

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра _____ Електрорухомий склад залізниць _____
(повна назва)

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

Гетьман Г.К.
(підпис) (ПІБ)

2020 р. _____ « _____ »

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 Аналіз систем бортової діагностики на тяговому і моторвагонному рухомому складі

Theme Analysis of on-board diagnostic systems on traction and railcar rolling stock

Керівник дипломної
магістерської роботи

доцент, к.т.н
(посада)

Михайленко Ю.В.
(підпис) (ПІБ)

Студент групи

ЕТ-1921
(група)

Кравченко К.І.
(підпис) (ПІБ)

Student

KravchenkoKyrylo
(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
(підпис)

"__" _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної магістерської роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

студента групи ЕТ1921 _____ Кравченка Кирила Ігоровича
(номер групи) (П. І. Б.)

1 Тема дипломної магістерської роботи. Аналіз систем бортової діагностики на тяговому і
моторвагонному рухомому складі

затверджена наказом по університету від « 09 » 06 2020 р. № 199ст

2 Термін подання студентом закінченої роботи. « 14 » 12 2019 р.

3 Вихідні дані до дипломної магістерської роботи. Тяговий рухомий склад – електровози серій
ДЕ1, ДС3, ВЛ11м6; моторвагонний рухомий склад – електропоїзди серій ЕПЛ2т, HRCS2,
EG675, ЕКр1.

4 Розділи дипломної магістерської роботи та терміни виконання.

Назва розділу дипломної магістерської роботи	Термін виконання	Обсяг розділу, %	Кількість демонстраційних листів
Вступ	15.06 -16.08	3	-
1. Застосування бортових систем моніторингу і діагностування на рухомому складі залізничного транспорту.	15.06 -16.08	17	5
2. Системи бортової діагностики на тяговому рухомому складі Укрзалізниці.	17.08 – 13.09	35	5
3. Системи бортової діагностики на моторвагонному рухомому складі Укрзалізниці.	14.09 – 04.10	15	1
5. Оцінка ефективності застосування системи.	04.11 – 22.11	10	1
6. Перспективи подальшого впровадження інформаційних систем.	23.11 – 06.12	15	-
Висновок	23.11 – 06.12	5	-

5 Інформаційні джерела.

1. Система діагностики "Магистраль –ДЭ1М" Руководство по эксплуатации. Ч.1,2.
2. Ю. Н. Соколов. Электровоз ДСЗ. Устройство, управление, обслуживание. Конспект./ Киев, 2011.- 299 с.
3. Комплект оборудования "ХАРЭКС-ДГ". Руководство по эксплуатации. Харьков, 2013.- 44 с.
4. Изделие "Нитка ЭПЛ9Т". Руководство по эксплуатации.
5. Г.С. Игнатов и др. Электropоезд ЕКp1. Устройство, управление, обслуживание. Конспект лекций./ Кременуг, 2012.- 346 с.
6. С.В. Покровский (ред.). Система управления и диагностики электровоза ЭП10. М.: 2009.- 352 с.
7. Бервинов В.И. Техническое диагностирование локомотивов. Учебное пособие. М.: УМПК МПС, 1999.– 190 с.

Дата видачі завдання: « 09 » 06 2020р.

Керівник дипломної магістерської роботи

(підпис)

Михайленко Ю.В.

(П. І. Б.)

Завдання прийняв до виконання:

(підпис)

Кравченко К.І.

(П. І. Б.)

Реферат

Дипломна магістерська робота на тему: « Аналіз систем бортової діагностики на тяговому і моторвагонному рухомому складі» виконана на 92 сторінках основного тексту і містить: рисунків – 18 таблиць – 1, літературних джерел – 19.

В дипломній магістерській роботі розглянуто принципи побудови бортових систем діагностики рухомого складу, методику вибору діагностичних параметрів.

Розглянуто та проаналізовано системи діагностики тягового та моторвагонного рухомого складу, що експлуатується на залізницях України.

Оцінено ефективність роботи бортових систем діагностики та перспективи їх подальшого розвитку.

Ключові слова: бортова система діагностики, тяговий рухомий склад, моторвагонний рухомий склад, ефективність, показники, параметри, аналіз, структура, надійність, датчик, елемент.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Зміст

Вступ.....	5
1 Застосування бортових систем моніторингу і діагностування на рухомому складі залізничного транспорту.....	8
2 Системи бортової діагности на тяговому рухомому складі Укрзалізниці.....	24
2.1 Електровоз ДСЗ.....	24
2.2 Електровоз ДЕ1.....	32
2.3 Електровоз ВЛ11М6.....	41
2.4 Електровоз ЕП10.....	46
3 Системи бортової діагности на моторвагонному рухомому складі Укрзалізниці.....	53
3.1 Електропоїзд ЕКр1.....	53
4 Оцінка ефективності застосування системи.....	60
5 Перспективи подальшого впровадження інформаційних систем.....	66
Висновок.....	74
Список використаних джерел.....	76
Додаток А.....	79

					<i>Аналіз систем бортової діагностики на тяговому і моторвагонному рухомому складі</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Роз		Кравченко К.І.			<i>Розрахунково – пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Перевір.		Михайленко Ю.В.					4	92
Реценз.						<i>ДНУЗТ, гр.ЕТ1921</i>		
Н. Контр.		Михайленко Ю.В.						
Затв.		Гетьман Г.К.						

Вступ

Подальше удосконалення та підвищення ефективності залізничного транспорту можливе на основі впровадження досягнень науково-технічного прогресу і, в першу чергу, за рахунок удосконалення технічних засобів та інфраструктури залізничного транспорту та зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище. Серед завдань, які необхідно вирішувати в першу чергу, є зниження витрат на технічне обслуговування і ремонт за рахунок поліпшення показників надійності і ремонтпридатності, зменшення трудомісткості і тривалості простою на планових видах ремонту, застосування інтелектуальних систем діагностування, а також формування та впровадження сервісної системи обслуговування тягового рухомого складу (ТРС) та моторвагонного рухомого складу (МВРС).

Резервом підвищення надійності рухомого складу (РС) є перехід від планово-попереджувального обслуговування і ремонту до обслуговування і ремонту з урахуванням дійсного технічного стану. Використання цієї стратегії обслуговування РС вимагає широкого застосування засобів і методів автоматизованого контролю і діагностування. У зв'язку з цим виникає необхідність забезпечення такої властивості РС та його систем, яка дозволяла б достовірно визначити його технічний стан з мінімальними витратами [1].

Впровадження бортових і стаціонарних систем діагностування РС дозволить суттєво удосконалити систему його утримання та оптимізувати витрати на проведення технічного обслуговування та поточних ремонтів. Для накопичення і використання діагностичної інформації на залізницях України давно назріла необхідність створення Центру комплексного діагностування ТРС і МВРС.

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

Основною задачею такого центру є створення системи моніторингу технічного стану кожної одиниці РС, що в перспективі дозволить в масштабі реального часу оцінювати її технічний стан та прогнозувати його зміну. Необхідність створення такої структури зумовлена дослідженнями в напрямку створення інтелектуальних локомотивів та МВРС. Апаратно-програмні засоби такого локомотива або одиниці МВРС повинні забезпечувати інтероперабельність за рахунок сумісності відповідних команд, що поступають на рухомий склад під час руху і з рухомого складу в Центр комплексного діагностування для зберігання в стандартних блоках пам'яті інформаційно-обчислювальної системи.

Діагностування – особливий технологічний процес технічного контролю – визначення технічного стану та прогнозування працездатності обладнання за діагностичними параметрами, функціонально пов'язаними з робочими параметрами, котрі характеризують технічний стан цього обладнання. Діагностичними параметрами можуть бути споживаний струм, електричний опір, тепловий режим, вібрація і шумовий ефект, ступінь герметичності, наявність продуктів зношування деталей, що труться в мастильних матеріалах і т. д. [1].

Одним із шляхів підвищення експлуатаційної надійності РС є застосування бортових діагностичних пристроїв. Кількість відмов обладнання можна зменшити оперативним контролем бортовою системою діагностики доступних непрямих показників роботи цього обладнання.

Бортова діагностика покращує умови праці локомотивної бригади при контролі основних показників роботи обладнання під час руху завдяки оцінці пристроями можливих аварійних ситуацій в РС, контролю так званих основних поточних показань роботи його

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

обладнання, контролю значень «розширених» даних, що зазвичай оцінюються за показами штатних приладів, розташованих поза кабіною машиніста.

Бортові діагностичні установки вирішують основні завдання: оперативний пошук місця і визначення можливих причин відмов контролюваного обладнання для швидкого усунення локомотивною бригадою наслідків відмов заходами, в тому числі тимчасовими; укрупнена оцінка поточного технічного стану контролюваного обладнання; підготовка інформаційної бази для прийняття рішення про необхідність поглибленого діагностування одиниці РС в умовах депо зі стаціонарною діагностичною установкою або спеціальними засобами технічного діагностування; накопичення, зберігання та передачу діагностичної інформації в стаціонарні засоби діагностики для прогнозування залишкового ресурсу; взаємодія зі стаціонарними системами діагностики в якості їх вимірювальної підстанції [2].

Укомплектування ТРС і МВРС діагностичним обладнанням сприятиме покращенню його технічного стану, підвищенню надійності та ефективності його роботи. Крім того, накопичена за допомогою бортових комплексів інформація про зміну діагностичних параметрів може використовуватися для створення математичних моделей, що, в свою чергу, дозволить організувати систему утримання та прогнозувати технічний стан РС.

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

1 Застосування бортових систем моніторингу і діагностування на рухомому складі залізничного транспорту

На залізничному транспорті засоби технічного діагностування розвиваються по трьох напрямках: стаціонарні діагностичні комплекси, портативні діагностичні прилади і бортові системи діагностування рухомого складу.

Найперспективнішим напрямом розвитку діагностичних засобів рухомого складу є вбудовані (бортові) системи діагностування ТРС і МВРС. Таке діагностування забезпечує якнайповнішу реалізацію технічного ресурсу вузлів і агрегатів РС, запобігає аварійним відмовам, мінімізує експлуатаційні витрати на утримання РС, ефект від упровадження вбудованих засобів технічного діагностування може в 1,5-2 рази перевищити ефект від упровадження стаціонарних систем технічного діагностування. Упровадження вбудованих систем діагностування здійснюється в першу чергу по тих вузлах і агрегатах, технічний стан яких впливає на безпеку руху поїздів [3].

Аналіз літературних джерел, опублікованих в нашій країні і за кордоном, показав, що упровадження засобів і методів технічного діагностування є одним з основних чинників, що дозволяють підвищити рівень експлуатаційної надійності ТРС та МВРС і термін його експлуатації, а також знизити витрати на технічне обслуговування і поточні ремонти. Запровадження засобів технічного діагностування на РС є першим кроком до переходу на систему ремонту рухомого складу з урахуванням його фактичного стану.

Сучасний рівень розвитку засобів обчислювальної техніки дозволяє широко використовувати автоматизовані системи управління РС і контролю роботи його систем і агрегатів на базі

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

спеціалізованих ЕОМ, в яких бортові системи діагностування є системами нижнього рівня автоматизації і виконують збирання, обробку і аналіз інформації про технічний стан РС.

Аналіз робіт в області бортових систем діагностування локомотивів та МВРС на Україні свідчить, що системи діагностування розробляються на підставі досвіду розробників подібних систем в інших галузях техніки без урахування специфіки залізничного транспорту. Основна частина існуючих бортових систем діагностування служить для контролю стану окремих вузлів або агрегатів РС без узагальнення і аналізу інформації по мережі залізниць, без чого ефективність упровадження подібних систем значно знижується [4].

При запровадженні засобів і методів діагностування технічного стану РС виникає проблема організації роботи системи діагностування, яка передбачає: вибір раціонального набору діагностичних параметрів, розробку алгоритмів пошуку несправності, визначення періодичності контролю вузлів. Вирішення цієї проблеми може бути здійснене на основі наукового обґрунтування і технічного забезпечення системи діагностування локомотивів [5].

Аналіз методик вибору діагностичних параметрів свідчить, що більшість з цих методів можуть бути використані при розробці бортових систем діагностування локомотивів, проте необхідно переглядати критерії організації систем діагностування. Це стосується насамперед таких показників, як тривалість діагностування та інформативність.

В результаті аналізу структур систем автоматизованого контролю і діагностування на локомотивах і МВРС, які створюються та експлуатуються в Україні, з'ясовано, що єдиного підходу та

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

вимог до бортових та стаціонарних систем діагностування не створено. Окремі розробки в цьому напрямку вирішують локальні проблеми і не передбачають комплексного підходу до створення бортових і стаціонарних систем діагностування. На 47 засіданні ради по залізничному транспорту країн СНД і Балтії затверджені основні принципи та критерії технічних вимог до технічних засобів для використання на колії 1 520 мм. Пропонується у конструкції ТРС і МВРС передбачити систему діагностування, яка повинна забезпечувати [1]:

- автоматичний контроль технічного стану основного обладнання РС та надання машиністу інформації за допомогою дисплея, встановленого в кабіні;

- безперервний контроль критичних значень параметрів основних агрегатів та систем з індикацією виходу їх за допустимі межі і аварійне автоматичне їх відключення (з урахуванням забезпечення безпеки руху) або зміну режиму роботи (наприклад, зменшення сили тяги);

- інформацію про перевищення допустимих значень параметрів, які повинні видаватися на дисплей автоматично, а інформацію про поточні значення параметрів, що контролюються – за викликом машиніста;

- реєстрацію та збереження значень контрольованих параметрів, які перевищують допустимі значення;

- цілеспрямоване інформування машиніста РС про помилки або функціональні обмеження з можливістю отримання причин та заходів щодо їх усунення;

- інформування ремонтного персоналу про пошкодження РС шляхом візуалізації попередніх повідомлень через сервісні інтерфейси на приладах управління електроприводом і

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

перетворювача допоміжних механізмів;

– створення системи моніторингу технічного стану, що дозволяє в масштабі реального часу оцінювати стан РС та прогнозувати його зміну.

Виконаний аналіз практики створення бортових систем машин свідчить про доцільність поділення функцій бортової системи на інформаційне забезпечення та полегшення функцій управління машиніста і зовнішнього діагностичного обладнання в локомотивних депо, що дозволяє оцінювати технічний стан локомотива та визначати обсяги проведення ТО і ПР.

Виконання цієї задачі вирішується використанням вимірювально-діагностичних систем, побудованих з використанням сучасних ЕОМ, які створені з дотриманням основних принципів [6], які представлені на рисунку 1.1.

1. Принцип достатності регламентує вибір мінімальної кількості датчиків вторинних процесів, що супроводжують роботу агрегатів і систем РС та технологічної системи в цілому і забезпечують спостереження за його технічним станом. Слід зауважити, що при цьому вихідний сигнал датчика можна представити в широкому діапазоні амплітуд і частот з послідовною обробкою (виявлення, фільтрація, лінерізація, корекція амплітудно-фазових характеристик та ін.). Діагностування агрегатів і систем РС базується на вимірі множини первинних діагностичних ознак, що характеризують їх роботу (тиск, температура, вібрація, витрата палива (електроенергії), частота обертання та інші) з встановленням відповідних зв'язків з безліччю технічних станів (дисбаланс, несправності підшипників, засмічення фільтрів та інше). При цьому слід зауважити, що для забезпечення достовірності та глибини діагнозу необхідно збільшувати кількість діагностичних ознак: або

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

за рахунок збільшення кількості датчиків, або за рахунок збільшення кількості ознак, які отримують за допомогою одного датчика.

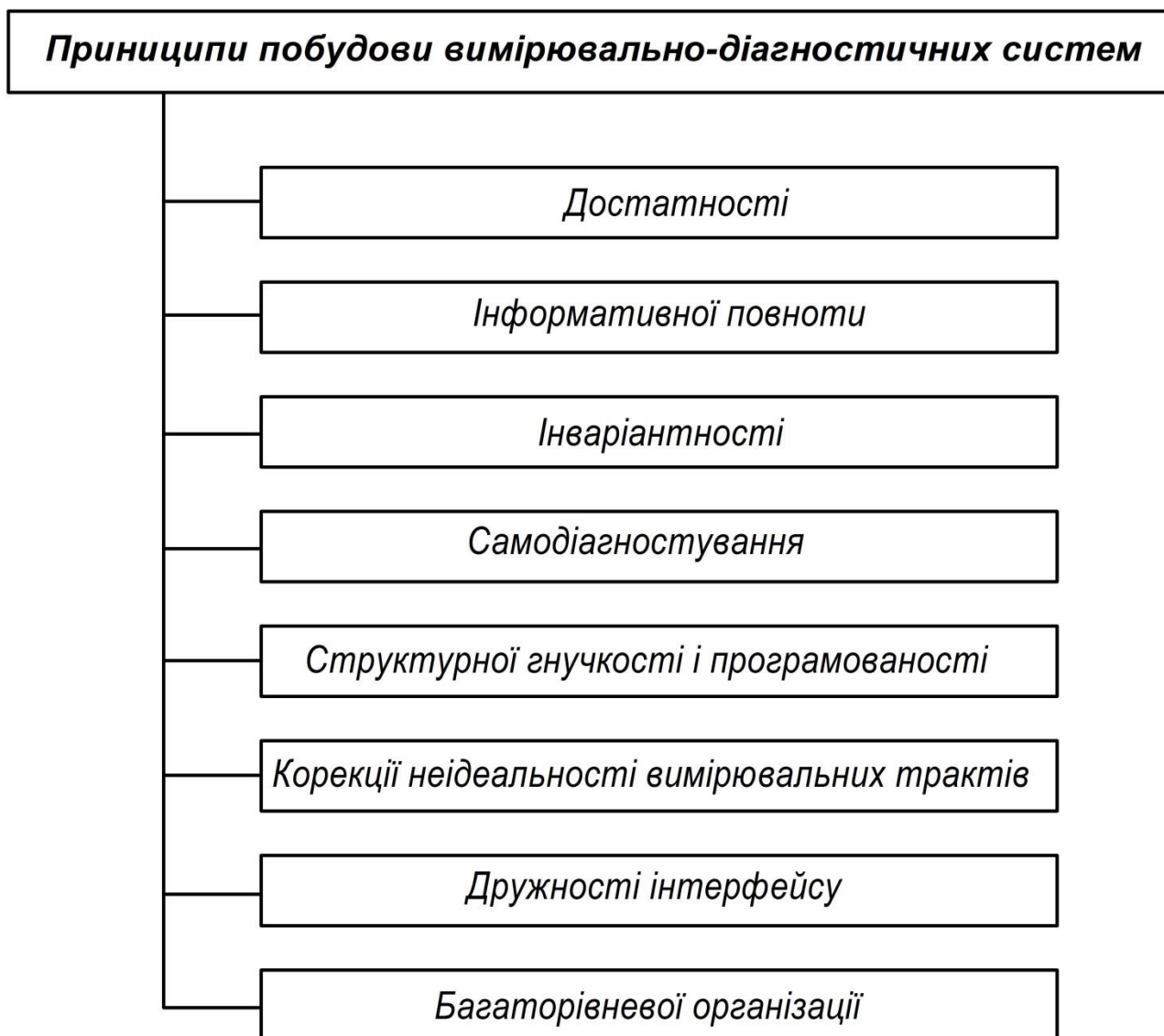


Рисунок 1.1 – Основні принципи побудови вимірювально-діагностичних систем

2. Принцип інформативної повноти, що відображає обмеженість наших знань в навколишньому середовищі і в загальному вигляді може бути визначений таким чином [7], що із спектру сигналу після видалення з нього крім діагностичних ознак, які описують стан об'єкта відомим способом, виділяється

залишковий «шум», який може використовуватися для діагностування. Результати багатьох експериментальних досліджень діагностування машин свідчать, що в більшості випадків система ознак, яка включає характеристики «шуму», майже ортогональна, тобто «шум» дійсно відображає низку неврахованих факторів технічного стану у відомих діагностичних ознаках (наприклад, заїдання та затирання в підшипниках і ущільнювачах).

3. Принцип інваріантності регламентує вибір і селекцію таких діагностичних ознак, які інваріантні до конструкції машини і форми зв'язку з параметрами її технічного стану [8], що забезпечує використання швидких рангових процедур без еталонного діагностування і прогнозування ресурсу машин.

4. Принцип самодіагностування всіх вимірювальних та управляючих каналів інформаційно-діагностичної системи (ІДС) забезпечує легке впровадження системи в експлуатацію, простоту обслуговування і ремонту окремих каналів, високу метрологічну і функціональність системи, її виживаність і пристосованість до постійно змінних умов виробництва. Принцип самодіагностування в ІДС реалізується шляхом подачі спеціальних стимулюючих сигналів в канали датчиків і комп'ютерного аналізу цих сигналів на виході після відповідних перетворювачів.

5. Принцип структурної гнучкості і програмованості забезпечує реалізацію оптимальної паралельно-послідовної структури ІДС, виходячи із критерію необхідної швидкодії при мінімальній вартості.

6. Принцип корекції неідеальності вимірювальних трактів обчислювальними методами на ЕОМ – нелінійності датчиків, амплітуднофазових характеристик погоджувально-перетворюючих трактів та інше.

7. Принцип дружності інтерфейсу при максимальних обсягах, що забезпечує визначення оператором стану РС в цілому з монітора і отримання вказівки на подальші дії. Цей принцип забезпечує відображення стану РС та його властивостей як в автоматичному режимі, так і в режимі управління машиністом.

8. Принцип багаторівневої організації забезпечує роботу з системою діагностування фахівців різних рівнів кваліфікації і відповідальності. На першому рівні, наприклад, система інформує про стан РС і його вузлів щодо готовності до експлуатації. На другому рівні з використанням меню та управління опціями можна отримати інформацію про тренди процесів, результати аналізу сигналів та інше.

Розробка діагностичного забезпечення починається з побудови математичної моделі об'єкта діагностування (ОД) і її подальшого аналізу. Для аналізу технічного стану електричного обладнання ТРС і МВРС найбільш доцільно використовувати функціонально-логічну модель ОД [4].

При складанні моделі ОД його можна представити у вигляді «чорного ящика» який характеризується множиною вхідних сигналів $X (x_1, x_2 \dots x_n)$, множиною внутрішніх змінних $Y (y_1, y_2 \dots y_m)$ і множиною значень вихідних параметрів $Z (z_1, z_2 \dots z_k)$. Рівняння (1.1) є математичною моделлю справного об'єкту, що відображає взаємозв'язок вихідних параметрів Z від вхідних змінних X , початкового значення $Y_{\text{поч.}}$ внутрішніх змінних і від часу t [4]:

$$z = \varphi(X, Y_{\text{поч.}}, t) \quad (1.1)$$

Математичну модель ОД, яка реалізує залежність (1.1), можна представити в табличній формі, як таблицю функцій відмов (ТФВ).

Позначимо множину технічних станів об'єкту як E , в якій кожному несправному технічному стану ОД відповідає несправність

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

s_i з множини несправностей S . Для будь-якої несправності з множини S існує хоча б одна елементарна перевірка π_j , яка дозволяє розрізнити несправні стани попарно. У кожній клітці (i, j) , що знаходиться на перетині стовпця e_i і рядка π_j , вказується результат елементарної перевірки π_j технічного стану об'єкту який знаходиться в стані e_i .

При побудові таблиці функції несправності використовують правило (1.2) [4]

$$R_j^i = \begin{cases} 1 \text{ об'єкт справний} \\ 0 \text{ об'єкт несправний} \end{cases} \quad (1.2)$$

де R_j^i – результат елементарної перевірки π_j технічного об'єкту.

Для вибору мінімальної кількості перевірок використовується логічний метод вибору діагностичних ознак. По ТФВ, згідно з правилом (1.3), будується матриця відмінностей B [4]:

$$b_j^{ik} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } e_{ij} \neq e_{kj} \\ 0, \text{ якщо } e_{ij} = e_{kj} \end{cases} \quad (1.3)$$

де $j=1, L \quad 1 \leq i < k \leq m$

i, k – номери рядків;

j – номер стовпця ТФВ;

e_{ij} – технічний стан об'єкта.

Для визначення тупикових покриттів Π_t^* на підставі матриці відмінностей B складається функція алгебри логіки [4]:

$$\Lambda = \frac{\bigwedge (\bigvee \pi_j)}{s \in (1, N)_{\pi_j \in \pi_s}} \quad (1.4)$$

де $\pi_s = \{\pi_j | b_{sj} = 1\}$ – множина стовпців матриці B , що мають на перетині з S_j рядком одиниці.

Застосування запропонованої методики, з використанням ТФВ

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

об'єкту діагностування, дозволяє одержати набір множин контрольованих параметрів $Z_j \{z_1, z_2 \dots z_i\}$, з яких необхідно вибрати одну множину, виходячи з вартісних критеріїв організації системи діагностування та впливу вузлів, що діагностуються, на можливість подальшої експлуатації РС.

При розробці систем діагностування необхідно вибирати діагностичні параметри так, щоб діагностуванням були охоплені ті структурні одиниці, які істотним чином впливають на надійність і ремонтпридатність ОД.

Для визначення відносної ваги $B(\pi_i)$ відмови кожного елемента π_i об'єкту діагностування використовується вираз [4]:

$$B(\pi_i) = \frac{T(\pi_i) \cdot (C(\pi_i) + 3(\pi_i)) \cdot \lambda(t)_i}{\sum_1^m (C(\pi_i) + 3(\pi_i)) \cdot \lambda(t)_i} \quad (1.5)$$

де m – число аналізованих структурних одиниць в моделі ОД;

$\lambda(t)_i$ – інтенсивність відмов i -ої структурної одиниці;

$C(\pi_i)$ – втрати у зв'язку з відмовою елемента π_i ;

$3(\pi_i)$ – витрати на відновлення елемента π_i ;

$T(\pi_i)$ – коефіцієнт тяжкості наслідків відмови елемента π_i .

Коефіцієнти $T(\pi_i)$ тяжкості наслідків відмови повинні враховувати час пошуку несправності і ступінь впливу стану структурної одиниці, що відмовила, на можливість подальшої експлуатації ОД. Для визначення $T(\pi_i)$ використовується формула [4]:

$$T(\pi_i) = K_n(\pi_i) + K_o(\pi_i) \quad (1.6)$$

де $K_n(\pi_i)$ – коефіцієнт, що враховує час пошуку несправності;

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

$K_o(\pi_i)$ – коефіцієнт, що враховує ступінь впливу стану структурної одиниці, що відмовила, на можливість подальшої експлуатації ОД.

Для визначення $K_n(\pi_i)$ і $K_o(\pi_i)$ у роботі використовується метод рангової кореляції. Одержані ранжировки використовуються для визначення набору ДП, який забезпечить контроль вузлів РС з урахуванням відносної ваги відмов.

Для бортових систем діагностування вартість перевірок і витрати часу на їх реалізацію не є визначальними чинниками, оскільки витрати часу залежать лише від часу обробки сигналів датчиків, а вартості виконання перевірок закладені у вартість самої системи діагностування. Тому для бортових систем діагностування пропонується використовувати інформаційно-ваговий критерій [4]:

$$G(\pi_i) = \frac{I(\pi_i) \cdot (C(\pi_i) + Z(\pi_i)) \cdot \lambda(t)_i}{T(\pi_i) \cdot \sum_1^m ((C(\pi_i) + Z(\pi_i)) \cdot \lambda(t)_i)} \quad (1.7)$$

де $I(\pi_i)$ – кількість інформації, яка одержана при виконанні перевірки π_i ,

m – число аналізованих структурних одиниць в моделі ОД.

Використовування інформаційно-вагового критерію при виборі ДП дозволить діагностувати в першу чергу ті структурні одиниці, які істотним чином впливають на надійність і працездатність об'єкту, а також забезпечить отримання максимального об'єму інформації про стан ОД, на кожному кроці пошуку несправності.

Кількість інформації при виконанні перевірки π_i у випадку двох значень результату перевірки (об'єкт справний результат перевірки дорівнює а, об'єкт несправний результат перевірки дорівнює b) визначається як [4]:

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

$$I(\pi_i) = -\sum P(a) \cdot \log_2 P(a) - \sum P(b) \cdot \log_2 P(b) \quad (1.8)$$

де $P(a)$ – ймовірність результату перевірки рівного a ;

$P(b)$ – ймовірність результату перевірки рівного b .

Алгоритм пошуку відмови передбачає визначення всіх станів e_i , в яких може знаходитися об'єкт $e_i \in E$ з урахуванням максимального значення інформаційно-вагового коефіцієнта $G(\pi_i)$.

Для оцінки надійності систем і вузлів використовується H характеристика, яка є залежністю середньої кількості відмов від пробігу РС і будується на основі обробки статистичної інформації за допомогою інформаційної системи «Надійність».

Для підвищення достовірності інформації, запропонована методика вибору періодичності опитування датчиків бортової системи діагностування, яка дозволяє одержати максимальну достовірність інформації про технічний стан ОД. Для подальшого використання діагностичної інформації запропонована методика визначення періоду її оновлення для пріоритетних вузлів, і для вузлів із заданим рівнем достовірності інформації.

Для бортових систем можна виділити два типи понять періодів діагностування:

- «діагностичні» – періоди між опитуванням датчиків інформаційно-обчислювальним комплексом;

- «прогнозувальні» – періоди часу, через які проводиться оновлення інформації про значення контрольованого параметра з метою прогнозування відмови.

Раціональна періодичність опитування датчиків визначається шляхом вирішення задачі розрахунку роботи системи діагностування РС з максимальною достовірністю одержуваної інформації.

Поставлена задача сформульована таким чином: визначити періоди опитування датчиків $\tau_i (i=1, m)$, так щоб достовірність одержуваної інформації була максимальною, а завантаження діагностичного комплексу (ІДК) не перевершувало наперед заданої величини ρ_0 і при цьому виконувалася умова запуску ІДК.

Розрахунок організації роботи системи діагностування РС виконується з метою визначення мінімально допустимих періодів опитування датчиків за умови забезпечення максимальної достовірності про стан РС з урахуванням показників надійності його вузлів.

Достовірність одержуваної інформації вимірюватимемо ймовірністю того, що між діагностичними перевірками зміни в технічному стані елементів не буде [4]:

$$D = \prod_{i=1}^m e^{-\lambda_i \tau_i} \quad (1.9)$$

У математичному вигляді задача сформульована так [4]:

Необхідно знайти такі $\tau_i > 0$, щоб

$$I = \sum_{i=1}^m \lambda_i \tau_i \rightarrow \min \quad (1.10)$$

і при цьому виконувалися умови

$$\sum_{i=1}^m \frac{t_i}{\tau_i} < \rho_0, \quad \sum_{i=1}^m t_i \leq \min(\tau_i) \quad (1.11)$$

де ρ_0 – задане завантаження ІДК

Задача визначення періодів часу, через які повинно проводитися оновлення інформації в бортовому модулі зберігання даних про значення контрольованого параметра з метою подальшого прогнозування відмови ("прогнозувальні періоди") сформульована

таким чином: визначити періоди збереження інформації так, щоб достовірність інформації про елементи з номерами $i = \overline{1, r}$, ($r < m$) була б не нижчою за заданий рівень, а достовірність інформації про решту елементів була б максимальною і при цьому виконувалися умови по завантаженню і запуску ІДК.

Розрахунок роботи системи діагностування РС виконується з метою визначення мінімально допустимих періодів оновлення інформації в бортовому модулі зберігання даних так, щоб достовірність інформації про стан пріоритетних вузлів РС була максимальною, а достовірність інформації про стан решти вузлів була б не нижче заданої, з урахуванням показників надійності вузлів РС.

У математичному вигляді задача сформульована так: визначити $\{\tau_i > 0\}, i = \overline{1, m}$ так, щоб [4]

$$I = \sum_{i=r+1}^m \lambda_i \tau_i \rightarrow \min \quad (1.12)$$

при

$$I = \sum_{i=1}^r \lambda_i \tau_i \leq \alpha, \quad \text{де } \alpha = -\ln(P_0) \quad (1.13)$$

і при цьому виконувалися умови

$$\sum_{i=1}^m \frac{t_i}{\tau_i} < \rho_0 \quad (1.14)$$

$$\sum_{i=1}^m t_i \leq \min \{\tau_i\} \quad (1.15)$$

де P_0 – заданий рівень достовірності інформації про пріоритетні елементи;

ρ_0 – задане завантаження ІДК

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

Для вирішення цих задач використаний метод параметризації з використанням множника Лагранжа.

Під час створення бортових систем ТРС і МВРС слід мати на увазі, що в системах управління та автоматики сучасного РС використовується багато мікропроцесорних систем (системи автоведення, САУТ, КЛУБ та інші) із застосуванням різного типу датчиків та мікропроцесорних пристроїв. Виникає потреба у виборі високопродуктивного і надійного інтерфейсу для обміну повідомленнями між різними блоками систем управління і бортових систем діагностування. Для ефективної роботи цих систем необхідна висока швидкість обміну, висока вірогідність і низький рівень помилок передачі інформації.

На сьогодні, існує маса мережевих технологій. Сучасні мережі забезпечують обслуговування великого діапазону абонентів, гідну швидкість передачі даних і відповідають низці інших вимог, однак для використання на залізничному транспорті підходять лише небагато з них. Розглянемо кілька способів організації взаємодії абонентів найбільш поширених мереж.

В цей час найбільш популярна у світі мережа Ethernet. Її поширеність зумовлюється високим рівнем стандартизації і уніфікації вузлів. Однак слід зазначити, що мережа Ethernet не відрізняється ні високими характеристиками, ні оптимальними алгоритмами і застосовувати її на рухомому складі в умовах експлуатації можна, тільки прийнявши заходи щодо захисту інформації від спотворення.

На відміну від Ethernet мережа Token-Ring добре витримує велике навантаження, забезпечує швидкий доступ і велику інтенсивність обміну. До недоліків Token-Ring можна віднести високу вартість устаткування, недостатню гнучкість конфігурації і

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

низьку перешкодозахищеність [9].

Зараз все більше поширюються оптоволоконні мережі. Найбільш відомою з них є мережа FDDI, яка має великі переваги порівняно з усіма розглянутими раніше мережами. Це висока перешкодозахищеність, хороша гальванічна розв'язка абонентів і висока швидкість передачі даних. На жаль, застосування мережі FDDI для обладнання бортових систем є нерациональним через високу вартість апаратури. В цей час зв'язок між бортовими датчиками і пристроями обробки інформації в бортових транспортних і промислових мережах здійснюється за допомогою відкритого мережевого протоколу CANopen (Controller Area Network) [10]. Вибір зумовлений хорошими характеристиками, високою перешкодозахищеністю, можливістю розвитку і відносною простотою реалізації. Основною рисою протоколу CANopen, що дозволяє застосовувати його на рухомому складі, є, на відміну від інших інтерфейсів, можливість працювати на основі техніки розподілених повідомлень. Інформація, передана в мережі, доступна для прийому будь-яким вузлом системи, який, використовуючи фільтр, приймає рішення про обробку або ігнорування повідомлення. Передача повідомлення в мережі CAN може бути ініційована будь-яким вузлом мережі (принцип багатомайстерної конфігурації) при вільній шині, вузли можуть обмінюватися інформацією між собою. Всі вузли мають рівні права на початок передачі при вільній шині, тому передача може бути розпочата одночасно декількома вузлами. Така схема доступу гарантує в кожен момент часу передачу повідомлення з найвищим пріоритетом і найбільш ефективне використання для цього пропускну здатності шини. У протоколі передбачені широкі можливості детектування помилок і механізми зниження кількості помилок. Одним з

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

найбільш важливих інструментів виявлення помилок є відстеження рівня сигналу в переданих вузлом бітах. Відмінність виміряного рівня від того, що був при поси́лці, фіксується як помилка. Під час інформації про виникнення помилки передане повідомлення знищується. У кожному контролері інтерфейсу є лічильник передачі і прийому повідомлень про помилки, що забезпечує якнайшвидшу ізоляцію вузла, який відмовив, і дозволяє створити досконалий механізм управління мережею для захисту її від збоїв.

Сформульовані в даному розділі основні принципи побудови бортових систем діагностування ТРС і МВРС забезпечать накопичення достовірної та адекватної інформації про його технічний стан, необхідної для організації обслуговування та ремонту РС.

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

2 Системи бортової діагностики на тяговому рухомому складі Укрзалізниці

2.1 Електровоз ДС3

У електровоза ДС3 бортова система діагностики відображає інформацію на дисплеї виробництва концерну Сіменс АГ з графічною роздільною здатністю відеографічного адаптера, який повністю сумісний з ПК. Ці дисплеї мають штекерні роз'єми для підключення шини електровоза (MVB) [11].

Кожне зображення описується в своєму окремому розділі. При відсутності даних в момент спостереження значення в масках відзначаються знаком (-).

Значення, що зображують стандартний робочий стан, зображуються сірим кольором на чорному фоні.

На всіх зображеннях відображаються (рисунок 2.1):

- індикатор стану 1 (маска внизу зліва);
- індикатор стану 2 (маска внизу посередині);
- сигналізатор несправності (маска внизу праворуч).

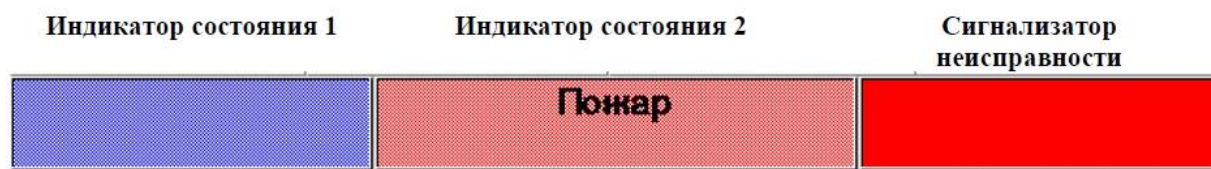


Рисунок 2.1 – Відображення на дисплеї електровоза ДС3

При роботі по «системі двох одиниць» (СДО) відображаються також несправності і веденого електровоза. Додатково при роботі за системою «двох одиниць» є своє власне основне зображення, а також власне зображення «Сила тяги/сила гальмування». Три зображення стану: «тяга», «струмоприймач» і «головний вимикач»

існують і для веденого локомотива.

На стартовій сторінці (із зображенням електровоза) відображається діюча версія програмного забезпечення дисплея.

Після завантаження та ініціалізації програмного забезпечення в кабіні з машиністами включається дисплей і з'являється основне зображення.

Основне зображення існує в двох видах [11]:

1. При роботі одним електровозом буде відображено (рисунок 2.2):

- напруга контактної мережі;
- споживаний струм;
- сила тяги.

2. При роботі по «Системі двох одиниць», буде відображено:

- напруга електровоза 1,
- сумарний струм;
- сила тяги електровоза 1;
- сила тяги електровоза 2.

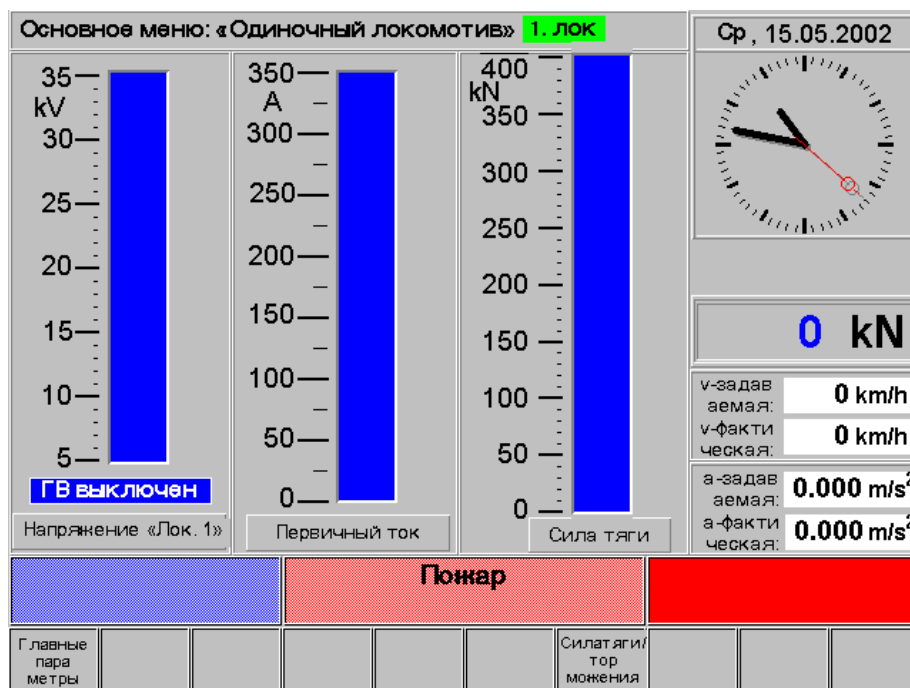


Рисунок 2.2 – Основне ображення (один електровоз)

Основні зображення поряд з вертикальними шкалами мають три маски з інформацією про стан, які з'являються лише при необхідності що-небудь повідомити [11]:

- Індикація стану 1: Ця маска служить для індикації повідомлень, що стосуються гальм. Можуть висвітлюватися 16 повідомлень про стан в максимум двох рядках.

- Індикація стану 2: Ця маска служить для повідомлень про інші важливі для машиніста стани (відмова гальм, блокування сили тяги, повідомлення про пожежу тощо). Можуть висвітлюватися 48 повідомлень про стан в максимум двох рядках.

- Сигналізатор несправностей: Ця маска вказує машиністу на нові або ще не прочитані повідомлення. Ця індикаторна маска висвічується, коли з'являються несправності. При появі нового повідомлення про несправності комірка починає блимати жовтим кольором (із посиленням на прилад або функцію з несправністю). Після квітірування всіх несправностей, тобто витребування заходів щодо усунення відповідно виниклої несправності ("i" або "v>0" або "v=0"), текст сигналізатора несправностей перемикається на «Несправність» та комірка більше не блимає. З появою нової несправності комірка знову починає блимати.

На основному зображенні в масці "ГВ" (під шкалою «напруга») відображається стан головного вимикача.

На вкладці «Основні параметри локомотива» (рисунок 2.3), система бортової діагностики локомотива ДСЗ відображає наступну інформацію [11]:

- фактична швидкість;
- фактичний пробіг електровоза;
- зайнятий пульт управління ПУ (1 або 2);
- стан струмоприймача (вгорі і вниз);

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

- стан головного вимикача (вкл., викл.);
- стан тягових перетворювачів 1 і 2 (вкл., викл.);
- стан перетворювача допоміжних механізмів (вкл., викл.);
- стан ZSG1 і ZSG2 (Master і Slave).

Ср 15.05.2002		Основные параметры				16:24	
Скорость		--- km/h					
Участок, km		--- km					
Токоприемник 1		---		---		Токоприемник 2	
Главный выключатель		---					
ASR 1		ВЫКЛ.		ВКЛ.		ASR 3	
ASR 2		---		---		ASR 4	
HBU 1.1		---		---		HBU 2.1	
HBU 1.2		---		---		HBU 2.2	
Статус ZSG 1		---		---		Статус ZSG 2	
Температура				Тяговый двигатель		Блокировка силы тяги	
				Статус ГВ		Статус токоприемника	
				Проверка		Основное изображение	

Рисунок 2.3 – Вкладка основні параметри локомотива

При роботі одним електровозом відображаються сили тяги окремих тягових двигунів електровоза (рисунок 2.4). При роботі по СДО відображаються сили тяги окремих візків обох електровозів.

Фактичні сили тяги кожного тягового двигуна зображуються у вигляді синіх колонок, задані сили тяги - у вигляді синіх стрілок (гострих трикутників). Сили гальмування зображуються таким же чином, тільки темно-жовтим кольором. Справа внизу інформація для машиніста про суму фактичних сил тяги всіх тягових двигунів або електровозів (синій колір: сила тяги; жовтий колір: сила гальмування).

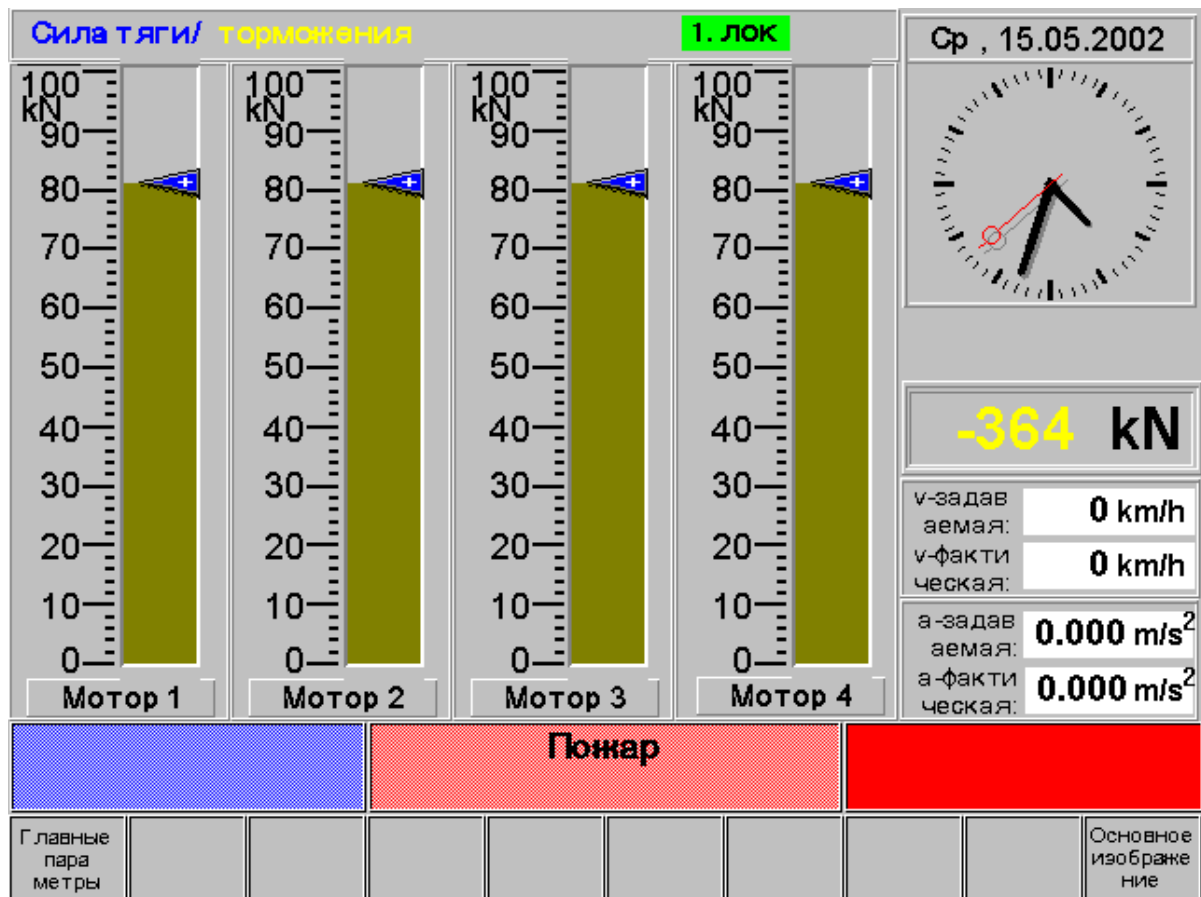


Рисунок 2.4 – Силы тяги тяговых двигунів при роботі одиночним електровозом

Бортова система діагностики електровоза ДС3 дозволяє контролювати наступні температури (в ° С) (рисунок 2.5) [11]:

- 1 і 2 контури охолодження трансформатора;
- 1 і 2 Найгорячіші точки трансформатора;
- контур охолодження тягових перетворювачів 1 і 2;
- температура пристроїв управління локомотивом ZSG1 і ZSG2;
- температура пристроїв керування електроприводом ASG1 і ASG2;
- температура обмоток статорів тягових двигунів 1 ... 4;
- зовнішня температура;
- осі візків 1 по 4 відповідно праворуч і ліворуч.

Ср 15.05.2002	Температуры						16:26
Контур 1 трансформатора	---	---	Контур 2 трансформатора				
Самая горячая точка трансформатора 1	---	---	Самая горячая точка трансформатора 2				
Тяговый преобразователь 1	---	---	Тяговый преобразователь 2				
ASG 1	---	---	ASG 2				
ZSG главный	---	---	ZSG подчиненный				
Тяговый двигатель 1	---	---	Тяговый двигатель 2				
Тяговый двигатель 3	---	---	Тяговый двигатель 4				
Наружная температура	---						
Ось 1, левая	---	---	Ось 1, правая				
Ось 2, левая	---	---	Ось 2, правая				
Ось 3, левая	---	---	Ось 3, правая				
Ось 4, левая	---	---	Ось 4, правая				
Главные параметры			Статус HBU	Датчик вибрации		Сила тяги/торм	Основное изображение

Рисунок 2.5 – Температуры оборудования электровоза ДСЗ

Діючі повідомлення вкладки «заборона на силу тяги» з'являються чітким чорним текстом на білому фоні. Прочитані повідомлення з'являються затемненими. Приклад даної вкладки представлений на рисунку 2.6 [11].

Ср 08.05.2002		Статус - блокировка силы тяги					14:28	
<div>Неправильное положение элемента управления на ПУ1/ПУ2</div> <div>Задатчик тяга/торм, неработоспособен (рукоятка 2)</div> <div>Допустимая скорость превышена</div> <div>Включатель двойной тяги недовключен</div> <div>Направление не определено (Рукоятка 2)</div> <div>Связь лок-вов еще не завершена (при многих ед.Тяги)</div> <div>Выключен ГВ или недоступен привод</div> <div>Нет тяги более 20 секунд после задания</div> <div>Экстренный тормоз</div> <div>ЭПК не активирован</div> <div>Электр. или Пневм. торможение задано «вручную»</div> <div>Действует тормоз тележки 1 / 2 ($V>5\text{км/ч}$)</div> <div>Кран машиниста не в положении I-V</div> <div>Давл.торм.маг. < 0,4МПа или тест обр. клапана ошибочен</div> <div>Обрыв тормозной магистрали при заданной тяге</div> <div>Разблокирование тормоза не включено или включено несколько</div>								
Температура						Статус ГВ	Статус токоприемника	Основное изображение

Відомості, що виводяться системою бортової діагностики електровоза ДСЗ щодо стану головного вимикача та струмоприймача приведено відповідно на рисунках 2.7 і 2.8.

Ср 15.05.2002		Статус - даблoкировка глaвного выключателя					16:22	
<div>Постороннее питание привода подключено</div> <div>Положение заземлителя не корректно</div> <div>СУ приводом блокирует включение ГВ (неиспр.ASG не откл.)</div> <div>Вспом.Оборудование блокирует включение ГВ</div> <div>Токоприемник не поднят</div> <div>Сверх или ниже нормативное напряжение контактной сети</div> <div>ГВ откл.с пульта, нейтр. вставка, КМ не в нуле, другой лок.</div> <div>Сработала защита (см.таблицу сообщений)</div> <div>Неиспр. тележка 1/ 2, перегруппировка привода на дисплее</div> <div>Главный выключатель-контроль сообщений</div> <div>Ошибка сообщения (SIBAS)</div> <div>Цепи ГВ: Не разблокировано или идет тестирование</div> <div>Ошибка разблокирования ГВ</div> <div>Идет тестирование ГВ</div> <div>ВО блокирует или идет тестирование контактов ВО</div> <div>Аппаратный шкаф в кузове открыт</div>								
Темпера тура					Блокировка силы тяги		Статус токоприемника	Основное изображение

Рисунок 2.7 – Стан головного вимикача

Ср 15.05.2002		Статус- токоприемник				16:21			
<div>Автоматический выключатель «Пантограф/ГВ» разомкнут</div> <div>Заземлено или неисправен разъединитель заземления</div> <div>Уменьшена нагрузка батареи</div> <div>Контактор 34-K11 постороннего питания ВО включен</div> <div>Оба разъединителя пантографов заземлены (блокированы)</div> <div>-</div> <div>-</div> <div>Постороннее питание ТД подсоединено</div> <div>Разблокирование ГВ не завершено</div> <div>-</div> <div>-</div> <div>Нет связи с клеммной сборкой SIBAS-KLIP-Station 3(в кузове)</div> <div>Автом. выключатель (24-F03) цепей управления разомкнут</div> <div>Автом. выкл.(21-F02)разъединителя заземления разомкнут</div> <div>Аппаратный шкаф в кузове открыт (концевой выключатель)</div> <div>Постороннее питание ТД включено</div>									
Темпера тура					Блокировка силы тяги	Статус ГВ			Основное изображение

Рисунок 2.8 – Стан струмоприймача

На вкладці «датчик вібрації» системою бортової діагностики відображається інформація щодо датчиків вібрації основного обладнання електровоза ДСЗ (рисунок 2.9) [11].

Ср 08.05.2002		Датчик вибрации		9:39	
Вентилятор ТД 1, ось x		---	---	Вентилятор ТД 1, ось y	
Вентилятор ТД 2, ось x		---	---	Вентилятор ТД 2, ось y	
Компрессор 1, ось x		---	---	Компрессор 1, ось y	
Компрессор 2, ось x		---	---	Компрессор 2, ось y	
Тяговый двигатель 1, ось x		---	---	Тяговый двигатель 1, ось y	
Тяговый двигатель 2, ось x		---	---	Тяговый двигатель 2, ось y	
Тяговый двигатель 3, ось x		---	---	Тяговый двигатель 3, ось y	
Тяговый двигатель 4, ось x		---	---	Тяговый двигатель 4, ось y	
Г л а в н ы е п а р а м е т р ы					О с н о в н о е и з о б р а ж е н и е

Рисунок 2.9 – Вкладка датчик вібрації

Вкладка «огляд несправностей» (рисунок 2.10) містить весь перелік несправностей, виявлених бортовою системою діагностики. При роботі по «системі двох одиниць» відображаються також всі несправності і веденого локомотива [11].

Всі повідомлення по несправностях мають на дисплеї позначку часу. Всі несправності, за якими вже затребувані заходи щодо усунення несправностей або пояснення, мають знак «*».

Тексти огляду несправностей можуть видаватися як з номером несправності, так і без нього. Для цього необхідно натиснути на клавішу «2».

Потім можна відобразити фактичну дату і чинний час натисканням на клавішу «.».

За допомогою кнопки «Прокрутка» може бути вибрано відповідне повідомлення про несправності. Кнопками "v>0" або

"v=0", а також "i" машиніст може вибрати захід щодо усунення несправності або можна перейти безпосередньо до пояснення несправності, обраної за допомогою клавіші вибору несправності.



Рисунок 2.10 – Вкладка огляд несправностей

Всі тексти обрані максимально короткими для забезпечення швидкої інформації про обставини. Але в заходах щодо усунення несправностей в нерухомому стані є і більш довгі тексти, в цьому випадку з правого боку тексту можливість для перегляду шляхом прокрутки [11].

Система бортової діагностики електровоза ДСЗ має можливість видачі акустичних сигналів. До неї може бути підключений гучномовець. При несправності може видаватися звуковий сигнал (писк).

2.2 Електровоз ДЕ1

Електровози серії ДЕ1 обладнано мікропроцесорною системою діагностики (МСД) "Магістраль-ДЕ1М" ГКИУ.468262.006, яка являє

собою вимірювально-обчислювальний комплекс, призначений для автоматичного контролю параметрів технічного стану систем, вузлів і агрегатів магістрального електровоза постійного струму ДЕ1 і забезпечення відображення процесів управління електровозом при експлуатації і в умовах стаціонарного обслуговування.

Структурна схема бортової системи діагностики електровоза ДЕ1 представлена на рисунку 2.11.

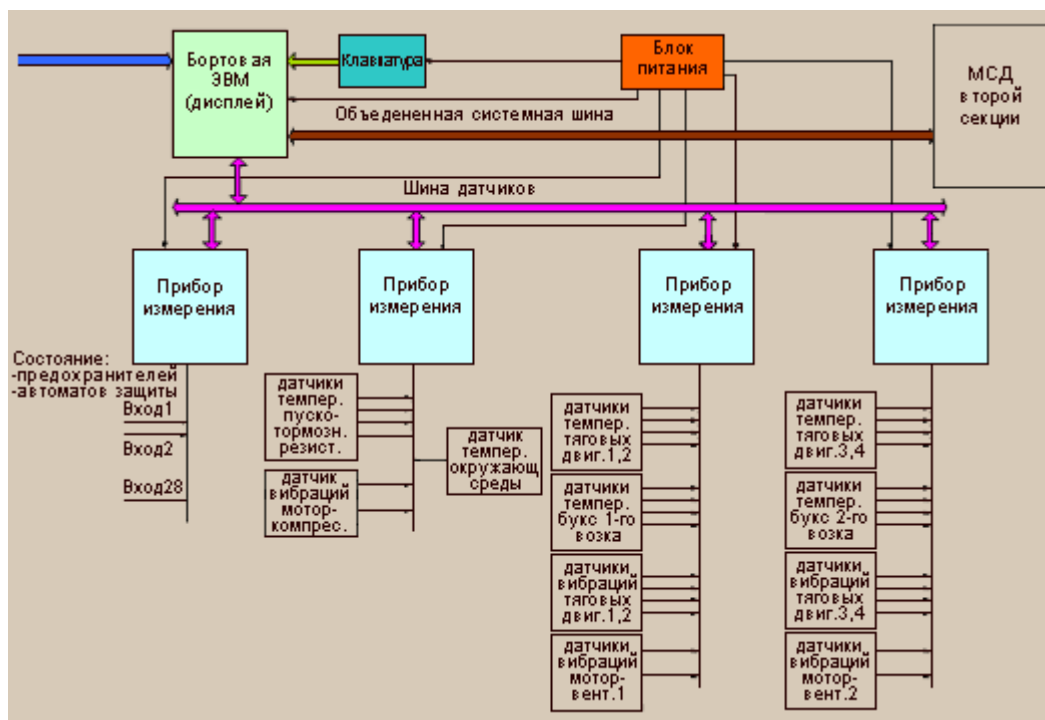


Рисунок 2.11 – Структурна схема бортової системи діагностики електровоза ДЕ1

Система "Магістраль-ДЕ1М" забезпечує:

- вимірювання аналогових і дискретних параметрів, перелік яких приведений у таблицях 1 і 2 "Руководства по эксплуатации" ГКИУ.468262.006 РЭ [12] , відповідно;
- виявлення відхилень у роботі устаткування за критерієм перевищення допустимих і критичних значень для аналогових параметрів;
- прийом даних з УУТЕП;

- візуальне і звукове оповіщення про досягнення параметрами критичних і гранично припустимих значень, а також про появу заборонених комбінацій дискретних сигналів);
- візуальне і звукове оповіщення про надходження аварійно-попереджувальних повідомлень з УУТЕП;
- відображення поточного стану контрольованих параметрів на відео-моніторі;
- реєстрацію інформації про відхилення від норми в роботі устаткування в енергонезалежному модулі пам'яті;
- читання даних, записаних у модулі пам'яті, і виведення цих даних на відео-монітор;
- режими відображення на відео-моніторі: штатний, аварійний і по запиту;
- автоматичне включення резервного джерела вторинного живлення, при відмовленні основного джерела.

По каналу зв'язку з УУТЕП система одержує, обробляє і відображає на відео-моніторі наступні параметри [12]:

- дані про струми і напруги тягового і допоміжного устаткування (повний перелік аналогових параметрів, що надходять з УУТЕП, приведений у таблиці 5 [12]);
- дані про стан дискретних сигналів тягового і допоміжного устаткування (Повний перелік дискретних сигналів, що надходять з УУТЕП, приведений у таблиці 3 [12]);
- екстрені текстові повідомлення про відхилення в роботі устаткування електровоза (Перелік екстрених текстових повідомлень, що надходять з УУТЕП, приведений у таблиці 4 “[12]);
- дані зі швидкостеміра (відображаються в кадрі «СПІДОМЕТР»):

1) швидкість від 0 до 200 км/годин;

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

2) тиск у гальмівний магістралі від 0 до 10 кг/см²;

3) обмеження швидкості – обмежувальна червона дуга на спідометрі.

Перелік аналогових параметрів, що контролюються системою "Магістраль-ДЕ1М" [12]:

1. Температура:

- навколишнього середовища;
- нагріву буксових вузлів;
- на вході тягових електродвигунів (ТЕД);
- на виході ТЕД;
- на виході блоків пуско-гальмівних реостатів.

2. Рівні віброприскорення в двох площинах, вертикальній і горизонтальній):

- на корпусі ТЕД;
- на корпусі двигуна мотор-вентилятора;
- на корпусі двигуна мотор-компресора.

3. Напруга контактної мережі.

4. Струми:

- якоря ТЕД;
- збудження ТЕД;
- вентилятора
- компресора;
- акумуляторної батареї.

5. Напруга

- на якорі ТЕД;
- акумуляторної батареї;
- кола керування
- каналу кола керування.

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

6. Швидкість електровоза, виміряна УУТЕП.

Програмні та апаратні засоби системи забезпечують функціонування систем діагностики двох секцій у єдиному комплексі, в якому обробляється, відображається на відео-моніторі і реєструється в модулі пам'яті вимірювальна інформація всього електровоза.

Відображення інформації і реєстрація її в модулях пам'яті дублюється одночасно в обох секціях електровоза.

Система має ряд сервісних режимів роботи, що забезпечують можливість проведення пусконаладжувальних, регламентних і ремонтних робіт.

По стійкості до впливу механічних факторів система відноситься до групи М25 (за ГОСТ 17516.1-90) у частині вузлів, встановлюваних у кузові, і групі М27 у частині вузлів, встановлюваних поза кузовом.

По стійкості до впливу кліматичних факторів система задовольняє наступним вимогам:

– температура навколишнього середовища, °С:

1) для пристроїв, встановлених до кабіни від мінус 40 до плюс 55;

2) для пристроїв, встановлених у кузові від мінус 40 до плюс 60;

– відносна вологість при температурі плюс 25 °С до 98 %;

– атмосферний тиск 730 ± 30 мм. рт. ст.

По стійкості до умов збереження і транспортування система відповідає групі 2(с) за ГОСТ 15150-69.

Система побудована за блочно-модульним принципом і складається з окремих конструктивно і функціонально закінчених елементів різних рівнів складності: приладів, блоків, вузлів та

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

датчиків, розташовуваних у кузові електровоза та на візках. Усі компоненти системи з'єднуються між собою за допомогою джгутів монтажного комплексу. Приладо-блоковий склад системи наведений у таблиці 1.

Таблиця 2.1 – Комплектність системи "Магістраль-ДЕ1М" [12]

№, п/п	Позначення	Найменування	Кількість
1	2	3	4
1	ГКИУ.468262.006	Система діагностики "Магістраль-ДЕ1М"	1
2	ГКИУ.467850.007	Прилад МГ5.1-4	1
3	ГКИУ.915205.002	Прилад МГ5.2-1	1
4	ГКИУ.468261.003	Прилад МГ6.1	1
5	ГКИУ.468363.002	Прилад МГ6.2	1
6	ГКИУ.468363.003	Прилад МГ6.3	2
7	ГКИУ.436434.014	Блок ВПН24.01	2
8	ГКИУ.468729.002	Блок ПВПУ	4
9	ГКИУ.468729.002-01	Блок ПВПУ-1	1
10	ГКИУ.468729.002-04	Блок ПВПУ-4	1
11	ГКИУ.436731.001	Комутатор ШЛ9.1	3
12	ГКИУ.402152.001	Віброперетворювач АВС- 117-У2	7
13	БАУИ.405211.053-01	Термоперетворювач опору ТСП-0287	5
14	БАУИ.405211.053-02	Термоперетворювач опору ТСП-0287	4
15	БАУИ.405211.053-03	Термоперетворювач опору ТСП-0287	12

1	2	3	4
16	ГКИУ.468921.003	Комплект монтажних частин	1
17	ГКИУ.00063	Програмне забезпечення "МСД-ДЕ1М-ПЗ"	1

У комплект монтажних частин входять джгути, що забезпечують з'єднання складових частин системи між собою, міжсекційний джгут для об'єднання двох систем, а також набір з'єднувачів для підключення до вимірювальних каналів датчиків дискретних сигналів та кіл живлення напругою 50 В.

Програмне забезпечення (ПЗ) «МСД-ДЕ1-ПЗ» розміщується у твердотілих запам'ятовуючих пристроях (ЗП) приладу МГ5.1-4.

Завантаження ПЗ в прилад провадяться на заводі-виробнику. Заміна й редагування окремих частин ПЗ може виконуватися на електровозі за допомогою спеціальних сервісних засобів.

Система діагностики «Магістраль-ДЕ1М-01» встановлюється в кожній секції електровоза ДЕ1 і при з'єднанні інформаційних шин двох систем забезпечує можливість виконання технічної діагностики всього електровоза.

Об'єднана система являє собою багатопроцесорний вимірювально-обчислювальний комплекс із жорстким алгоритмом функціонування.

До складу системи входять [12]:

- первинні вимірювальні перетворювачі – датчики віброприскорення і температури;
- вторинні вимірювальні перетворювачі – блоки ПВПУ, прилади комутації, квантування, кодування і передачі інформації

(прилади МГ6.1, МГ6.2, МГ6.3);

– обчислювальні засоби – процесори, що входять до складу приладів МГ5.1-4 забезпечують автоматизацію процесів від початку вимірювання фізичних величин до одержання остаточних результатів вимірювання, а також обробку, відображення і реєстрацію результатів вимірювання, проведення керуючих діалогів оператора (машиніста) із системою для вибору необхідних режимів роботи системи і режимів відображення інформації на відео-моніторі;

– засоби представлення інформації – відео-монітор приладу МГ5.1-4, модуль МП5 забезпечують індикацію і реєстрацію діагностичної інформації;

– підсистема електроживлення – блоки ВПН24.01, прилади ШЛ9.1, вузли живлення, вбудовані в прилади МГ6.1, МГ6.2 і МГ6.3 забезпечують перетворення вхідної напруги плюс 50 В у напругу плюс 24 В, подачу його на всі пристрої системи, а також формування напруги живлення плюс 15 В для живлення датчиків.

Вторинні вимірювальні перетворювачі розміщені в електровозі в безпосередній близькості від джерел вимірювальної інформації і разом з підключеними до них датчиками утворюють окремі вимірювальні пости (ВП). Всього в системі «Магістраль-ДЕ1М» виділяється по чотири ВП у кожній секції. Збір вимірювальної інформації в межах ВП здійснюється по радіальному принципу.

Структурна схема об'єднаної системи на рівні ВП і обчислювальних засобів представлена на рисунку 2.12.

Прилади МГ5.1-4 у кожній секції виконують керування вимірювальними постами по ШД шляхом організації запитів модулів збору інформації, встановлення їхньої черговості і пріоритетів, контроль працездатності вузлів, контроль

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

метрологічних характеристик, фільтрацію завад, обробку вимірювальної інформації, її реєстрацію в модулі пам'яті МП5, а також передачу в прилад МГ5.1-4 суміжної секції. Прилади задають також режими роботи системи відповідно до алгоритму функціонування або по вказівках оператора.

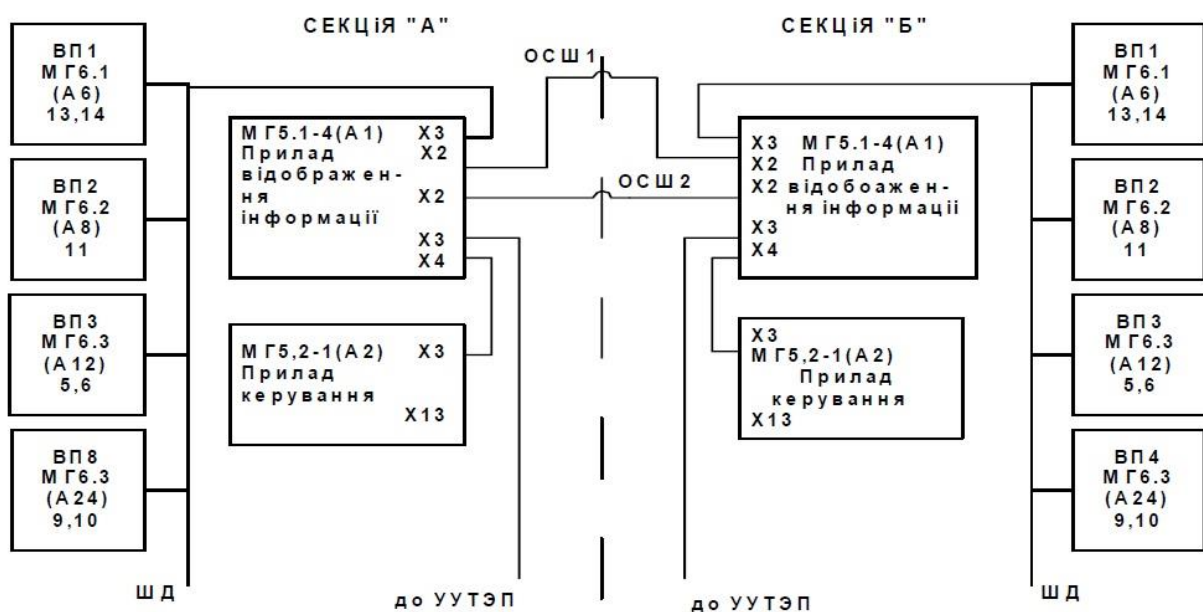


Рисунок 2.12 – Структурна схема об'єднаної системи діагностики "Магістраль-ДЕ1М"

Прилад відображення інформації (МГ5.1-4) включає у свій склад відео-монітор, контролер і здійснює:

- функції аналізу діагностичної інформації з метою виявлення відхилень від норми;
- керування процесом відображення аварійних і попереджувальних повідомлень і поточної інформації на відео-моніторі;
- забезпечення разом із приладом МГ5.2-1 проведення керуючих діалогів оператора із системою;
- реєстрацію інформації в енергонезалежному модулі пам'яті МП5.

Прилад керування (МГ5.2-1) забезпечує опитування клавіатури і видачу даних про стан клавіатури в прилад МГ5.1-4, посилення аварійних і попереджувальних звукових сигналів, які надходять з МГ5.1-4.

У якості базових технічних засобів вимірювального посту використовуються уніфіковані, системно сумісні прилади типу МГ6.2, МГ6.3 і МГ6.1, до складу яких входять один або два програмно керованих модулі збору інформації із сімейства IDEM-7000. Вибір конкретного базового приладу для вимірювального посту визначений в залежності від складу вимірюваних даним постом фізичних величин. Модулі збору інформації вирішують задачі комутації вимірювальних каналів, кодування вимірювальної інформації і передачі її в прилад МГ5.1-4 по послідовному каналу шини датчиків с.

2.3 Електровоз ВЛ11М6

Електровози серії ДЕ1 обладнано мікропроцесорною системою діагностики КО «ХАРЭКС-ДГ» ААОТ.468267.150 [13].

КО «ХАРЕКС-ДГ» ААОТ.468267.150 призначений для [13]:

- контролю стану комутованих кіл електровоза;
- контролю значень температур в різних точках електровоза;
- контролю напруги в контактній мережі;
- контролю напруги акумуляторної батареї;
- контролю струмів якорів і збудження ТЕД;
- контролю струму акумуляторної батареї;
- аналізу контрольованих параметрів для виконання функції захисту від перевищення ними заданих гранично - допустимих значень;
- формування та передачі накопиченої (в межах однієї секції)

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інформації в іншу секцію;

- відображення режиму роботи електровоза;
- відображення напрямку руху;
- відображення встановленої позиції контролера машиніста;
- відображення з'єднання ТЕД в рекуперативному режимі роботи електровоза;
- відображення поточних значень струмів і напруг, поточних температур;
- відображення параметрів контрольованих сигналів, що вийшли за межі заданих допустимих значень;
- відображення стану системи пожежної сигналізації і сантехнічного модуля;
- реєстрації параметрів і ведення архівів.

КО «ХАРЕКС-ДГ» забезпечує [13]:

- обмін інформацією з КО «ХАРЕКС-КМ»;
- обмін інформацією з системою пожежної сигналізації;
- обмін інформацією з сантехнічним модулем;
- обмін інформацією з сусідньої секцією;
- контроль і аналіз 64 дискретних сигналів;
- контроль і аналіз 16 аналогових сигналів (температури);
- контроль і аналіз 6 аналогових сигналів (напруги і струми);
- контроль і реєстрацію сигналів, параметри яких перевищили встановлені для них межі значень;
- комутацію низьковольтних кіл електровоза при перевищенні параметром, що контролюється значення, що вийшло за межі допустимого;
- відображення напрямку руху електровоза;
- відображення встановленої позиції контролера машиніста в

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

тяговому режимі роботи електровоза і в режимі рекуперативного гальмування;

- відображення з'єднання ТЕД електровоза при роботі в режимі рекуперативного гальмування;
- відображення 64 дискретних сигналів;
- відображення 16 аналогових сигналів (температури);
- відображення 6 аналогових сигналів (напруги і струми);
- відображення параметрів, значення яких перевищили задані межі;
- відображення стану системи пожежної сигналізації;
- відображення стану сантехнічного модуля;
- реєстрацію параметрів;
- ведення добового архіву;
- ведення загального архіву;
- електричну зв'язок між складовими частинами комплекту за допомогою кабелів;
- живлення складових частин комплекту від бортової мережі електровоза в діапазоні напруг від 35 до 68 В.

По виду кліматичного виконання КО «ХАРЕКС-ДГ» по ГОСТ 15150-69 відноситься до пристрою категорії УЗ.1 з робочим діапазоном температур від мінус 40 до плюс 60 ° С.

Група механічного виконання - М25 за ГОСТ17516.1-90 зі значенням прискорення для ударів одиночної дії -1g.

Розподіл функцій між блоками КО «ХАРЕКС-ДГ» приведено нижче. Структурна схема об'єднаної інформаційної магістралі між КО «ХАРЕКС-ДГ», КО «ХАРЕКС-КМ», МСТЭ, СПС «ПРОМЕТЕЙ» приведена на рисунку 2.13.

						Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

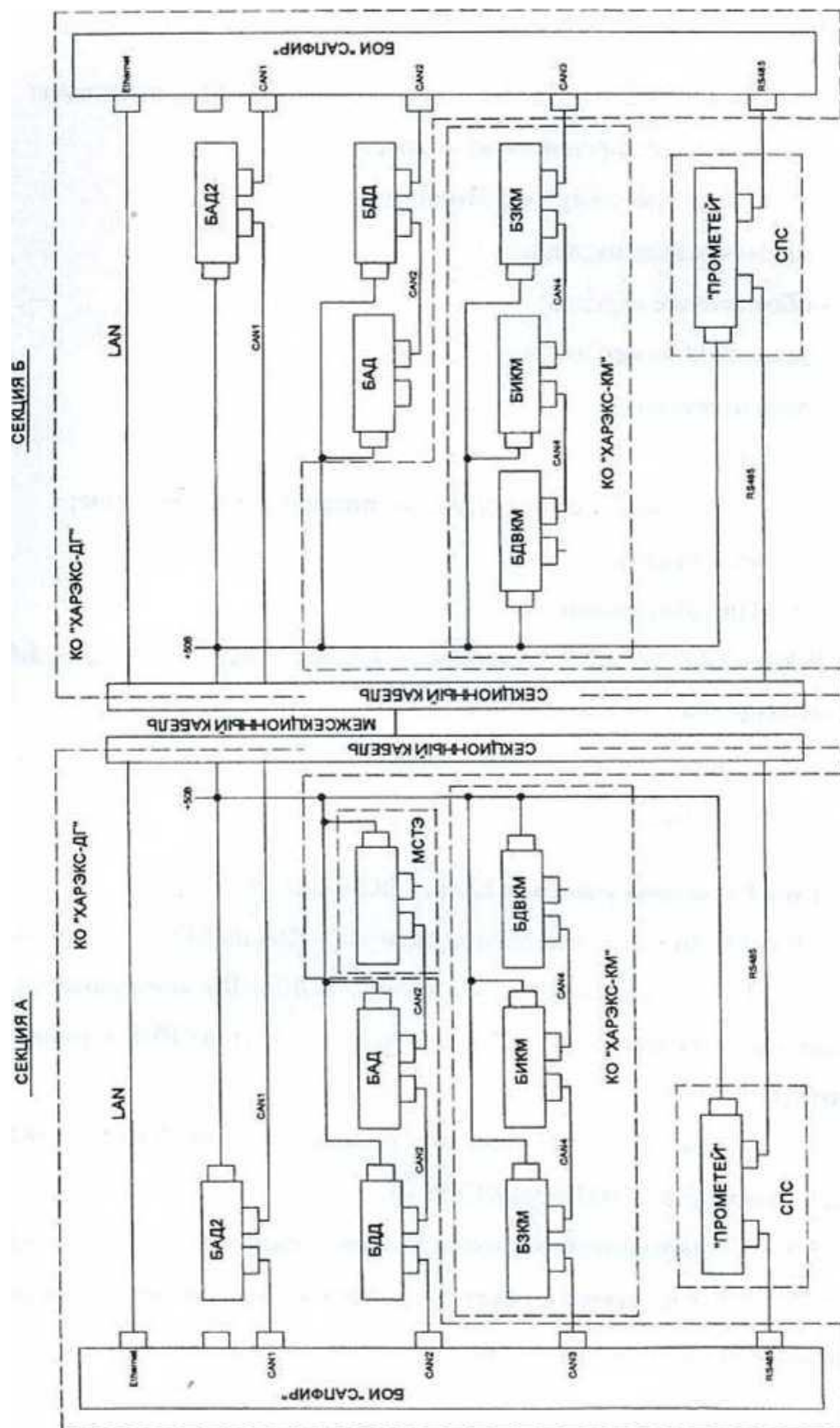


Рисунок 2.13 – Структурна схема об'єднаної інформаційної магістралі КО «ХАРЕКС-ДГ», КО «ХАРЕКС-КМ», МСТЭ, СПС «ПРОМЕТЕЙ»

Блок БОИ «САПФІР» виконує [13]:

- обмін інформацією з КО «ХАРЕКС-КМ»;
- обмін інформацією з БДР;
- обмін інформацією з БАД;
- обмін інформацією з БАД-2;
- обмін інформацією зі станцією пожежної сигналізації;
- обмін інформацією з сантехнічним модулем;
- обмін інформацією з другої секцією;
- відображення прийнятої інформації;
- аналіз прийнятої інформації;
- формування та ведення архівів;

Блок БДР виконує [13]:

- контроль 64 дискретних сигналів (контроль в заданих точках);
- відображення 64 контрольованих дискретних сигналів;
- обмін інформацією з БОИ «САПФІР»;

Блок БАД виконує [13]:

- контроль і аналіз 16 аналогових сигналів (температури);
- відображення стану 16 аналогових сигналів (температур);
- обмін інформацією з БОИ «САПФІР»;

Блок БАД-2 виконує [13]:

- контроль і аналіз 6 аналогових сигналів (напруга контактної мережі, напруга акумуляторної батареї, струми якорів ТЕД, струм збудження ТЕД, струм акумуляторної батареї);
- обмін інформацією з БОИ «САПФІР»;
- обмін інформацією з другої секцією.

Всі блоки пов'язані між собою по інтерфейсу CAN 2.0В і RS485 кабелями, що входять в комплект поставки. Зв'язок між

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

секціями здійснюється через кабель HARTING міжсекційний - ААОТ.685612.400.

Інформаційна магістраль побудована за радіальним принципом, з'єднувачі БОИ «САПФІР» мають таке призначення:

- XS1 «Ethernet» – обмін інформацією з БОИ «САПФІР» другої секції;

- XP2 «CAN1_2» – обмін інформацією з БОИ «САПФІР» другої секції і блоками БАД-2 секції;

- XP3 «CAN_2» – обмін інформацією з блоками секції: БДР, БАД і сантехнічним модулем;

- XP4 «CAN_3» – обмін інформацією з КО «ХАРЕКС-КМ» секції;

- XP5 «RS485» – обмін інформацією зі станціями пожежної сигналізації секцій.

Живлення блоків КО «ХАРЕКС-ДГ» здійснюється від бортової мережі електровоза. Джерела живлення розташовані в кожному блоці, за винятком БОИ «САПФІР». Живлення БОИ «САПФІР» здійснюється від блоку БАД-2. У штатному режимі роботи, БОИ «САПФІР» отримує поточну інформацію від всіх блоків КО «ХАРЕКС-ДГ» секції, від КО «ХАРЕКС-КМ» секції, і від БОИ «САПФІР» другої секції. БОИ «САПФІР» секцій ведуть добовий і загальний архів.

2.4 Електровоз ЭП10

Функції діагностики є невід'ємною частиною роботи системи управління електровоза ЭП10. До цього процесу залучено всі без винятку модулі системи, а загальні функції виконує модуль управління локомотивом VCU2N.

Процес виявлення несправностей електрообладнання в цілому

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

ґрунтується на безперервному моніторингу динамічних процесів і статичних станів в елементах обладнання для забезпечення його захисту від небезпечних режимів. Таким чином, виконання функцій діагностики фактично йде паралельно виконанню функцій захисту обладнання. Будь-яке відхилення контрольованих параметрів від їх очікуваних станів завжди одночасно ініціює функції захисту різного рівня і процедуру генерації, архівування та візуалізації діагностичної інформації про дану подію [14].

До процесу безперервного моніторингу динамічних процесів і статичних станів в елементах обладнання локомотива додаються процеси самодіагностики модулів системи управління.

Відхилення від норми в роботі обладнання електровоза реєструють тільки керуючі модулі. Допоміжні модулі видають повідомлення тільки про свої внутрішні порушення на основі результатів самодіагностики.

Необхідно відзначити, що у функції всіх модулів закладений контроль не тільки виходу того чи іншого параметра за очікувані межі, а й повернення цього параметра назад в нормальний режим. Це пов'язано з тим, що відмови часто мають нестійкий характер і усуваються природним чином.

Наприклад, заїдання приводного механізму якогось перемикача призводить до того, що протягом контрольного часу перемикач не встиг перевестися по команді системи управління в нове положення, але перевівся на 2 с пізніше. Запізнення дії перемикача буде зафіксовано системою діагностики як несправність, але фактом переходу перемикача в потрібне положення дещо пізніше активний статус цієї несправності буде погашений. Це означає, що кола електровоза знову знаходяться в справному стані і можуть працювати без обмежень і спеціальних заходів з боку локомотивної

						Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бригади. Інформація про цю подію зберігається в діагностичній пам'яті системи в повному обсязі, щоб працівники, які виконують обслуговування і ремонт електровоза, звернули увагу на цю подію.

На рисунку 2.14 представлена функціональна діаграма послідовності дій системи діагностики [14].

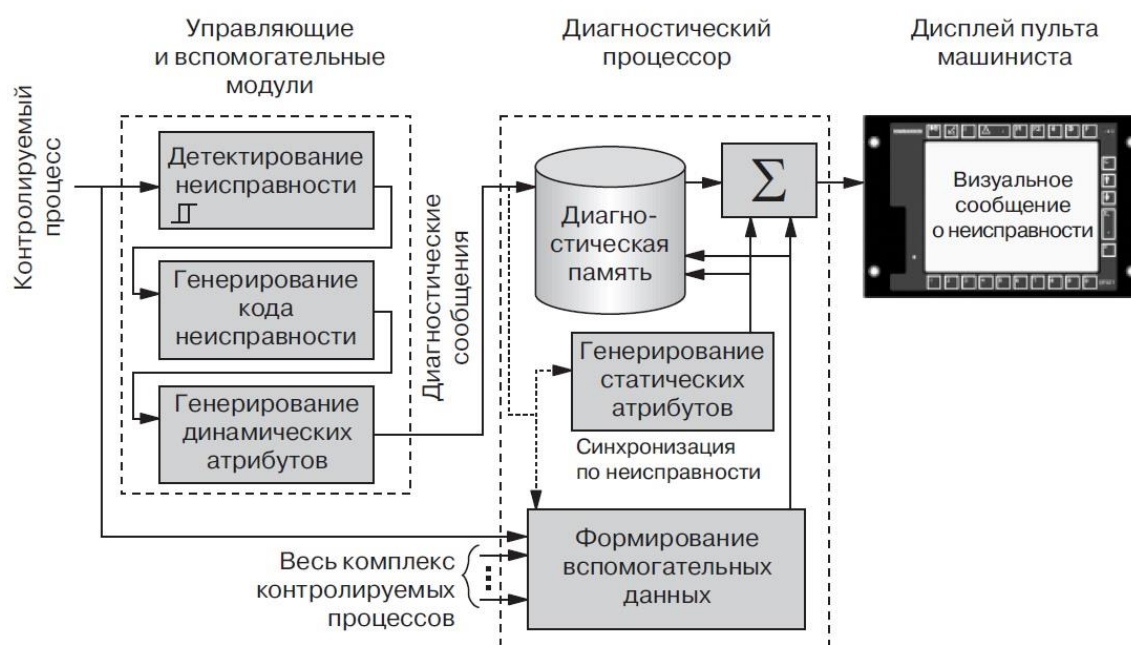


Рисунок 2.14 – Функціональна діаграма послідовності дій системи діагностики електровоза ЭП10

Процес формування діагностичних даних відбувається наступним чином.

При виявленні відхилення від норми якогось параметра відповідний модуль системи управління запускає процедуру генерації динамічних атрибутів несправності [14]:

- ідентифікатора несправності (номер модуля, що зареєстрував;
- несправність, і його внутрішній код даної несправності);
- прапора статусу несправності (активна або усунена);
- дати і часу події.

Це діагностичне повідомлення передається по інтерфейсу

зв'язку MVB діагностичному процесору (модулю VCU2N) і ініціалізує генерацію процесу формування статичних атрибутів несправності і допоміжних даних.

Статичні атрибути складаються з:

- коду несправності;
- ідентифікації групи обладнання, де виникла несправність;
- класу несправності.

Кодом несправності є 4-значне шістнадцяткове число від 0001 до FFFF. За групами устаткування діапазон значень коду несправності розбитий на 56 категорій (рисунк 2.15).

Передбачені наступні класи несправності [14]:

- клас А – активна несправність, в істотній мірі обмежує роботу електровоза. У більшості випадків при виникненні несправностей даного класу необхідно негайне втручання машиніста. Сигнали про дані несправності передаються машиністу;

- клас В – активна несправність, що не надає істотного впливу на роботу електровоза. Дані несправності підлягають усунення до чергового планового ремонту електровоза;

- клас С – аналогічно класу В, але усунення несправності може бути відкладено до чергового планового ремонту електровоза.

- клас 0 – не свідчить про несправність. Відповідний набір діагностичних даних зберігається виключно з метою реєстрації певних технологічних процесів і подій.

Допоміжні дані – це досить великий обсяг поточної інформації про те, в якому режимі працював електровоз в момент виникнення несправності. При цьому масив допоміжних даних завжди формується не тільки для одного конкретного моменту виникнення несправності, але також з «передісторією» і «післяісторією» на кілька тактів передачі даних по інтерфейсу зв'язку MVB.

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

Группа	Категория	Первый код	Последний код
Тяговые цепи	Токоприемник 1	0100	01FF
	Токоприемник 2	0200	02FF
	Сетевые цепи	0500	06FF
	Тяговый трансформатор, блок реакторов	0800	09FF
	Тяговый преобразователь № 1 (ТПр1)	1000	10FF
	ТПр1 — выпрямитель 1	1100	11FF
	ТПр1 — выпрямитель 2	1200	127F
	ТПр1 — промежуточный контур 1	1300	13FF
	ТПр1 — промежуточный контур 2	1400	14FF
	ТПр1 — тормозной резистор 1	1500	15FF
	ТПр1 — тормозной резистор 2	1600	16FF
	ТПр1 — тяговые двигатели	1900	19FF
	ТПр1 — подсистема управления	1B00	1BFF
	ТПр1 — датчик частоты вращения тягового двигателя 1	1C00	1C0F
	ТПр1 — датчик частоты вращения тягового двигателя 2	1C10	1C1F
	ТПр1 — общий	1D00	1DFF
	Тяговый преобразователь № 2 (ТПр2)	2000	20FF
	ТПр2 — выпрямитель 1	2100	21FF
	ТПр2 — выпрямитель 2	2200	227F
	ТПр2 — промежуточный контур 1	2300	23FF
	ТПр2 — промежуточный контур 2	2400	24FF
	ТПр2 — тормозной резистор 1	2500	25FF
	ТПр2 — тормозной резистор 2	2600	26FF
	ТПр2 — тяговые двигатели	2900	29FF
	ТПр2 — подсистема управления	2B00	2BFF
	ТПр2 — датчик частоты вращения тягового двигателя 1	2C00	2C0F
	ТПр2 — датчик частоты вращения тягового двигателя 2	2C10	2C1F
	ТПр2 — общий	2D00	2DFF
	Тяговый преобразователь № 3 (ТПр3)	3000	30FF
	ТПр3 — выпрямитель 1	3100	31FF
	ТПр3 — выпрямитель 2	3200	327F
	ТПр3 — промежуточный контур 1	3300	33FF
	ТПр3 — промежуточный контур 2	3400	34FF
	ТПр3 — тормозной резистор 1	3500	35FF
	ТПр3 — тормозной резистор 2	3600	36FF
	ТПр3 — тяговые двигатели	3900	39FF
	ТПр3 — подсистема управления	3B00	3BFF
Тяговые цепи	ТПр3 — датчик частоты вращения тягового двигателя 1	3C00	3C0F
	ТПр3 — датчик частоты вращения тягового двигателя 2	3C10	3C1F
	ТПр3 — общий	3D00	3DFF
Цепи собственных нужд	Заряд батареи	4000	40FF
	Канал ВПр1	4100	41FF
	Канал ВПр2	4200	42FF
	Компрессор 1	4500	45FF
	Компрессор 2	4600	46FF
	Цепь отопления поезда	4700	47FF
Тормоза	Пневматический тормоз	5300	53FF
	Маневровый тормоз	5400	54FF
	Пневматика, вся система	5900	59FF
Система управления	Управление кабины 1	6000	60FF
	Управление кабины 2	6100	61FF
	Система безопасности	7300	73FF
Управление	Управление: блоки А63, А64, А65	A000	A7FF
	Регулятор скорости	B100	B1FF
	Система автоведения	B500	B5FF
—	Другие	F000	FFFF

Рисунок 2.15 – Категорії кодів несправності електровоза ЕП10

Для різних категорій обладнання передбачена можливість по-різному конфігурувати обсяг і перелік параметрів, що включаються в масив допоміжних діагностичних даних. Можна реєструвати до декількох десятків різних параметрів.

Всі необхідні параметри для масивів допоміжних діагностичних даних беруться діагностичним процесором з інтерфейсу зв'язку MVB. Комплекс цих параметрів завжди доступний в системі і постійно оновлюється з кожним циклом передачі даних по інтерфейсу зв'язку MVB, як би в осцилографічному режимі. Ці дані за заданий проміжок часу завжди зберігаються в постійно оновлюваному динамічному буфері пам'яті модуля VCU2N. Це і дозволяє в момент виникнення несправності завжди мати набір параметрів, що характеризують роботу обладнання електровоза безпосередньо перед виникненням несправності.

Сформований діагностичним процесором комплекс даних про відмову складається з [14]:

- динамічних атрибутів;
- статичних атрибутів;
- допоміжних даних.

Він зберігається в незалежній пам'яті модуля VCU2N. Одночасно з цим на дисплей пульта машиніста видається інформація для візуального відображення.

Передбачені кілька варіантів відображення діагностичної інформації в залежності від класу несправності, щоб відповідним чином залучалася увага машиніста до події.

Збережені в незалежній пам'яті діагностичні дані можна переглянути на моніторі пульта машиніста, виконуючи відповідні операції з клавіатурою дисплея. Також весь комплекс діагностичних

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

даних може бути лічений в сервісний комп'ютер для подальшого аналізу і статистичної обробки. У міру заповнення пам'яті система переходить в режим перезапису з заміною найстаріших повідомлень новими. Для нормального режиму експлуатації електровоза обсягу пам'яті системи діагностики досить для збереження повідомлень за кілька місяців експлуатації.

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

3 Системи бортової діагностики на моторвагонному рухомому складі Укрзалізниці

3.1 Електропоїзд ЕКр1

Система управління і діагностики головного вагона електропоїзда ЕКр1 виконана на базі модульного обладнання фірми «SELECTRON», Швейцарія.

Система забезпечує регулювання, контроль і захист тягового приводу з боку перетворювача, а також виконує функції центрального приладу управління, вирішуючи завдання управління і інформаційного забезпечення кабіни управління. Крім того, в системі реалізовані функції діагностування тягового приводу, а також надання допомоги оператору при введенні в експлуатацію і проведенні технічного обслуговування.

Система побудована за блочно-модульним принципом. Всі завдання системи розподілені між функціональними модулями і вузлами, такими як, наприклад, вузол центрального процесора, пристрій сполучення для зв'язку, інтерфейсні модулі і модулі вводу/виводу сигналів [15].

В системі застосовано мікросхеми високого ступеня інтеграції, такі як потужні мікропроцесори (32-розрядні), процесори обробки сигналів, різні матриці логічних елементів і вентильні матриці з експлуатаційним програмуванням.

Вбудована система діагностики для введення в експлуатацію, технічного обслуговування і усунення несправностей, а також зберігання даних про стан приводу і електропоїзд в цілому при наявності несправностей.

Зчитування даних, що зберігаються в запам'ятовуючих пристроях, і застосування програмного забезпечення з технічного

						Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обслуговування за допомогою стандартного персонального комп'ютера, що підключається через діагностичний роз'єм.

Компоненти системи управління електропоїзда ЕКр1 [15]:

– CPU831-TG – модуль з центральним процесором. Основний обчислювальний блок, що виконує обробку сигналів, що надходять. Містить 2 канали CAN інтерфейсу, інтерфейс зв'язку по шині Ethernet (служить для оновлення ПЗ), резервний інтерфейс RS485 і інтерфейс міжблочного зв'язку комунікаційних модулів L-Bus.

– CAN831-T – трьохканальний модуль CAN інтерфейсу. Служить для організації поїзного зв'язку з CAN інтерфейсом.

– PSM831-TM – модуль живлення. Забезпечує перетворення напруги 24 В постійного струму в стабілізовану 12 В для живлення модулів процесора і комунікаційних модулів CAN інтерфейсів.

– DDC732-TG – модуль шлюзу поїзної шини CAN інтерфейсу з внутрішньою шиною C-Bus модулів вводу-виводу. Може обслуговувати до 12 модулів вводу-виводу.

– AAC731-TG/12B – модуль аналогового введення-виведення. Містить 4 канали введення і 2 канали виведення аналогових сигналів розрядністю 12 біт. Використовується для зчитування даних, що надходять від датчиків напруги контактної мережі, контролера машиніста, датчика тиску живильної магістралі і управління частотними перетворювачами вентиляторів охолодження тягових двигунів.

– DIT732-TW – модуль дискретного вводу. Містить 32 канали введення і використовується для аналізу стану дахового, вакуумного і швидкодіючого вимикачів, пантографа і інших пристроїв.

– DDT732-TG/05A – модуль дискретного вводу-виводу. Кожен з модулів містить по 16 каналів введення і 16 каналів виведення дискретних сигналів. Використовуються для обробки даних, що

						Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надходять від кнопок пульта машиніста, аварійних сигналів тягових блоків, датчиків тягового трансформатора, а також управління індикаторами пульта машиніста, включення тягових шаф, перемикання дахового, вакуумного і швидкодіючого вимикачів, оперування пантографом, компресорами і т.д.

Для зменшення кількості поїзних проводів, резервування та контролю помилок, переданих пакетів даних, збільшення пропускної здатності переданих сигналів в поїзді, використовуються кілька поїзних інформаційних шин (див. рисунок 3.1) [15]:

- 5 шин CAN Open для обміну інформацією між вагонними комп'ютерами «SELECTRON», шафами з тягової апаратурою, гальмівними контейнерами, стійками ШР САУКД, системою КЛУБ-У;

- шина RS485 поїзної автоматизованої інформаційної діагностичної системи (ПАІДС);

- шина RS485 протипожежної системи «Прометей»;

- шина RS485 автоматизованої системи виявлення та гасіння пожежі АСОТП «Голка»;

- шина ETHERNET для системи відеоспостереження;

- шина RS485 для внутрішнього поїзного службового зв'язку і зв'язку «пасажир - машиніст»;

- шина CAN для передачі радіотрансляційних і музичних програм;

- шина WTB для управління веденим складом при з'єднанні двох складів по системі багатьох одиниць.

У систему керування силовою частиною інтегровані захисти від пробуксовування і проковзування за допомогою блоку STG-2В і гальмівного контейнера, які мають можливість вибірково впливати на осі.

						Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо значення прискорення на одній з осей перевищує встановлене значення, то система управління вносить відповідні зміни в управління відповідним двигуном.

При цьому ведеться постійне спостереження за частотою обертання всіх двигунів і швидкістю руху електропоїзда. Якщо реалізована сила тяги/гальмування перевищує силу зчеплення колеса з рейкою, то це розпізнається системою управління. В цьому випадку сила тяги/гальмування автоматично зменшується до максимально-допустимого значення. Неконтрольоване ковзання або блокування коліс не допускається [15].

Ніяких дій машиніста електропоїзда в даному випадку не передбачено. Незважаючи на постійний контроль числа обертів, з дуже малою ймовірністю може виникнути юз або буксування всіх осей одночасно, що не може запобігти система управління. При цій дуже рідкісній, але можливій ситуації, машиніст повинен знизити тягове зусилля.

Термінал машиніста, встановлений на пульті управління, призначений для відображення всієї необхідної інформації для управління електропоїздом і діагностики його систем.

Інформація відображається на декількох екранах-кадрах, структура яких відображена на рисунку 3.2.

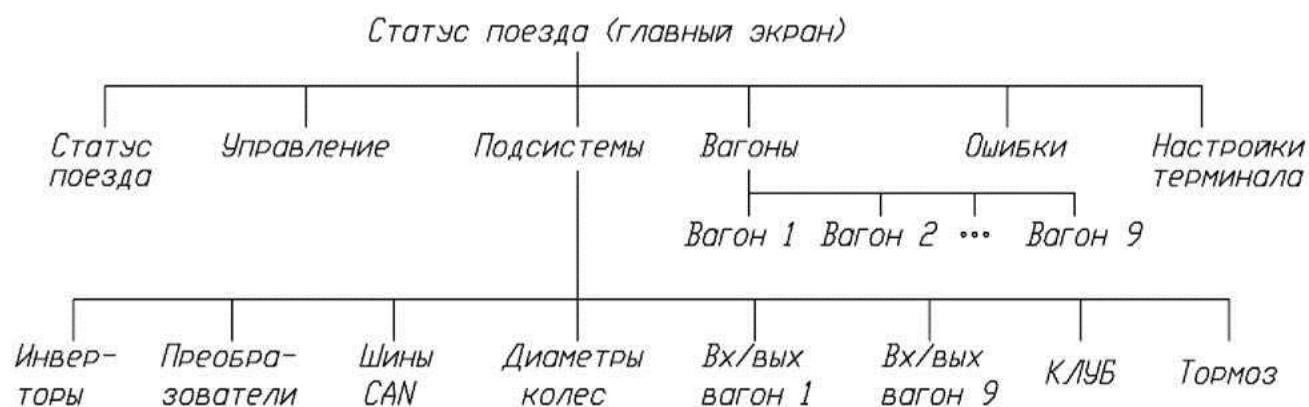


Рисунок 3.2 – Структура экранів терміналу машиніста

На головному екрані «Статус поїзда» сконцентрована основна інформація необхідна для управління поїздом [15]:

- індикатор живлення терміналу;
- барграф заданого моменту від контролера машиніста (набуває додатних значень при розгоні і негативних при гальмуванні, інформація відображається у відсотках);
- восьмизонний барграф реалізованого моменту на двигунах. (набуває додатних значень при розгоні і негативних при рекуперативному або електродинамічному гальмуванні, інформація відображається у відсотках);
- індикатор напрямку руху поїзда, встановленого реверсивним перемикачем;
- спідометр із зазначенням поточної швидкості і пройденого шляху в кілометрах;
- дата і час;
- індикатор системи роду струму, визначеного вимірником параметрів тягової мережі;
- температура і струм тягових двигунів (відображається максимальне значення по 8 двигунах);
- клавіша зміни режимів відображення;
- барграфи параметрів тягової мережі, напруга в контактній мережі і сумарний струм споживання;
- клавіші навігації по меню терміналу;
- клавіша підтвердження обраного меню терміналу;
- клавіші навігації між екранами-кадрами;
- зона виведення аварійних повідомлень;
- зона виведення стану поїзда і його систем;
- зона виведення стану дверей поїзда;

- зона виведення стану високовольтних апаратів головних вагонів;
- функціональні клавіші.

На екрані управління поїздом задаються і відображаються активні головні (тягові) вагони, рід струму, а також управління передніми струмоприймачами для очищення льоду (без підключення до силової схеми). Навігація і вибір здійснюється за допомогою клавіш навігації і підтвердження.

На екрані інверторів відображається діагностична інформація по кожному тяговому інвертору. Інформація згрупована у вигляді бітів стану, а також поточних значень параметрів.

Перемикання між відображеними вагонами здійснюється клавішею зміни режиму відображення.

Включення або відключення певних інверторів здійснюється клавішами навігації і підтвердження.

На екрані перетворювачів відображається діагностична інформація по кожному перетворювачу власних потреб PSM-350, аналогічно екрану інверторів.

Біла іконка вузла п'яти основних поїзних шин CAN позначає наявність зв'язку, червона – відсутність. У разі відсутності зв'язку необхідно переконатися в наявності живлення вузла, а також правильності підключення кабелів передачі даних. В іншому випадку необхідно звернутися в сервісну службу.

На екрані відображаються значення бітів цифрових входів і виходів поїзного комп'ютера головного вагона № 1. Дана діагностична інформація служить для перевірки роботи обладнання і пошуку несправностей. Інформація по вагону № 9 доступна після натискання відповідної клавіші [15].

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

4 Оцінка ефективності застосування системи

Застосування засобів діагностування тягового та моторвагонного рухомого складу забезпечує зниження:

- витрат електроенергії на тягу поїздів до 8 % і більше;
- запасних частин до 10%;
- трудомісткості ТО і ремонту рухомого складу на 5–8%.

Все це супроводжується підвищенням безпеки руху, підвищенням характеристик потужності тягових електродвигунів двигунів і тягових якостей рухомого складу в цілому.

Оптимальність регулювань систем і агрегатів рухомого складу побічно забезпечує оптимальний режим їх роботи. В результаті знижується інтенсивність зносу деталей, що труться, зменшується число раптових відмов, знижується число аварійних (позапланових) ремонтів.

Дослідження показали, що середнє напрацювання на відмову основних систем і агрегатів тягового та моторвагонного рухомого складу збільшується не менше ніж на 15%, а середній час локалізації джерела несправності знижується іноді в 3–4 рази [16].

Особливо суттєво ці показники зростають при оснащенні тягового та моторвагонного рухомого складу ефективними системами вбудованих датчиків і бортового контролю. При використанні перших знижується трудомісткість і підвищується точність постановки «діагнозу», а другі, крім того, забезпечують оперативність контролю за технічним станом і режимом роботи рухомого складу.

Одночасно зменшується число заходів рухомого складу на ТО навіть для постановки «діагнозу» про технічний стан і знижується трудомісткість операцій щоденного технічного обслуговування. Впровадження процесів діагностування вимагає певних капітальних

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

вкладень на придбання і установку діагностичного устаткування, витрат на його амортизацію і поточних експлуатаційних витрат. До числа останніх входить заробітна плата операторів-діагностів, вартість матеріалів, що витрачаються, електроенергії, витрати на обслуговування і ремонт устаткування тощо.

Капітальні витрати складаються з вартості діагностичного устаткування, вартості його монтажу, зокрема вартості матеріалів, що витрачаються на монтаж устаткування.

Річні експлуатаційні витрати складаються із заробітної плати операторів-діагностів, витрат на поточний ремонт, амортизаційних відрахувань на капітальний ремонт і відновлення обладнання, витрат електроенергії, палива й інших матеріалів.

Скорочення витрат на експлуатацію рухомого складу не може бути виражене одним універсальним показником. Проте в загальному вигляді воно найчастіше виражається через економію електроенергії, палива, матеріалів, запчастин, зниження трудомісткості технічного обслуговування і ремонту, підвищення надійності і ресурсу машин і їх агрегатів і так далі [16].

Додатковим показником ефективності діагностування може служити підвищення рівня безпеки руху.

Резерви для підвищення об'ємів і якості послуг на ТО містяться в удосконаленні організації діагностування, повному раціональному використанні можливостей системи діагностики рухомого складу на всіх основних технологічних зонах ТО, в оптимізації технологічної послідовності виконання діагностичних робіт і їх поєднання з операціями з ТО і ремонту рухомого складу. Широке застосування повинно отримати діагностування при підготовці до поїдки, прийманні і видачі рухомого складу на ТО.

Використання результатів діагностування для цілей керування

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

і організації ТО та ремонту рухомого складу дозволяє на підставі достовірної інформації про технічний стан рухомого складу раціонально організовувати технологічний процес ТО і ремонту рухомого складу, правильно розподіляти матеріальні і трудові ресурси і отримувати значний економічний ефект.

Рішення про доцільність придбання і впровадження засобів діагностування ухвалюється на основі величини економічного ефекту, визначуваного на річний об'єм транспортного виробництва в розрахунковому році (річний економічний ефект). За розрахунковий рік, як правило, приймається другий календарний рік використання засобів діагностики [16].

Річний економічний ефект від впровадження комплексу засобів діагностування є сумарною економією всіх виробничих ресурсів (живої праці, матеріалів, капітальних вкладень), яку отримає локомотивне депо в результаті застосування засобів діагностування.

При визначенні річного економічного ефекту діагностування повинна бути забезпечена зіставність порівнюваних варіантів (без діагностування і з діагностуванням) по [16]:

- об'єму виконаної роботи за допомогою нових засобів діагностування;
- витраченому часу;
- соціальним чинникам виробництва, пов'язаним з використанням засобів діагностування, включаючи забезпечення, поліпшення умов і безпеки праці ремонтних бригад й ін.

Для віддзеркалення економічної ефективності застосування діагностування в нормативах і показниках планів підприємств слід при розрахунках визначати [16]:

- річний економічний ефект;
- звідний госпрозрахунковий економічний ефект;

						Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зниження собівартості;
- приріст прибутку;
- економію матеріалів;
- термін окупності капітальних вкладень;
- чисельність умовно вивільнених працівників ремонтних бригад.

Ефект від застосування комплексу засобів технічного діагностування буде досягнутий за рахунок оперативного і точного контролю стану енергоустаткування в будь-яких режимах роботи, можливостей ефективного прийняття рішень по оптимізації режимів експлуатації, підвищення надійності і безвідмовності роботи основних вузлів і електричних кіл тягового і моторвагонного рухомого складу.

По прийнятих в загальносвітовій практиці критеріях засіб автоматичного контролю, діагностування і управління є рентабельними в тому випадку, якщо їх вартість знаходиться в межах 10% від вартості основного виробу, технологічного процесу, для якого вони розробляються.

Досвід експлуатації і ремонту рухомого складу показує, що планування міжремонтних періодів з урахуванням технічного стану дозволяє поліпшити технічний стан локомотивного парку. При цьому економічний ефект складається з таких складових [17]:

- зменшення кількості відмов, зокрема позапланових ремонтів і відмов в експлуатації;
- зменшення витрат на ТО і ТР при упровадженні раціональних міжремонтних періодів за рахунок своєчасного проведення ремонту з урахуванням результатів діагностування.

Впровадження раціональної системи утримання локомотивів і електропоїздів дозволить підтримувати їх надійність в експлуатації

						Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на заданому рівні, звести до мінімуму позапланові ремонти. Розрахунок економічної ефективності впровадження бортової системи діагностування електровозів здійснимо виходячи з тих міркувань, що впровадження системи діагностування дозволяє удосконалити систему утримання локомотивів.

Кількість відмов при системі утримання, яка рекомендується електровозобудівним заводом позначимо через H_z , а кількість відмов при раціональній системі – через H_p .

Економічний ефект визначається по формулі [17]:

$$E = C\Delta H - C_{пл} \quad (4.1)$$

де C – середня вартість позапланового ремонту;

$\Delta H = H_z - H_p$ – різниця кількості відмов при заводській системі утримання і раціональній;

$C\Delta H$ – економія коштів на позапланових ремонтах;

$C_{пл}$ – вартість одного планового ремонту.

Для визначення економічної ефективності системи діагностування тягового та моторвагонного рухомого складу необхідно визначити капітальні витрати на її впровадження. Ці витрати включають вартість апаратури комплексу і вартість програмних продуктів, що забезпечують роботу системи.

Загальна сума витрат на придбання комплексу апаратних засобів [17]:

$$K = K_T + K_d + K_{ПЗ} \quad (4.2)$$

де K_T – вартість модулів системи діагностування;

K_d – вартість датчиків;

$K_{ПЗ}$ – вартість програмного забезпечення

Визначення економії річних поточних витрат без урахування

відрахувань на реновацію, визначається з виразу [17]:

$$E = E_1 + E_2 - E_{\text{обсл}} \quad (4.3)$$

де E_1 – економія від зниження витрат на планові ремонти;

E_2 – економія від зниження витрат на непланові ремонти;

$E_{\text{обсл}}$ – витрати на обслуговування.

Коефіцієнт економічної ефективності розраховується за формулою [17]:

$$K_{\text{эф}} = E / K \quad (4.4)$$

За результатами розрахунків термін окупності систем діагностування тягового рухомого складу складає близько 4 років, моторвагонного рухомого складу – близько 5 років.

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

5 Перспективи подальшого впровадження інформаційних систем

Залізничний транспорт є стратегічним сектором економіки держави, який суттєво впливає на розвиток фактично всіх галузей народного господарства. Збільшення, за останні роки, маси і швидкості поїздів, стимулювало суттєве збільшення струму споживання на тягу, який став близьким до струму короткого замикання, що привело до погіршення надійності роботи систем електропостачання і рівня безпеки транспортних та пасажирських перевезень [18].

Новітні досягнення в сфері комп'ютерних і комунікаційних технологій відкрили можливість проводити в реальному часі, віддалений моніторинг і повний контроль та діагностику як наземних мереж електропостачання так і бортових енергосистем локомотивів включаючи процедуру їх місцезнаходження. Завдяки сучасним інтелектуальним технологіям стало можливим, в процесі функціонування систем життєдіяльності, проводити та ідентифікувати ряд режимних, параметричних і структурних відхилень і дефектів в енергосистемах локомотивів. Обробляти отримані первинні оперативні дані і по необхідній сукупності комплексу діагностичних параметрів, визначати причини і місце або сектори відхилень від режимів функціонування бортових енергосистем, а також представляти дані машиністу у вигляді рекомендацій, включаючи процедури формування та передачу комп'ютерної аварійної інформації на інші рівні диспетчерського керування. Базовий принцип функціонування бортових систем пов'язаний з необхідністю узгодженого, сумісного і періодичного рішення трьох домінуючих взаємопов'язаних задач, до яких відноситься

– контроль і діагностика енергосистем життєдіяльності,

						Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– прогнозування надійності їх роботи та визначення ресурсу функціонування

– реалізація сукупності процедур оперативного керування.

Не зважаючи на відносну автономність цих задач і враховуючи той факт, що ці задачі знаходяться в загальносистемній єдності та взаємозалежності між собою вони відносяться до класу негарно формалізуємих і погано структурованих [19].

В зв'язку з цим, використання традиційних математичних моделей і методів при рішенні взаємозв'язаних задач діагностики, прогнозування і управління не завжди приводить до бажаного позитивного результату. Розв'язання проблем ефективного рішення сукупності погано формалізованих задач може бути реалізовано за рахунок використання більш сучасних моделей, методів і функцій аналізу орієнтованих на перспективні інформаційні технології. Такий підхід базується на концепції інтелектуалізації боргових комп'ютерних технологій шляхом використання інноваційних систем віддаленого моніторингу вузлів, сегментів і систем життєдіяльності локомотива [18].

На сьогоднішній день накопичено значний досвід в сфері прийняття рішень по оперативному керуванню з використанням сучасних комп'ютерних засобів для ідентифікації суттєвих динамічних збурень і аварійних режимів. В багатьох публікаціях акцентується увага на те, що забезпечення високого рівня спостерігаємості динаміки аномальних режимів функціонування енергосистем і, відповідно, реалізації швидкої реакції на ці явища не було досягнуто за допомогою використання традиційних підходів і засобів [19].

Досвід експлуатації бортових комп'ютерних обчислювачів в системах діагностики тягового та моторвагонного рухомого складу

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

показав, що використання перспективних комп'ютерних технологій з застосуванням методів інтелектуалізації процедур високоточного синхронізованого вимірювання первинної інформації, для проведення післяаварійного аналізу окремих чи системних явищ, суттєво розширює функціональні можливості комп'ютерного інструментарію, а також різко зменшує аварійність систем, мінімізує енергоспоживання і покращує якість функціонування та тривалість безперебійної роботи мереж життєзабезпечення локомотивів.

В цьому плані, практичний інтерес представляють напрямки досліджень пов'язаних з розробкою математичних моделей, методів і комп'ютерно-орієнтованих алгоритмів як природний розвиток бортових залізничних систем керування. Проведення інтеграції інтелектуальних методів для організації бортових систем діагностики відкриває можливість своєчасно проводити контроль і діагностику систем життєдіяльності локомотивів, враховуючи всілякі зв'язки між подіями, що дозволяє своєчасно ідентифікувати і ілюструвати несправності та реалізувати прогноз працеспроможності, включаючи процедури оцінювання ресурсу.

Задачі дослідження методів синтезу і експлуатації комп'ютерних систем, що забезпечують інтелектуальний моніторинг динаміки стану складного, схильного до ушкодження, і в той же час дуже важливого бортового комп'ютерного обладнання рухомого складу знайшли відображення в стратегії розвитку залізничного транспорту.

Сучасні інноваційні технології відкривають можливість проводити, під час руху, контроль і прогноз надійності роботи тягового і моторвагонного рухомого складу та передавати, в реальному часі, інформацію про технічний стан з борту рухомого

						Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складу в стаціонарну систему обробки інформації з використанням каналів безпроводного зв'язку. Система моніторингу, реалізована подібним образом, дозволяє не тільки автоматизувати процес управління і виконувати контроль стану рухомого складу, а також постійно проводити процедуру їх реєстрування з подальшим відображенням місця знаходження. Завдяки організації спільної роботи бортових і стаціонарних комп'ютерних систем відкривається унікальна можливість формувати і накопичувати базу даних про стан всіх локомотивів залізниць за весь період їх функціонування, оперативно отримувати детальну інформацію про несправності, відслідковувати історію функціонування стану локомотивів, створювати нову комп'ютерно-орієнтовану технологію обслуговування включаючи ремонт і контроль його виконання.

Самим важливим, при цьому є те, що застосування таких комп'ютерних мереж відкриває можливість, на основі отриманої багатоаспектної об'єктивної інформації про стан комплексу технологічних процесів, які протікають при робот тягового та моторвагонного рухомого складу, реалізувати інтелектуальну обробку первинних даних і на їх базі накопичувати нові знання про функціонування систем життєдіяльності рухомого складу [18].

Основою теоретичної бази організації процесів інтелектуальної обробки інформації є математичний апарат теорії нечітких множин за допомогою якого реалізується процес вводу погано формалізуємої інформації. В той же час застосування нечітких множин хоч і дозволяє автоматизувати процес формалізації і вводу інформації для інтелектуальної комп'ютерної обробки, але в самому методі існує великий елемент суб'єктивізму.

Тому, не розв'язаними раніше частинами загальної проблеми

						Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтелектуальної обробки інформації є те, що мало уваги приділено розробці методів визначення суттєвої глибини інформативності первинної інформації при реєстрації динаміки швидкоплинних технологічних процесів, що протікають в складних енергетичних об'єктах [19].

Отримані, таким чином, нові знання шляхом інтелектуальної обробки високоінформативних первинних даних відкривають абсолютно нову якість в сфері керування і передбачати, з високою ймовірністю, негативний розвиток явищ і процесів.

Подальший розвиток інформаційних систем для діагностування тягового та моторвагонного рухомого складу вимагає розробки математичних моделей і методів визначення більш глибокого рівня інформативності не детермінованих стохастичних потоків первинної інформації, що відображає процес функціонування складних енергетичних об'єктів, як основи синтезу евристичних моделей формування нових знань і теоретичної бази інтелектуалізації інноваційних комп'ютерних технологій бортових систем моніторингу.

Завдяки значному розвитку інтегральних технологій виготовлення надвеликих інтегральних схем, а також застосуванню зверх швидкодіючих мікропроцесорних комплектів, з'являється можливість організації необхідної або надлишкової обчислювальної потужності у будь-якому сегменті складного енергетичного об'єкту, для реалізації оптимального процесу його функціонування, шляхом синтезу обчислювальних систем чи розподілених комп'ютерних мереж.

В умовах стохастичного характеру вихідних потоків первинної інформації, що надходить з складних динамічних систем, до яких відноситься рухомий залізничний транспорт, ефективним

						Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

представляється організація паралельного недетермінованого процесу її обробки, в розподілених комп'ютерних мережах, для формування раціональних процедур керування режимами функціонування динамічних систем, включаючи діагностування і прогноз їх працездатності та відтворення працездатності.

Це можливо шляхом використання сучасних математичних моделей, методів і алгоритмів з інтелектуальними властивостями, що і визначає сутність інноваційного підходу формування комп'ютерних технологій бортових систем діагностування тягового та моторвагонного рухомого складу.

Бортові комп'ютери системи орієнтовані на проведення, в реальному часі, моніторингу технічного стану обладнання рухомого складу, дозволяють миттєво реагувати на нештатні ситуації, своєчасно виявляти і відслідковувати появу несправностей, реалізувати контроль працездатності шляхом обчислення комплексу показників експлуатації рухомого складу та організовувати сукупність керуючих впливів включаючи формування рекомендацій і відповідної інформації.

Комп'ютерні системи рухомого складу залізниць реєструють інформацію про вібрацію, температуру, тиск, швидкість руху по маршруту, динаміку напруги і струму, який споживається на тягу та допоміжні електричні мережі, відслідковують положення органів керування, географічні координати рухомого складу, дані про стан підшипникових вузлів, пневматичної гальмівної системи і ряд інших параметрів.

При цьому, в процесі роботи розв'язується комплекс задач таких як [19]:

– визначення технічного стану обладнання, що експлуатується;

						Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ідентифікація ймовірних причин зміни технічного стану обладнання рухомого складу;
- визначення вузлів або сегментів обладнання, що привело до зміни технічного стану;
- формування аварійних сигналів при переході ключових параметрів обладнання за визначені межі;
- виявлення і оцінка ймовірного розвитку дефектів за часом;
- оперативний аналіз і прогноз функціонування обладнання по рівню шуму, вібрації, викидам шкідливих складових та інших екологічних характеристиках.

Вся первинна інформація, після обробки, використовується для формування звітних документів та архівації у вигляді актів технічного стану. Оброблені, відповідно бортовим алгоритмам, первинні дані виводяться на дисплей діагностичного контролера, що знаходиться в кабіні, а також передаються в наземну обчислювальну мережу.

В стаціонарній комп'ютерній системі проводиться більш глибока обробка інформації, в результаті чого формується сукупність документів нормативного характеру, які передаються відповідальним за організацію перевезень, керівництву депо, залізниці та і іншим зацікавленим службам.

До домінуючих показників, що характеризують якість функціонування тягового та моторвагонного рухомого складу, можна віднести ряд параметрів пов'язаних з забезпеченням безпеки руху, а також мінімізації енергоспоживання. В зв'язку з цим, нові математичні моделі і комп'ютерні методи, орієнтовані на суттєве визначення інформативності із зареєстрованої первинної інформації, що відображає динамічні характеристики безпеки перевезень і енергозбереження, є основою організації бортових

						Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комп'ютерних архітектур з інтелектуальними властивостями [18].

Такий підхід дозволяє, в процесі роботи бортового комп'ютерного комплексу, накопичувати нові знання про режими функціонування обладнання потягів і використовувати їх для покращення експлуатації, безпеки перевізного процесу, створення технологій енергозбереження і розробки більш якісного обладнання локомотивів нових поколінь.

						Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

В даній роботі проаналізовано основні принципи побудови бортових систем діагностування тягового та моторвагонного рухомого складу, дотримання яких забезпечує накопичення достовірної та адекватної інформації про технічний стан, необхідної для організації його обслуговування та ремонту.

Укомплектування рухомого складу діагностичними системами, розробленими з використанням вищезазначених вимог та принципів сприяє покращенню технічного стану тягового та моторвагонного рухомого складу, підвищенню ефективності та надійності його роботи.

Також накопичена за допомогою бортових систем діагностування інформація про зміну діагностичних параметрів використовується для створення математичних моделей, що, в свою чергу, дозволяє організувати систему утримання та прогнозувати технічний стан рухомого складу.

Аналіз функціоналу та принципу роботи діагностичних систем рухомого складу, що експлуатується на залізницях України показав, що ці системи розроблені на підставі досвіду розробників подібних систем в інших областях техніки без урахування специфіки залізничного транспорту.

Існуючі бортові системи діагностування служать для оцінки стану окремих вузлів або агрегатів рухомого складу. При цьому прилади, що застосовуються, як бортові так і переносні, якщо і забезпечують можливість отримання діагностичної інформації, то надалі ця інформація аналізується тільки на рівні одного локомотивного депо без узагальнення і аналізу по мережі доріг Укрзалізниці. Як результат – ефективність впровадження подібних систем суттєво знижується.

						Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для впровадження ефективних засобів і методів автоматизованого контролю технічного стану тягового та моторвагонного рухомого складу потрібно надалі вирішувати проблему організації роботи систем діагностування, яка передбачає:

- вибір набору раціональних діагностичних параметрів;
- розробку раціональних алгоритмів пошуку несправностей;
- розрахунок періодичності контролю вузлів.

Вирішувати зазначену проблему необхідно на основі наукового обґрунтування діагностичного забезпечення систем діагностики тягового та моторвагонного рухомого складу.

Для реалізації ефективної роботи бортових систем діагностування необхідно удосконалювати методику вибору діагностичних параметрів з врахуванням впливу відмов агрегатів та вузлів рухомого складу на можливість подальшої експлуатації і підвищення швидкості усунення несправності.

Для підвищення достовірності інформації, що надається системою діагностування, потрібно розробляти методику вибору оптимальної періодичності опитування датчиків бортової системи діагностики, враховуючи максимальну достовірність інформації про технічний стан обладнання рухомого складу.

						Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

- 1 Боднар Є. Б. Основні вимоги та принципи створення бортових систем діагностування локомотивів / Є. Б. Боднар // Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2014. – № 1 (49). – С. 68–74.
- 2 Устименко, Д. В. Сучасні мікроконтролери в схемах рухомого складу / Д. В. Устименко // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. –Д., 2007. – Вип. 15. – С. 47–49.
- 3 Боднар Б.Е., Очкасов А.Б. Выбор диагностических параметров с использованием информационно-весового критерия.// Сборник трудов ДИИТ: Транспорт/ ДИИТ, 2001. Вып. 7. С.35-37.
- 4 Боднар Б.Е., Очкасов А.Б. Использование метода экспертных оценок при разработке диагностического обеспечения локомотивов.// Научные труды Кременчугского государственного политехнического университета. № 1/2001 (10). Проблемы создания новых машин и технологий. С.217- 220.
- 5 Боднар Б.Е., Очкасов А.Б. Организация работы бортовой системы диагностирования электровозов. // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля №6(52). – Луганськ: - 2002. С. 30-34.
- 6 Боднар Б.Е., Очкасов А.Б. Информационное обеспечение бортовых систем диагностирования подвижного состава. // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля №9(67). – Луганськ: - 2003. С. 43-46.
- 7 Вешкурцев, Ю. М. Автокогерентные устройства измерения случайных процессов / Ю. М. Вешкурцев. – Омск : ОмГТУ, 1994. – 163 с.
- 8 Костюков, В. Н. Ранговый метод виброакустической диагностики и оценки качества машин /В. Н. Костюков // Гидропривод и системы упр. строит., тяговых и дорожных машин. – Омск, 1985. –

						Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

С. 113–124.

9 Новиков, Ю. В. Локальные сети / Ю. В. Новиков, С. В. Кондратенко. – М. : Эком, 2000. – 312 с.

10 Этчберг, К. Controller Area Network /К. Этчберг // Мир компьютер. автоматизации. – 2004. – № 5. – С. 68–70.

11 Соколов Ю.Н. Конспект для локомотивных бригад. Электровоз ДС3. Устройство, управление, обслуживание. Киев, изд. Юго-Западной железной дороги, 2011 г. , 299 стр.

12 ГКИУ.468262.006 РЭ Система диагностики «Магистраль-ДЭ1М» Руководство по эксплуатации.

13 Комплект оборудования "ХАРЕКС-ДГ" ААОТ.468267.150 РЭ Руководство по эксплуатации.

14 Система управления и диагностики электровоза ЭП10/Под ред. С. В. Покровского. – М.: Интекст, 2009. – 356 с.

15 Г.С. Игнатов и др. Электропоезд ЕКр1. Устройство, управление, обслуживание. Конспект лекций./Кременчуг, 2012. – 346с.

16 Коваленко А. В. Діагностування рухомого складу електричного транспорту : конспект лекцій (для магістрантів 1 курсу всіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) /А. В. Коваленко, В. М. Шавкун, В. В. Ліньков. – Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 152 с.

17 Боднарь Б.Е., Очкасов А.Б., Браташ В.А., Гилевич О.И. Усовершенствование системы диагностирования электровоза ДЭ1// Сборник трудов ДИИТ: Транспорт/ ДИИТ, 2000. Вып.6.С.16-19.

18 Стогній Б.С. Інтелектуальні електричні мережі: світовий досвід і перспективи України. / Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В. Денисюк С.П.; Праці Інституту електродинаміки ПАН України. 2011.Часина 1. – с. 5-20.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

19 Стасюк О.І. Методи організації інтелектуальних електричних мереж залізниць на основі концепції SMART Grid// Гончарова Л.Л., Максимчук В.Ф. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, науково-технічний журнал, Харків 2014, 2014, №2 –с. 29 -37.

						Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		