для зв'язку й управління ПУМА-Е виносний пульт. Для діагностування апаратів управління застосовують джерело живлення з вихідною напругою, що змінюється плавно в діапазонах 0÷60 В і 0÷400 В, для апаратів захисту – джерело струму з діапазонами струму, що плавно змінюється в діапазонах 25÷30, 100÷1000 і 1500÷3600 А.

Під час діагностування струмоприймача вимірюють час його піднімання й опускання і за допомогою спеціального датчика контролюють його натискання в робочому положенні.

Працездатність головного перемикача перевіряють у режимі, близькому до робочого, за допомогою встановлюваних на ньому датчиків спрацьовування контакторних елементів і датчика кута повороту кулачкового розподільного валу. При цьому контролюють одночасність і послідовність спрацьовування контакторів і побічно оцінюють їхнє розкриття на фіксованих позиціях.

Під час діагностування пускових і шунтуючих опорів на усіх позиціях головного перемикача опір оцінюється за падінням напруги на опорі за стабілізованого струму 4 А. Таким самим способом оцінюють опір інших елементів силового кола.

При вимірюванні опору ізоляції тягових машин і силових кіл під напругою 4 кВ, яка одержується від блока вимірювання ізоляції, об'єкти діагностування підключають за допомогою високовольного блока комутації.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей блок запобігає потраплянню високої напруги на вимірювальні низьковольтні кола ПУМА-Е.

Вся робоча інформація надходить в блок виміру параметрів, що є головним органом контролю і виконує вимірювання: напруг від нуля до 500 В, опорів від нуля до 10 кОм, відрізків часу від нуля до 100 с, фіксацію і підрахунок кількості імпульсів, дешифрування сигналів від датчиків, а також фіксацію усіх вимірів електричного стану кіл. Дані перевірок передаються в блок оцінки результатів вимірів. Тут вони порівнюються по шкалах «норма – не норма» і «мало – норма – багато» із допусками, заданими програмою. Результат такої оцінки використовують для автоматичного вибору наступних перевірок об'єкта діагностування і передають у блок виводу інформації для індикації і реєстрації. Сюди ж можуть поступати і безпосередні результати вимірів.

Вихідна індикація здійснюється світловим табло на головному пульті оператора, реєстрація – на паперовій стрічці і на перфострічці. Вихідна стрічка з відбитими на ній результатами перевірки є об'єктивною підставою для видачі електровоза в експлуатацію або постановки його в ремонт. У разі виявлення несправності або відхилення від норми на стрічці автоматично друкується інформація, що вказує конкретний елемент, що потребує ремонту, і характер його ушкодження. Перфокарти з результатами перевірок електровозів піддають машинній статистичній обробці для накопичення об'єктивних даних, необхідних для удосконалювання конструкції і системи технічного обслуговування і ремонту електровозів.

Управління машиною здійснюється блоком управління автоматично. Це забезпечується зворотними зв'язок із блоком дешифрування і блоком оцінки результатів вимірів. Можливо ручне керування ПУМА-Е з головного пульта управління.

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У 70-х роках минулого століття в інших галузях народного господарства і за кордоном були створені діагностичні комплекси з використанням керуючих ЕОМ.

Подібна автоматизована діагностична установка застосовується для перевірки технічного стану швидкісних електропоїздів лінії Нова Токайдо. Для під'єднань СТД до стикувальних пристроїв вагонів електропоїзда використовуються перехідні коннекторні коробки 1 (рисунок 1.2). До них приєднують переносні пульти управління 2 і цеховий пульт 3. Зв'язок із цими пристроями та розташованої в окремому приміщенні ЕОМ 5 здійснюється через блок комутації 6 і релейні шафи 4. До складу ЕОМ входять також блок пам'яті 7, пристрій вводу-виводу інформації 8, телетайп 9 і пульт управління 10.

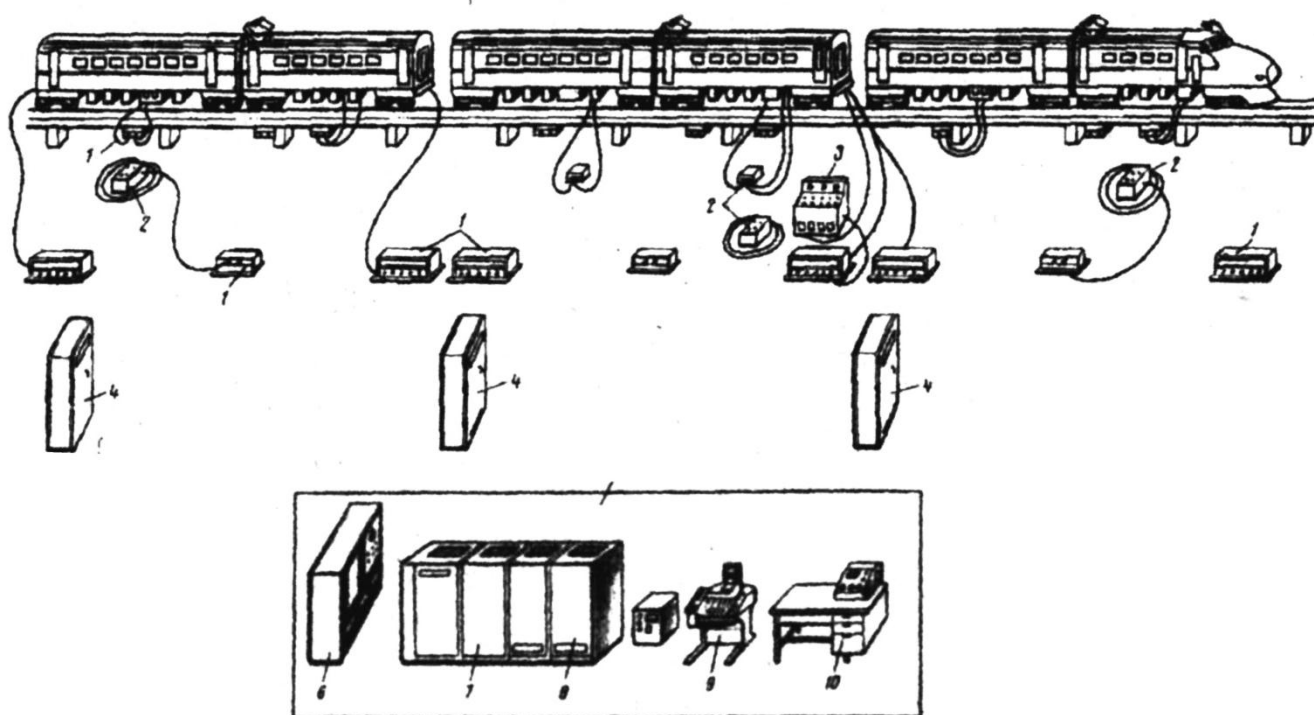


Рисунок 1.2 – Автоматизована діагностична установка для перевірки технічного стану швидкісних електропоїздів лінії Токайдо

Включення стандартної ЕОМ до складу зовнішнього універсального СТД істотно розширює його можливості, не тільки збільшуючи оперативну

пам'ять, але і забезпечуючи довгостроковою пам'яттю великого обсягу, полегшується можливість включення СТД в автоматизовану систему управління локомотивним господарством. Тому використання ЕОМ ознаменувало якісно новий етап у створенні СТД.

У пам'ять ЕОМ введені припустимі значення діагностичних параметрів, що відповідають припустимому рівню характеристик контрольованих об'єктів і їхньої нормальної працездатності.

Крім особистої участі в процесі діагностування, ЕОМ допомагає стежити за своєчасною постановкою електровозів на чергове діагностування, сигналізуючи про вичерпання ресурсу за пробігом і фіксуючи перепробіги. За допомогою ЕОМ аналізується також витрата матеріалів і запасних частин.

Під час діагностування за допомогою СТД електровозів японських залізниць прийняті чотири якісні оцінки їхнього технічного стану: гарний, поганий, граничний і критичний. Результати виміру діагностичних параметрів, що відповідають гарній оцінці, друкуються на вихідному документі чорним кольором. Такий об'єкт може бути допущений до експлуатації без яких-небудь обмежень. У протилежних випадках результати діагностування друкуються червоним кольором. У разі поганого стану електровоз придатний до експлуатації за умови постійного спостереження за виявленим слабким вузлом. Граничний стан потребує проведення перевірок кожні кілька днів. У випадку критичного стану потрібно зробити огляд об'єкта і виконання необхідного ремонту.

При виконанні технічного обслуговування і ремонту безпосередньо на електрорухомому складі, а також при ремонті знятих вузлів і агрегатів у цехах усе більш широко застосовують зовнішні спеціалізовані цехові СТД, розраховані на виконання однієї або кількох операцій технічної діагностики обмеженого числа типів об'єктів. Такі спеціалізовані контрольно-налагоджувальні стенди, переносні й автоматизовані пересувні установки можуть бути об'єднані в комплексну систему деповської або заводської

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технічної діагностики. За необхідності результати діагностування, отримані за допомогою таких СТД, можуть видаватися у вигляді друкарського документа.

Як приклад спеціалізованого СТД може бути поданий розроблений ВЗІІТом напівавтомат для діагностування головних перемикачів електровоза ЧС2. У програмі роботи напівавтомата реалізовані ті ж методи діагностування і та ж система допусків, що і на ПУМА-Е. При невеличких змінах такий напівавтомат може контролювати як безпосередньо на локомотиві, так і при ремонті в цеху групові перемикачі інших електровозів, насамперед ЕКГ ВЛ60 і ВЛ80.

Випробування контролера машиніста електропоїздів проводять на автоматизованому стенді, що входить у комплекс пристроїв, які імітують і перевіряють роботу основних вузлів. Перед приймальним контролем електропоїзда автоматизованою діагностичною установкою оцінюється якість ремонту окремо кожного вагона. Таке комплексне рішення проблеми діагностики дозволяє гарантувати надійну роботу електропоїзда протягом усього міжремонтного періоду і дає можливість зводити до мінімуму обсяг робіт, які виконуються під час поточних оглядів вагонів в експлуатації. Число відмов японських швидкісних електропоїздів, що призводять до запізнення більш ніж на 10 хвилин що у 1964 р. у розрахунку на 1 млн км пробігу складало 0,37, було знижено до 1967 р. до 0,03, а в 1970 р. рівнялося вже 0,01.

Основним призначенням вмонтованого (бортового) СТД є полегшення і прискорення пошуку машиністом відмов на шляху прямування. При високому ступені автоматизації вмонтовані СТД виконують також функції захисту й управління: своєчасно виявляючи елемент, що відмовив, вони автоматично відключають його або вводять резервний, попереджаючи послідовний розвиток залежних відмов і забезпечуючи безупинну працездатність електропоїзда або електровоза. При наявності приладів реєстрації, за допомогою вмонтованого СТД може здійснюватися діагностування і запис параметрів об'єктів, що контролюються, інформацію про стан яких можна

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одержати тільки в робочому режимі. Використання вмонтованих СТД сприяє також скороченню трудомісткості передрейсових перевірок стану електрорухомого складу, що виконуються слюсарями пунктів технічного обслуговування і локомотивних бригад.

На електровозах ЧС4 депо Київ-Пасажирський проходили досліdну перевірку вмонтовані СТД із записом на магнітну стрічку великої кількості параметрів технічного стану і функціонування електровоза, даних про режим роботи локомотивних бригад і оцінок пройденого шляху, часу і швидкості руху і стан сигналів.

Розробки в області засобів технічної діагностики локомотивів проведені також у США, Японії, Німеччини, Італії. Наприклад, американська компанія «Саутерн» (Southern) разом з фірмою «Локхід» (Lockheed) розробила бортову систему діагностування, що реєструє параметри роботи локомотива й передає закодовані дані в центр їх обробки. У системі технічної діагностики, установленої на високошвидкісному поїзді «Інтерсіті експрес» (ICE Німеччина), використані сучасні мікропроцесорні обладнання. Результати діагностування, що вимагають вживання невідкладних заходів, відображаються на дисплеї в кабіні машиніста разом з рекомендаціями з усунення відмов. Дані про інші відмови, що не вимагають негайних заходів, накопичуються в запам'ятовувальному пристрої.

Для прикладу, в Росії засоби діагностування випускаються серійно ПКБ ЦТ МПС і Центром впровадження нової техніки й технологій «Транспорт»; вони являють собою розробки, апробовані й впроваджені в депо. Значний внесок у створення й впровадження технічних засобів внесли наукові розробки ВНІЖТ, ВНІТІ, МІІТ і інших інститутів, конструкторсько-технологічні бюро залізниць (Горьківської, Жовтневої, Красноярської, Східносибірської й ін.), інженерно-технічні працівники локомотивних депо.

Впровадження систем діагностування дозволяє виконати наступні завдання:

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– підвищення безпеки руху (попередження аварійних ситуацій на шляху прямування, контроль дій машиніста);

– скорочення часу пошуку несправності в схемах (контроль спрацьовування електричних апаратів);

– виявлення (підтвердження факту) відмови вузлів, які контролюються.

Завдання технічної діагностики:

– визначення працездатності об'єкта діагностування (справний не справний);

– контроль функціонування (необхідно стежити за тим, щоб у процесі експлуатації не виникали відмови, що порушують працездатність);

– пошук несправності (точна вказівка місця виникнення несправності, і способу її усунення);

– прогнозування зміни технічного стану об'єкта діагностування в майбутньому;

– визначення в якому стані перебував об'єкт діагностування в минулому.

Завданням розробки систем діагностування рухомого складу зайнято багато транспортних компаній.

У США компанія GE Transportation Systems розробила бортову інтелектуальну систему Expert-On-Alert, яка у реальному часі здійснює збір і обробку показників, що характеризують роботу основних агрегатів, вузлів і локомотива в цілому за допомогою відповідних датчиків. Це дозволяє заздалегідь передбачити технічний стан та запобігти можливим несправностям. Зібрана інформація з бездротового каналу зв'язку передається в офіс компанії, де обробляється. На підставі обробки прогнозуються можливі відмови на шляху прямування, визначаються потенційні проблеми, формуються відповідні рекомендації машиністові до того, як проблема може виникнути в дійсності, а також уточнюються потреби в ремонті й технічному обслуговуванні.

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Компанія General Motors також розробила систему FIRE (Functionally Integrated Railroad Electronics), що забезпечує контроль технічного стану локомотивів у реальному часі й оперативне реагування на одержувану інформацію. З її допомогою можна одержувати необхідну інформацію, аналізувати, видавати рекомендації зі швидкого усунення несправності, якщо це можливо, і скоротити до мінімуму час простою.

Діагностування здійснюється дистанційно, система FIRE одержує з локомотива більш 800 сигналів, що визначають основні параметри технічного стану локомотива.

Аналіз тенденцій зміни технічного стану, що дозволяє прогнозувати подальший його розвиток, також являє собою діючий засіб для впровадження системи технічного обслуговування й ремонту за фактичним станом локомотивів.

Компанією також передбачена можливість переносити інформацію із пам'яті електронної системи керування локомотива архівну інформацію, щоб знати про зміну стану в устаткуванні протягом тривалого часу й з більшою вірогідністю прогнозувати потенційні відмови із вказівкою їх можливих причин.

При розробці автоматизованої системи керування технічним станом локомотивів, необхідно виконати спільний аналіз діагностичної інформації, реальної інформації про відмови локомотивів, експлуатаційних даних.

Розв'язок цього завдання можливо лише спільними діями вчених, експлуатаційників, ремонтних служб і фахівців з розробки інформаційних систем.

Локомотивні депо, які спеціалізуються на ремонті локомотивів, повинні організовувати ділянки діагностування обладнання, з метою перевірки технічного стану, з'ясування причин несправностей і відмов систем і встановлення за результатами діагностування виду, обсягу, місця ремонтно-відновлювальних робіт.

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для досягнення мети технічного діагностування слід вирішити основні завдання:

- а) перевірка справності (працездатності) локомотивів або їх складових частин з достатньою достовірністю;
- б) пошук дефектів з встановленою глибиною;
- в) збір вихідних даних для прогнозування залишкового ресурсу складових частин;
- г) видавання рекомендацій за результатами діагностування про вид та обсяг робіт, необхідних для усунення виявлених дефектів.

Для кожного локомотива, що діагностується повинні бути встановлені нормативні показники справності (працездатності) в експлуатації, при ТО і ПР.

Під час перевірки справності (працездатності) встановлюється відсутність всіх дефектів обладнання або його складових частин.

Діагностування локомотива здійснює фахівець, призначений з числа найбільш досвідчених і кваліфікованих працівників, підготовлений на спеціальних курсах, який повинен добре знати конструкцію і роботу локомотива, влаштування діагностичного устаткування і правила використання.

Діагностування підрозділяють на планове і заявлене. Планове проводять при ТО-3 або ПР, заявлене – при появі непрямих ознак несправностей.

Метою планового діагностування є визначення технічного стану, залишкового ресурсу вузлів і агрегатів, їх потреби в регулюванні, заміні або ремонті. При цьому призначаються обсяги робіт, що забезпечують безвідмовну роботу локомотива до наступного планового ремонту.

Мета заявленого діагностування – виявлення несправностей і можливих відмов обладнання.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За наявності комп'ютерних систем, в процесі діагностування слід широко використовувати комп'ютерні програми: планування ТО і ПР; експертні системи пошуку несправностей; визначення залишкового ресурсу складових частин, вузлів і агрегатів локомотива; визначення виду, обсягу та місця робіт; оптимізація технічних вимог на допуски, розміри під час виконання поточного ремонту.

Процес діагностування складається з підготовчого, основного і заключного етапів.

До підготовчого етапу відносяться: вивчення книг пошкоджень і несправностей локомотивів, моторвагонного рухомого складу форми ТУ-29 або ТУ-29ВЦ, книги запису ремонту локомотива форми ТУ-28, журналу технічного стану локомотива форми ТУ-152; зовнішній огляд контрольних точок та усунення перешкод, перешкоджають доступу до них; підготовка діагностичних приладів до роботи.

До основного етапу належить регулювання режиму роботи локомотива, що сприяє проведенню діагностичних операцій, вимірювання параметрів технічного стану, оформлення результатів діагностування.

До заключного етапу належить прогнозування залишкового ресурсу складових частин, агрегатів і локомотива в цілому, постановка діагнозу, призначення виду, обсягу робіт, а також зняття діагностичних засобів з локомотива.

При обладнанні локомотива вбудованою системою діагностування результати діагностування накопичені в експлуатації за допомогою спеціального інтерфейсу передаються в комп'ютер ділянки діагностування.

Після закінчення діагностування фахівець зобов'язаний повідомити майстра дільниці про закінчення робіт і пред'явити результати діагностування для вживання заходів.

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати діагностування повинні зберігатися в електронній базі даних технічного стану локомотивного парку та в формі затвердженого протоколу.

Найбільший економічний ефект від діагностування досягається при зниженні трудомісткості контролю та підвищення точності вимірювань. Ці завдання найкращим чином вирішуються у випадках застосування електричних методів вимірювання з використанням електронної апаратури. Ця апаратура дозволяє звести до мінімуму участь в отриманні та обробці вимірюваної інформації та оптимізувати шляхом реалізації перспективних універсальних методів, недоступних для реалізації механічними засобами.

1.2 Система «ПУМ-Шкода» KS11

На електровозах ЧС2Т і ЧС4Т в окремій шафі змонтоване вмонтоване СТД «ПУМ-ШКОДА» [2, 3] (рисунок 1.3). При опущеному струмоприймачі ним може бути перевірено шість-сім основних ділянок кіл управління. Система змонтована в окремій шафі у поперечному коридорі електровоза. Вибір контрольованого кола і підведення напруги живлення здійснюються за допомогою багатополюсних перемикачів 560, 561 (рисунок 1.4). Контакти 1-2 і 9-10 головного перемикача 560 і контакти 1-2 перемикача 561 включені в колі управління струмоприймачами і головним вимикачем, завдяки чому забезпечується можливість контролю низьковольтних кіл лише за відсутності на електровозі високої напруги.

Коротко опишемо процес контролю цілісності низьковольтних кіл. Головний перемикач 560 встановлюють в одне з шести робочих положень (I – VI, положення VII є резервним), що вказує контрольовану коло, а перемикач 561 – в положення I. При цьому напруга від загального плюсового проводу 823 через АЗЕ565, контакти 5-6 перемикача 560 і замкнуті в обраному положенні контакти цього перемикача 11-12 – 23-24, а також замикає контакт кнопки 564 буде подано на контакт 42 перемикача 561 (31 – Б6, Б7 – резерв) і відповідно на першу (з боку плюса) граничну точку в контрольованому колі.

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – Вмонтована СТД «ПУМ-ШКОДА KS11»

Якщо контрольоване коло справне, то на панелі шафи «ПУМ-Шкода» загоряться всі сигнальні зелені лампи Z1 – Z18. У разі, коли яка-небудь із зазначених ламп не горить, це означає, що на даній ділянці у контрольованому колі є розрив. Включенням спеціальних вимикачів P1 – P18 можна зашунтувати ділянку з розривом; при цьому загоряється відповідна червона сигнальна лампа. Тим самим чином визначається ділянка контрольованого кола з роз'єднаними контактами. Завданням локомотивної бригади є встановити, чи мають дані контакти бути включені згідно з положенням комутуючих апаратів на електровозі в момент перевірки або ця ділянка кола є джерелом ушкодження. Слід зазначити, що під'єднання сигнальної лампи Z18 відрізняється від інших, оскільки вона призначена для контролю цілісності ділянки кола з боку корпусу.

Амперметр 563 призначений для перевірки цілісності котушок апаратів, до яких він підключається в обхід сигнальних ламп натисканням кнопки 564.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Сигнальні лампи L1 – L6 (L7 – резерв) вказують контрольоване коло – живлення на них приходить через контакти перемикача 561.

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

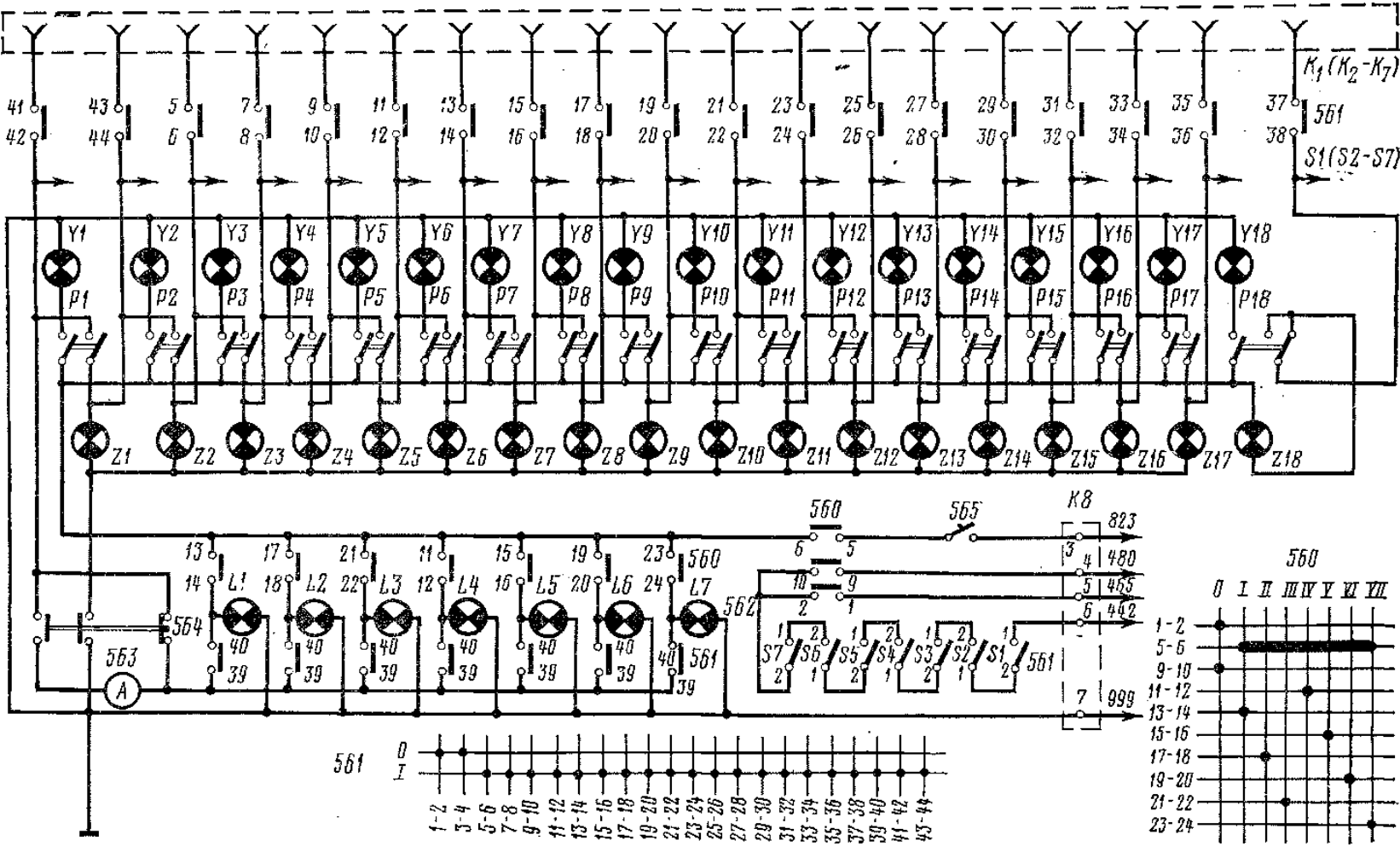


Рисунок 1.4 Схема системы поиска неисправностей «ПУМ-Шкода»

2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДМОВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ КОЛАХ УПРАВЛІННЯ

2.1 Загальні принципи діагностування електричних схем

При тому самому технічному стані об'єкт може бути для різноманітних умов визнаний справним або несправним. Так, якщо припустимі значення товщини контактів контактора під час випускання електровоза з поточних ремонтів ПР-1 і ПР-3 дорівнюють відповідно 6 і 8 мм, то у разі товщини контактів 7 мм, контактор повинний бути визнаний справним під час виконання поточного ремонту ПР-1, і несправним, тобто потрібна заміна контактів під час виконання поточного ремонту ПР-3. Процес визначення стану об'єкта називається технічним діагностуванням. У ході діагностування оцінюють велику кількість діагностичних ознак і параметрів. Наприклад, для визначення справності підшипників може бути використано до 387 ознак і параметрів.

Якщо значення діагностичних параметрів об'єкта не піддаються безпосередньому виміру, то їхній значення знаходять обробкою значень інших параметрів, пов'язаних із вихідними функціональними залежностями. Наприклад, ознакою різкого погіршення стану об'єкта і необхідності виконання ремонту може служити виміряне не, значення параметра Y , а його різка зміна в момент t , тобто діагностичним параметром є значення похідної.

Процес контролю технічного стану ділиться на два етапи:

- перший (первинний) зводиться до одержання інформації про діагностичні ознаки і параметри;
- на другому етапі роблять зіставлення первинної інформації з заздалегідь установленими вимогами і нормами, тобто виявлення відповідності (невідповідності) фактичних даних необхідним (очікуваним).

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні фізичні, механічні, хімічні й інші явища, покладені в основу одержання інформації про стан об'єкта, а також послідовність і засіб застосування цих принципів, складають метод діагностування.

У практиці технічного обслуговування і ремонту електрорухомого складу для кількісної і якісної оцінки стану об'єктів використовують різноманітні засоби технічного діагностування. У їхній склад входять вимірювальні прилади, пульти, стенди й інші технічні пристрої, а також комп'ютерні програми. Прообразом програмного засобу є, наприклад, запис послідовності діагностування об'єкта у вигляді технологічної інструкції.

Під час діагностування розрізняють робочі впливи, що поступають на об'єкт у разі його функціонування і тестові впливи на нього тільки для цілей діагностування. Відсутність тестових впливів під час контролю стану об'єкта в робочому режимі є відмітною рисою функціонального технічного діагностування.

У разі функціонального діагностування зіставлення інформації про параметри на входах і виходах різноманітних елементів об'єкта часто дозволяє визначити не тільки самий факт появи відмови або несправності, але і точно визначити несправний елемент і причину ушкодження.

Робочий або тестовий вплив, що подається на об'єкт, а також сукупність ознак або параметрів, що утворюють відповідну реакцію об'єкта, складають одну елементарну перевірку стану об'єкта, діагностування. Склад і порядок проведення таких елементарних перевірок і правила аналізу їхніх результатів визначаються алгоритмом технічного діагностування.

Розрізняють безумовні алгоритми діагностування, у яких порядок виконання елементарних перевірок фіксований заздалегідь, і умовні алгоритми діагностування для яких вибір наступних елементарних перевірок визначається результатами попередніх.

Розрізняють три типи задач з визначення стану технічних об'єктів. До першого типу відносять задачу діагнозу – визначення стану об'єкта в дійсний

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

момент часу. Задачі другого типу полягають у передбаченні стану об'єкта у деякий момент часу. Це задачі прогнозу, як наприклад можна назвати задачі, що пов'язані з визначенням строку служби, залишкового ресурсу об'єкта чи періодичності його технічного обслуговування і планових ремонтів. Ці задачі вирішуються шляхом визначення можливих або імовірних станів об'єктів.

Оскільки в системі планово-попереджувального ремонту діагностування електровоза відбувається з визначеною періодичністю, що відповідає виконанню планових технічних обслуговувань і ремонтів, у загальному випадку під час діагностування виявляється недостатньо переконатися в тому, що об'єкт справний, працездатний і нормально функціонує в даний час. Важливо дати висновок, що він буде нормально функціонувати до планового технічного обслуговування або ремонту, тобто вирішити задачу прогнозу.

Нарешті, до третього типу відносять задачу визначення стану, у якому знаходився об'єкт у попередній момент часу. Це задача генезу (від грецького «генезис» – походження, виникнення, процес утворення). Вони виникають, зокрема, у зв'язку з розслідуванням аварій, пошкоджень електрорухомого складу і їхніх причин. Вирішують ці задачі шляхом визначення можливої або імовірної передісторії ведучих від минулого до дійсного стану об'єкта.

Практично задача технічного генезу є невід'ємною частиною процесу діагностування електрорухомого складу. Дійсно, сучасний електровоз або електропоїзд складається з багатьох тисяч деталей. У умовах експлуатації, наприклад, під час технічного обслуговування ТО-3 чи поточного ремонту ПР-1 немає можливості здійснити послідовно оцінку справності кожної деталі електровоза. Тому зазвичай виконується оцінка стану у цілих агрегатів або їхніх вузлів, і тільки у разі негативного результату діагнозу переходять до пошуку елементів, порушення справності, працездатності або нормального функціонування яких явилось причиною відмови агрегату. При цьому,

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вирішуючи задачу генезу, можна реконструювати увесь ланцюг залежних відмов і визначити кожний несправний елемент у цьому ланцюзі.

Електричні величини, як правило, безпосередньо вимірюють у процесі діагностування. Не електричні параметри зазвичай перетворюються за допомогою постійно або тимчасово встановлюваних на об'єкті датчиків в електричні величини, зручні для виміру й обробки.

Сучасний рівень розвитку науки і техніки, досягнення в розробці і виготовленні засобів обчислювальної техніки і розвитку методів прикладної математики дозволяють не тільки розробити методи об'єктивної оцінки технічного стану електрорухомого складу, але і реалізувати ці методи за допомогою засобів, що у порівнянні зі звичайним контролем володіють рядом суттєвих переваг: швидкістю і точністю виміру, виконанням операцій контролю, недоступних людині, фіксацією результатів діагнозу у вигляді друкарського документа або збереження в пам'яті ЕОМ, передачею отриманої інформації з каналів зв'язку в АСУП депо, управління регіональної філії або міністерства.

Засоби технічного діагностування (СТД) у залежності від того, чи підключаються вони до об'єкта діагностування тільки на період перевірки його стану або постійно з'єднані з ним, поділяють на зовнішні й вмонтовані. Незважаючи на розходження в назві і конструктивному виконанні, структурна схема будь-якого СТД вписується в схему, показану на рисунку 2.1.

2.2 Реалізація методів діагностування

Методи діагностування реалізуються не тільки в засобах, але й в алгоритмах і тестах діагностування. Використовуючи формалізовані методи побудови алгоритмів, прагнуть одержати економічні і навіть повноцінні тести. У якості тесту діагностування можна в принципі брати всі можливі припустимі вхідні впливи на об'єкт. Проте, такий тривіальний тест буде, як правило, надлишковим.

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

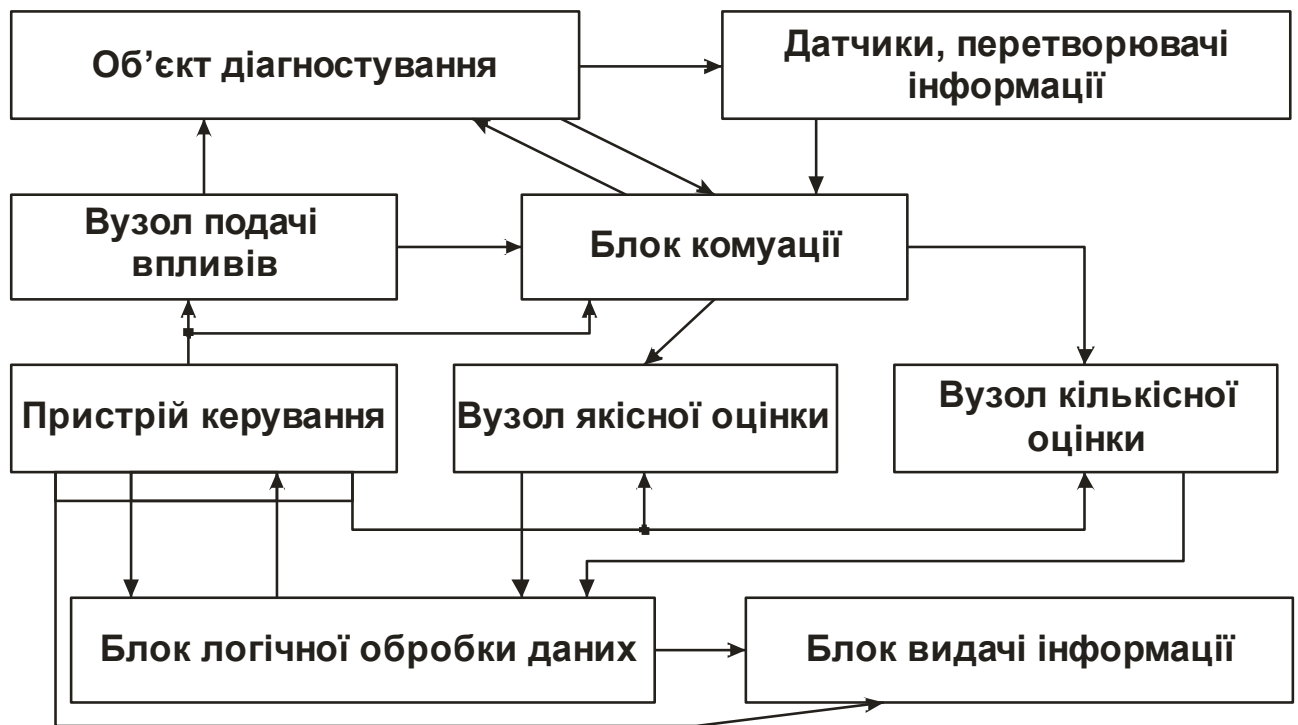
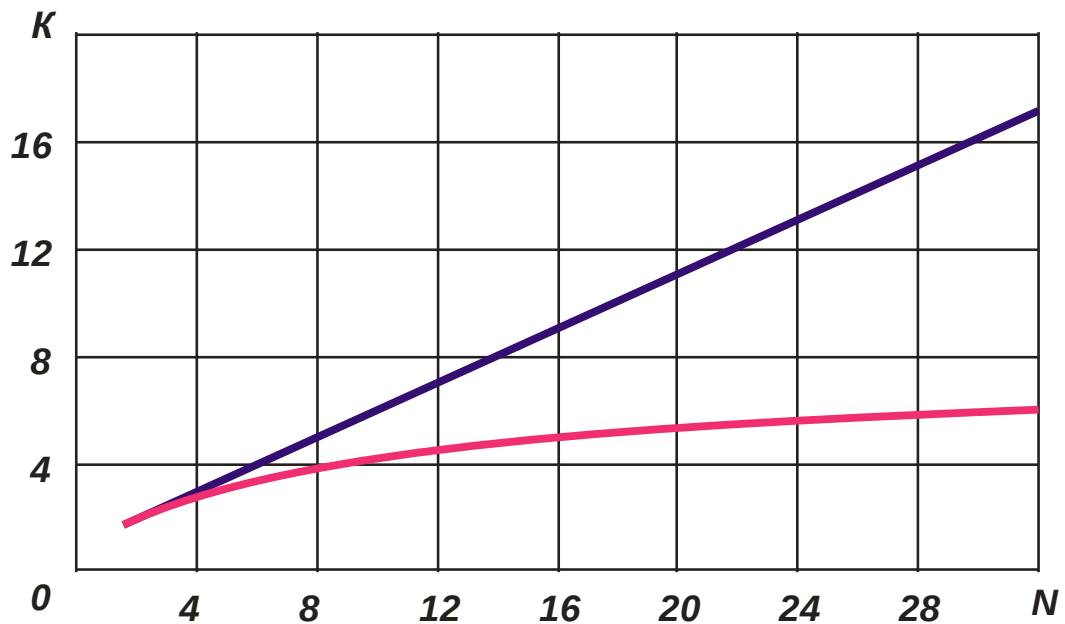


Рисунок 2.1 – Узагальнена структурна схема автоматизованих засобів технічного діагностування

Розглянемо як приклад [1, 4] можливість побудови раціонального алгоритму діагностування на прикладі визначення елемента зі зниженим опором ізоляції в колі, що містить $N = 16$ таких елементів (аналогічним способом може бути знайдений контакт, що не замкнувся, у колі з 16 замкнутих контактів). Після проведення першої елементарної перевірки, що полягала у вимірюванні опору ізоляції усього кола й одержанні негативного результату, необхідно перейти до пошуку елемента, що відмовив.

Тривіальний алгоритм складається з послідовного перебору і вимірювання опору ізоляції кожного елемента. При цьому несправним може виявитися перший елемент або для пошуку елемента, що відмовив, буде потрібно перебрати більше число елементів, максимально 15. За рівних ймовірностей відмов елементів середнє число елементарних перевірок, включаючи першу, залежить від кількості елементів у колі (рисунок 2.2).



1 – метод послідовного перебору; 2 – метод середньої точки

Рисунок 2.2. – Залежність числа елементарних перевірок K від загального числа елементів N при різноманітних алгоритмах

Оптимальним буде алгоритм, побудований із використанням так званого методу середньої точки або методу половинного виключення. Об'єднавши в одну групу елементи 1 – 8 (рисунок 2.3), необхідно оцінити опір їхньої ізоляції. При одержанні відповіді «Так» (елемент, що відмовив, знаходиться в даній групі) варто перейти до перевірки групи елементів 1 – 4 (або 5 – 8), а при відповіді «Ні» (елемент, що відмовив, в іншій групі) – до перевірки групи 9 – 12 (або 13 – 16). Наступні перевірки продовжити таким чином, розбиваючи групи елементів на такі дві частини, щоб можливості перебування елемента, що відмовив, у кожній із них були рівні. Зауважимо, що якщо при контролі елементів 1, 2 отримана відповідь «Так», а при контролі елемента 1 – відповідь «Ні», то оцінювати опір ізоляції елемента 2 немає необхідності, він явно буде менше норми.

Таким чином, не рахуючи першої елементарної перевірки, будь-який елемент, що відмовив, може бути виявлений за чотири перевірки (кроки). При різноманітних можливостях відмов елементів принцип розподілу на групи з рівними можливостями відмов зберігається.

Алгоритм пошуку дефекту доцільно закріпити у вигляді строї певної послідовності. Така послідовність може бути реалізована в програмі автоматичного контролю або подана у вигляді письмової інструкції для виконавців.

Вибір методів і засобів діагностування у великій мірі визначається трьома обставинами: необхідною глибиною пошуку дефекту, роздільною здатністю застосованого методу і місцем необхідної діагностичної операції в технологічному процесі ремонту електровоза.

Глибина пошуку дефекту задається вказівкою складової частини об'єкта діагностування (агрегату, вузла, елемента або ділянки кола), на якому завершується визначення місця дефекту.

Роздільна здатність методу діагностування визначається мінімально помітним значенням зміни параметра технічного стану об'єкта. Збільшення роздільної здатності дозволяє зменшити можливі помилки першого і другого родів і зменшити частоту діагностування. Помилка першого роду полягає у визнанні справним несправного об'єкта, а другого роду – у відбракуванні справного об'єкта.

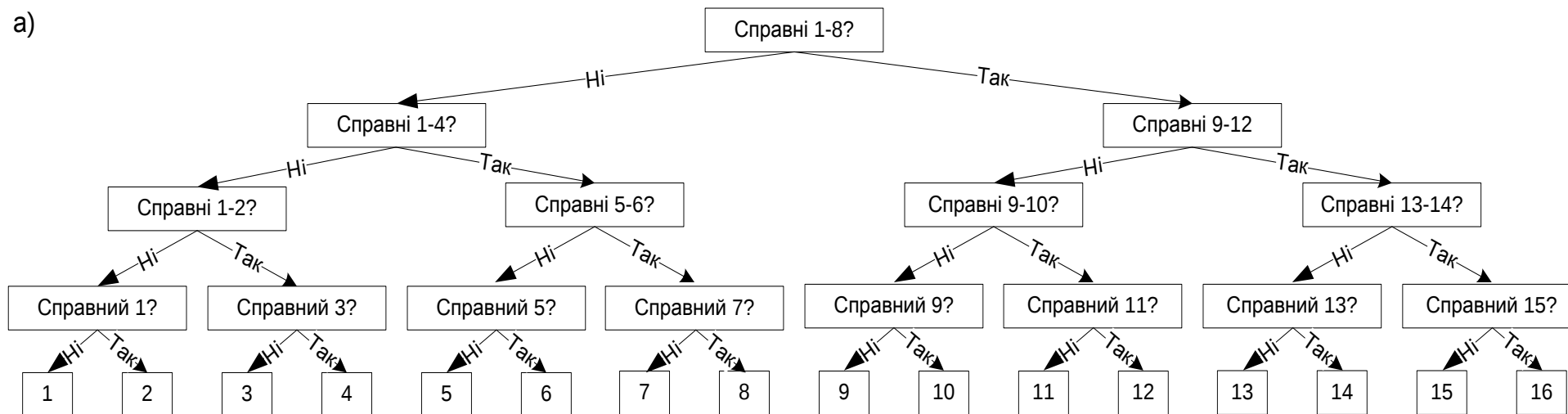
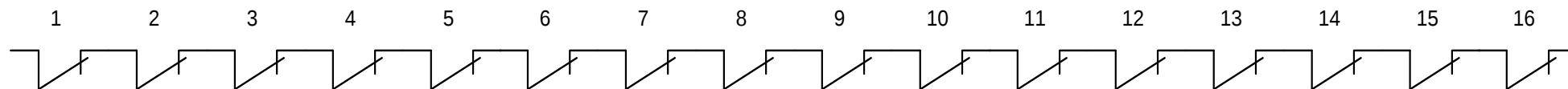
З упровадженням СТД зменшуються кількість й обсяг планових ремонтів і технічних обслуговувань, оскільки роботи з утримання і відновлення працездатності проводяться тільки на тих об'єктах, що дійсно їх потребують. Завдяки ліквідації ревізій і розбирань агрегатів для оцінки їхнього стану знижується трудомісткість і підвищується ритмічність ремонтного виробництва. Виключається поява післяремонтних відмов, викликаних порушенням ремонтним персоналом нормального стану об'єктів і помилками при їхньому розбиранні і збиранні. Знижується рівень витрат на заробітну плату.

Комплексне впровадження різноманітних СТД дозволяє знизити ці витрати майже у тричі. При цьому слід також врахувати ефект від ліквідації пошкоджень і непланового ремонту.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Проте, ведучи мову про широке впровадження СТД, не можна забувати про людину-виконавця. Справа не тільки в тому, що є велика кількість несправностей, які може визначити людина, а, насамперед у тому, що головна роль в організації діагностики належить людині. Тільки вона спроможна здійснити вибір цілі – постановку задачі, визначити необхідний об'єм інформації, організувати її збір і переробку з наступним аналізом, оцінити ситуацію і намітити рішення (поставити кінцевий діагноз), організувати виконання рішення (ремонт), оцінити ефективність прийнятих рішень і вносити корективи на основі аналізу даних.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



б)

Рисунок 2.3 – Побудова раціональних алгоритмів пошуку дефекту: а) – схема кола;
 б) – можливий алгоритм пошуку дефекту методом середньої точки

3 РОЗРОБКА ГРАФ-МОДЕЛЕЙ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ КІЛ УПРАВЛІННЯ ТА ВИБІР КОНТРОЛЬНИХ ТОЧОК

3.1 Методика розрахунку контрольних точок

Низьковольтні електричні кола електровоза можуть бути класифіковані як об'єкти з дискретним принципом дії, процеси функціонування яких можуть бути виражені певною зміною деяких кодових комбінацій. Для елементів цих кіл справедливе співвідношення [5]

$$m_i^{\text{вих}} = F_i(m_i^{\text{вх}}; m_i^{\text{вн}}), \quad (3.1)$$

де $m_i^{\text{вих}}$ – вихідний параметр i -го елемента;

$m_i^{\text{вх}}$ – вхідний параметр i -го елемента;

$m_i^{\text{вн}}$ – внутрішній параметр i -го елемента;

F_i – правило перетворення вхідного параметра у вихідний при заданих значеннях внутрішнього параметру.

Вхідні та вихідні параметри можна визначити за напрямом поширення потенціального сигналу. Якщо елемент i зв'язаний з елементом j та можна знехтувати завадами, то повинно бути справедливо [5]

$$m_i^{\text{вих}} = m_j^{\text{вх}}. \quad (3.2)$$

Кожен стан електричної схеми повинен розрізнятися на деякій сукупності контрольних точок без безпосереднього контролю внутрішніх параметрів елементів.

Внутрішні параметри призначаються в залежності від типу елемента. Основними елементами низьковольтних кіл управління електровоза ВЛ-80^С є блок-контакти для яких внутрішніми параметрами є провідність у двох граничних випадках – нуль та безмежність. У випадку несправності будь-

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

якого елемента на його виході може бути зафіксована або «константа 1» або «константа 0». До такого роду несправностей відносяться: коротке замикання, обрив кола і несправності, які призводять до них, наприклад, заїдання або псування рухомої частини електромагнітного реле.

Для визначення кількості та місця розташування контрольних точок Представимо структуру електричного кола управління певним апаратом за допомогою граф-моделі, яка складена з кінцевої множини потужністю η елементів

$$N = \{n_1, n_2, \dots, n_\eta\}.$$

Якщо множину N розбити на підмножини $N_1 \subset N$, $N_2 \subset N$, ..., $N_\gamma \subset N$, причому для будь-яких N_i, N_j

$$\bigcap_{\substack{i=1; j=1 \\ i \neq j}}^{\gamma} N_i N_j = \emptyset, \quad (3.3)$$

то отримаємо кінцеву множину потужністю у γ гілок граф-моделі

$$Q = \{N_1, N_2, \dots, N_\gamma\}.$$

Ці гілки породжують структуру електричного кола, перетинаючись між собою в певних вузлах. Сукупність вузлів буде визначена множиною P потужністю σ

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_\sigma\}.$$

Необхідно визначити потужність χ множини T контрольних точок

$$T = \{t_1, t_2, \dots, t_\chi\}.$$

Потужність множини контрольних точок визначається за формулою

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\chi = \sigma + \eta - \gamma. \quad (3.4)$$

Вихідну кількість контрольних точок χ можна зменшити. Розглянемо процес мінімізації з використанням орієнтованого графа, вершинами якого є всі контрольні точки, які визначені за (3.4), а кожна дуга представляє собою деякий елемент електричного кола. Напрямок дуги відповідає напрямку руху сигналу від входу елемента до його виходу. Кожній вершині графа відповідає число вихідних параметрів, яке рівне кількості вхідних дуг. Внутрішні параметри ідентифікуються тільки з дугами. Через вихідні параметри опосередковано оцінюються внутрішні параметри елементів електричного кола. Тому скороченню підлягають вершини графа, які входять у підмножину $T_1 \subset T$

$$T_1 = \left\{ t/t \in T, \Gamma t \cup \Gamma^{-1}t \neq \emptyset; [\mu_1 \geq 2] \vee [\mu_{-1} \geq 2] \right\}, \quad (3.5)$$

де μ_1 – потужність Γt ;

μ_{-1} – потужність $\Gamma^{-1}t$.

Тобто, до множини $T_1 \subset T$ входять ті вершини, які вище були класифіковані як вузли. За винятком тих вершин, котрі відповідають точкам подачі впливів в електричному колі.

Звідси, першим обмеженням є заборона скорочення контрольних точок, що належать елементам впливу. Також не підлягають скороченню контрольні точки, які забезпечують перевірку «землі» у однопровідних електричних схемах.

Мінімально можлива кількість контрольних точок в електричному колі, що підлягає контролю, може бути визначена на основі (3.4) як

$$\chi = \sigma + \eta - \gamma - \sigma_1, \quad (3.6)$$

де σ_1 – потужність підмножини T_1 , елементи якої відповідають умові (3.5) і тому виключаються з врахуванням обмежень.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

3.2 Розрахунок контрольних точок в колі управління струмоприймачами та головним вимикачем

Для розробки граф моделі проаналізуємо роботу кіл управління струмоприймачами та головним вимикачем [6]. Включення головних вимикачів обох секцій (рисунок 3.1) можливе тільки у разі закритих дверей і шторок високовольтних камер (контролюється реле 248). Для включення головного вимикача необхідно включити вимикач кіл управління, кнопки «Струмоприймачі», «Струмоприймач передній» або «Струмоприймач задній», «Вимкнення ГВ» і короткочасно (протягом 1...3 с.) кнопку без фіксації «Включення ГВ і повернення реле». При цьому включенням кнопки «Вимкнення ГВ» подається живлення до утримуючої котушки головного вимикача по колу: Н88 – 21-22 (КМЕ) – Е13 – 248 – Н72 – 83 (тільки на 1-й секції) – Н75 – 88 – Н76 – 113 – Н77 – РТВ1 (тільки на 1-й секції) – Н78 – РМТ. Включенням кнопки «Включення ГВ і повернення реле» подається живлення котушці увімкнення головного вимикача по колу: Е14 – 248 – Н84 – 247 – Н85 – 264 – Н86 – 207 – Н87 – БП – Н89 – 4.

Котушки утримання та увімкнення головного вимикача з'єднані з «землею» через контакт реле мінімального тиску РД.

Після включення головного вимикача відбувається розмикання власного контакту 4 в колі котушки увімкнення і замикання контакту в колі живлення котушки реле 207. Реле 207 включається, самоблокується і розмикає контакт в колі котушки увімкнення головного вимикача, що запобігає повторному включенню головного вимикача під час можливого короткого замикання в силових колах. Це реле знаходиться у включеному стані тільки в період натискання кнопки «Включення ГВ і повернення реле». Включення реле 207 після виключення головного вимикача запобігає можливості застрягання останнього в проміжному положенні через передчасне відключення котушки увімкнення головного вимикача контактом Н86 – Н87, контактом реле 264 (Н85 – Н86) контролюється включення головного

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимикача тільки в положенні «0» руків'я контролера машиніста електровоза (КМЕ) та ГПО головного контролера.

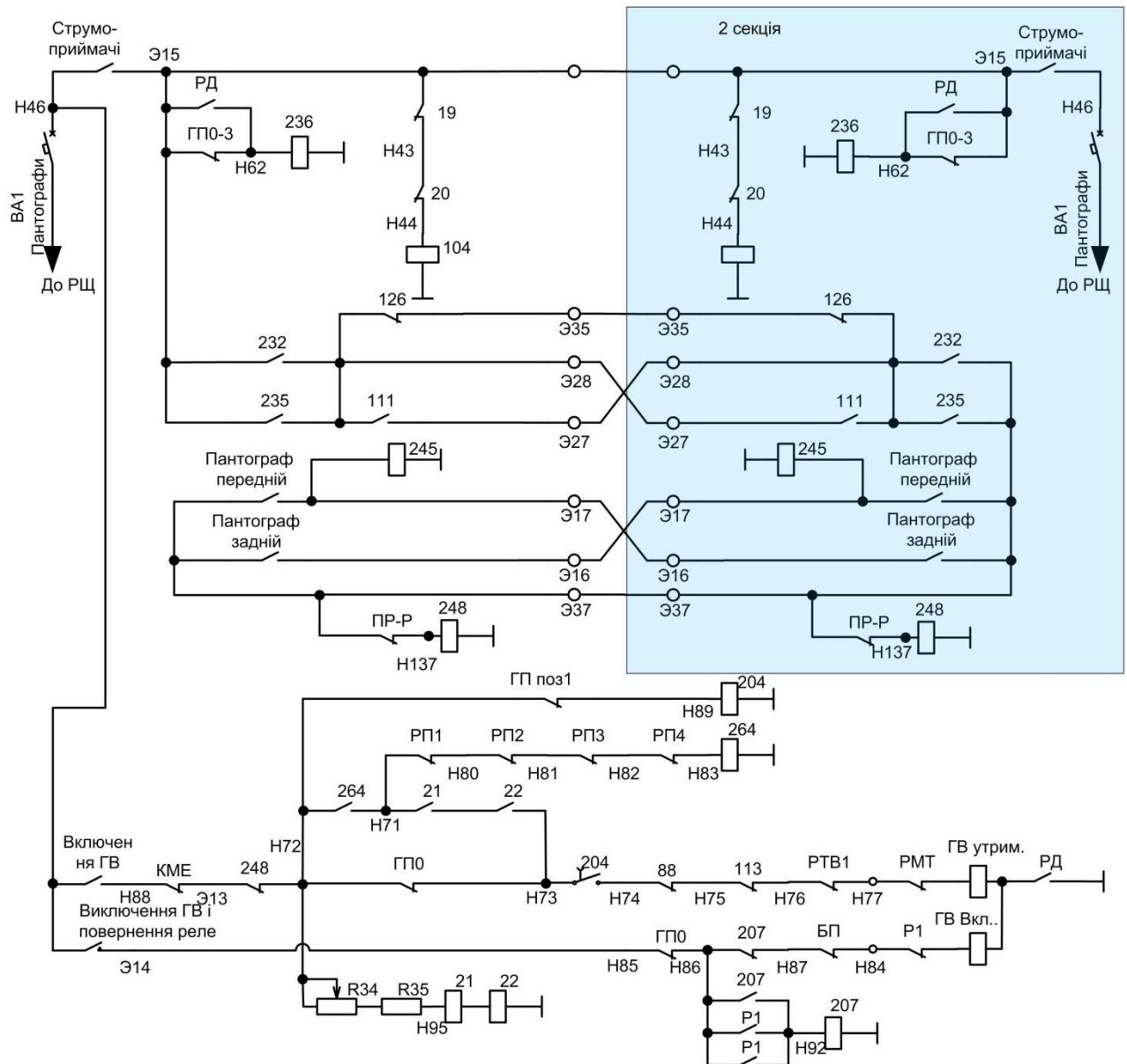


Рисунок 3.1 – Кола управління струмоприймачами та головним вимикачем

Контактом перемикача режимів ПР (Е37 – Н137) забезпечується відключення проміжного реле 248, контакти Е13 – Н72, Е14 – Н85 якого здійснюють відключення головного вимикача, а контактом Е16–Н125 – відключення електропневматичного клапана 245 відповідного струмоприймача в режимі «Відключення секції».

У разі спрацьовування реле заземлення 83, 88 відбувається відключення головного вимикача. Для повторного включення необхідно відновити зазначені реле, для чого руків'я КМЕ короткочасно встановлюють в нульове положення.

У разі спрацьовування реле перевантаження 113 (реле захисту від короткого замикання в колах обмотки власних потреб тягового трансформатора), РТВ1 (реле захисту від короткого замикання в колах обмотки $ab-x4$) і реле максимального струму РМТ утримує котушка втрачає живлення, і головний вимикач відключається.

Вимкнути головний вимикач можна вимиканням кнопки «Вимкнення ГВ», установкою руків'я КМЕ в положення БВ.

Реле перевантаження РТВ1 та заземлення 83 спрацьовують тільки в режимі реостатного гальмування електровоза. Ці реле встановлені тільки на першій секції електровоза, і їхні контакти заведені в коло утримуючої котушки ГВ першої секції.

Контактами Н87-Н89 блокувального перемикача БП відключається коло живлення котушки увімкнення головного вимикача в режимі реостатного гальмування електровоза. Цим виключається повторне включення головного вимикача в цьому режимі при спрацьовуванні захисних апаратів.

З метою забезпечення безпеки та управління за системою багатьох одиниць підйом і опускання струмоприймачів на електровозах здійснюють трьома кнопками «Пантографи», «Пантограф передній» і «Пантограф задній». На електровозах ВЛ80^С, включаючи кнопку «Пантографи», подають живлення на котушку постійного струму захисного вентиля 104 нормально замкнені контакти роз'єднувачів 19 і 20, що контролюють вимкнене положення їх ножів. Захисний вентиль спрацьовує і відкриває клапан, подаючи повітря до пневматичного блокування ПБ1. Повітря тисне на поршень блокування, змушуючи виходити шток. Але шток може вийти тільки тоді, коли закрита штора високовольтної камери (ВВК). Після переміщення поршня і штока в

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

крайнє положення відкривається отвір в циліндрі пневматичного блокування ПБ1 і повітря подається до блокування ПБ2 двері ВВК. Таким чином, пневматичні блокування ПБ1 і ПБ2 контролюють закриття всіх штор і дверей ВВК. Потім подається повітря до реле тиску 232 і клапан струмоприймача 245. Реле тиску спрацьовує, контакти його замикаються, але струмоприймач не піднімається, оскільки його клапан 245 ще не відкрито. Отже, якщо включені роз'єднувачі 19, 20 або не закрита штора чи двері ВВК, то не включаються контакти реле тиску 232 і струмоприймач не може бути піднятий ні в першій, ні в другій секціях.

В результаті включення кнопки «Пантограф передній» або «Пантограф задній» збирається коло котушки клапана 245 переднього або заднього струмоприймача, якщо замкнуті контакти реле тиску 232, нормально замкнені контакти роз'єднувачів секцій 126 в обох секціях електровоза (роз'єднувачі секцій 126 контролюють вимкнене положення ножів роз'єднувача). Клапан струмоприймача 245 відкривається, і починається підйом струмоприймача. Після підйому струмоприймача і включення головного вимикача 4 збуджується котушка змінного струму захисного вентиля 104. Отже, контроль за блокуванням високовольтної камери здійснює реле тиску 232, яке в пневматичному колі стоїть після блокувань ПБ1, ПБ2. Якщо високовольтні камери не заблоковані, то блокування ПБ1, ПБ2 закривають доступ повітря до реле тиску 232 і воно своїм контактом перериває коло живлення котушки клапана 245 від провода Е15.

Струмоприймач опускають, відключаючи кнопку «Пантограф задній» або «Пантограф передній». Перехресчування проводів Е27, Е28 і Е16, Е17 забезпечує узгоджену роботу струмоприймачів під час управління з будь-якої кабіни.

На основі принципової схеми наведеної на рисунку 3.1 та аналізу її роботи створюємо граф-модель для визначення необхідних точок підключення діагностичного пристрою (рисунок 3.2).

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

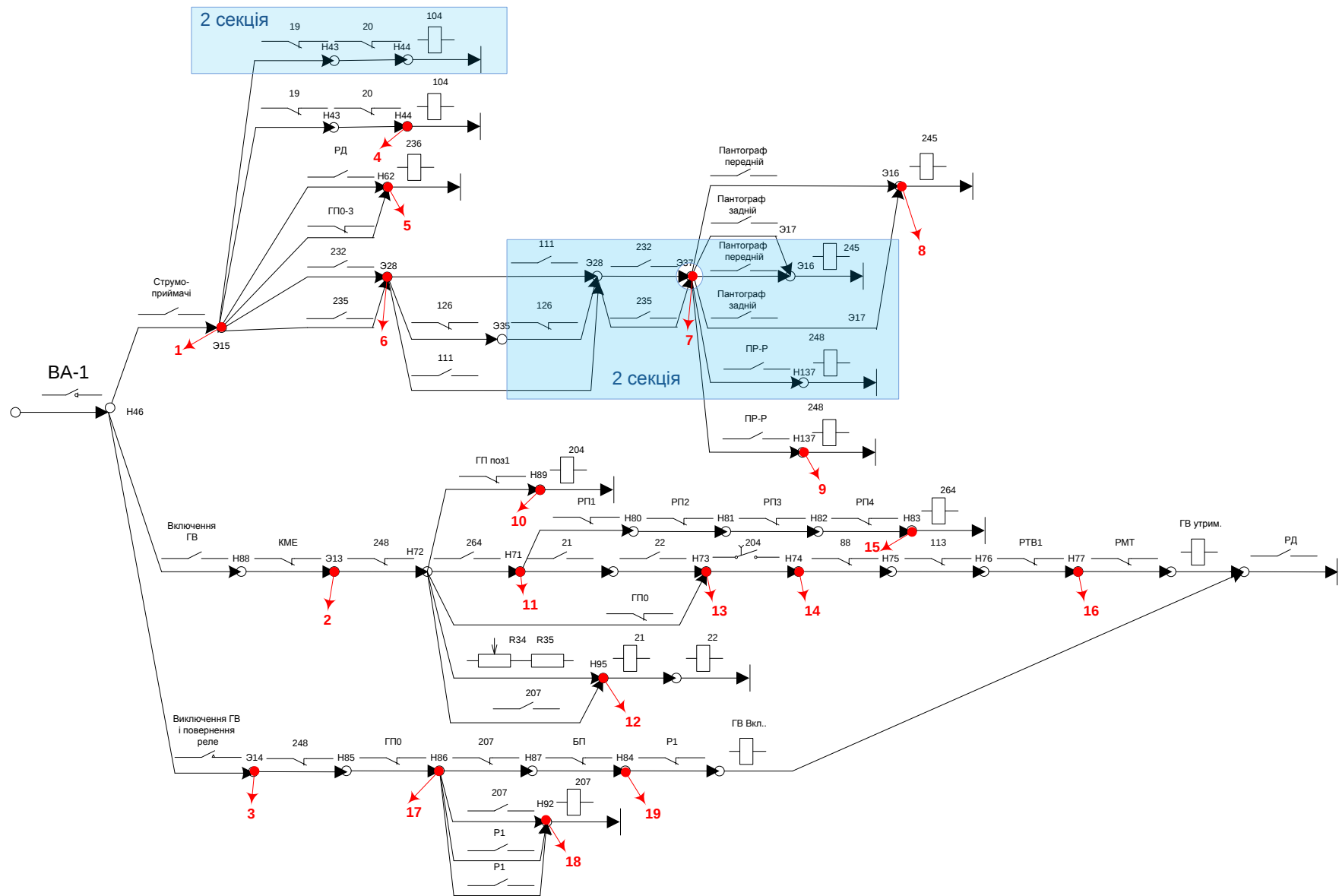


Рисунок 3.2 – Граф-модель кіл керування ГВ та струмоприймачами

Під час аналізу розробленої граф-моделі було підраховано потужність множини елементів, яка склала $\eta=67$, серед яких є 12 елементів впливу, а саме кнопкових вимикачів й одного автомата захисту та 12 точок контролю «землі». Потужності множин вузлів склала $\sigma=41$ вузол, та гілок – $\gamma=67$. Потужність підмножини, що підлягає скороченню, $\sigma_1=24$.

За отриманими даними згідно формули (3.6) виконаємо розрахунок мінімальної кількості контрольних точок

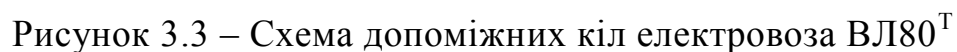
$$\chi = 41 + 67 - 67 - 24 = 17 \text{ контрольних точок.}$$

Додатково вводимо контрольні точки для контролю апаратів захисту, таких як контакти реле перевантаження, реле часу.

3.3 Розрахунок контрольних точок в колі керування допоміжними машинами

З метою розробки граф-моделі проаналізуємо роботу електричних кіл управління допоміжними машинами [6]. Дві фази розщеплювача фаз ФР (рисунок 3.3) підключені до виходів $x-a4$ обмотки власних потреб тягового трансформатора 3. Запуск асинхронного розщеплювача фаз здійснюється за допомогою резистора $r6$, що включається на час пуску контактором 119. Після включення контактора 119 включається контактор 125, який підключає обмотки розщеплювача фаз на напругу 380 В. Електродвигуни MB1, MB2 (привода вентиляторів для охолодження тягових двигунів), MB3, MB4 (привода вентиляторів для охолодження випрямних установок, радіаторів тягового трансформатора і згладжуючих реакторів), МК (привода компресора), МН (привода масляного насоса системи охолодження тягового трансформатора) включаються електромагнітними контакторами 127, 128, 129, 130, 124 і 133 відповідно.

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Під час включення двигунів вентиляторів і компресора одночасно включаються конденсатори 165 – 168 і 171. Включення додаткових конденсаторів покращує симетрію трифазної системи напруг, що в свою чергу полегшує умови запуску і роботи двигунів. Для живлення допоміжних машин від мережі депо в колах передбачені розетки 108-ПО. Якщо подати напругу на розетки 108-ПО, коли включені роз'єднувачі 126, то напруга 380 В мережі

Арк.

депо по міжсекційних з'єднаннях буде подана на обмотку власних потреб тягового трансформатора другої секції. При цьому на первинній обмотці трансформатора виникає напруга 25 кВ. Якщо головний вимикач в цій секції вимкнений і обмотка високої напруги замкнута на «землю», то напруга мережі депо буде подана в коло з коротким замиканням. Для запобігання цьому роз'єднувачі секції 126 повинні бути весь час відключені і запломбовані. У разі виходу з ладу одного з розщеплювачів фаз необхідно зняти пломби і включити роз'єднувачі 126 в обох секціях; переключити вниз ніж перемикача 111 в тій секції електровоза, в якій вийшов з ладу розщеплювач фаз. При цьому допоміжні машини обох секцій будуть живитися від однієї обмотки власних потреб тягового трансформатора і одного розщеплювача фаз робочої секції електровоза.

Для забезпечення нормальної роботи допоміжних машин при напрузі контактної мережі 12 кВ (під час аварійних режимів тягових підстанцій) необхідно переключити вгору ніж перемикача 105, здійснивши перемикання з виводу *a4* обмотки власних потреб на вивід *a3*. Після перемикання при напрузі контактної мережі 12 кВ на допоміжних машинах з'явиться напруга 290 В, що цілком достатньо для їх нормальної роботи.

Захист від коротких замикань всіх допоміжних кіл (див. рисунок 3.3) здійснюється струмовим реле 113, що впливає на відключення головного вимикача. Окремі кола захищені від коротких замикань плавкими запобіжниками 114, 115, 117, 118, 120, 121, 122 і 198.

Електродвигуни від перевантаження захищені тепловими реле 137, 139, 141-148, 153, 155, що викликають відключення контактора, в колі якого спрацювало реле. Всі теплові реле виконані з самоповерненням, тобто після часу, необхідного для охолодження біметалічною пластини реле, замикається його контакт. Захист від замикання на «землю» допоміжних кіл здійснюється реле заземлення 123, включеним на дві фази через селенові випрямлячі 157, 158 і додатковий резистор *r51*. Зниження рівня перенапруг, що виникають у

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час аналізу розробленої граф-моделі було підраховано потужність множини елементів, яка склала $\eta=64$, серед яких є 16 елементів впливу, а саме кнопочних вимикачів й одного автомата захисту та 8 точок контролю «землі». Потужності множин вузлів склала $\sigma=43$ вузли, та гілок – $\gamma=64$. Потужність підмножини, що підлягає скороченню, $\sigma_1=24$.

						Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За отриманими даними згідно формули (3.6) виконаємо розрахунок мінімальної кількості контрольних точок

$$\chi = 43 + 64 - 64 - 24 = 21 \text{ контрольна точка.}$$

3.4 Розрахунок контрольних точок в колі управління головним контролером ЕКГ-8Ж

Проаналізуємо роботу електричних кіл управління головним контролером ЕКГ-8Ж [6] з метою розробки граф-моделі.

Включенням кнопок «Кола управління» на блоці автоматів 215 і кнопковому вимикачі 223 в кабіні, з якої ведуть управління, готують до роботи кола управління, тобто від розподільного щита 210 проводом Н0 (рисунок 3.5) через кнопки автомата ВА2 і кнопкового вимикача 223 «Кола управління» отримує живлення провод Е1.

Якщо вали ЕКГ знаходяться в проміжку між позиціями ГПП1-32, то замкнуті блок-контакти ГПпр, ГП4 і ГПП1-32, отримує живлення котушка контактора 208, включається електродвигун СМ і доводить вали ЕКГ до фіксованої позиції.

При установці знімної рукоятки блокувального пристрою гальм 213 в робоче положення замикаються його контакти. При цьому, якщо груповий перемикач в будь-якій секції знаходиться не на нульовій позиції, то почнеться скидання головного контролера на нульову позицію кожної секції самостійно. Котушка 208 контактора серводвигуна отримує живлення від проводу Е1 по колу: замкнені контакти блокувального пристрою гальм 213, нормально замкнені контакти КМЕ в проводах Н2–Е11 і Е11–Н34, нормально замкнені контакти контакторів 51, 53 (контролюють відключений стан тягових двигунів), нормально замкнений контакт контактора 206 (контролює обертання серводвигуна у бік скидання позицій), блок-контакти ГПП1-33 (контролюють скидання до нульової позиції головного перемикача), замкнутий контакт перемикача режимів ПР-Р. Котушка контактора 208

						Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

серводвигуна другої секції отримує живлення від проводу Е11 по аналогічному колу.

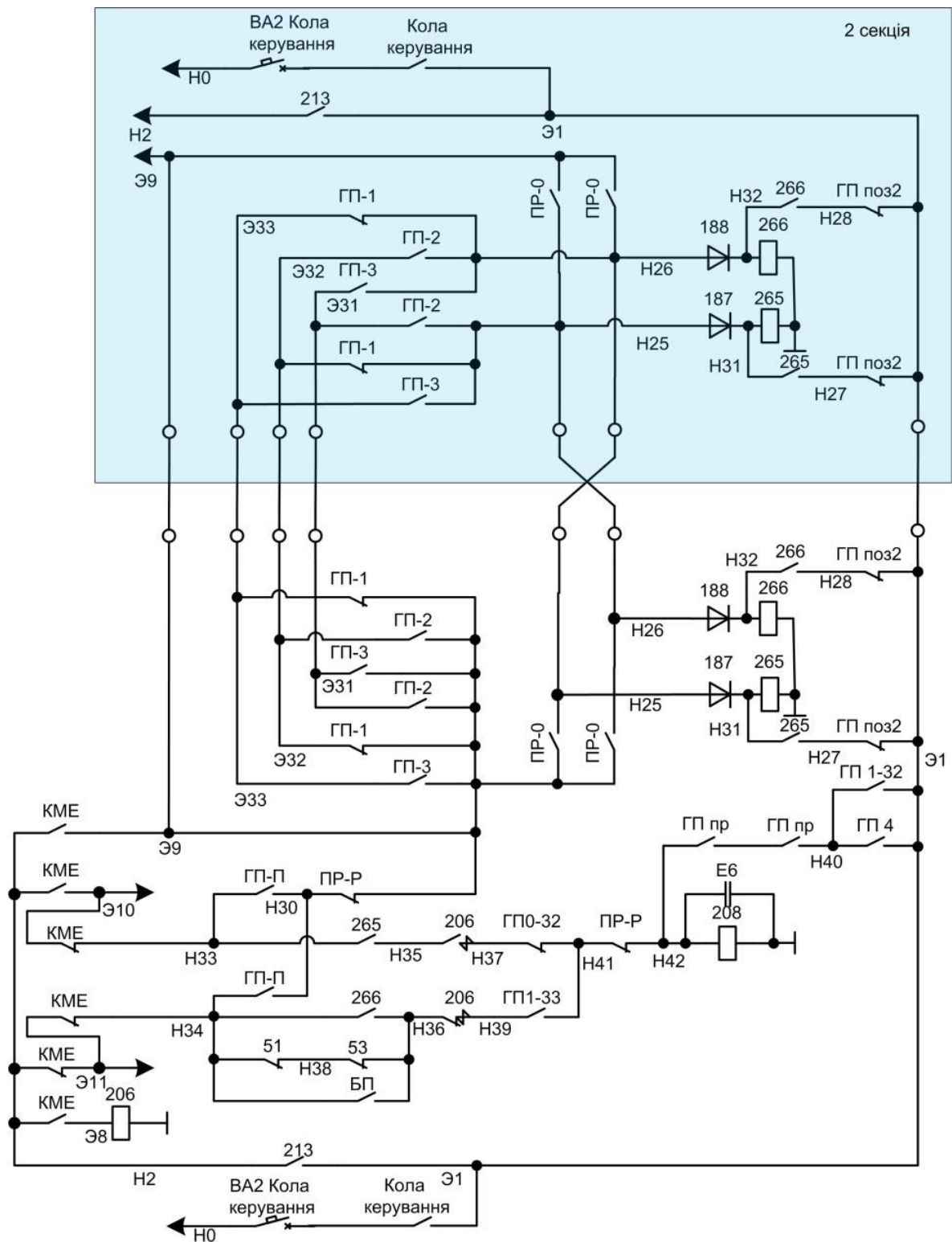


Рисунок 3.5 – Принципова схема управління ЕКГ-8Ж

Два послідовно включених блокувальних контакти ГПпр в проводах Н40–Н41 підвищують надійність розриву кола живлення котушки контактора 208 з боку провода Е1 у разі знаходження перемикача ступенів на фіксованій позиції. Блок-контактами ГПпр головний перемикач доводиться точно до нульової позиції. Крім того, кут замикання блок-контактів ГПпр виконаний таким, щоб контактор 208 встиг отримати підживлення раніше, ніж почне розмикатися контакт без дугогасіння контакторів А, Б, В, Г. Блок-контакт ГП поз. 1 в проводах Н72-Н89 повинен відключати котушку реле 204 одночасно з включенням блок-контакту ГПпр.

Порушення кутів замикання і розмикання блок-контактів може призвести до нечіткої зупинки валів ЕКГ на позиції і виходу з ладу контактів з дугогасінням контакторів А, Б, В, Г. Блок-контакти ГПП1-32 і ГП4 включені паралельно.

Блок-контакти ГПП 1-32 забезпечують подачу живлення котушці контактора 208 від провода Е1 через блок-контакти ГПпр в інтервалі позицій 1÷32.

При підході валів ЕКГ до нульової або 33-ї позиції, блок-контакт ГП4 подовжує час підживлення котушки контактора 208 з боку провода Е1. Розмикає коло живлення котушки контактора 208 блок-контакт ГПпр. Під час знаходження валів ЕКГ на нульовий або 33-й позиції блок-контакти ГПпр замкнуті, але котушка контактора 208 знеструмлена, оскільки коло живлення її від провода Е1 через блок-контакти ГПпр розірване блок-контактами ГПП1-32 і ГП4. Цим самим запобігається вихід з ладу граничної муфти ЕКГ.

Кола серводвигуна отримують живлення від розподільчого щита 210 проводом І49 для кожної секції самостійно. Включення кіл управління серводвигунами обох секцій здійснюється з однієї кабіни. Причому схема кіл управління забезпечує можливість пуску і гальмування електровоза тільки в тому випадку, якщо в цій кабіні знаходяться одночасно ключ блокувального

						Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрою гальм, ключі КУ і реверсивна рукоятка КМЕ. Цим самим забезпечується безпека локомотивної бригади.

На позиціях фіксації скидання (ФВ) і фіксації під час пуску ФП отримують живлення реле 265, 266 по наступному колу: від проводу Н2 через контакт КМЕ, провод Е9 і далі по колу синхронізації, описаному нижче. Реле 265 (266) здійснює синхронізацію роботи головних перемикачів під час набору (скидання) однієї позиції.

Під час переводу рукоятки КМЕ в положення ФП або ФВ не відбувається повороту валу групового перемикача, а тільки здійснюється підготовка кола для набору (скидання) позиції. У положенні ФП включений контактор 206, що забезпечує обертання серводвигуна у бік, відповідний набору позиції. У положенні ФВ контактор 206 вимкнений і напрямок обертання серводвигуна відповідає скиданню позиції.

Для набору однієї позиції слід рукоятку КМЕ перевести в положення РП. Реле 265 і 266, отримавши живлення від проводу Е9, залишаються включеними і продовжують отримувати живлення від проводу Е1 через блок-контакти ГП поз. 2 і власні контакти. Контактор 206 включений. Контактор серводвигуна 208 включається по наступному колу: провод Н33, прикінцеві контакти 265 і 266, блок-контакт ГПО-32, нормально замкнений контакт перемикача режимів ПР-Р.

Серводвигун починає обертатися у бік, що відповідає набору позиції. На проміжній позиції замикаються блок-контакти ГПпр (замкнуті тільки в проміжку між позиціями), що подають напругу на котушку контактора 208 від проводу Е1. Після цього розмикаються блок-контакти ГП поз. 2 (замкнуті тільки на фіксованих позиціях) і проміжні реле 265, 266 втрачають живлення. Відключаючись, реле 265 своїм контактом розриває коло живлення котушки контактора 208 від проводу Н33, але вона продовжує одержувати живлення від проводу Е1 через блок-контакти ГПпр. Розмикання блок-контактів ГПпр забезпечує зупинку головного перемикача точно на позиції.

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі розмиканні нормально розімкненого контакту 208 відбувається вимикання якоря серводвигуна. Одночасно нормально замкнені контакти 208 закорочують коло якоря, чим забезпечується електродинамічне гальмування. Перехід через проміжні позиції П1÷П5 без зупинки серводвигуна здійснюється завдяки блок-контактам ГПпр (замкнутим на проміжних позиціях П1-П5).

Для набору ще однієї позиції необхідно рукоятку контролера поставити в положення ФП і повернути в положення РП. Таким чином, набір позицій здійснюється почерговою перестановкою головної рукоятки контролера в положення РП, ФП.

Під час включення контактора 208 від провода Н49 отримують живлення котушки електропневматичних вентилів 221, 222 повітряного дуття контакторів з дугогасінням ЕКГ.

Пуск електровоза закінчується на 33-й позиції групового перемикача ступенів, на якій блокуванням ГП0-32 (розімкнуте на 33-й позиції перемикача ступенів) розривається коло живлення котушки контактора серводвигуна 208. Паралельно котушці контактора 208 включений конденсатор Е6, необхідний для зменшення перенапруг, а отже, і підгоряння блок-контактів ГПпр під час їх частоті комутації.

Для автоматичного набору позицій необхідно рукоятку контролера поставити в положення АП. У цьому випадку котушки реле 265, 266 отримують постійне живлення від провода Е9, а котушка контактора 208 – від провода Н33 протягом пуску. Відбувається невпинне синхронне обертання серводвигунів у бік, що відповідає набору (до 33-й позиції).

Для скидання однієї позиції слід рукоятку контролера перевести в положення РВ. При цьому втрачає живлення провід Е8, контактор 206 відключається і реверсує серводвигун, який починає обертатися у напрямі, що відповідає скиданню позицій. Котушка контактора 208 отримує живлення для скидання позицій по наступному колу: провід Н34, нормально розімкнений

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

контакт реле 266, нормально замкнені контакти 206, прикінцеві блок-контакти ГПП1-33 і нормально замкнений контакт ПР-Р. Всі операції з перемикачів реле 266 і контактора 208 аналогічні.

Для скидання ще однієї позиції головну рукоятку контролера необхідно встановити на позицію ФВ (знову отримує живлення від провода Е9 котушка реле 266) і повернути на позицію РВ. Таким чином, скидання позицій виконують по черговій перестановкою головною рукоятки контролера в положення РВ і ФВ.

При переміщенні перемикача з першої на нульову позицію блокування ГПП1-33 (розімкнуте на нульовій позиції) розриває коло живлення котушки контактора 208 від провода Н34. У момент досягнення перемикачем ступенів нульової позиції переривається живлення контактора 208 від провода Е1 через блокування ГПпр і перемикач ступенів зупиняється на цій позиції.

Для автоматичного скидання позицій необхідно рукоятку контролера поставити в положення АВ. У цьому випадку котушки реле 265, 266 отримують постійне живлення від провода Е9, а котушка контактора 208 від провода Н34 протягом часу скидання позицій. Відбувається безперервне синхронне обертання серводвигунів у бік скидання до нульової позиції.

Для синхронної роботи головних перемикачів двох секцій на рейці блоку силового трансформатора встановлені такі перемички: на першій секції – між проводами Е9 і Н25, Е9 і 1126, на другій – між проводами Н25 і Е29, Н26 і Е30.

Блок-контакти групового перемикача ГП1, ГП2, ГП3 знаходяться на валу, який здійснює один оберт за час обертання валу силових контакторів на три позиції: так, блок-контакт ГП1 замкнутий на позиціях 0, 2, 5 і т. д.; ГП2 – на позиціях П1, 3, 6 і т. д.; ГП3 – на позиціях 1, 4, 7 і т. д. Проміжні реле 265 обох секцій електровоза контролюють синхронний набір позицій, а реле 266 – їх синхронний скидання.

						Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі встановлення рукоятки контролера машиніста в положення ФП (або ФВ), коли обидва перемикачі знаходяться на одній і тій самій позиції, наприклад нульовій, одночасно отримують живлення реле 255 і 266 обох секцій по таких колах:

а) перше коло – провід Е9, перемикач на рейку з проводом Н25, блок-контакт ГП1, і по проводу Е32 в другу секцію, блок-контакт ГП1, провід Н25, перемикач на рейці з проводом Е29, діод 187, провід Н31, котушка реле 265 другої секції. Провід Е29 перехрещується з проводом Е30 в міжсекційному з'єднанні і через діод 188, провід Н32 отримує живлення котушка реле 266 першої секції;

б) друге коло – провід Е9, перемикач на рейці з проводом Н26, блок-контакт ГП1, по проводу Е33 в другу секцію, блок-контакт ГП1, провід Н26, перемикач на рейці з проводом Е30, діод 188, провід Н32, котушка реле 266 другої секції. Провід Е30 перехрещується з проводом Е29 в міжсекційних з'єднаннях і через діод 187, провід Н31 включається реле 265 першої секції.

Після включення реле 265, 266 котушки їх отримує живлення від провoda Е1 через блок-контакт ГП поз. 2 і власний нормально розімкнений контакт.

Отже, у разі знаходження обох головних перемикачів на одній і тій же позиції контакти реле 265 і 266 в колі котушки контактора серводвигуна 208 дозволяють набір і скидання позицій в обох секціях. Проте в несприятливих умовах роботи можлива неузгодженість перемикачів на одну позицію.

У цьому випадку в секції, де перемикач випереджає, включається тільки реле 266, яке дозволяє скидання позицій, а в секції, де перемикач відстає, включається тільки реле 265, яке дозволяє набір позицій. Під час подальшого набору або скидання позицій головні перемикачі секцій сходяться до однієї і тієї ж позиції і триває їх синхронна робота. Селенові діоди 187, 188 служать для ліквідації паразитних кіл підживлення котушок реле 265, 266 під час роботи головних перемикачів за системою багатьох одиниць.

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

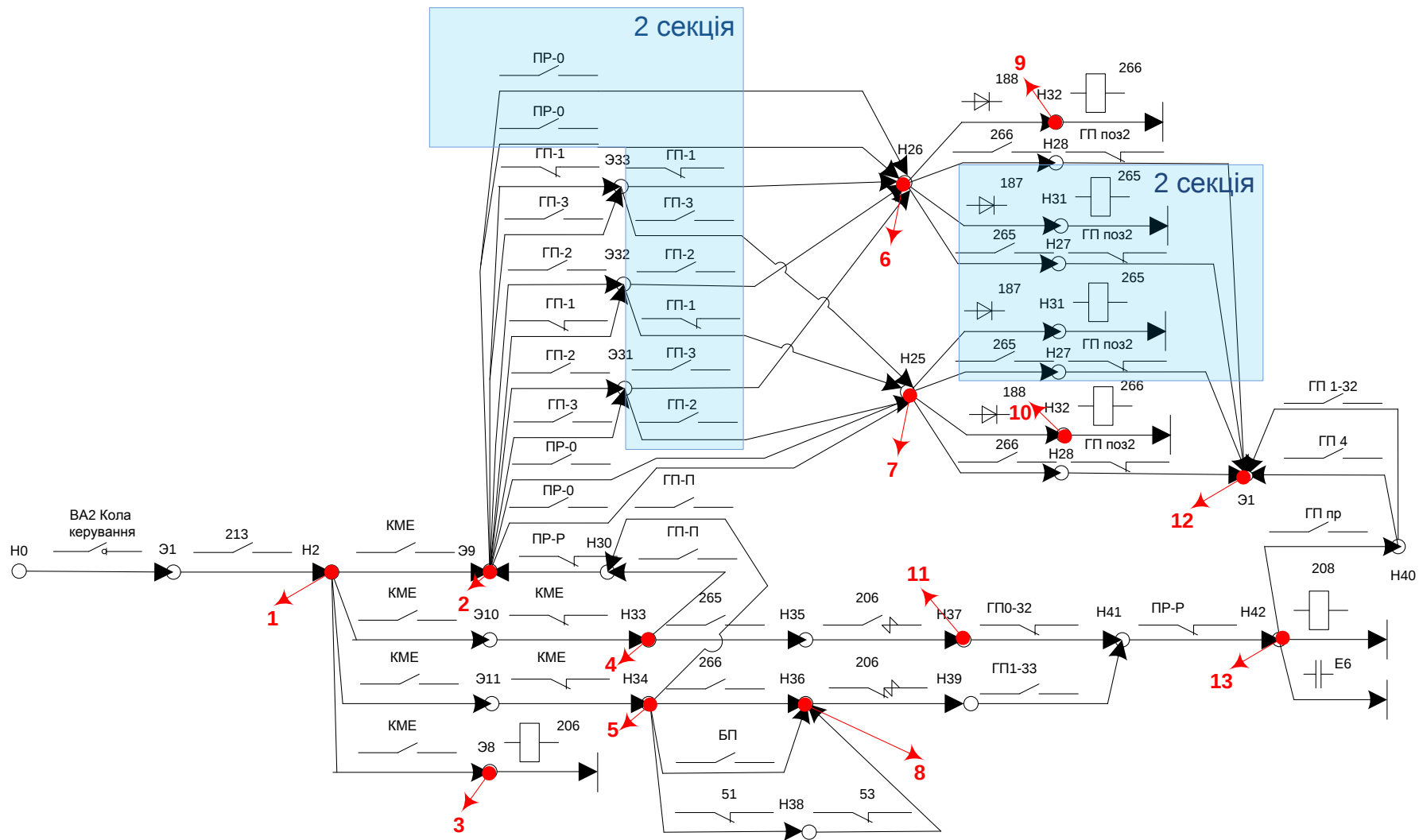


Рисунок 3.6 – Граф-модель кіл керування головним контактором ЕКГ-8Ж

На основі вивчення та аналізу роботи електричної схеми кола управління ЕКГ було розроблено граф-модель, як (рисунок 3.6).

В розробленій граф-моделі отримано 32 вузла, 60 гілок та наявні 60 елементів, серед яких є 5 елементів впливу, а саме контактів головного контролера та 8 точок контролю «землі». За даними рисунку проводимо розрахунок мінімальної кількості контрольних точок в схемі згідно формули (3.6)

$$\chi = 2 + 60 - 60 - 19 = 13 \text{ контрольних точок.}$$

Потужність підмножини, що підлягає скороченню, $\sigma_1 = 19$.

3.5 Розрахунок контрольних точок в колі лінійних контакторів та групових перемикачів.

Проаналізуємо роботу електричних кіл управління лінійними контакторами та груповими перемикачами [6] з метою розробки граф-моделі.

Після встановлення головної рукоятки КМЕ в одне з фіксованих положень (крім нульового) отримують живлення котушки вентилів реверсорів 63Вп, 64Вп (або 63Наз, 64Наз) від проводу Е7 через контакти реле 267, 271, ключа ЕПК (рисунок 3.7). Ці контакти будуть замкнуті в тому випадку, коли виконана зарядка клапана ЕПК-150 і ключ повернутий у вихідне положення. Реверсори переходять в положення Вперед (або Назад) залежно від положення реверсивної рукоятки.

Замикаються блок-контакти реверсорів і через нормально замкнуті контакти блокувального перемикача БП подається живлення на котушки вентиля навантажувального пристрою 262 (або 263) При цьому в режимі тяги включається клапан, що подає повітря в протирозвантажувальний пристрій переднього візка кожної секції (за напрямком руху), а під час гальмування повітря подається в протирозвантажувальний пристрій заднього візка (за напрямком руху). Через опір r29 від проводу Е7 отримує живлення утримуюча котушка реле заземлення 88.

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

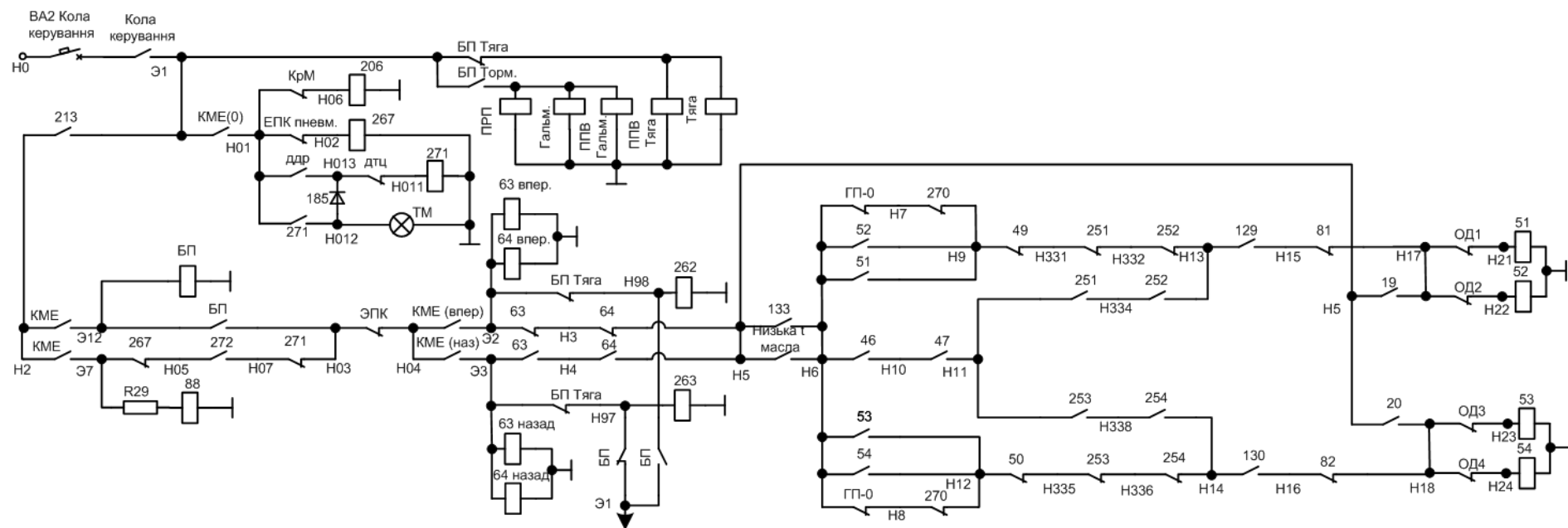
[illegible]

Рисунок 3.7 – Схема кіл керування груповими перемикачами та лінійними контакторами

Котушки електропневматичних контакторів 51–54 отримують живлення від проводу Н5 через замок-контакт контактора 133 мотор-насоса охолодження по двох паралельних колах.

У тяговому режимі живлення на котушки вентилів контакторів 51–54 надходить через блокування групового перемикача ГП0 (контролює включення тільки на нульовій позиції), реле 270, блок-контакти гальмівних перемикачів 49, 50, блокування перемикачів потоку повітря 251-254 (потік повітря спрямований на випрямляючі установки 61, 62), блок-контакти контакторів 129, 130 (що включають вентилятори МВ3, МВ4), вимикачами випрямних установок 81, 82 вимикачами двигунів ОД1-ОД4.

Контактори 51–54 включаються і залишаються включеними на позиціях групового перемикача вище нульової, так як котушки цих контакторів отримують живлення через власні блок-контакти 51 і 52 (або 53 і 54) за вищеописаними колами (шунтують блок-контакти ГП0 і реле 270) .

Для усунення паразитних кіл кожній групі котушок контакторів 51, 52 і 53, 54 відповідає свій блок-контакт ГП0.

У режимі електричного гальмування живлення на котушки контакторів 51–54 надходить від проводу Н5 через блок-контакти контакторів 46, 47, блок-контакти перемикачів потоку повітря 251-254 (потік повітря спрямований на гальмівні опори) і потім через блок-контакти контакторів 129, 130, вимикачами 81, 82, вимикачами двигунів ОД1-ОД4.

У коло живлення контакторів 51–54 введені блок-контакти перемикачів потоку повітря 251–254 для контролю положення цих апаратів в режимах Тяга і Гальмування. Якщо один з перемикачів потоку повітря і гальмівних перемикачів займе положення, що не відповідає положенню інших апаратів, то не збирається коло живлення контакторів 51–54, що не увімкнуться, що призведе до відсутності струму якоря тягових двигунів. При цьому в режимі гальмування блок-контакт реле 271 датчика обриву гальмової магістралі ТД в колі живлення котушок контакторів 51–54 від проводу Е7 зашунтовано блок-

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контактом блокувального перемикача БП. Це необхідно для збереження режиму електричного гальмування у разі обриву гальмової магістралі состава.

Таким чином, контактори 51 – 54 включаються на нульовій позиції групового перемикача і надалі залишаються включеними, тільки якщо включені мотор-насос охолодження трансформатора, мотор-вентилятори, охолоджуючі випрямні установки, роз'єднувачі вентилів 81-84, вимикачі двигунів ОД1-ОД4, а також котушки ЕПК (тобто за відсутності екстреного гальмування і замкнуто блокування проміжного реле 271 датчика обриву гальмової магістралі ТД).

Блок-контакти контактора 133 можуть бути шунтовані кнопкою «Низька температура масла» кнопкового вимикача 227, що знаходиться в кузові електровоза. У зимовий період на час пуску електровоза, поки температура масла не перевищить 0° С, блок-контакти контактора 133 в колі контакторів тягових двигунів шунтуються кнопкою «Низька температура масла», а насоси МН не включаються.

В розробленій граф-моделі (рисунок 3.8) отримано 48 вузлів, 82 гілки та наявні 82 елементи, серед яких є 7 елементів впливу, а саме 5 контактів головного контролера, кнопка «Кола керування», автомат ВА2 «Кола керування» та 14 точок контролю «землі». За даними рисунку проводимо розрахунок мінімальної кількості контрольних точок в схемі:

$$\chi = 48 + 82 - 82 - 27 = 21 \text{ контрольна точка.}$$

Потужність підмножини, що підлягає скороченню, $\sigma_1 = 27$.

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

App.	61
------	----



4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДІАГНОСТИЧНОГО ПРИСТРОЮ

Під час розробки конструкції діагностичного пристрою кіл керування електровоза ВЛ80^С за основу виберемо систему пошуку несправностей в низьковольтних колах («ПУМ-Шкода») електровоза ЧС4т.

За даними попереднього блоку діагностичний блок повинен містити 21 вихід для під'єднання сигнальних проводів. Таким чином, кількість індикаторів та контрольних перемикачів рівна 21. Подача живлення на діагностичний пристрій здійснюється від проводу Н0, в розрив якого увімкнутий шунт (RS1) амперметра для контролю струму, що споживається колами керування. Так, при відключеному діагностичному пристрої вимикачем KS2 на амперметр пристрою РА1 подається напруга від вищевказаного шунта.

Оскільки діагностичний пристрій зв'язаний з колами керування електровоза то для уникнення хибного спрацювання електроапаратів в розрив проводу Н46 вмикаємо захисні блокування перемикачів KS1 та KS2. Таким чином, при увімкненому діагностичному пристрої буде неможливо підняти струмоприймач а також увімкнути головний вимикач.

При увімкненні пристрою груповим вимикачем KS2 та автоматичним вимикачем SF1 розмикається коло вимірювання струму кіл керування електровоза і подається напруга на діагностичний пристрій. Перед увімкненням даного пристрою необхідно відключити автоматичні вимикачі: ВА1 Пантографи, ВА2 Кола керування, ВА3 Допоміжні кола та ВА7 Сигналізація.

Пакетний перемикач KS1 призначений для вибору схеми для діагностування: положення 1 – кола керування пантографами і головними вимикачами, положення 2 – кола керування набором позицій, положення 3 – кола керування груповими перемикачами та лінійними контакторами, положення 4 – кола керування допоміжними машинами. Про обрану схему сигналізують світлодіоди L2...L5 (L1 вказує на готовність діагностичного пристрою до роботи).

						Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З метою уникнення розбирання схеми в режимі тяги чи електричного гальмування внаслідок хибних дій локомотивної бригади, а саме повертання групового перемикача KS1 в схемі передбачена захисна електромагнітна защіпка, що встановлена на обертовому диску групового перемикача KS1 і спрацьовує при увімкненні кнопки «Струмоприймачі» на пульті керування.

Для захисту кіл керування електровоза від несправності чи помилкового увімкнення діагностичного пристрою передбачено автоматичні вимикачі SF2...SF22 номіналом 5А.

Вибір елементів будемо проводити з точки зору ергономіки а зручності керування. Так, для прикладу в якості перемикачів K1...K21 застосуємо компактні кнопкові вимикачі з вмонтованими світлодіодними індикаторами типу D16LAS11abJR (рис. 4.1, а). Світлодіодні індикатори VD1...VD21 обираємо з серії типу D16PLR1000JY, що показано на рисунку 4.1, б.

Схема пристрою показана на рисунку 4.2.



Рисунок 4.1 – Перемикачі K1...K21 (а) та світлодіоди VD1...VD21 (б)

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

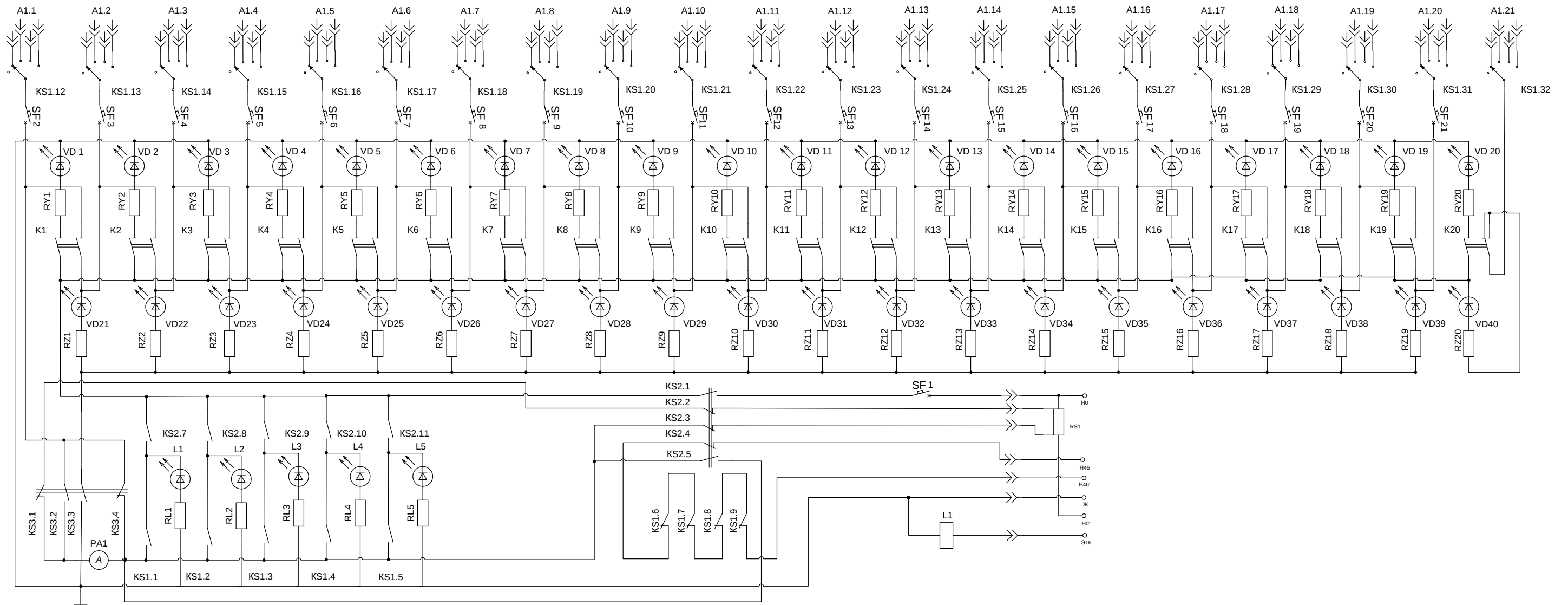


Рисунок 4.2 – Схема діагностичного пристрою кіл керування електровоза ВЛ 80^С

В якості групового перемикача KS2 використовуємо групу з трьох перемикачів ПГГ 5П10Н-4 А, з'єднаних між собою механічно за допомогою редуктора. Для KS1 використаємо кулачковий перемикач ПКУЗ-12А 3015. Дані перемикачі та автомат захисту розташовані на боковій панелі пристрою (рисунок 4.3). Діагностичний пристрій під'єднується до кіл керування за допомогою роз'ємів ШР48П20НГ.

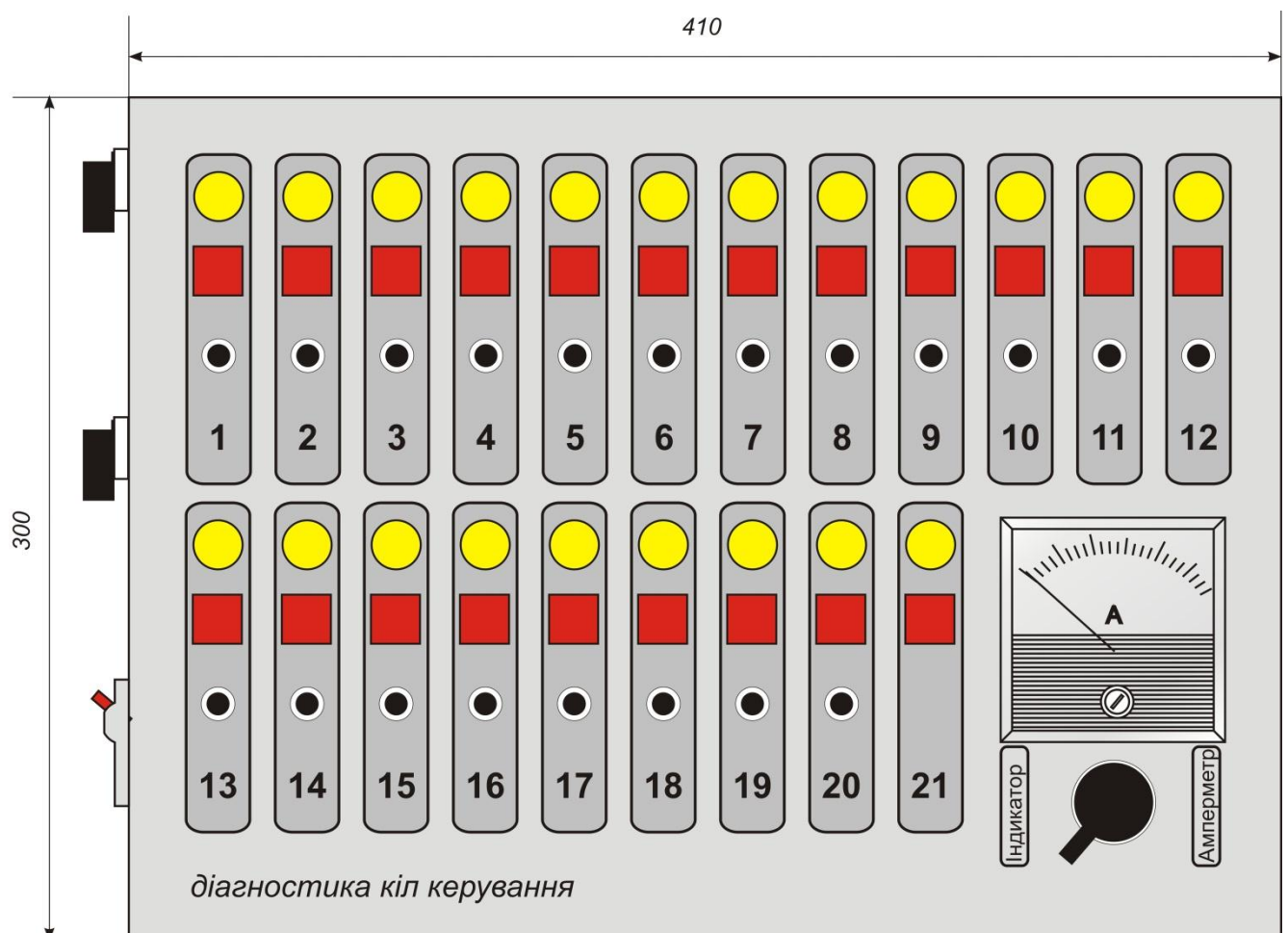


Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд діагностичного пристрою електровозів ВЛ80^С

Даний пристрій розміщаємо в кабіні управління з правого боку пульта помічника машиніста таке розміщення не зменшує робочого простору кабінки і задовольняє вимогам безпеки руху та охорони праці (рисунок 4.4).

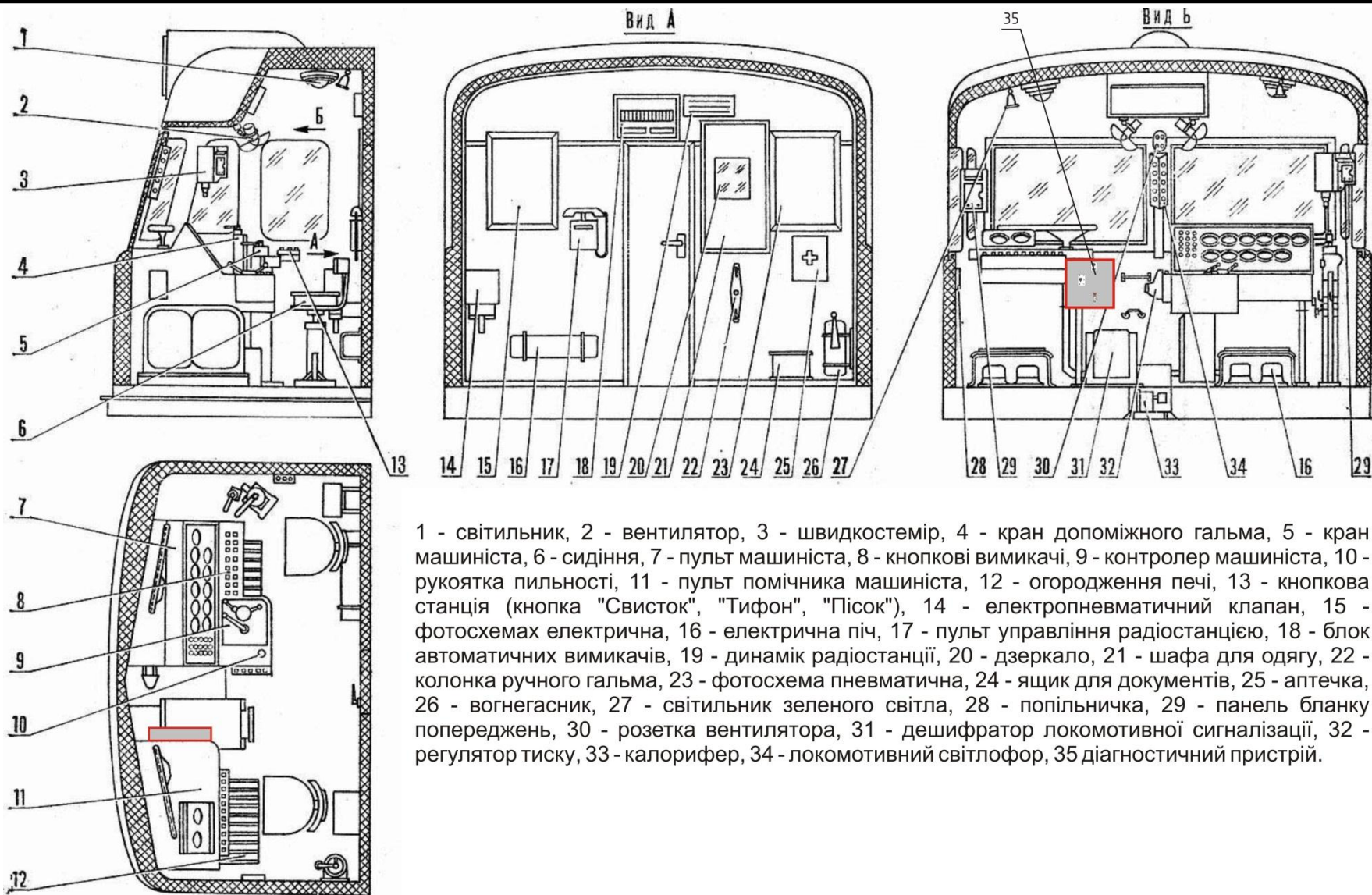


Рисунок 4.4 – Кабіна електровоза ВЛ80^С з розташованим в ній діагностичним пристроєм

ВИСНОВОК

В дипломному проекті розглянуто актуальне питання створення діагностичного пристрою для низьковольтних кіл електровоза ВЛ80^С. Проведено аналіз існуючих діагностичних пристроїв, зокрема, ПУМА-Е та ПУМ-Шкода. Застосування даних пристроїв на електровозах ЧС2, ЧС4т, ЧС8 суттєво полегшує роботу локомотивної та ремонтної бригади і дозволяє з достатньою точністю діагностувати поточний стан низьковольтних кіл електровоза. Тривалий досвід застосування цих систем, простота та надійність конструкції СД «ПУМ-Шкода» свідчить про ефективність технічних рішень даної схеми і можливість їх застосування на електровозах ВЛ80^С.

Для цього в роботі проведено аналіз схем кіл керування електровоза ВЛ80^С, на основі якого виконано граф-моделі основних ланок даних схем, зокрема кіл керування головними вимикачами струмоприймачами, реверсорами і лінійними контакторами, схеми управління роботою головного контролера та допоміжними машинами. На основі аналізу розраховано мінімальну кількість контрольних точок для під'єднання на входи діагностичного пристрою.

В роботі розроблено проект діагностуючого пристрою, що завдяки використанню в ньому сучасної елементної бази має габаритні розміри 300х300х410 мм. В даному пристрої передбачено захист від помилкових дій обслуговуючого персоналу, а також додано можливість постійного моніторингу струму в низьковольтних колах електровоза.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Электроподвижной состав. Эксплуатация, надёжность и ремонт [Текст]: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А. Т. Головатый, И. П. Исаев, П. И. Борцов и др.: Под ред. А. Т. Головатого и П. И. Борцова. – М.: Транспорт, 1983. – 350 с.
- 2 Каптелкин В. А. Пассажирские электровозы ЧС4 и ЧС4^т [Текст] / В. А. Каптелкин, Ю. В. Колесин и др. – М: Транспорт, 1975 – 384 с.
- 3 Лисицын А. А. Пассажирский электровоз ЧС2^т. [Текст] / А. А. Лисицын, А. С Никитин. М.: Транспорт, 1979. – 288 с.
- 4 Андреев, А. А. Техническое обслуживание электровозов переменного тока [Текст] / А. А. Андреев, В. В. Крошнев. – М. : Транспорт, 1982. – 136 с.
- 5 Петрович Л. В. Використання граф-моделей у задачах діагностування несправностей в колах керування [Текст] / Л. В. Петрович, С. М. Голік // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2002. – Вип. 25. – С. 43-45.
- 6 Электровоз ВЛ80^с. Руководство по эксплуатации / Н.М. Васько, Н.П. Козельский и др. М.: Транспорт, 1982 – 622 с.
- 7 Правила технічного обслуговування та поточного ремонту електровозів змінного струму ВЛ60к, ВЛ60п, ВЛ80к, ВЛ80с, ВЛ80т, ВЛ82м. 105.86500.95399. ЦТ-0038 – Міністерство транспорту України. – К.2000, – 172 с
- 8 Правила технічної експлуатації залізниць України. – Міністерство транспорту України. – К.: 2003,. – 98 с

						Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		