

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра «Локомотиви»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

М. І. Капіца

« _____ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня *«магістр»*

Галузь знань *27 Транспорт*

Спеціальність *273 Залізничний транспорт*

Освітньо-професійна програма *Локомотиви та локомотивне господарство*

Тема **ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ
УПРАВЛІННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ**

Theme **IMPROVEMENT OF HIGH-SPEED ROLLING STOCK CHAIN
DIAGNOSTIC SYSTEMS**

Керівник дипломної
роботи

Є. Б. Боднар

Нормоконтролер

Л. В. Колодій

Студент групи ЛГ1922

Д. В. Сорока

Student

Soroka Dmitro

Дніпро, 2020

РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота на тему «Вдосконалення систем діагностування ланцюгів управління високошвидкісного рухомого складу» загальним обсягом 5 креслень та 82 аркуші розрахунково-пояснювальної записки, яка складається з 5 розділів. Робота містить 25 ілюстрацій, 6 таблиць та список літературних джерел з 13 найменувань.

Об'єктом дослідження в магістерській дипломній роботі виступає систем діагностування ланцюгів управління високошвидкісного рухомого складу, а метою – її вдосконалення.

При проведенні аналізу основних відмов кіл управління електропоїзда постійного струму виявлено, що в даний час якість і рівень надійності окремих елементів в цілому є задовільними. Визначено, що вагома кількість відмов припадає на контактну групу лінійних контакторів. Надано рекомендації з підвищення рівня надійності контактора.

При огляді сучасних систем діагностування електричних кіл обрано основні схемні рішення, які доцільно застосувати в системі діагностування електропоїзда постійного струму. Серед них розглянуто комплексне діагностування кіл управління, діагностування тиристорних перетворювачів, схеми сигналізації контролю несправностей контактних груп електроапаратів та ін.

При розрахунку ефективності від вдосконалення систем діагностування ланцюгів управління високошвидкісного рухомого складу визначено, що впровадження запропонованих рішень призведе до зменшення часу простоїв високошвидкісного рухомого складу на ремонтах, скорочення витрат на утримання та ін.

Ключовими словами в магістерській дипломній роботі виступають: ДІАГНОСТУВАННЯ, СИСТЕМА, ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА УПРАВЛІННЯ, НАДІЙНІСТЬ, АНАЛІЗ, ЕЛЕКТРИЧНИЙ АПАРАТ, ВІДМОВА, УДОСКОНАЛЕННЯ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА	8
1.1 Типи та принципи побудови електричних кіл.....	8
1.2 Принципи побудови кіл управління	10
2 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ КІЛ УПРАВЛІННЯ НА БАЗІ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ	20
2.1 Огляд електричних кіл електропоїзда	20
2.2 Первинний аналіз статистичних даних про надійність. Визначення основних характеристик та закону розподілу напрацювання електричних апаратів електропоїзда постійного струму	25
2.2 Визначення кількісних характеристик надійності за статистичним даними про відмови електроапаратів електропоїзда	33
2.3 Будова контактора 1КП-005	34
2.4 Розрахунок електропневматичного контактора 1КП-005	37
2.5 Удосконалення електропневматичного контактора 1КП-005.....	48
3 СУЧАСНІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ	52
3.1 Класифікація систем діагностування електричних кіл.....	52
3.2 Сучасні системи діагностування електричних кіл	58
3.3 Бортові засоби діагностування	64
4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ УПРАВЛІННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ	69
4.1 Розрахунок витрат на ремонт до вдосконалення систем діагностування.....	71

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	<i>Сорока</i>				Лім.	Арк.	Аркушіє
Перевір.	<i>Боднар</i>				Н	4	82
Реценз.					<i>ДНУЗТ, зр. ЛГ1922</i>		
Н. Контр.	<i>Колодій</i>						
Затверд.	<i>Капіца</i>						
					<i>Вдосконалення систем діагностування ланцюгів управління високошвидкісного рухомого складу</i>		

4.2 Розрахунок витрат на ремонт після вдосконалення систем діагностування	73
4.3 Термін окупності та економічний ефект вдосконалення систем діагностування	74
5 ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ УДОСКОНАЛЕННІ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ УПРАВЛІННЯ	76
ВИСНОВКИ.....	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Залізниці займають провідне місце в транспортній системі України. Однією з основних задач залізничного транспорту є своєчасне задоволення потреб народного господарства та населення в перевезеннях, підвищення ефективності та якості всіх ланок транспортної системи. Виконання задачі підвищення рівня використання та надійності роботи локомотивів покладено на одну з провідних галузей залізничного транспорту – локомотивне господарство. Цього можна досягнути завдяки:

- удосконаленню показників роботи підрозділів залізниць і, в першу чергу, оптимізації режимів роботи безпосередньо рухомого складу, в т.ч. високошвидкісного, та локомотивних бригад;
- покращенню якості підготовки спеціалістів локомотивного господарства в навчальних закладах усіх рівнів, а також у дорожніх школах;
- застосуванню нових перспективних технологій в експлуатації та ремонті тягового рухомого складу, а також в управлінні локомотивним господарством;
- застосуванню технічних та організаційних заходів у сфері охорони праці та навколишнього середовища;
- покращенню умов праці, відпочинку, впровадженню дієвих програм щодо вирішення виробничих та соціальних питань працівників депо.

Метою даної дипломної магістерської роботи виступає вдосконалення систем діагностування ланцюгів управління. Випадки непланових ремонтів зумовлюють необхідність аналізу показників надійності вузлів високошвидкісного рухомого складу та підвищення надійності найбільш навантажених вузлів, які лімітують їх надійність в цілому.

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА

1.1 Типи та принципи побудови електричних кіл

Електрична схема – це креслення, на якому показано спрощене і наочне зображення зв'язку між окремими елементами електричного кола, виконаного з застосуванням умовних графічних позначень, і дозволяє зрозуміти принцип дії пристрою. На відміну від машинобудівних і будівельних креслень електричні схеми виконують без дотримання масштабу, а дійсне просторове розташування складових частин установки не враховують або враховують наближено.

Будь-яке електричне коло складається з джерел енергії та її споживачів. Крім того, в електричне коло входять апарати для включення і відключення всього кола або окремих її ділянок і споживачів, вимірювальні прилади, пристрої захисту та інші апарати.

Електричні кола сучасного високошвидкісного рухомого складу містять багато електричних машин, апаратів і приладів. Ці кола настільки складні, що ні виготовити, ні налагодити, ні експлуатувати, ні ремонтувати електрообладнання неможливо, не маючи відповідних креслень - схем.

Графічні позначення елементів і ліній, що їх з'єднують розташовують на схемі таким чином, щоб забезпечити найкраще уявлення про структуру виробу і взаємодії його складових частин. ГОСТ 2.701-84 «Схеми. Види і типи. Загальні вимоги до виконання» встановлює види і типи схем виробів всіх галузей промисловості і поділяє схеми на електричні, пневматичні і кінематичні.

Відповідно до ГОСТ 2.701-84 залежно від призначення електричні схеми поділяють на такі:

- структурні;
- функціональні;
- принципіві (повні);
- схеми з'єднань (монтажні);
- розташування і деякі інші.

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

Структурні схеми визначають основні функціональні частини виробу (установки), їх призначення та взаємозв'язку. Структурні схеми розробляють при проектуванні виробів. Вони передують розробці схем інших типів; користуються структурними схемами для загального ознайомлення з виробом.

Функціональні схеми дозволяють зрозуміти певні процеси, що протікають в окремих функціональних колах виробу або у виробі в цілому. Вони служать для більш поглибленого ознайомлення з електричним обладнанням. Функціональними схемами користуються для вивчення принципів роботи установки при її налагодженні, контролі і ремонті.

На принциповій (повній) схемі показують всі елементи, що входять в установку, зв'язки між ними; схема дає детальне уявлення про роботу установки. Елементом схеми називається її складова частина, яка не може бути розділена на інші частини, що мають самостійне функціональне значення (резистор, конденсатор, трансформатор і т.і.). Принциповими схемами користуються для вивчення принципів роботи електроустановки, при її налагодженні, контролі і ремонту. Ці схеми служать підставою для розробки інших конструкторських документів, наприклад схем з'єднань (монтажних) і креслень.

Схемами з'єднань (монтажними) користуються при монтажі електротехнічних виробів, коли необхідно точно знати, як розмістити все обладнання, як прокласти і підключити дроти, джгути, кабелі, а також місця їх приєднання.

На принциповій схемі показують умовними графічними позначеннями всі електричні елементи електроустановки, а також всі електричні зв'язки між ними. Зв'язки по можливості зображують прямими лініями з найменшим числом перетинів. Лінії зв'язку повинні бути, як правило, показані повністю, обривати їх допускається лише в схемах дуже великого розміру.

Стосовно до високошвидкісного рухомого складу розрізняють наступні принципові схеми:

— тягових силових кіл, які містять пристрої, призначені для реалізації тягової потужності; в ці кола входять тягові електричні двигуни, пускове

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

обладнання, силова комутаційна апаратура, різні реле і т. д.;

– електричних кіл управління, до яких відносяться кола управління електричними апаратами, самі апарати, сигналізації, автоматики та ін.;

– допоміжних кіл, в які входять допоміжні машини і пристрої опалення, тобто обладнання, призначене для забезпечення власних потреб електричного високошвидкісного рухомого складу.

За виконання принципів схеми можуть бути суміщеними і рознесеними.

У суміщених схемах машини, апарати і прилади зображають в одному місці з усіма що відносяться до них обмотками і контактами. Електричні зв'язки між окремими елементами показують лініями. Такі схеми наочні тільки при розгляді нескладних електричних установок. При великій кількості зв'язків схема виходить заплутаною, і її важко читати. Тому для вивчення складних електротехнічних виробів, в тому числі й високошвидкісного рухомого складу, користуються рознесеними схемами.

У рознесених схемах контакти і обмотки всіх апаратів, машин і приладів, показаних в конкретній схемі, зображені окремо і з'єднані один з одним в послідовності, відповідної проходженню струму. На схемах з рознесеним зображенням всі елементи одного і того ж апарату повинні мати однакове позначення.

1.2 Принципи побудови кіл управління

1.2.1. *Поняття про регулювання електропривода і регулювання швидкості руху*

Для виявлення того, яким чином електропривод забезпечує необхідний характер руху різних виконавчих органів, звернемося до структури механічної частини приводу (рис. 1.1), яка включає в себе електродвигун ЕД, механічний передавальний пристрій МПУ та виконавчий орган ВО.

Найпоширеніший випадок, коли за умовами виробничого процесу повинна регулюватися лінійна або кутова швидкість виконавчого органу.

					0032.150214.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

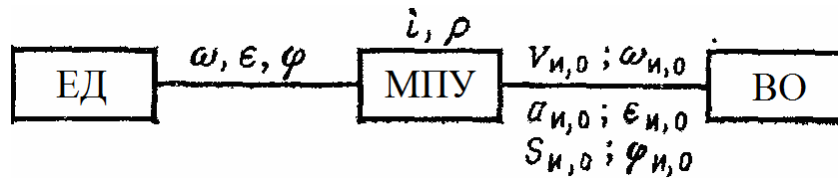


Рисунок 1.1 – Схема механічної частини електропривода

Регулюванням швидкості є примусова зміна швидкості ТЕД з метою регулювання швидкості руху виконавчих органів робочих машин і механізмів. У загальному випадку регулювання швидкості двигунів, а під цим розуміється також і підтримку швидкості на заданому рівні може здійснюватися двома способами параметричних і в замкнутих системах.

При параметричному способі регулювання досягається зміною будь-яких параметрів електричних кіл двигунів або напруги живлення за рахунок включення, наприклад, різних додаткових елементів: резисторів, конденсаторів, індуктивностей. Якість такого регулювання швидкості зазвичай виявляється не дуже високою.

При необхідності отримання процесу регулювання швидкості з високими якісними показниками переходять до замкнутих систем електроприводу, в яких вплив на двигун зазвичай здійснюється зміною підведеної до двигуна напруги, або частоти цієї напруги, або того й іншого. Для цієї мети служать різні силові перетворювачі постійного і змінного струму.

Регулювання швидкості в кількісному відношенні характеризується шістьма основними показниками.

– Діапазон регулювання D визначається відношенням максимальної та мінімальної швидкостей при заданих межах зміни навантаження на валу двигуна. При використанні поняття штучних характеристик можна сказати, що діапазон визначається відношенням швидкостей на крайніх характеристиках

$$D = \frac{\omega_{max}}{\omega_{min}} \quad (1.1)$$

Різні робочі машини вимагають різних діапазонів регулювання.

– Напрямок регулювання швидкості визначається розташуванням одержуваних штучних характеристик щодо природної. Якщо вони розташовуються вище природної, то говорять про регулювання швидкості вгору від основної, якщо нижче – вниз від основної. Розташування штучних характеристик як вище, так і нижче природної забезпечує так зване двозонне регулювання.

– Плавність регулювання швидкості визначається числом отриманих в даному діапазоні штучних характеристик. Чим їх більше, тим регулювання швидкості буде здійснюватися плавніше. Плавність оцінюється коефіцієнтом, який знаходиться як відношення швидкостей на двох найближчих характеристиках

$$K_{пл} = \frac{\omega_i}{\omega_{i-1}}. \quad (1.2)$$

Найбільша плавність досягається в замкнутих системах з використанням перетворювачів напруги і частоти, невелика плавність зазвичай відповідає параметричним методам регулювання.

– Стабільність швидкості характеризується зміною швидкості двигуна при зміні моменту навантаження на його валу. Всі основні типи двигунів, за винятком синхронного, похилі механічні характеристики, внаслідок чого при збільшенні навантаження їх швидкість падає.

– Економічність регулювання швидкості характеризується капітальними витратами на створення автоматизованого електроприводу і його експлуатацію. Визначення економічності тієї чи іншої системи є в загальному випадку складну техніко-економічну задачу, при вирішенні якої повинні враховуватися підвищення продуктивності робочої машини і якість продукції, що випускається нею продукції, надійність приводу при експлуатації, дефіцитність матеріалів і виробів, що йдуть на виготовлення електроприводу і т.д. .

Найважливішими показниками процесу регулювання швидкості є втрати потужності при регулюванні і ККД приводу. Ці величини пов'язані відомим

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

співвідношенням

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P}. \quad (1.3)$$

При роботі двигуна з різними швидкостями використовується поняття середньозваженого ККД за регульовальний цикл

$$\eta_{CB} = \frac{\sum_1^n P_{2i} t_i}{\sum_1^n (P_{2i} + \Delta P_i) t_i}. \quad (1.4)$$

– Максимальне навантаження двигуна відповідає такому моменту навантаження, при якому нагрів двигуна не перевищує допустимого (нормативного). При роботі на природній характеристиці таким навантаженням є номінальний момент, при якому по двигуну протікає номінальний струм і його нагрівання дорівнює нормативному. Оскільки нагрів двигуна визначається головним чином протікає по ньому струмом, то при роботі на штучних характеристиках допустимої буде таке навантаження, при якій струм в двигуні буде дорівнює номінальному, а тим самим і його нагрівання буде нормативним. Відзначимо наступну важливу обставину: так як нагрів двигуна залежить ще і від умов його охолодження, то при оцінці допустимого навантаження двигуна слід враховувати і цей фактор.

1.2.2 Регулювання струму і моменту тягових електродвигунів

Поряд з регулюванням основної вихідної координати електроприводу – його швидкості дуже часто потрібно регулювати струм і момент двигуна. Така необхідність виникає при регулюванні прискорення, обмеження струму і моменту двигуна.

– **Регулювання прискорення.** При розгляді траєкторії руху поїзда, на ділянках його розгону і гальмування прискорення повинно знаходитися на

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

заданому рівні. Регулювання прискорення в цих випадках може бути реалізовано відповідною зміною моменту (або зусилля) приводу. У свою чергу, зміна моменту або зусилля тягового електродвигуна здійснюється регулюванням струму якоря двигуна.

– **Обмеження струму і моменту двигунів.** Переважна більшість ТЕД за умовами своєї нормальної роботи вимагають обмеження струму і моменту. В першу чергу це відноситься до двигунів постійного струму, для яких за умовами нормальної роботи колекторно-щіткового вузла і допустимим механічним і тепловим навантаженням струм не повинен перевищувати навіть короткочасно більш ніж в 1,5-2 рази номінальний. Необхідність в обмеженні струмів і моментів виникає і для інших типів двигунів, найчастіше в перехідних процесах, коли струми і моменти можуть істотно перевершувати допустимі значення.

Завдання щодо обмеження струму і моменту виникає також для електроприводів робочих машин, у яких за умовами технологічного процесу може виникнути режим стопоріння виконавчого органу. Такий режим відповідає короткого замикання (зупинку) двигуна, в якому, якщо не вжити відповідних заходів, по електричних колах двигуна будуть протікати неприпустимо великі струми. Двигун при цьому буде розвивати значний момент, який може викликати поломку елементів кінематичного кола електроприводу. Обмеження моменту необхідно також для зменшення динамічних навантажень на елементи кінематичного ланцюга в перехідних процесах.

– **Регулювання струму і моменту.** В робочих машинах вимагають регулювання струму і моменту. Регулювання (обмеження) струму і моменту, так само як і швидкості, у всіх випадках пов'язане з отриманням і формуванням необхідних штучних характеристик двигуна за допомогою різних параметричних способів або в замкнутих системах. Основним показником регулювання струму і моменту є точність.

Найбільш простий і поширений параметричний спосіб регулювання (обмеження) струму і моменту пов'язаний з використанням резисторів, що включаються в якірні кола двигунів. Параметричні способи забезпечують, як

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

правило, невисоку точність регулювання струму і моменту.

Більш висока якість регулювання (обмеження) струму і моменту досягається в замкнених системах електроприводу при введенні зворотного зв'язку по струму двигуна. В останні роки можливості з регулювання моменту розширилися у зв'язку з використанням в електроприводі силових перетворювачів з властивостями джерела струму. Якщо, наприклад, живити якорь двигуна постійного струму незалежного збудження від такого джерела струму, то його електромеханічна характеристика відіб'ється вертикальної прямої. При регулюванні магнітного потоку двигуна його механічні характеристики являють собою сукупність вертикальних ліній. Такий електропривод набуває властивість джерела моменту.

1.2.3 Загальні принципи побудови кіл управління

Одне з найважливіших понять в теорії автоматизованого електроприводу – регулювання швидкості, здійснюване з метою управління рухом виконавчого органу. Реалізація цього процесу здійснюється цілеспрямованим впливом на тяговий електродвигун за допомогою системи управління, що містить в загальному випадку силовий перетворювач і пристрій управління. Розглянемо, за якими принципами будуються системи управління (рис. 1.2).

Всю сукупність систем управління можна розділити на неавтоматизовані і автоматизовані. Останні, в свою чергу, діляться на розімкнуті і замкнуті.

Неавтоматизованими називаються системи, в яких всі операції по управлінню здійснюються людиною (машиністом) за допомогою найпростіших ручних засобів управління. Зазвичай такі системи управління використовуються в нерегульованих приводах локомотивів, що виконують прості технологічні операції.

Автоматизованими називаються такі системи, в яких людина (машиніст) дає тільки команду на початок і кінець роботи, а всі інші операції по забезпеченню заданого технологічного процесу забезпечуються системою управління без участі людини (притаманна до високошвидкісного рухомого складу).

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

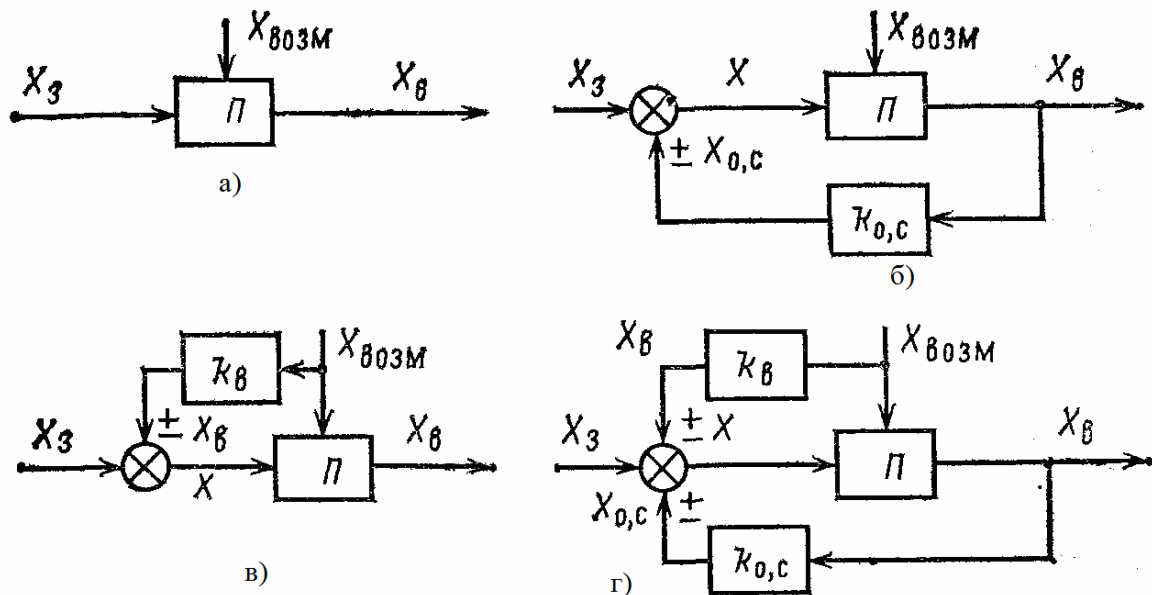


Рисунок 1.2 – Принципи побудови розімкнутих і замкнутих приводів:
 а – розімкнута система; б – замкнута зі зворотним зв'язком; в – замкнута з компенсацією збурення; г – комбінована

Системи зі зворотним зв'язком або, системи, що працюють за принципом відхилення, є основним видом замкнутих систем автоматизованого керування. Їх характерною ознакою є подача на вхід приводу сигналу зворотного зв'язку.

Системи зі структурою рис. 1.2, в, реалізують принцип компенсації збурюючого впливу. Для цього вхідний сигнал, подається в систему разом з задючим сигналом, в результаті чого сумарний сигнал X забезпечує таке управління приводом, при якому здійснюється компенсація збурень. Такі системи використовуються значно рідше систем із зворотними зв'язками через відсутність простих і надійних датчиків навантаження електродвигунів. Крім того, в цих системах компенсується тільки одне з діючих на систему збурень.

Останнім часом серед високошвидкісного рухомого складу застосування знаходять комбіновані системи управління (рис. 1.2, г), що використовують обидва принципи, але все ж основну масу замкнутих систем автоматизованого приводу складають системи з зворотними зв'язками.

Всі зворотні зв'язки можна розділити на позитивні і негативні, жорсткі і гнучкі, лінійні і нелінійні.

Основною ознакою схеми із загальним підсилювачем є використання підсилювача, на входи якого подається алгебраїчна сума сигналів і зворотних зв'язків по всіх координатах. Гідність схеми полягає в її простоті, недолік – неможливість регулювання швидкості незалежно один від одного і, як наслідок цього, труднощі досягнення оптимального регулювання одночасно всіх координат.

Розвитком схеми із загальним підсилювачем є схема рис. 1.3, де використовуються нелінійні зворотні зв'язки, часто звані в теорії електроприводу відсічення.

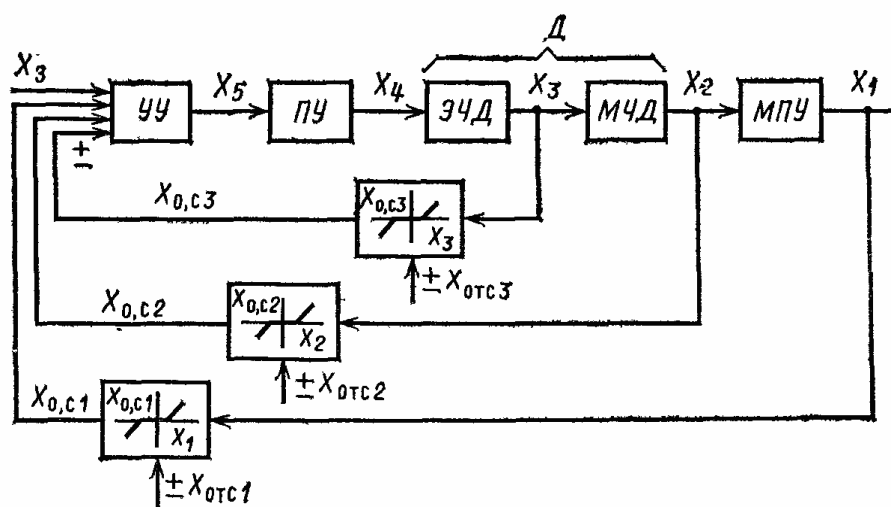


Рисунок 1.3 – Схема керування приводом з загальним підсилювачем та нелінійними зворотними зв'язками

Реалізація нелінійного характеру зазвичай досягається за рахунок введення додаткових опорних сигналів і вентильних елементів, внаслідок чого характеристика кола зворотного зв'язку набуває вигляду, показаному на рис. 1.3. В результаті дії зворотних зв'язків в деякому діапазоні виявляється вже розділеним між собою, але як і раніше неможливо здійснити незалежне налаштування регулювання швидкостей.

Зазначений недолік схем із загальним підсилювачем усувається при використанні так званих систем підпорядкованого регулювання швидкості з послідовною корекцією (рис. 1.4).

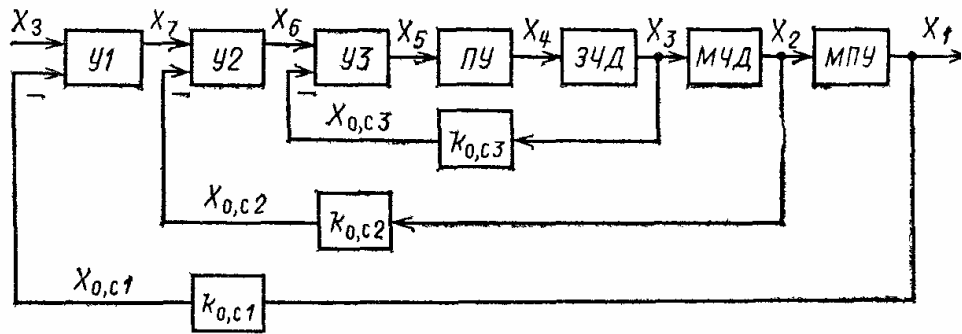


Рисунок 1.4 – Схема керування приводом з підлеглим регулюванням швидкості

Відмінною особливістю цих систем є рівність (відповідність) кількості підсилювачів і замкнутих контурів. При цьому замкнуті контури розташовуються таким чином, що вихідний сигнал зовнішнього контуру є задає, вхідним сигналом внутрішнього контуру.

Вибір типу регуляторів і розрахунок їх параметрів зазвичай виробляють таким чином, щоб отримати в динамічних режимах технічно оптимальний перехідний процес (настройка на технічний оптимум). Такий процес (рис. 1.5) характеризується мінімально можливим часом t_f зміни регульованої координати X_i , від 0 до сталого значення $X_{iуст}$ при перерегулюваннях $X_i = 4-10\%$.

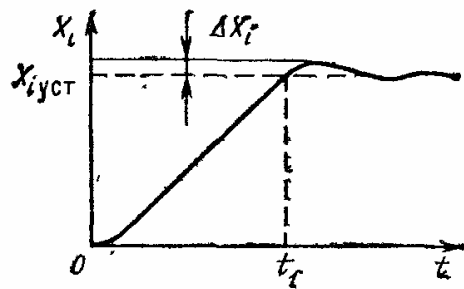


Рисунок 1.5 – Технічно оптимальний перехідний процес

Оптимальність такого перехідного процесу полягає в тому, що більш швидкий процес матиме більшу перерегулювання, а при меншому перерегулюванні процес протікає повільніше.

Багато технологічних процесів вимагають одночасного використання декількох машин, які для реалізації нормального перебігу цих процесів повинні певним чином між собою взаємодіяти. Найкращий результат роботи сукупності

декількох робочих машин єдиного технологічного циклу досягається при їх комплексної автоматизації, коли за допомогою відповідних схем управління приводами забезпечується певна послідовність операцій, автоматично обираються найкращі (оптимальні) режими роботи машин, здійснюються необхідні блокування і захист. В кінцевому підсумку комплексна автоматизація технологічних процесів позначається на збільшенні продуктивності робочих машин і підвищенні якості продукції.

Сучасний етап комплексної автоматизації характеризується широким використанням засобів обчислювальної техніки. Підвищення вимог до точності і швидкодії управління процесами, необхідність врахування і обробки великих обсягів інформації про їх протікання, ускладнення самих законів управління роблять завдання застосування засобів обчислювальної техніки вкрай нагальною. Передумовою для її вирішення є постійне підвищення надійності і швидкодії обчислювальних машин, розширення їх номенклатури і поява в тому числі спеціалізованих і керуючих обчислювальних машин-мікропроцесорів. Застосування обчислювальних машин дозволяє забезпечити найкращий режим технологічного процесу з урахуванням впливу великої кількості факторів, забезпечити узгодження роботи окремих частин технологічного обладнання, отримувати, обробляти і видавати всю необхідну інформацію про хід технологічного процесу [1].

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ КІЛ УПРАВЛІННЯ НА БАЗІ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

2.1 Огляд електричних кіл електропоїзда

Для розрахунку показників надійності кіл управління розглянемо електричну схему кіл управління та суміжну з нею схему силових кіл.

2.1.1 Схема силових кіл в режимі тяги

Включення режиму тяги відбувається при установці головної рукоятки контролера машиніста в одне з тягових положень після того, як реостатний контролер РК повернувся на першу позицію (рис. 2.1).

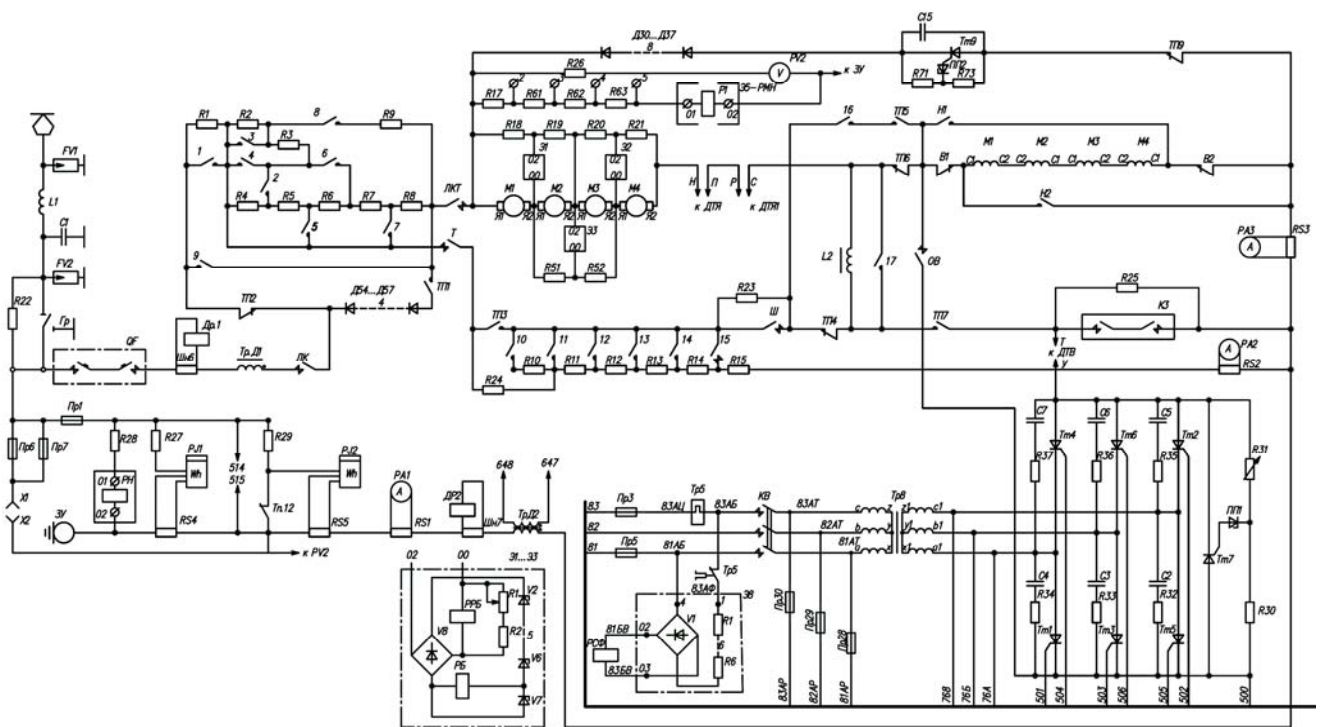


Рисунок 2.1 – Схема силових електричних кіл

Схема режиму тяги збирається в наступній послідовності:

- реверсивний перемикач повертається в положення "ВПЕРЕД" або "НАЗАД";
- гальмівний перемикач ТП повертається в тягове положення;

- включається лінійний контактор ЛК і лінійно-гальмівний контактор ЛКТ.

Пуск електропоїзда реостатний. Сходишки пускових опорів R1...R9 шунтуються контакторами 1...9 реостатного контролера в міру розгону поїзда.

Після закінчення пуску підвищення швидкості відбувається за рахунок ступеневої ослаблення поля тягових двигунів M1...M4 (ТЕД). Коло шунтування обмоток збудження замикається контактором шунтування поля Ш і контактором 10 реостатного контролера (РК). Надалі контакторами 11...15 РК зменшується опір кола шунтування і ступінь ослаблення поля збільшується.

Якщо контролер машиніста КМ встановлений в тягове положення «М», то реостатний контролер залишається на першій позиції і пускові опори повністю введені. При цьому розгін поїзда відбувається з найменшою інтенсивністю. Положення «М» використовується, в основному, для маневрової роботи.

При установці контролера в тягові положення 1...4 під контролем блоку регулятора прискорення (БРУ), реостатний контролер автоматично перемикається до відповідних позицій, на яких може бути тривалий розгін (ходові позиції), виводячи при цьому пускові опори і встановлюючи опір в колі ослаблення поля ТЕД.

При відключенні тяги на позиції ослаблення поля спочатку розмикається контактор Ш, посилюючи поле тягових двигунів, а потім, з витримкою часу, відключаються контактори ЛК і ЛКТ. Посилення поля викликає зменшення струму якорів, що зменшує «спалах» на колекторах тягових двигунів, що виникають при розмиканні лінійних контакторів, і зменшує потужність, відключається лінійним контактором. Умови комутації контакторів облягають також за рахунок наявності «нульових» діодів Д30...Д37 і тиристора Тт9, за якими замикається струм, обумовлений індуктивністю тягового кола. Тиристор Тт9 запобігає протіканню струмів, що утворюються через е.р.с., самозбудження, що виникають, в свою чергу, від залишкових магнітних потоків в тягових двигунах при русі поїзда, якщо гальмівний перемикач знаходиться в моторному положенні.

					0032.150214.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2.1.2 Схема кіл управління в режимі тяги

На головному вагоні на контролері машиніста встановлений штурвал, а кнопка безпеки (пильності) SB4 на пульті. Її контакт включений паралельно з контактом педалі пильності SB1 (рис. 2.2).

Правила натискання кнопки SB4 або педалі SB1 встановлені в експлуатаційній документації АЛС-МУ. При недотриманні цих правил система АЛС-МУ за допомогою реле KV або впливаючи на YA (ЕПК) відключить контактор KBX і з його допомогою тягу (провід 2), за допомогою ЕПК включиться гальмування.

Після установки головної рукоятки в маневрове положення «М» – отримує живлення котушка контактора часу ходу KBX. Kontakтами KBX 22В-22Е живлення подається на провід 2, а від нього – на котушки моторного положення гальмівних перемикачів ТП-М. При цьому автоматичний вимикач управління SP2 контролює наявність стисненого повітря в гальмівній магістралі, а контакт ПЛКТ1 2Б-2Д дозволяє зробити перемикач тільки при знеструмленні силового кола. Поворот гальмівного перемикача в моторне положення викликає замикання його контакту ТП10 22П-22Е і включення реле-повторювача ПТП-М. Замикання контакту ПТП-М 2Б-2В веде до включення лінійного контактора ЛК і його повторювача ПЛК1 і відключення реле ПЛК.

Призначення контактів в колі котушки ЛК:

- РУМ (2-2а) і (30 -30А) – ці контакти, як і інші контакти роз'єднувача кіл управління моторного вагона РУМ, відключають кола управління тяговими двигунами при виключенні з роботи даного моторного вагона через несправність його електрообладнання;
- ПТП-М (2Б-2В) – дозволяє зібрати тягову схему тільки після повороту гальмівного перемикача в моторне положення;
- ПРРБ (2В-2И) – відключає контактор ЛК при боксуванні;
- ПРН (2 I-2М) – відключає контактор ЛК при зниженні напруги мережі;
- QF (2М-2 Е) – розбирає силову схему при аварійних відключеннях;

					0032.150214.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

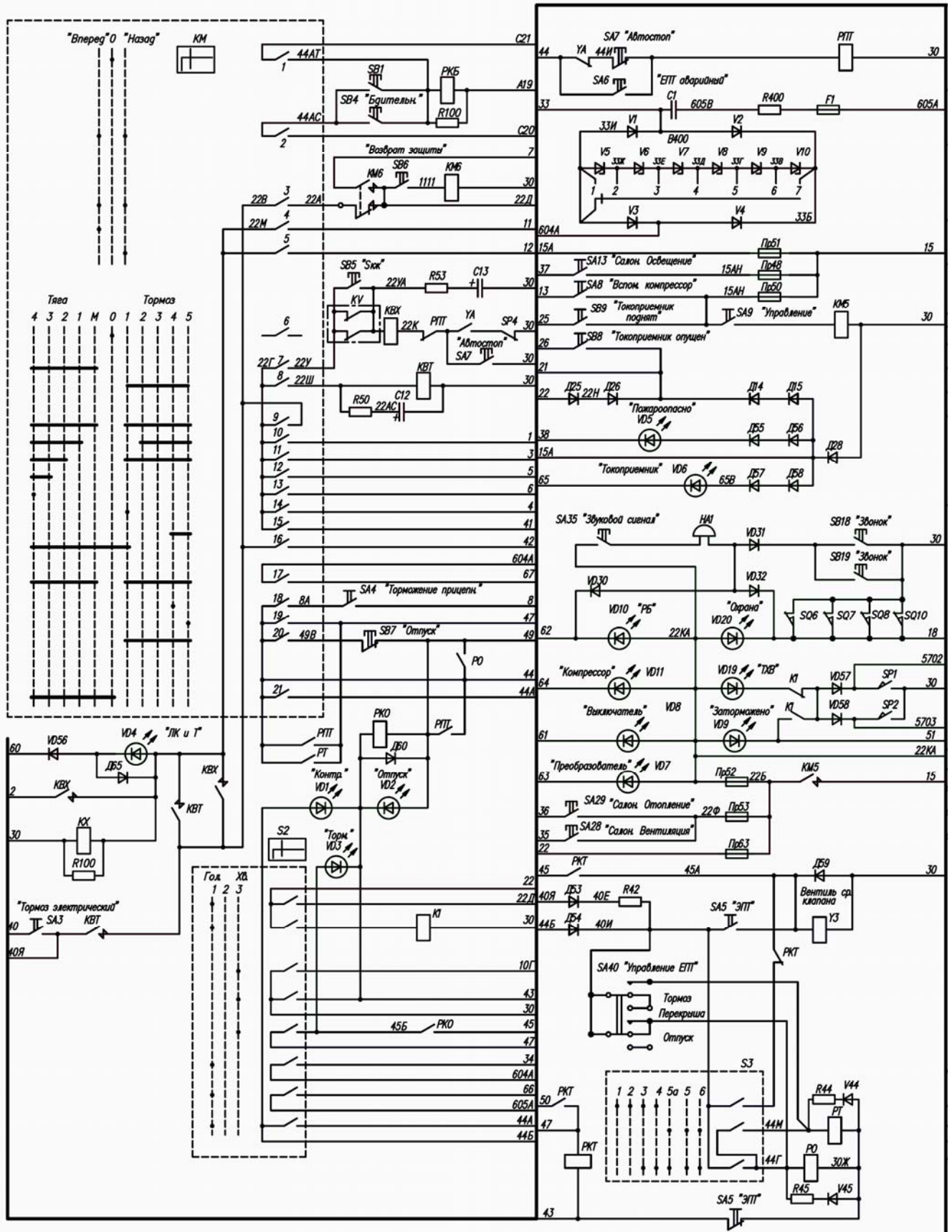


Рисунок 2.2 – Схема кіл управління в режимі тяги

– РК1 і ПЛКТ1 (30IP-30) – блокування першої позиції реостатного

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.150214.000.03MP.ПЗ

Арк.

23

контролера.

Одночасно від проводу 22М через контакт контролера машиніста КМ4 (КМ5) отримує живлення провід 11 (12), і реверсори встановлюються у відповідне положення. Замикання контакту «Вперед» 11А-11Б («Назад» 12А-11Б) викликає подачу живлення на котушку лінійно-гальмівного контактора ЛКТ і потім його повторювачів ПЛКТ, ПЛКТ1. Включенням контактора ЛКТ закінчується збирання силової схеми маневрового режиму.

При установці головної рукоятки в положення 1 додатково, через контакт КМ10, отримує живлення провід 1, а по ньому через дроти 1А-1Б-1В-1М-1Ф напруга подається на блок регулювання прискорення БРУ. БРУ починає здійснювати перемикання контролера РК з відповідним контролем струму якорів тягових двигунів. Контакти ПЛКТ 1Б-1Р і ПТП-М 1В-1М виключають початок перемикань до повного збирання силової схеми. На позиції 14 контролера РК розімкнеться контакт РК1-13 (1А-1Б) і контролер буде зафіксований на ній, що відповідає безреостатній позиції і повного збудження тягових двигунів.

При установці головної рукоятки в положення 2 через контакт КМ11 отримує живлення провід 3, а по ньому – котушка контактора шунтування поля Ш, а він включає повторювач ПШ. Контакторм Ш в силовому колі готує коло ослаблення збудження тягових двигунів, а контактором ПШ ЗГ-1Б подається живлення на БРУ, і контролер знову починає перемикатися. На позиції 16 він буде зафіксований розмиканням контакту РК14 ÷ 15 (3-ЗГ). Подальше перемикання контролера можливо після установки головної рукоятки в положення 3 або 4. При цьому отримують живлення дроти 5 і 6, і можлива фіксація контролера на позиціях 18 і 20. Можлива також безпосередня установка головної рукоятки в будь-яку з тягових положень. При цьому реостатний контролер буде автоматично перемикатися і зупиниться на відповідній позиції.

Якщо головну рукоятку з положень 1...4 перевести в положення «М», то відключаться дроти 1, 3, 5, 6 і контролери РК будуть зафіксовані на позиціях, яких вони досягли на цей момент. Крім того, відключення контактора Ш викличе посилення збудження тягових двигунів.

					<i>0032.150214.000.03МР.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		24

Відключення режиму тяги здійснюється установкою головної рукоятки в нульове положення. Додатково втрачає живлення провід 22У і котушка контактора КВХ. Конденсатор С13, розряжаючись на котушку КВХ, створює витримку часу на відключення цього контактора. Завдяки їй відключення струму з позицій ослабленого збудження відбувається в два прийоми: спочатку відключається контактор Ш, викликаючи посилення збудження тягових двигунів і зменшення струму якорів.

Потім при відключенні контактора КВХ втрачають живлення дроти 2 і 11 (12), відключаються контактори ЛК і ЛКТ, і струм якорів повністю розривається. Цим полегшуються умови роботи контакторів і тягових двигунів.

2.2 Первинний аналіз статистичних даних про надійність. Визначення основних характеристик та закону розподілу напрацювання електричних апаратів електропоїзда постійного струму до відмови

Найбільш об'єктивні відомості про надійність об'єктів можна одержати на основі використання статистичних даних про відмови, що отримані у процесі експлуатації (табл. 2.1). Без інформації про відмови, що міститься у первинній документації, неможливо визначити показники надійності, виявити недоліки конструкції, ступінь впливу на надійність умов експлуатації й на підставі цих даних прийняти заходи щодо підвищення надійності об'єкта. Але у первинній документації містяться неупорядковані дані, з яких важко доглянути будь-яку закономірність.

Діапазон зміни значень напрацювань, у середині якого мали місце відмови, визначаємо за формулою

$$R = l_{max} - l_{min}; \quad (2.1)$$

$$R = 3693 - 254 = 3439 \text{ км.}$$

Для розрахунку оптимальної величини інтервалу Δl в км використовуємо формулу:

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		25

Таблиця 2.1 – Статистичні дані про відмови електричних апаратів електропоїзда постійного струму

В кілометрах

Напрацювання електричних апаратів до відмови							
254	1083	1289	1796	2112	2434	2558	2981
258	1114	1341	1835	2145	2445	2641	3033
732	1166	1362	1895	2187	2455	2661	3136
970	1265	1362	1960	2197	2476	2682	3187
1008	1270	1444	1980	2230	2486	2867	3249
1042	1278	1688	1980	2273	2486	2909	3579
1073	1289	1780	2032	2383	2558	2960	3693

$$\Delta l = \frac{R}{1 + 3,322 \cdot \lg N}, \quad (2.2)$$

де N – кількість об'єктів спостереження, $N=56$ електроапаратів.

$$\Delta l = \frac{3439}{1 + 3,322 \cdot \lg 56} = 505 \text{ км.}$$

Кількість інтервалів визначаємо, виходячи зі такого співвідношення:

$$k = \frac{R}{\Delta l}, \quad (2.3)$$

$$k = \frac{3439}{505} = 6,81.$$

Величину інтервалу округлюємо в більшу сторону до цілого значення. Приймаємо $k = 7$.

Після цього проводимо об'єднання по інтервалах в табл. 2.2.

Середні значення напрацювань в i -му інтервалі визначаємо за формулою

$$\bar{l}_i = \frac{l_{\text{ноч.}i} + l_{\text{кін.}i}}{2}, \quad (2.4)$$

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку характеристик напрацювання електроапаратів до відмови

Межі інтервалу		Середнє значення напрацювання в інтервалі \bar{l}_i , км	Абсолютна частота, n_i	Відносна частота, m_i	Відносна накопичена частота, m'_i	Щільність імовірності настання відмови,
254	759	506,5	3	0,054	0,054	0,000106
760	1265	1012,5	7	0,125	0,179	0,000248
1266	1771	1518,5	10	0,179	0,357	0,000354
1772	2277	2024,5	14	0,250	0,607	0,000495
2278	2783	2530,5	12	0,214	0,821	0,000424
2784	3289	3036,5	8	0,143	0,964	0,000283
3290	3795	3542,5	2	0,036	1,000	0,000071

де $l_{поч.i}$ – початкова величина напрацювання в i -му інтервалі, км;

$l_{кін.i}$ – кінцева величина напрацювання в i -му інтервалі, км.

Відносну частоту відмов m_i обчислюємо за формулою

$$m_i = \frac{n_i}{N}. \quad (2.5)$$

Для першого інтервалу

$$m_1 = \frac{3}{56} = 0,054.$$

Відносна накопичена частота m'_i утворюється шляхом додавання попереднього значення відносної накопиченої частоти до поточного значення відносної частоти

$$m'_i = m'_{i-1} + m_i. \quad (2.6)$$

Для першого інтервалу

$$m'_1 = 0 + 0,054 = 0,054.$$

Щільність імовірності настання відмови $\bar{f}(l_i)$ визначаємо за формулою

$$\bar{f}(l_i) = \frac{n_i}{\Delta l \cdot N}. \quad (2.7)$$

Для першого інтервалу

$$\bar{f}(l_1) = \frac{3}{505 \cdot 56} = 1,06 \cdot 10^{-4}$$

Середнє напрацювання до першої відмови визначаємо за формулою:

$$\bar{l} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k n_i \cdot \bar{l}_i; \quad (2.8)$$

$$\begin{aligned} \bar{l} &= \frac{1}{56} (3 \cdot 506,5 + 10 \cdot 1012,5 + 7 \cdot 1518,5 + 14 \cdot 2024,5) + \\ &+ \frac{1}{56} (12 \cdot 2530,5 + 8 \cdot 3036,5 + 2 \cdot 3542,5) = 2006 \text{ км.} \end{aligned}$$

Визначаємо середнє квадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (\bar{l}_i - \bar{l})^2 \cdot n_i}{N}}; \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{(506,5 - 2006)^2 \cdot 3 + (1012,5 - 2006)^2 \cdot 10 + (1518,5 - 2006)^2 \cdot 7 + (2024,5 - 2006)^2 \cdot 14}{56} +} \\ &+ \sqrt{\frac{(2530,5 - 2006)^2 \cdot 12 + (3036,5 - 2006)^2 \cdot 8 + (3542,5)^2 \cdot 2}{56}} = 788,3 \text{ км.} \end{aligned}$$

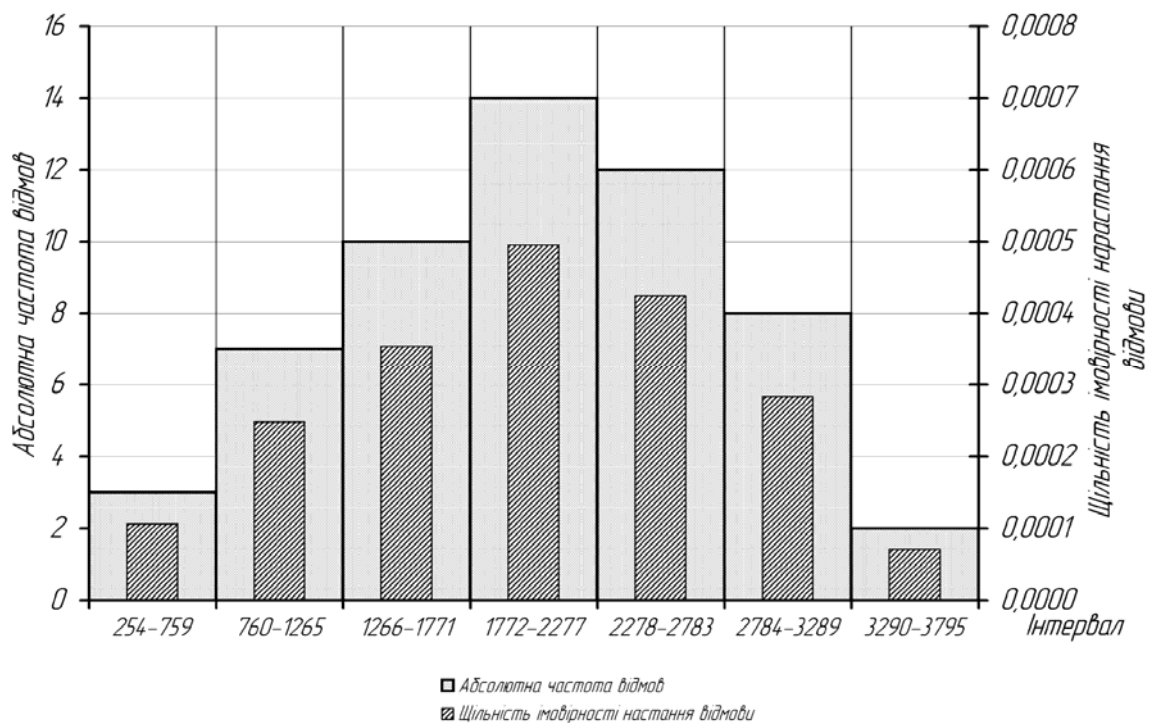
Коефіцієнт варіації

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$v = \frac{\sigma}{l}; \quad (2.11)$$

$$v = \frac{788,3}{2006} = 0,393.$$

За результатами розрахунків будуємо гістограму розподілу (рис. 2.3), щільність імовірності розподілу напрацювань (рис. 2.3) та кумулятивну криву (рис. 2.4). Для побудови гістограми розподілу по осі абсцис відкладаємо межі інтервалів, а по осі ординат відповідні частоти n_i . Для кожного інтервалу будуємо прямокутник шириною Δl та висотою n_i і з'єднують середини інтервалів. Щільність імовірності розподілу напрацювань $\bar{f}(l_i)$ будуємо на спільній з гістограмою осі абсцис, а масштаб осі ординат підбираємо так, щоб висота i -го прямокутника гістограми n_i співпадала зі значенням $\bar{f}(l_i)$. Кумулятивну криву будуємо аналогічно, тільки по осі ординат відкладаємо значення накопиченої частоти m'_i . На обох рисунках позначаємо та вказуємо значення \bar{l}_i .



Рисунк 2.3 – Гістограма розподілу та щільність імовірності розподілу напрацювань

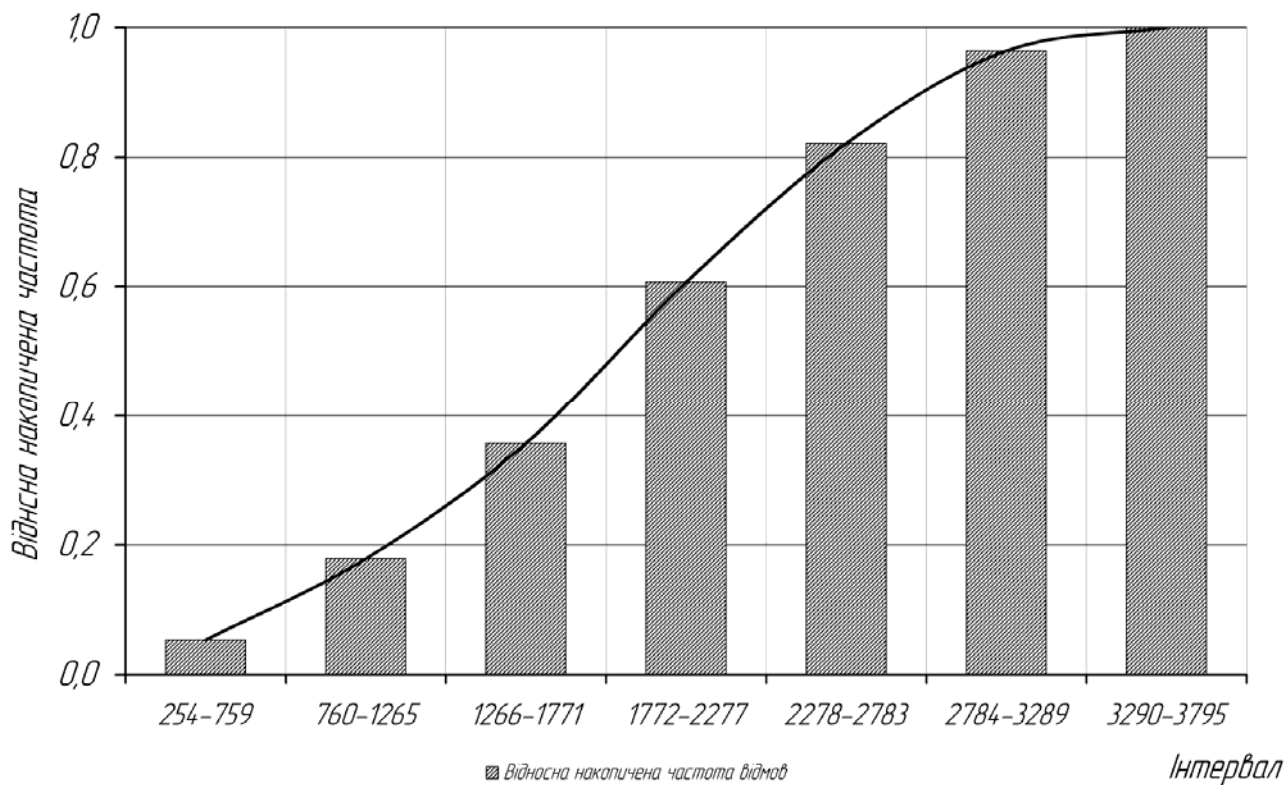


Рисунок 2.4 – Кумулятивна крива

Розраховуємо квантілі нормованого відхилення для обох меж кожного інтервалу $u_{поч.i}$ та $u_{кін.i}$ за формулами

$$u_{поч.i} = \frac{l_{поч.i} - \bar{l}}{\sigma}; \quad (2.12)$$

$$u_{кін.i} = \frac{l_{кін.i} - \bar{l}}{\sigma}. \quad (2.13)$$

За величинами $u_{поч.i}$ та $u_{кін.i}$ визначають величини функції Лапласа для обох меж кожного інтервалу $\Phi(u_{поч.i})$ та $\Phi(u_{кін.i})$.

Визначаємо теоретичну імовірність попадання напрацювання в i -й інтервал p_i як різниця між $\Phi(u_{кін.i})$ та $\Phi(u_{поч.i})$.

Розраховуємо теоретичну частоту попадання в i -й інтервал як добуток N та p_i .
Результати розрахунку зводимо в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку на відповідність нормальному закону розподілу

$l_{поч.i} - l_{кін.i}$ км	n_i	$u_{поч.i} - u_{кін.i}$	$\Phi(u_{поч.i}) - \Phi(u_{кін.i})$	p_i	$p_i \cdot N$	$\frac{(n_i - p_i \cdot N)^2}{p_i \cdot N}$
254 759	3	-2,34 -1,67	-0,4861 -0,4429	0,0432	2,42	0,14
760 1265	7	-1,67 -1,01	-0,4429 -0,3264	0,1165	6,52	0,03
1266 1771	10	-1,01 -0,34	-0,3264 -0,1179	0,2085	11,68	0,24
1772 2277	14	-0,34 0,32	-0,1179 0,1331	0,251	14,06	0,00
2278 2783	12	0,32 0,98	0,1331 0,3389	0,2058	11,52	0,02
2784 3289	8	0,98 1,65	0,3389 0,4484	0,1095	6,13	0,57
3290 3795	2	1,65 2,31	0,4484 0,4884	0,04	2,24	0,03
Сума	56					0,89

Визначаємо величину «хі-квадрат» за формулою

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - p_i N)^2}{p_i N}; \quad (2.14)$$

$$\chi^2 = 0,14 + 0,03 + 0,24 + 0,00 + 0,57 + 0,03 = 0,89.$$

Накладаємо значення ймовірностей теоретичного нормального розподілу p_i на гістограму емпіричних частот (рис. 2.5).

Перевіряємо гіпотезу про відповідність емпіричного розподілу нормальному закону за критеріями узгодження К. Пірона та В. І. Романовського.

За критерієм К. Пірона гіпотеза про нормальний закон розподілу не спростовується та розбіжності між теоретичними і емпіричними частотами пояснюються впливом випадкових обставин при виконанні нерівності

$$\chi^2 \leq \chi_m^2, \quad (2.15)$$

де χ_m^2 – критичне значення величини «хі-квадрат».

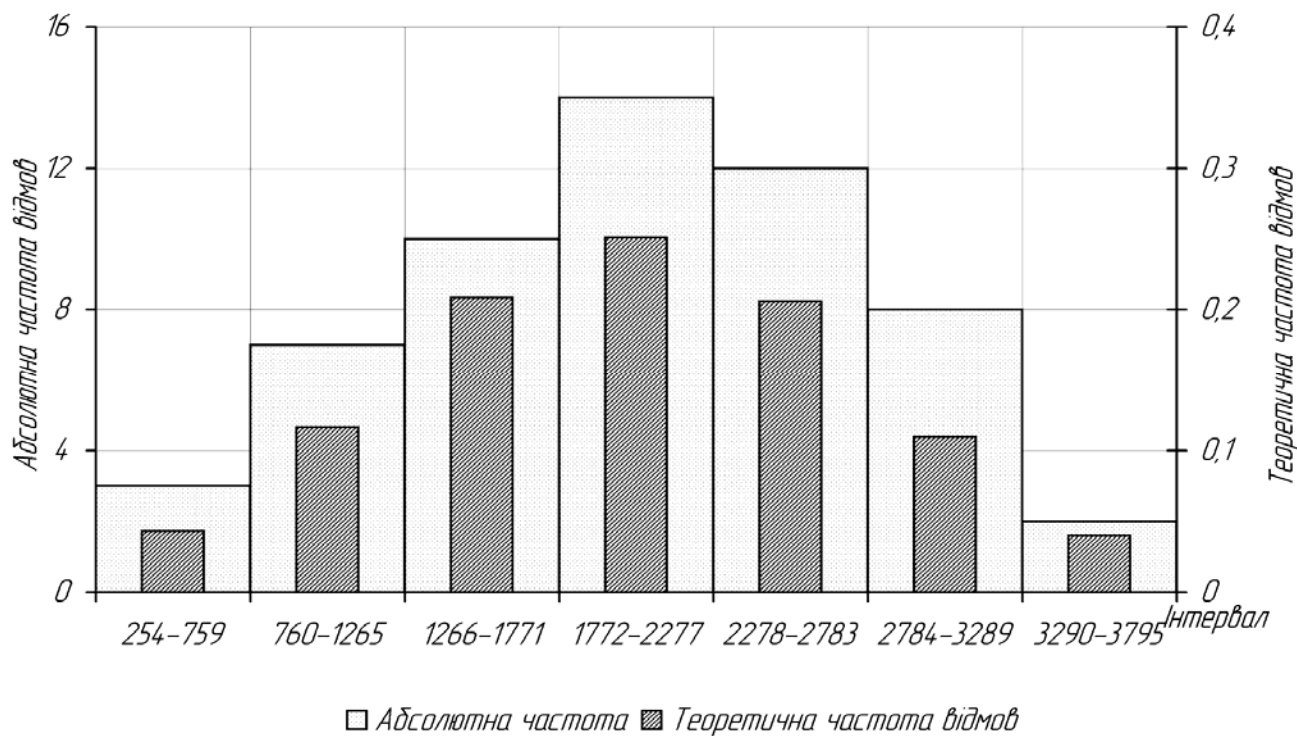


Рисунок 2.5 – Ймовірність теоретичного нормального розподілу p_i

χ_m^2 залежить від довірчої імовірності α та числа степенів свободи r .

Величина довірчої імовірності $\alpha=0,95$, а число степенів свободи визначаємо за формулою

$$r = k - 3; \tag{2.16}$$

$$r = 7 - 3 = 4.$$

При $r = 4$ та $\alpha=0,95$ $\chi_m^2=9,49$.

За критерієм К. Пірсона гіпотеза про нормальний закон розподілу **не спростовується**.

За критерієм В. І. Романовського визначаємо величину

$$R = \frac{\chi^2 - r}{\sqrt{2r}}; \tag{2.17}$$

$$R = \frac{0,89^2 - 4}{\sqrt{2 \cdot 4}} = -1,13.$$

Гіпотеза про нормальний закон розподілу випадкової величини не спростовується, якщо $R < 3$.

Так як $-1,13 < 3$, то гіпотеза про нормальний закон розподілу випадкової величини не спростовується.

2.2 Визначення кількісних характеристик надійності за статистичними даними про відмови електроапаратів електропоїзда

Вихідні дані для розрахунку кількісних характеристик надійності електроапаратів електропоїзда постійного струму наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для розрахунку кількісних характеристик надійності електроапаратів електропоїзда постійного струму

Межі інтервалу, км		Кількість відмов
254	759	3
760	1265	7
1266	1771	10
1772	2277	14
2278	2783	12
2784	3289	8
3290	3795	2

Імовірність безвідмовної роботи за статистичними даними про відмови визначаємо за формулою

$$P^c(l) = \frac{N - n(l)}{N}, \quad (2.18)$$

де $n(l)$ – кількість об'єктів, що відмовили за час l .

Ймовірність відмови за статистичним даними розраховуємо за формулою

$$Q^c(l) = \frac{n(l)}{N}. \quad (2.19)$$

Частота відмов за статистичним даними про відмови визначається виразом

$$f^c(l) = \frac{\Delta n(l)}{N \cdot \Delta l}, \quad (2.20)$$

де $\Delta n(l)$ – кількість об'єктів, що відмовили протягом пробігу Δl .

Інтенсивність відмов за статистичним даними про відмови визначаємо за формулою

$$\lambda^c(l) = \frac{\Delta n(l)}{N_{\text{сер}}(l) \cdot \Delta l}, \quad (2.21)$$

де $N_{\text{сер}}(l)$ – кількість працездатних об'єктів в середині інтервалу напрацювання Δl .

Середнє напрацювання безвідмовної роботи об'єкта за статистичним даними оцінюється виразом

$$L_{\text{сер}}^c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N l_i, \quad (2.22)$$

де l_i – час безвідмовної роботи i -го об'єкта.

Розрахунки зводимо в табл. 2.5.

Графічна інтерпретація кількісних характеристик надійності наведена на рис. 2.6-2.8.

2.3 Будова контактора 1КП-005

На електропоїздах з електричним гальмуванням в якості лінійних, лінійно-

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Таблиця 2.5 – Результати розрахунків кількісних характеристик надійності за статистичним даними про відмови електроапаратів

Межі інтервалу, км		Середнє напрацю- вання в інтервалі	Кількість відмов за напрацю- вання	Ймовірність безвідмов- ної роботи $P^c(l)$	Імовір- ність відмови $Q^c(l)$	Частота відмов $f^c(l)$	Інтенсив- ність відмов $\lambda^c(l)$
254	759	506,5	3	1,00	0,00	0,00000	0,0000
760	1265	1012,5	7	0,95	0,05	0,00011	0,0001
1266	1771	1518,5	10	0,82	0,18	0,00025	0,0003
1772	2277	2024,5	14	0,64	0,36	0,00035	0,0005
2278	2783	2530,5	12	0,39	0,61	0,00050	0,0010
2784	3289	3036,5	8	0,18	0,82	0,00042	0,0015
3290	3795	3542,5	2	0,04	0,96	0,00028	0,0026

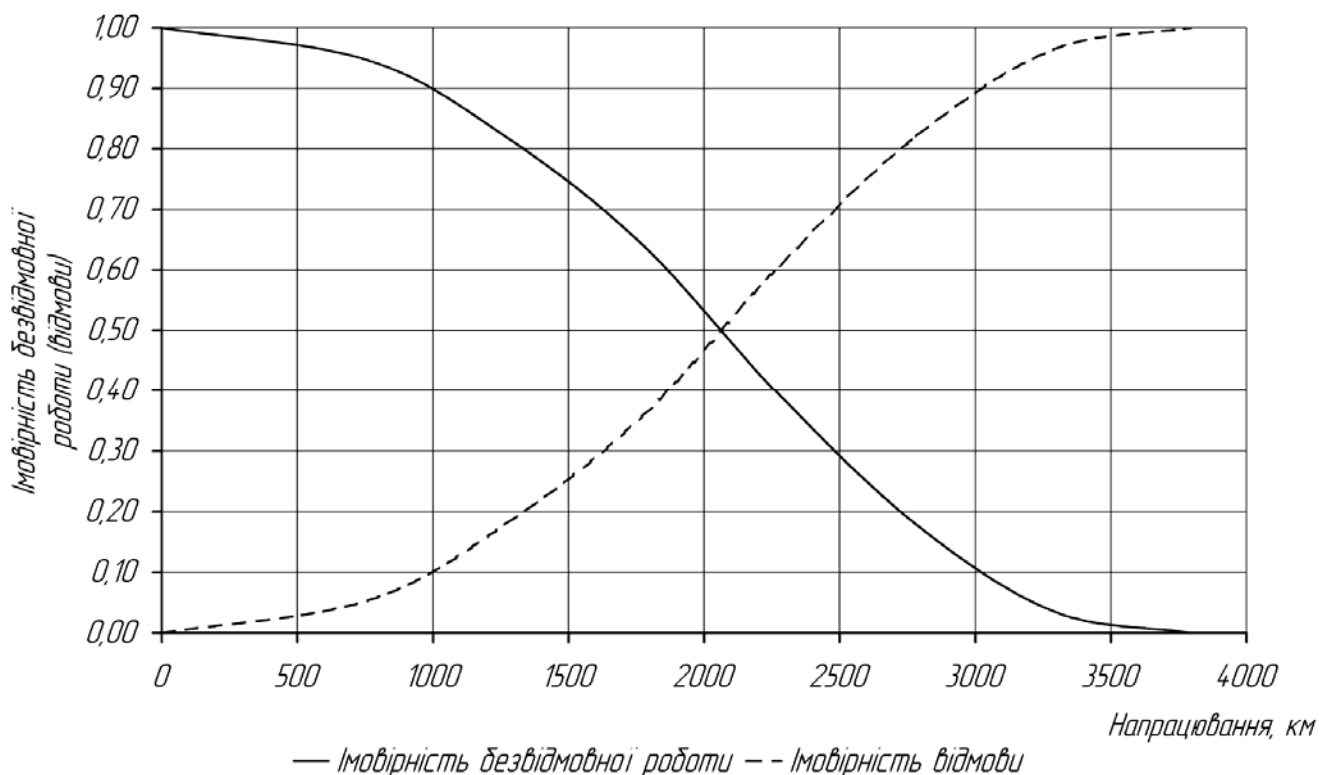


Рисунок 2.6 – Ймовірність безвідмовної роботи $P^c(l)$ та ймовірність відмови $Q^c(l)$

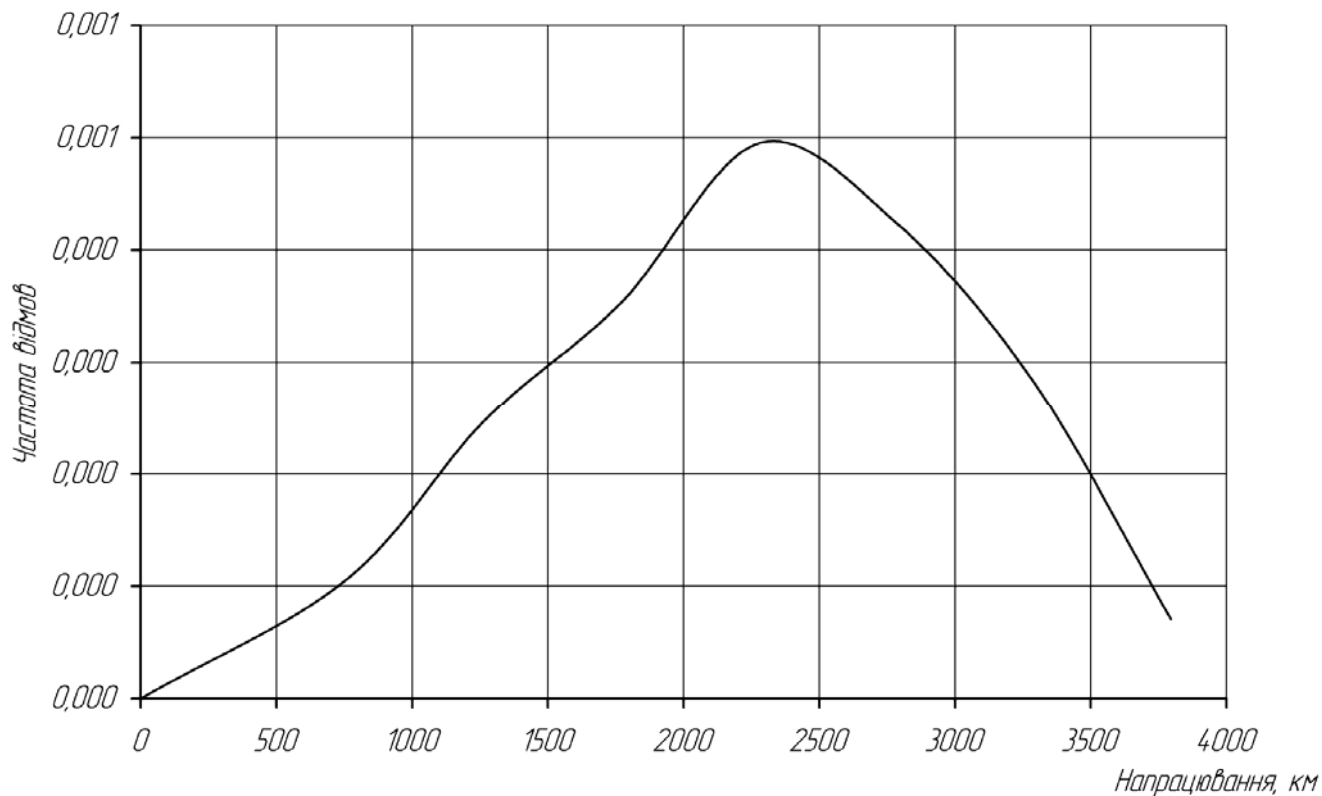


Рисунок 2.7 – Частота відмов $f^c(l)$

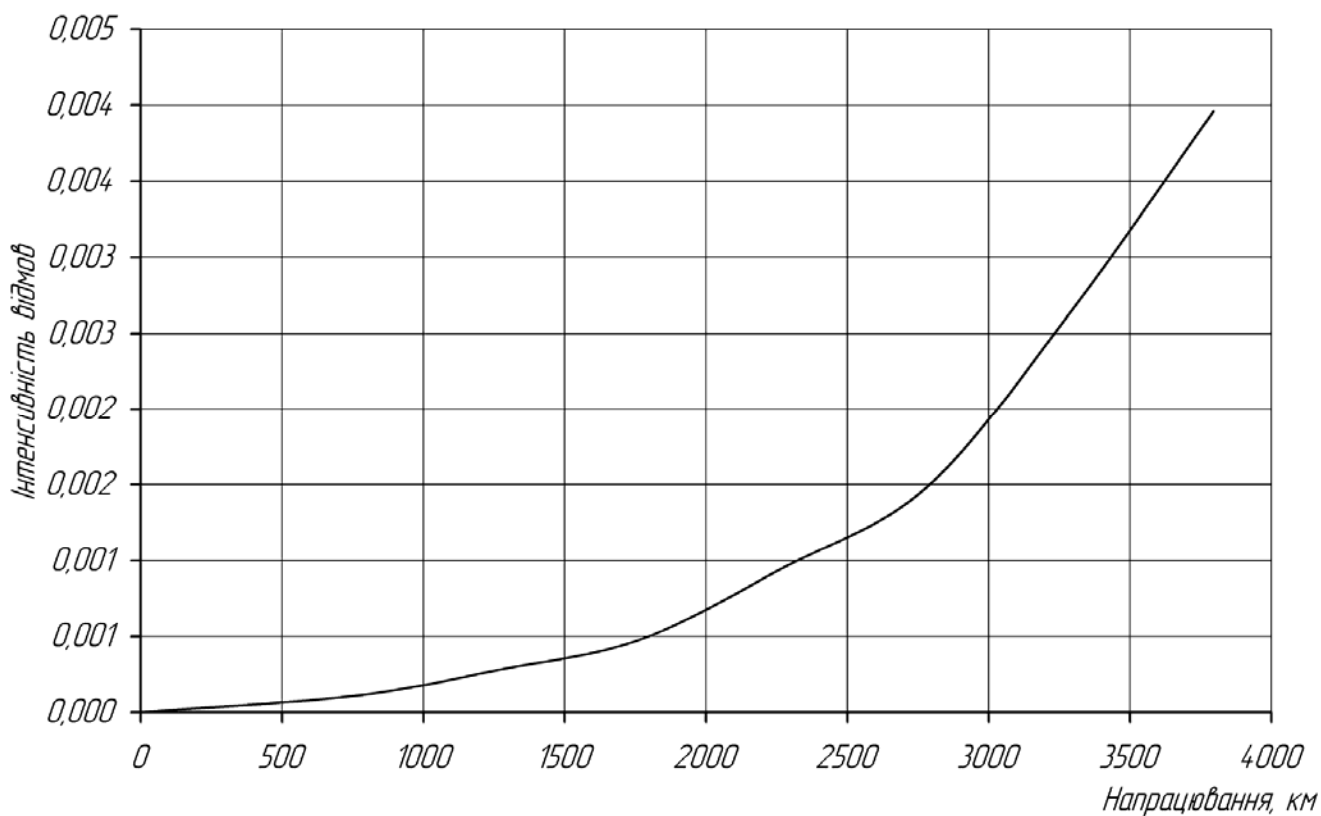


Рисунок 2.8 – Інтенсивність відмов $\lambda^c(l)$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.150214.000.03МР.ПЗ

гальмівних, гальмівних контакторів та контакторів ослаблення збудження застосовують електропневматичний контактор 1КП-005. Він складається на ізоляційної стійці 24 (рис. 2.9), у верхній частині якої закріплений кронштейн з нерухомим головним контактом 25. На тому ж кронштейні встановлюють дугогасильну котушку з сердечником і дугогасильний контакт 6, ізольований від головного контакту.

В циліндрі приводу 17 є поршень, шток і відключаюча пружина. Стисле повітря в циліндр поступає від електропневматичного вентиля 15, розташованого в горизонтальному положенні. Верхня частина штока з'єднана з ізолятором 19, на якому укріплені головний і дугогасильний рухомі контакти, дугогасильних риг, тримач і притираються пружина. Силові проводи підходять до контактору з заднього боку стійки 24: один провід – до кронштейна нерухомих контактів, інший – за допомогою шунта 21 з'єднаний з рухомими контактами.

Силові контактори, групові перемикачі та інші апарати мають низьковольтні блокувальні контакти. На контакторах 1КП-005 доцільно застосовувати герконний пристрій.

2.4 Розрахунок електропневматичного контактора 1КП-005

2.6.1 Вихідні дані до розрахунку

Вихідні дані до розрахунку параметрів електропневматичного контактора наводимо у вигляді табл. 2.6.

2.6.2 Розрахунок натискання і ширини контактів

Для електропневматичних контактів використовують типове відношення щільності струму

$$\frac{I_{\infty}}{b_k} = 20 \frac{\text{А}}{\text{мм}}, \quad (2.24)$$

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

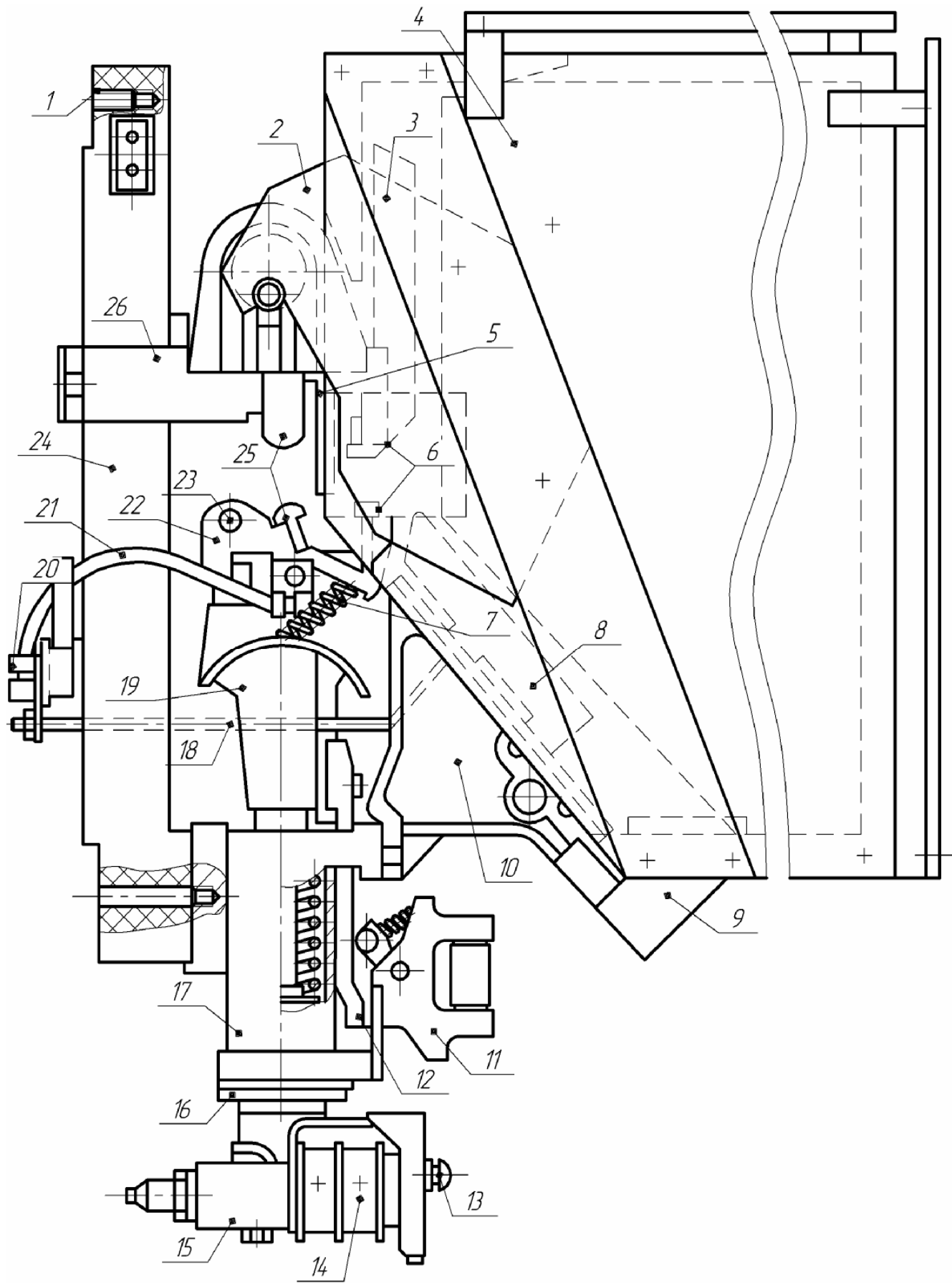


Рисунок 2.9 – Лінійний контактор 1КП-005

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.150214.000.03МР.ПЗ

Арк.

38

Позначення до рис. 2.9: 1 – різьбова втулка для кріплення контактора; 2 – полюс; 3 – верхній дугогасильний рiг; 4 – перегородка камери; 5 – упорна планка; 6 – дугогасильні контакти; 7 – пружина; 8 – нижній дугогасильний рiг; 9 – пружинний замок; 10 – ізоляційний кронштейн; 11 – допоміжні контакти; 12 – напрямна ізолятора рухомого контакту; 13 – кнопка вентиля; 14 – котушка вентиля; 15 – вентиль; 16 – кришка; 17 – циліндр; 18 – стрижень; 19 – ізолятор; 20 – зовнішній вивід; 21 – електричне з'єднання; 22 – рухомий контактний утримувач; 23 – вісь; 24 – ізоляційна стійка; 25 – головні контакти; 26 – нерухомий контакт.

Геркон – це герметично запаяна скляна колба, в якій розташовані контактні елементи. До двох затискачів колби підходять дроти зовнішнього електричного кола.

Таблиця 2.6 – Основні технічні дані контактора 1КП-005

Параметр	Одиниця виміру	Значення параметра
1	2	3
Напруга головного кола	В	
- номінальне		3000
- найбільше		4000
Струм номінальний	А	400
Струм при найбільшій напрузі	А	550
Струм додаткових кіл	А	1,5
Зазор між контактами	мм	
- перевищення зазору головних контактів над зазором дугогасильних		8+1
- головних		28-32
- дугогасильних при включеному контакторі		4
Довжина лінії контакту	мм	
- головних		38
- дугогасильних		7
Сила стиснення головних контактів	Н	160-370

Продовження табл. 2.6

1	2	3
Тиск повітря	кг/см ²	5,5
Найменша напруга включення	В	55
Опір котушки вентиля	Ом	76
Опір дугогасильної котушки	Ом	0,0055
Перехідний опір контактів	Ом	10
Маса	кг	20

де I_{∞} – тривалий струм контактора, мм;

b_k – ширина контактів, мм.

Виходячи з цього, знаходимо ширину контактів

$$b_k = \frac{I_{\infty}}{20}; \quad (2.25)$$

$$b_k = \frac{400}{20} = 20 \text{ мм.}$$

Приймаємо ширину контактів $b_k = 20$ мм.

Натиснення контактів Q_H складає

$$Q_H = \frac{I_{\infty}}{b_k} \cdot \frac{I_{\infty}}{A_k}, \quad (2.26)$$

де A_k – теплова постійна контактів, А² / (мм · Н).

$$Q_H = \frac{400}{20} \cdot \frac{400}{145} = 55 \text{ Н.}$$

Тоді, контактний опір знаходимо за формулою

$$R_k = \frac{\varepsilon}{Q_H^m}, \quad (2.27)$$

де ε – коефіцієнт, що залежить від матеріалу і конструкції контактів, $\varepsilon = 1 \cdot 10^{-3}$;

m – показник ступені, що залежить від типу контактів.

Приймаємо типові для лінійних контактів значення $k_H = 1 \cdot 10^{-3}$ Ом та $m = 0,75$.

$$R_K = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{55^{0,75}} = 2,02 \cdot 10^{-4} \text{ Ом.}$$

Граничний струм контакту, при якому відбуваються структурні зміни (розм'якшення), складає

$$I_{np} = \frac{0,7 \cdot \Delta U_{стр}}{R_K}, \quad (2.28)$$

де $\Delta U_{стр}$ – падіння напруги на контакті, при якому досягається температура розм'якшення міді, яка дорівнює 190°C , $\Delta U_{стр} = 0,11 \text{ В}$.

$$I_{np} = \frac{0,7 \cdot 0,11}{2,02 \cdot 10^{-4}} = 1555 \text{ А.}$$

Струм плавлення матеріалу контакту складає

$$I_{пл} = \frac{0,9 \cdot \Delta U_{пл}}{R_K}, \quad (2.29)$$

де $\Delta U_{пл}$ – падіння напруги на контакті, при якому досягається температура плавлення міді, рівна 1083°C , $\Delta U_{пл} = 0,44 \text{ В}$.

$$I_{пл} = \frac{0,9 \cdot 0,44}{2,02 \cdot 10^{-4}} = 7999 \text{ А.}$$

При робочих перевантаженнях струм через контакти може досягати $2I_\infty$, А при аварійних перевантаженнях – $10I_\infty$.

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Відповідно повинні виконуватись умови

$$I_{np} \geq 2I_{\infty}; \quad (2.30)$$

$$1555 \text{ A} > 800 \text{ A};$$

$$I_{нл} \geq 10I_{\infty}; \quad (2.31)$$

$$7999 \text{ A} > 4000 \text{ A}.$$

Умови виконуються, отже, натискання контактів залишаємо без зміни.

Потужність, що розсіюється на контактах при струмі рівному I_{∞} , складе

$$P = I_{\infty}^2 \cdot R_k; \quad (2.32)$$

$$P = 400^2 \cdot 2,02 \cdot 10^{-4} = 32,32 \text{ Вт.}$$

2.6.3 Розрахунок дугогасильного пристрою

В процесі гасіння, дуга розтягується до кінцевої довжини, величина якої визначається за формулою

$$l_{\partial k} = 13 \cdot 10^{-5} \cdot U_n \sqrt[3]{I_p}, \quad (2.33)$$

де U_n – номінальна напруга на контактах, В;

I_p – струм розриву дуги, при розрахунку приймаємо

$$I_p = 2I_{\infty}; \quad (2.34)$$

$$I_p = 2 \cdot 400 = 800 \text{ А.}$$

$$l_{\partial k} = 13 \cdot 10^{-5} \cdot 3000 \cdot \sqrt[3]{800} = 3,62 \text{ м.}$$

При використанні простої щілинної камери розрив максимального струму

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$I_p = 2I_\infty$ супроводжується виходом дуги за межі камери на 0,1-0,2 м. З урахуванням цього необхідна для розміщення дуги площа бічної поверхні камери при типовому для контакторів співвідношенні її сторін 1:2 визначається за формулою

$$S_k = \frac{0,04l_{\partial k}^2}{k_{нп}}, \quad (2.35)$$

де $k_{нп}$ – коефіцієнт використання простору, який враховує форму дуги та залежить від типу камери, для щілинної камери $k_{нп} = 0,8$.

$$S_k = \frac{0,04 \cdot 3,62^2}{0,8} = 0,655 \text{ м}^2.$$

Площа полюса, через який в камері проходить магнітний потік

$$S_n = 0,6S_k; \quad (2.36)$$

$$S_n = 0,6 \cdot 0,655 = 0,393 \text{ м}^2.$$

Повітряний зазор в магнітній системі камери, що дорівнює відстані між полюсами, залежить від розрахованої раніше ширини контакту

$$l_g = (b_k + 2b_c + 2b_3) \cdot 10^{-3}, \quad (2.37)$$

де b_c – товщина стінки камери, $b_c = 10$ мм;

b_3 – зазор між контактом і стінкою, $b_3 = 2$ мм.

$$l_g = (20 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 0,044 \text{ м}.$$

МРС дугогасильної котушки

$$F_\partial = \frac{B_c \cdot l_g \cdot \sigma}{\mu_0}, \quad (2.38)$$

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

де μ_0 – магнітна проникність повітря $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Мн/м;

σ – коефіцієнт розсіювання розглянутої магнітної системи, $\sigma = 1,8$;

B_c – розрахункова середня індукція при розриві тривалого струму I_∞ ,

$$B_c = 0,01 \text{ Т}.$$

$$F_\partial = \frac{0,01 \cdot 0,044 \cdot 1,8}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 490 \text{ А}.$$

За отриманим значенням МРС визначаємо число витків дугогасильної котушки

$$\omega_\partial = \frac{F_\partial}{0,5I_\infty}; \quad (2.39)$$

$$\omega_\partial = \frac{490}{0,5 \cdot 400} = 2,45.$$

Приймаємо $\omega_\partial = 3$ витка.

Далі розраховуємо середній магнітний потік в зазорі між полюсами

$$\Phi_{вс} = B_c \cdot S_n; \quad (2.39)$$

$$\Phi_{вс} = 0,01 \cdot 0,393 = 0,00393 \text{ Вб}.$$

Середній магнітний потік в осерді котушки

$$\Phi_{кс} = \Phi_{вс} \cdot \sigma; \quad (2.40)$$

$$\Phi_{кс} = 0,00393 \cdot 1,8 = 0,007074 \text{ Вб}.$$

Площа поперечного перерізу осердя повинна бути достатня для виключення насичення сталі (індуктивність насичення сталі $B_H = 0,2 \text{ Т}$) При граничному розривався струмі $I_p = 2I_\infty$

$$S_c = \frac{2\Phi_{кс}}{B_H}; \quad (2.41)$$

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$S_c = \frac{2 \cdot 0,007074}{0,2} = 0,07074 \text{ м}^2.$$

Розраховуємо мінімальний перетин шини

$$S_{шм} = \frac{I_{\infty}}{j_{\partial}}, \quad (2.42)$$

де j_{∂} – допустима щільність струму. Приймаємо $j_{\partial} = 6 \text{ А/мм}^2$.

$$S_{шм} = \frac{400}{6} = 66,7 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо стандартну шину, у якої перетин найближчий до $S_{шм}$ та $S_{ш} \geq S_{шм}$.

Фактичний перетин шини

$$S_{ш} = h_{ш} \cdot b_{ш}, \quad (2.43)$$

де $h_{ш}$ – висота шини, вибираємо зі стандартного ряду $h_{ш} = 35 \text{ мм}$;

$b_{ш}$ – товщина шини, вибираємо зі стандартного ряду $b_{ш} = 2 \text{ мм}$.

$$S_{ш} = 35 \cdot 2 = 70 \text{ мм}^2;$$

$$70 \text{ мм}^2 > 66,7 \text{ мм}^2.$$

2.6.4 Розрахунок пневматичного приводу

Кінематична схема електропневматичного контактора 1КП-005 наведена на рис. 2.10

На рис. 2.10 $Q_{ш}$ – сила, що передається з штока на рухомий важіль; Q_e – вага рухомих частин контактора, прикладених в центрі ваги рухомої системи; – сила реакції в точці дотику контактів, рівна силі натискання контактів,

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

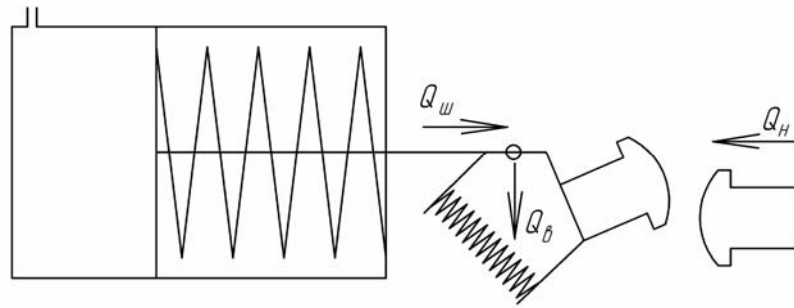


Рисунок 2.10 – Кінематична схема електропневматичного контактора 1КП-005

$$Q_H = 370 \text{ Н.}$$

Сила тиску повітря

$$Q_{дв} = 2,5Q_{тр} + Q'_H, \quad (2.44)$$

де $Q_{тр}$ – сила тертя, що виникає в циліндрі;

Q'_H – приведена сила реакції в точці дотику контактів.

Необхідне навантаження від тиску стисненого повітря визначається за формулою

$$Q_{дв} = \frac{\pi d_n^2}{4} P_{мін}. \quad (2.45)$$

де d_n – діаметр поршня, м;

$P_{мін}$ – мінімальний робочий тиск стисненого повітря, що становить 75% від номінального тиску, $P_{мін} = 0,75P_H$; $P_H = 5 \cdot 10^5$ Па.

Сила тертя поршня залежить від діаметра поршня. Величина її розраховується за формулою

$$Q_{тр} = 5 \cdot 10^3 d_n. \quad (2.46)$$

Для розрахунку приведеної сили натискання контактів приймаємо що тиск від штока передається безпосередньо на контакти

$$Q'_H = Q_H; \quad (2.47)$$

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$Q'_H = 370 \text{ Н.}$$

На основі цих виразів отримуємо квадратне рівняння

$$\frac{\pi d_n^2}{4} \cdot 0,75 \cdot 5 \cdot 10^5 = 370 + 2,5 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot d_n. \quad (2.48)$$

При вирішенні рівняння одержуємо $d_n = 0,065$ м. Тоді

$$Q_{mp} = 5 \cdot 10^3 \cdot 0,065 = 325 \text{ Н.}$$

Н.

За розрахованим значенням $Q_{\text{дв}}$ визначаємо силу стиснення відключаючої пружини

$$Q_{нк} = Q_{\text{дв}} - Q_{mp} - Q'_в - Q'_H. \quad (2.49)$$

Вага рухомих частин приводу залежить від габаритів контактора, які пов'язані з робочим струмом i , отже, з натисканням контактів. Для розрахунку приймаємо $Q'_в = 0,1Q'_H$.

$$Q'_в = 0,1 \cdot 370 = 37 \text{ Н;}$$

$$Q_{нк} = 1243 - 325 - 37 - 370 = 511 \text{ Н.}$$

Необхідна відстань між контактами залежить від номінального значення напруги U_H

$$h_p = 10^{-5} \cdot U_H;$$

$$h_p = 10^{-5} \cdot 3000 = 0,03 \text{ м.}$$

Хід поршня наближено можна розрахувати за формулою

$$h_x = (h_p + h_n) \cdot 1,1, \quad (2.51)$$

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

де h_n – провал контактів, приймаємо $h_n = 10^{-2}$ м.

$$h_x = (0,03 + 0,02) \cdot 1,1 = 0,055 \text{ м.}$$

При включеному контакторі відключаюча пружина має початковий натяг Q_{nn} за рахунок її стискання при складанні апарату на величину h_0

$$Q_{nn} = h_0 \cdot ж. \quad (2.52)$$

Сила стиснення пружини в кінцевому положенні поршня

$$Q_{nn} + h_x \cdot ж = (h_0 + h_x) ж. \quad (2.53)$$

Зазвичай $h_0 \approx h_x$. Тоді необхідна жорсткість пружини визначається виразом

$$ж = \frac{Q_{nk}}{2h_x}; \quad (2.54)$$

$$ж = \frac{511}{2 \cdot 0,02} = 12775 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

$$Q_{nn} = 0,02 \cdot 12775 = 255,5 \text{ Н.}$$

2.5 Удосконалення електропневматичного контактора 1КП-005

Враховуючи всі перераховані види контактів, їх недоліки та переваги, вибрано для удосконалення електропневматичний лінійний контактор 1КП-005, в яких основні контакти виконуємо з нових матеріалів МДК, а дугогасні виконуємо з дугостійких матеріалів, вони гратимуть основну роль при включенні і відключенні апарату. Замикаються контакти в наступній черговості: спочатку дугогасні, а потім основні. При розмиканні черговість зворотна: спочатку розмикаються основні контакти, розриву електричного кола не відбувається, оскільки весь струм переходить в дугогасні контакти, а потім розмикаються дугогасильні, на яких і виникає електрична дуга.

					0032.150214.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Застосування такої комбінованої технології дозволить значно зменшити утворення електричної дуги при розриві контактів, а отже зменшити їх зношуваність. В свою чергу це підвищить надійність роботи електропневматичного контактора 1КП-005, та підвищить строк його служби, що дасть значиму економію коштів на ремонт та заміну спрацьованих контактів.

У країнах СНД і за кордоном як матеріали для електричних контактів широко застосовують срібло і псевдосплави типу срібло-оксид кадмію, срібло-вольфрам і тому подібне, отримані за допомогою порошкової металургії.

На Україні вперше в світовій практиці розроблені принципово нові мікрокристалічні і мікрошарові матеріали для розривних електричних контактів типу мідь-молібден-цирконій-ітрій-ніобій-вуглець.

Виготовляються подібні матеріали за допомогою високошвидкісного електронно-променевого випаровування і подальшої конденсації у вакуумі металевих і неметалічних матеріалів.

Основні переваги матеріалів МДК:

- не містять срібла і тому в 1,2-2 рази коштують дешевше в порівнянні зі срібловміщуваними матеріалами електроконтактів;
- по експлуатаційній довговічності МДК в 1,5-2,5 разу перевершують всі існуючі електротехнічні матеріали;
- перевершують відомі контактні матеріали по радіаційній стійкості, термічній;
- стабільності, а також зносостійкості, володіють високими тепло- та електропровідністю;
- нові матеріали не підтримують горіння дуги;
- повністю замінюють берилієву бронзу;
- забезпечують високу надійність спрацьовування контактів;
- підтримують максимальну величину комутаційного струму до 1200 А.

Матеріали МДК добре обробляються різанням, штампуванням, шліфуванням, свердлінням, легко паяються будь-яким з відомих способів паяння з використанням стандартних срібловмісних та безсрібних припоїв.

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Економічний ефект від використання МДК обумовлюється впливом трьох чинників:

- збільшенням терміну служби контактів;
- скороченням вартості самих контактів;
- скороченням необхідного робочого часу на обслуговування контактів.

Загальна економія грошових коштів за рахунок використання матеріалів МДК складе 30%-60%.

Існує можливість реставрації контактів шляхом заміни використаної контактної губки на нову з МДК, що дозволяє скоротити необхідний бюджет для придбання контактів на 20-70%.

Для наглядної оцінки ефективності впровадження контактів типу МДК розрахуємо контактні перехідні опори для мідних площинних контактів встановлених на контакторі 1КП-005 заводом виробником, та для контактів типу МДК, які пропонуються їм на заміну:

$$R_{пер} = \frac{\varepsilon}{Q_n^n}, \quad (2.55)$$

де ε – величина, що залежить від форми контакту, матеріалу, способу обробки та стану контактної поверхні, для мідного старого контакту становить

$$\varepsilon = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Ом/Н}^{0,5}, \quad \text{для контакту типу МДК становить}$$
$$\varepsilon = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ Ом/Н}^{0,5};$$

Q_n – контактне початкове натиснення, $Q_n = 89 \text{ Н}$;

n – показник степені, що характеризує кількість точок торкання, для поверхні $n = 0,75$.

Контактний перехідний опір для мідних контактів контактора 1КП-005:

$$R_{пер} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{89^{0,75}} = 3,45 \cdot 10^{-5} \text{ Ом}.$$

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Контактний перехідний опір для контактів типу МДК, що пропонуються на заміну мідним:

$$R_{пер} = \frac{0,3 \cdot 10^{-3}}{89^{0,75}} = 1,03 \cdot 10^{-5} \text{ Ом.}$$

Як бачимо з розрахунку, контактний перехідний опір контактів типу МДК майже в четверо менше ніж стандартних мідних контактів, а отже такі контакти є більш ефективними.

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

3 СУЧАСНІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ

3.1 Класифікація систем діагностування електричних кіл

Основне завдання технічного діагностування полягає в організації ефективних процесів визначення технічного стану різних, особливо складних, багатокомпонентних об'єктів. Під технічним станом об'єкта розуміють сукупність властивостей об'єкта, встановлених технічною документацією і схильних до зміни в процесі експлуатації. Процес визначення технічного стану об'єкта з певною точністю називається технічним діагностуванням. Контроль технічного стану – це визначення виду технічного стану. При одному і тому ж об'єктивно існуючому технічному стані виріб може бути працездатним для одних умов експлуатації та непрацездатним для інших. Тому номенклатура властивостей виробу, що включається до технічної документації, повинна містити діагностичні параметри, достатні для проведення тих видів діагностування, які потрібні в умовах експлуатації для перевірки справного і працездатного стану об'єкта, його правильного функціонування і пошуку несправностей із заданою глибиною. Остання визначається числом діагностичних (контрольованих) параметрів, що визначають надійність виробу. Чим більше контрольованих параметрів використовується при діагностуванні, тим глибше і повніше буде діагностування. Повнота технічного діагностування – характеристика, яка визначає можливість виявлення відмов (несправностей) в об'єкті при обраному методі його діагностування (контролю). Глибина пошуку місця відмови (несправності) характеристика, що задається зазначенням складової частини об'єкта, з точністю до якої визначається місце відмови (несправності).

До засобів діагностування відноситься: апаратура – різного роду датчики, перетворювачі, вимірювальні і спеціалізовані прилади, пульти, стенди, обчислювальні пристрої та ін. Системою діагностування називається сукупність засобів, об'єктів виконавців, необхідних для проведення діагностування за правилами, встановленими в технічній документації, яка повинна бути

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

обов'язковою складовою частиною системи планово-попереджувального ремонту високошвидкісного рухомого складу залізниць.

Системи технічного діагностування призначаються для:

- перевірки справності;
- перевірки працездатності;
- перевірки правильного функціонування;
- пошуку дефектів.

Системи технічного діагностування можуть бути класифіковані по ряду ознак, що визначають їх призначення, завдання, структуру і склад технічних засобів.

– За ступенем охоплення об'єкта діагностування системи технічного діагностування можуть бути локальними та загальними.

За допомогою локальних систем вирішується одна або декілька з перерахованих вище завдань.

Загальні системи технічного діагностування вирішують всі поставлені завдання.

– За характером взаємодії засобів діагностування з об'єктом діагностування системи технічного діагностування поділяються на:

- системи робочого діагностування, в яких інформація про технічний стан об'єкта надходить в процесі його нормального функціонування;
- системи тестового діагностування, коли інформація про технічний стан об'єкта надходить в процесі подачі на об'єкт спеціальних тестових сигналів;

– По використуваних засобів системи технічного діагностування можна поділити на:

- системи з універсальними засобами діагностування і контролю об'єктів різних типів; системи зі спеціалізованими засобами (стенди, імітатори і ін.);
- системи з зовнішніми засобами, розташованими на постах діагностування, де зв'язок з об'єктом діагностування здійснюється через стикувальні вузли;
- системи з вбудованими засобами діагностування, складовими єдине ціле з об'єктом контролю;

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

– За ступенем автоматизації системи технічного діагностування можна поділити на:

- автоматичні, в яких обробка та отримання інформації здійснюються без участі людини за заздалегідь розробленою програмою;
- автоматизовані, в яких отримання і обробка інформації здійснюються із застосуванням засобів автоматизації та участю людини;
- ручні (неавтоматизовані), в яких отримання і обробка інформації здійснюються людиною-оператором.

Уявімо структурну схему класифікації засоби діагностування (рис. 3.1).

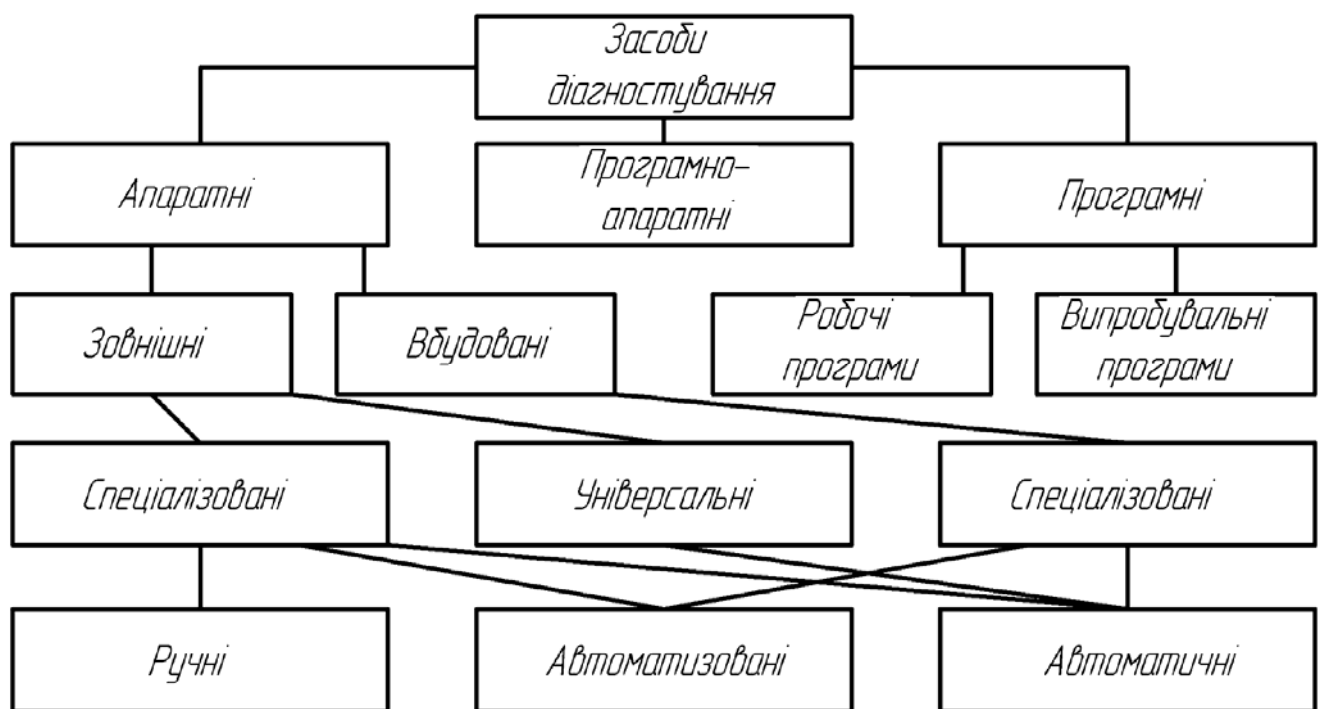


Рисунок 3.1 – Структурна схема класифікації засобів діагностування

Системи технічного діагностування повинні забезпечувати повне виконання алгоритму діагностування:

- попереджати поступові відмови;
- виявляти неявні відмови;
- здійснювати пошук несправних вузлів, блоків, складальних одиниць і локалізувати місце відмови.

Під діагностичним параметром розуміється параметр, зміна якого

призводить або до фізичного відмови, або до збільшення інтенсивності процесу накопичення пошкоджень в деталях локомотива.

Кількість і набір діагностичних параметрів визначається виходячи із заданої глибини діагностування. Збільшення кількості діагностичних параметрів призводить до ускладнення засобів діагностування та їх подорожчання.

Для діагностування технічного стану рухомого складу ВШМ, їх систем, вузлів і агрегатів використовуються різні методи. Різноманіття методів діагностування обумовлено в основному двома причинами: складністю систем діагностування, яка визначається складністю структури рухомого складу ВШМ як об'єкта діагностування і різноманітністю завдань технічного діагностування, що впливають з вимог, що пред'являються до обслуговування і ремонту рухомого складу ВШМ. Методи діагностування рухомого складу ВШМ розрізняються залежно від комбінації ознак, що характеризують особливості структури і взаємодії трьох основних частин системи технічного діагностування:

- об'єкта діагностування;
- системи збору;
- перетворення і передачі інформації і системи обробки, накопичення і відображення результатів діагностування (рис. 3.2).

Вібраакустичні методи діагностування. Ці методи діагностування стають все поширенішими в локомотивному господарстві, так як не вимагають розбирання агрегатів і вузлів рухомого складу ВШМ.

Методи засновані на процесах, що виникають у вузлах тертя і сполучення під час робочого режиму. Робота вузлів, як правило, супроводжується шумами і коливаннями, за якими обслуговуючий персонал визначає технічний стан об'єкта, вслухаючись в роботу кожного вузла. Вібрація механізму – його реакція на дію доданих сил, що обурюють. Зазвичай на механізми одночасно впливає кілька різних сил, що призводять його в такий стан, коли порушується рівновага, виникають сторонні шуми, удари, посилюється вібрація. Причинами несправностей можуть бути максимальні переміщення, швидкості або прискорення вібрації, максимальні значення деформації, напруги або зусилля. В

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

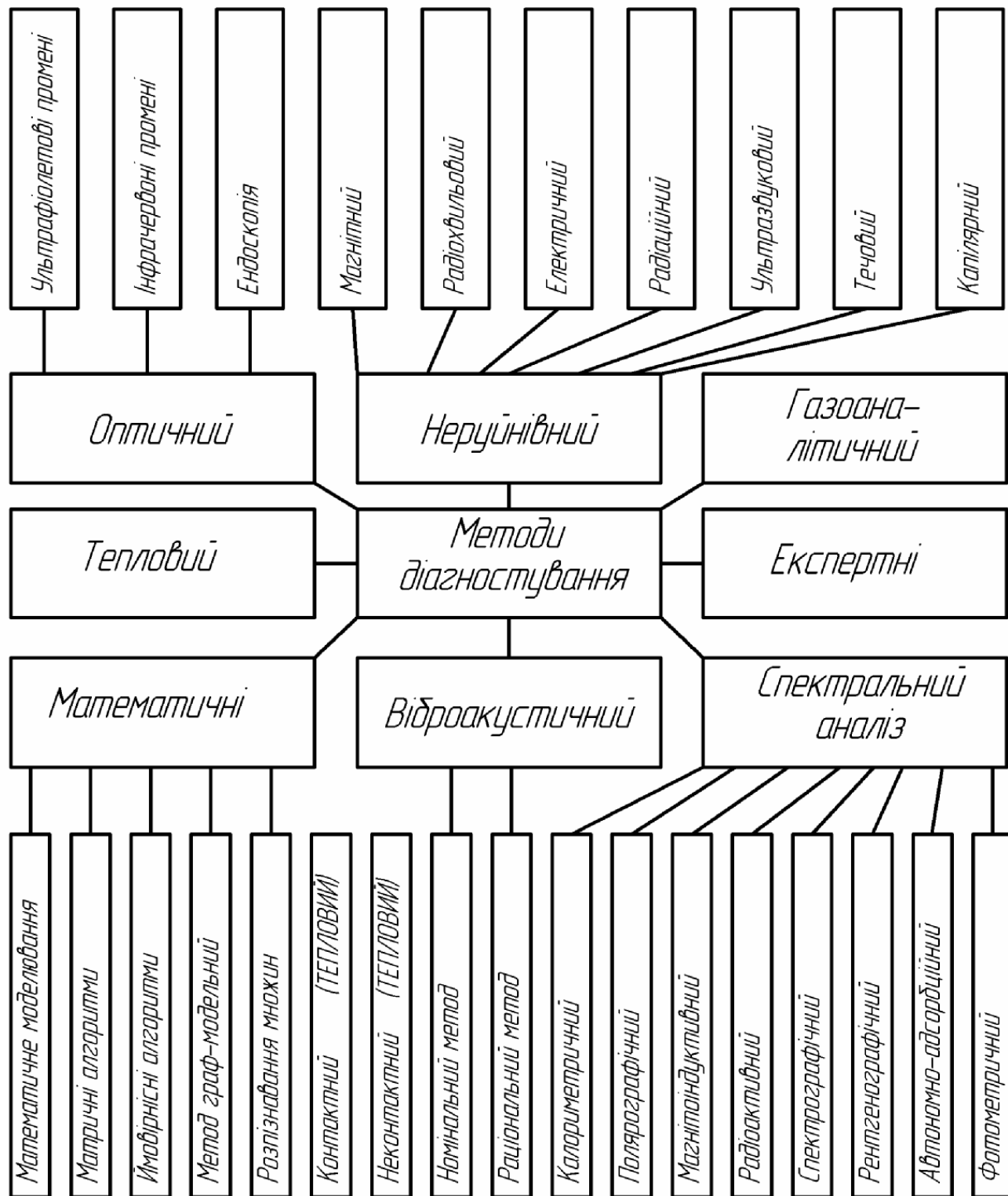


Рисунок 3.2 – Структурна схема методів діагностування

процесі роботи вузла несправність дає про себе знати посиленої вібрацією або коливаннями. Різні дефекти мають коливання різної частоти. Існують кілька причин, що викликають коливання механізму. Одна з них пов'язана з

неврівноваженістю рухомих деталей. Вона змушує механізми коливатися як єдине ціле щодо положення рівноваги. Ці коливання характеризуються низькими частотами, порівняно великими амплітудами переміщення і малими прискореннями. Залежність частоти вібрації від швидкісного режиму механізму є характерною ознакою цього виду коливань, що дозволяє їх легко виявити і виділити. Основна частота вібрації механізму дорівнює частоті обертання валу, на якому знаходиться незбалансована маса. Амплітуда вібрації пропорційна квадрату кутової швидкості обертання валу і залежить від маси механізму і жорсткості кріплення його до основи.

Ще одне джерело коливань механізму є зіткнення його деталей, викликані збільшеними зазорами. Ці коливання характеризуються більш високими частотами коливань, малими амплітудами зміщення і значними прискореннями. Найчастіше деталі і вузли відчують прості синусоїдальні коливання, які характеризуються трьома пов'язаними між собою величинами: коливальними зсувами $x(t)$, швидкістю $V(t)$ і прискоренням $a(t)$. Якщо коливання має форму чисто поступального руху тіла вздовж тільки однієї осі, то миттєве значення кожної з її координат називається переміщенням і визначається за формулою (2):

$$x = X_{max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right), \quad (3.1)$$

де X_{max} – амплітуда коливального зміщення;

T – період коливань;

f – частота коливань, $f = 1 / T$;

t – поточне значення часу.

Швидкість $V(t)$ і прискорення $a(t)$ гармонійного коливання знаходяться дифференцированием рівняння переміщення x в часі і визначаються за співвідношенням

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$V = \frac{dx}{dt} = \omega X_{max} \cos(\omega t) = V_{max} \cos(\omega t);$$

$$a = \frac{dv}{dt} = -\omega X_{max} \sin(\omega t) = A_{max} \sin(\omega t + \pi).$$
(3.2)

Поява відхилень в роботі вузлів і механізмів призводить до зміни періодичності коливань. Вони стають іноді непередбачуваними і мають випадкові величини. Для отримання повних характеристик таких коливань необхідно вести постійне спостереження з подальшими записами інформації та результатів її обробки.

Тому при наявності набору різних коливань у вузлі можна за допомогою датчиків віброколивань і фільтрів частот визначити ступінь зносу тієї чи іншої деталі (рис. 3.3). За допомогою сучасних вібродатчиків з елементами електроніки і мікропроцесорними пристроями можна отримати найбільш повну та достовірну інформацію за невеликий проміжок часу.

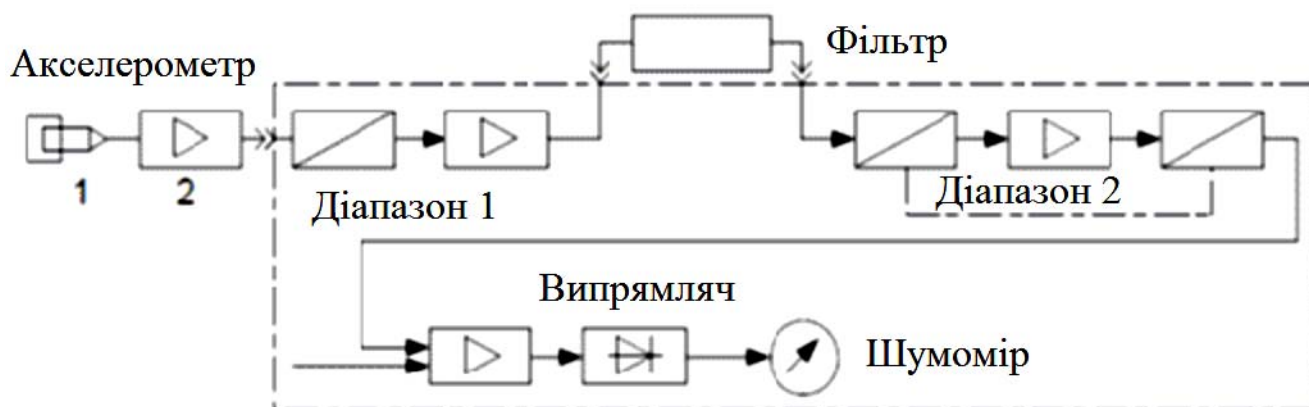


Рисунок 3.3 – Структурна схема вібровимірювального пристрою:

1 – датчик віброколивань; 2 – попередній підсилювач сигналу

3.2 Сучасні системи діагностування електричних кіл

Розподілена телеметрична підсистема діагностики комп'ютерної електричної централізації. Одним з пріоритетних напрямків в області розвитку станційних систем залізничної автоматики і телемеханіки стає впровадження комп'ютерних систем електричної централізації (ЕЦ). Крім основних функцій

управління перевізним процесом, застосування засобів комп'ютерної техніки дозволяє реалізувати в таких пристроях інформаційно-аналітичні підсистеми.

Підсистема технічної діагностики власного комп'ютерного обладнання і станційних систем – одна з основних підсистем релейно-процесорної централізації на базі мікро-ЕОМ і програмованих контролерів ЕЦ-МПК. Основні функції, властиві такій підсистемі, дозволяють підвищити відмовостійкість станційних пристроїв, інформованість обслуговуючого і експлуатаційного персоналу на різних вертикалях управління, попередити відмови, характер прояви яких не носить випадковий характер.

Важливість проблеми забезпечення стійкої і безвідмовної роботи станційних пристроїв стиснення не підлягає сумніву. Отже, стратегія подальшого розвитку повинна бути спрямована на діагностування працездатності як комп'ютерного обладнання сучасних пристроїв ЕЦ, так і консервативних станційних пристроїв.

На даному етапі розвитку технічних рішень ЕЦ-МПК підсистема діагностики включає в себе апаратно-програмні засоби для вимірювання напруги, струму, параметрів сигнального струму.

Діагностика тиристорних перетворювачів. На високошвидкісному рухомому складі використовується велика кількість тиристорів. Їх застосовують для регулювання напруги, струму і т.д.

Згідно зі статистичними даними число відмов тиристорів серед всієї електричної апаратури досить велика. Відповідно до технічних умов число відмов тиристорів не повинно перевищувати 12 на 10^6 км пробігу, проте, як показують статистичні дані, це число сягає 25,5 на 10^6 км пробігу []. Тому для підвищення надійності тиристорних перетворювачів необхідно мати спеціальні стенди та установки для їх діагностування в умовах експлуатації. Відповідно до стандарту перевіряти необхідно наступні діагностичні параметри тиристорів: повторюваний імпульсний зворотний струм і повторюваний імпульсний струм в закритому стані; відкриваючий струм керуючого електрода; імпульсну напругу у відкритому стані; граничну потужність.

При діагностуванні тиристорних перетворювачів необхідно знати ті

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

параметри, які визначають технічний стан як окремого тиристора, так і перетворювальної установки в цілому. Для діагностування тиристорних перетворювачів розроблені і впроваджуються в депо переносні і стаціонарні пристрої тестового і робочого діагностування. При виробництві засобів технічного діагностування необхідно враховувати компактність, вартість, масу, універсальність і можливість підключення до автоматизованих засобів обробки інформації.

Прилад, схема якого наведена на рис. (3.4), дозволяє контролювати значення імпульсної напруги у відкритому стані тиристора і максимальну амплітуду струму. Якщо тиристор не витримує максимальних параметрів, то його відбраковують.

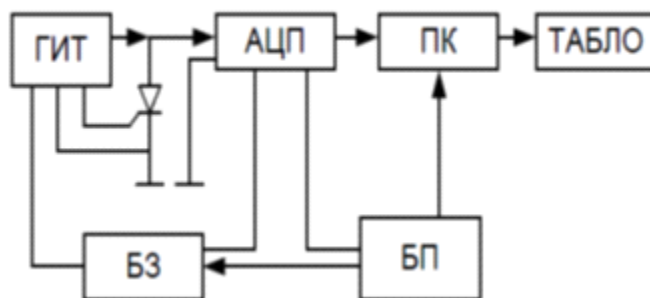


Рисунок 3.4 – Структурна схема вимірювання максимальних значень параметрів тиристора

Прилад складається з:

- генератора імпульсного струму ГИТ, який виробляє одиночні синусоїдальні імпульси струму з амплітудою до 4000 А;
- аналого-цифрового перетворювача АЦП, що перетворює аналоговий сигнал в цифровий для видачі інформації на цифрове табло;
- блоку запуску БЗ (при досягненні струмом певного значення він запускає АЦП);
- перетворювача кодів ПК (перетворює двійковий код в двійково-десятковий і видає інформацію на табло).

За допомогою цього приладу проводиться підбір замінних тиристорів за

прямим падіння напруги. Згідно з інструкцією, розкид по сумарному прямим падіння напруги між паралельними гілками тиристорів плеча допускається не більше 0,25 В.

У комплект розглянутого приладу входить прилад, призначений для діагностування кіл управління тиристором (рис. 3.5).

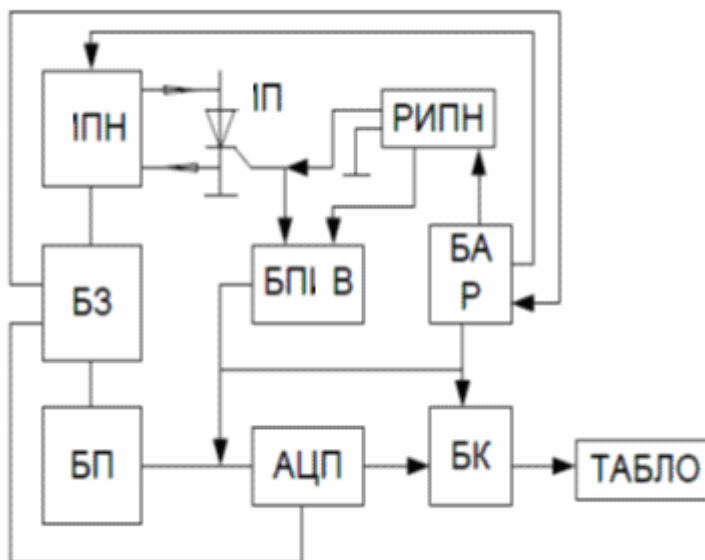


Рисунок 3.5 – Структурна схема приладу УПТ-2 для діагностування кіл управління тиристорами:

ІПН – джерело постійної напруги; БЗ – блок запуску; БПІВ – блок перетворення вимірюваних величин; РІПН – регульоване джерело постійної напруги; БАР – блок автоматичного регулювання; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; БП – блок живлення; ПК – перетворювач коду

Основні параметри, що визначають працездатність керуючого кола тиристора: значення струму, напруги та тривалість імпульсу управління. Важливу роль відіграє і форма імпульсу, тому при діагностуванні кола управління необхідно визначити роль і вплив форми на надійність включення тиристора. Розглянемо характеристику кола управління тиристором. Всі параметри знаходяться в певній залежності від температури навколишнього середовища. Параметри тиристорів, наведені в технічних умовах заводу-виготовлювача, є нормованими. В умовах експлуатації ці параметри змінюються і відбувається

розкид характеристик, що призводить до перевантажень по струму і напрузі, особливо при порушенні одночасності включення або виключення. В результаті постійних перевантажень тиристор швидко втрачає свої властивості і виходить з ладу. Крім того, якщо тиристор включається при малих значеннях струму управління і напруги на керуючому електроді, то це істотно знижує стійкість перетворювача.

Для розробки методики діагностування вибираються еталонні параметри і параметри передвідмовного стану. Відповідно до технічних умов заводу-виготовлювача, при заміні тиристорів нові повинні мати струм управління не менше 30 мА і напругу управління не менше 1 В при температурі навколишнього середовища плюс 25°C. Робота пристрою полягає в подачі на анод тиристора напруги 12 В і автоматичному знятті його після включення тиристора.

Тиристор включається напругою, що подається від блоку РИПН. Вимірювані величини отриманого сигналу перетворюються в блоці БПВ і далі через блоки АЦП, ПК надходять на табло. Розглянутий пристрій має деякі недоліки, пов'язані з тим, що не всі параметри можна перевірити одним приладом, а разом вони мають велику масу (понад 50 кг), тому використовувати їх як переносні не завжди зручно. Експлуатація цих пристроїв в умовах депо дозволяє значно підвищити якість перевірки тиристорів в порівнянні з типовим приладом НР-247, за допомогою якого визначається тільки клас тиристора.

Комплексне діагностування є найбільш перспективним видом контролю за технічним станом тиристорних перетворювачів. В комплекс входять вбудовані і зовнішні (стаціонарні) засоби діагностування. Засоби працюють за принципом робочого діагностування. При цьому визначаються тиристори, які мають пробою, внутрішній обрив, теплові перевантаження і погіршення умов робочого режиму через розкиду їх характеристик.

Схема стенду тестового діагностування часткових відмов силових тиристорів приведена на рис. 3.6.

За допомогою цього стенду контролюються наступні параметри:

- струм витоку при прямому і зворотному анодному напругах, рівних

					0032.150214.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

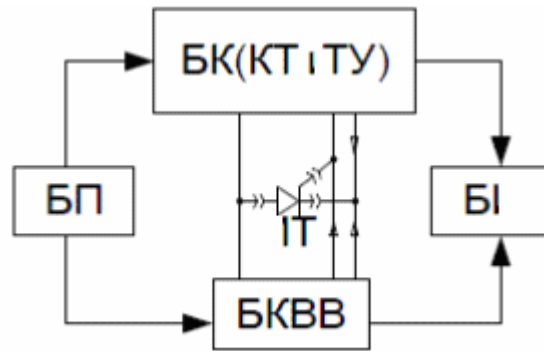


Рисунок 3.6 – Структурна схема переносного приладу контролю параметрів тиристорів:

БП – блок живлення; БК (КТ і ТУ) – блок контролю класу тиристора і струму управління; БКВВ – блок контролю часу включення і виключення; БІ – блок індикації; ІТ – випробуваний тиристор

паспортними даними тиристора відповідного класу. При цьому фіксується перевищення струму витоку над допустимим (10 мА);

– включення тиристора керуючим струмом при прямій анодній напрузі, рівній напрузі тиристора відповідного класу. При цьому стенд визначає приналежність випробовуваного тиристора до одного з розрядів по струму управління;

– час включення тиристора при прямому імпульсному струмі з амплітудою 250 А з подальшим додатком через певний регульований інтервал часу прямого напруги з амплітудою 100 В і крутизною 10 В/мкс. Діапазон вимірюваного часу вимикання при заданих умовах становить 5-375 мкс.

Стенд використовується для відбраковування тиристорів при комплектуванні перетворювачів.

Для діагностування силових кіл тиристорного перетворювача застосовується прилад тестерного типу, що входить в комплексну установку (рис. 3.7).

На контрольоване коло КЦ подається сформований генератором Г і формувачем Ф необхідний тестове вплив, при цьому в колі виникає перехідний процес. Вихідна напруга в контрольованому колі КЦ подається на амплітудно-

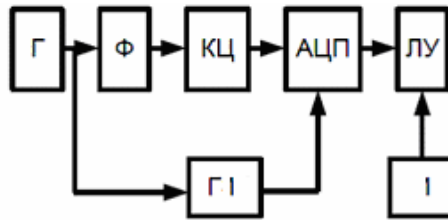


Рисунок 3.7 – Структурна схема приладу діагностування силових кіл тиристора:

Г – генератор; Ф – формувач; КЦ – контрольоване коло; АЦП – амплітудно-цифровий перетворювач; ЛУ – логічний пристрій; І – індикатор; ГІ – генератор еталонних імпульсів

цифровий перетворювач АЦП, в якому відбувається порівняння еталонних сигналів, що знімаються з генератора еталонних імпульсів ГІ, з отриманими сигналами від впливу на контрольоване коло КЦ в заданий момент часу. Залежно від значення напруги в контрольованому колі в даний момент в логічний пристрій ЛУ з АЦП надходить інформація, яка розшифровується і подається в пристрої індикації І. Прилад використовується також для діагностування конденсаторів або ділянок кола з ємнісною реакцією. В якості тестового сигналу подається постійний струм. Аналогічно визначаються обрив в силовому колі та колах управління, ураження електричним струмом чи зменшення ємності.

3.3 Бортові засоби діагностування

Останнім часом поряд з традиційними засобами контролю поширюється застосування бортових систем діагностики. Класифікація і склад вмонтованих систем діагностування наведені на рис. 3.8.

На панелі приладів високошвидкісного рухомого складу розміщені показники традиційних вимірювальних каналів (спідометр, вольтметр, амперметр, манометр, термометр) і сигналізатори (несправності ламп світлової сигналізації, спрацювання гальмівних колодок, засмічення повітряного фільтра, аварійного зниження тиску та ін). Активізація сигналізаторів (ламп накаливання, світлодіодів) виконується за допомогою датчиків ключового типу через блок керування, що забезпечує необхідний алгоритм їх функціонування (миготіння при

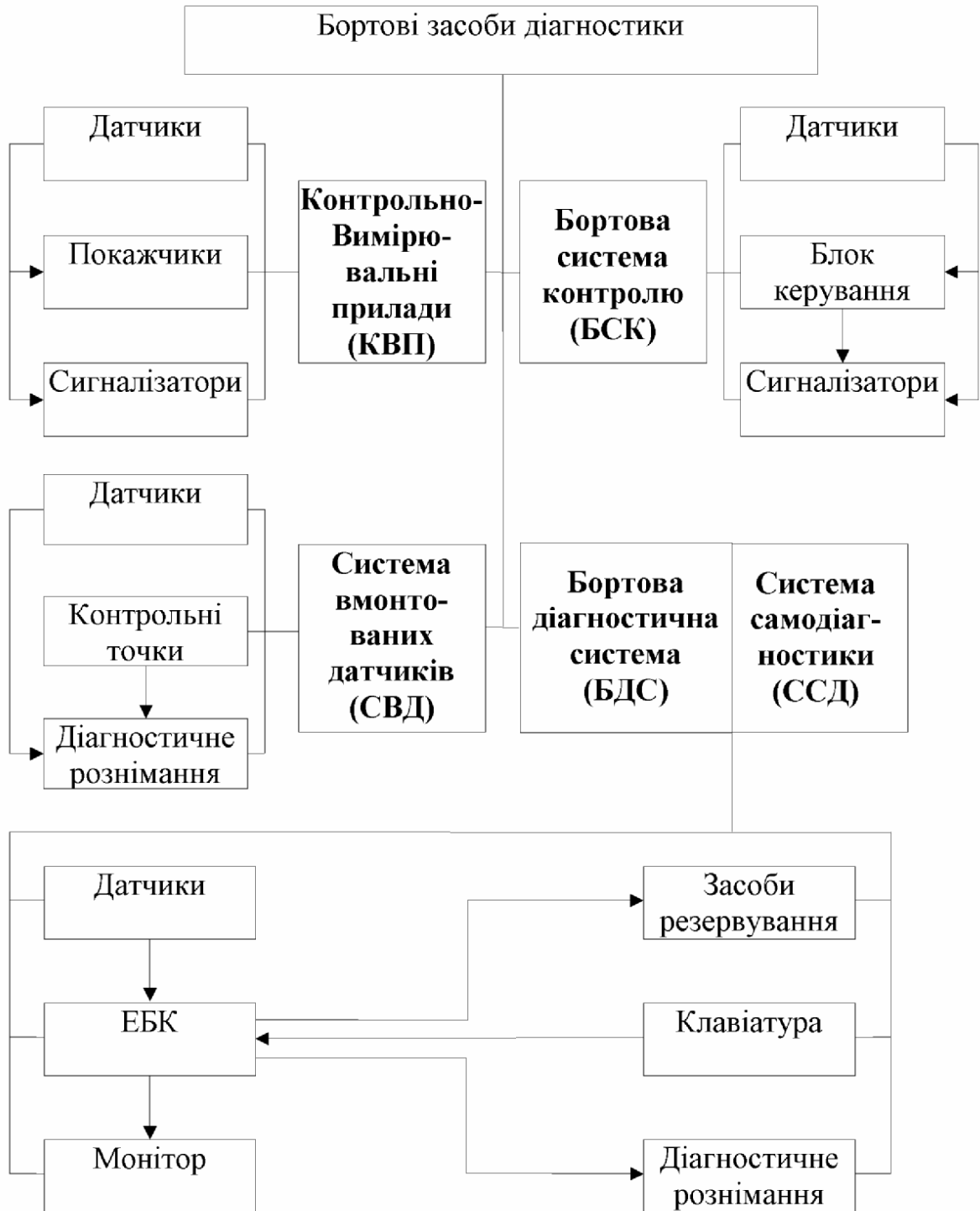


Рисунок 3.8 – Класифікація і склад вмонтованих систем діагностування

включенні, сигнал екстреної зупинки).

Сигналізатор контролю несправності ламп активізується включенням геркона SA. Однак керування герконом здійснюється електромагнітним способом за допомогою обмотки КА, що включена в коло лампи HL1, що перевіряється

(рис. 3.9). При обриві кола ламп контакти геркона розімкнуті і лампа сигналізатора HL2 підключена до живлення через відкритий транзистор VT2. Цю схему доцільно застосувати для допоміжних контактів контактора 1КП-005.

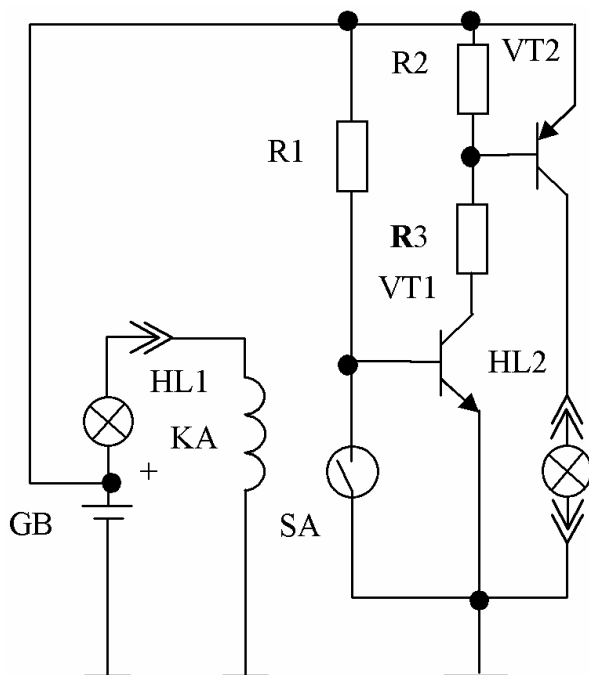


Рисунок 3.9 – Сигналізатор контролю несправності ламп

Сигнал засміченого повітряного фільтра, як правило, формується блоком керування на підставі сигналів з датчиків масової витрати повітря.

Аварійне зниження тиску контролюється засобами безконтактної вимірювальної системи, яка носить назву транспордера (приймач-передавач).

Датчик індукційного типу (рис. 3.10), призначений для формування імпульсів, що відповідають моменту проходження тіл обертання певної точки. Установлені на кронштейні напроти шківів. Магнітопровні елементи (штифти, кульки), що замикають магнітне коло датчиків, запресовані в маховик чи шків.

Датчик високої напруги ємнісного типу призначені для одержання сигналу, що якісно характеризує параметри напруги системи живлення. Виконаний у вигляді двох роздільних латунних обкладок, концентрично розташованих навколо високовольного проводу. Внутрішня обкладка гальванічно з'єднана з центральним проводом, зовнішня підключена до діагностичного рознімання.

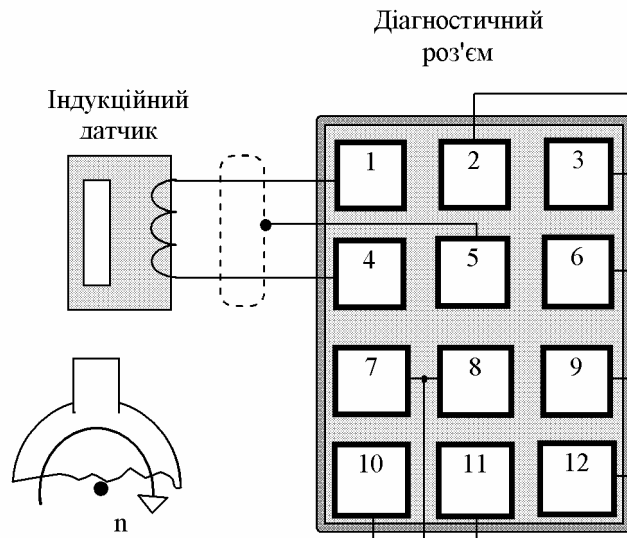


Рисунок 3.10 – Датчик індукційного типу

Система вмонтованих датчиків дозволяє визначати:

- напругу АКБ на неробочому ході та під навантаженням;
- рівень напруги, що регулюється;
- несправність діодів та тиристорів;
- падіння напруги на контактах елементів схеми;
- стан елементів електричних кіл;
- асинхронність обертання тягових електродвигунів;
- частоти обертання валів.

Кількість вимірюваних діагностичних параметрів і якість проведення діагностичних операцій багато в чому визначається рівнем діагностичної апаратури, що підключається до системи вмонтованих датчиків.

Бортові діагностичні системи (БДС) мають у своєму складі електронний блок керування (ЕБК), на який надходить інформація від датчиків. ЕБК сприймає сигнали поточних параметрів, обробляє їх, зіставляє з програмними значеннями і модифікує в діагностичну інформацію, яка виводиться на монітор. Машиніст може активно впливати на об'єкт і процес діагностування через ЕБК за допомогою зовнішньої клавіатури. Як правило, в системі передбачається резервування елементів системи або їх сигналів на випадок пошкодження основних датчиків чи виконавчих пристроїв.

Системи самодіагностики (ССД) інтегровані в основні системи керування. Вплив ззовні та вилучення діагностичної інформації в таких системах здійснюється за допомогою сканера, який підключається через діагностичний роз'єм до ЕБК.

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ УПРАВЛІННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Впровадження на залізничному транспорті новітніх технологій, що забезпечують перетворення потенційних досягнень науково-технічного прогресу в реальні, як правило, пов'язано з економічними проблемами, тобто раціоналізації використання всіх видів матеріальних, технічних, трудових, вартісних (фінансових) та інших ресурсів.

В сучасних умовах недостатньо здійснювати раціоналізацію інвестиційної діяльності. Економічний вплив на виробництво повинен починатися з оцінки техніко-економічної ефективності впроваджень, що охоплюють всі стадії структурного циклу науково-технічного прогресу: наукові розробки з фундаментальними, прикладними дослідженнями й проектно-конструкторськими роботами – впровадження нововведень (з освоєнням та випуском) – суспільне споживання (з реалізацією нововведення й наступною його експлуатацією). При цьому необхідно враховувати тривалість інноваційного періоду. На залізничному транспорті така оцінка повинна відбивати як особливості різних господарств та служб, так та забезпечувати комплексність оцінки всього єдиного господарського механізму галузі. Завдання ускладнюється багатоваріантністю підходів й альтернативність рішень у різних частинах залізничної транспортної системи, невизначеністю результатів, необхідністю обліку різноманітних факторів (соціальних, екологічних й ін.). Наявність у ринкових умовах розгалуженої системи забезпечення інноваційного процесу з різними джерелами фінансування (власні, позикові, притягнуті кошти підприємств галузі та ін.) різними методами інвестування (бюджетного, фондового, кредитний, самофінансування й т.п.) припускає, що при оцінці техніко-економічної ефективності впроваджень останні доцільно класифікувати за рівнем значимості: загально-галузеві, регіональні, місцеві.

Економічна ефективність – це вид ефективності, що характеризує результативність діяльності економічних систем (підприємств). Основною

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		69

особливістю таких систем є вартісний характер засобів (видатків, витрат) досягнення цілей (результатів), а в деяких випадках і самих цілей (зокрема, одержання прибутку).

Економічна ефективність – досягнення найбільших результатів за найменших затрат живої та уречевленої праці. Економічна ефективність є конкретною формою дії закону економії часу.

У загальному виді ефективність використання ресурсозберігаючих інновацій на залізничному транспорті припускає одержання наступних видів ефекту:

- економічний (показники враховують у вартісному вираженні всі види результатів та витрат, обумовлених реалізацією впровадження);
- науково-технічний (показники відбивають новизну, простоту, корисність, естетичність, компактність впровадження);
- фінансовий (розрахунок показників базується на визначенні фінансових показників);
- ресурсний (показники відбивають вплив вкладень на обсяг виробництва й споживання того або іншого виду ресурсу);
- соціальний (показники враховують соціальні результати реалізації впровадження);
- екологічний (показники враховують вплив впровадження на навколишнє середовище).

Показники ефективності визначаються залежно від періоду часу, тривалість якого залежить від тривалості інновації, циклу, строку служби об'єкта, ступеня вірогідності вихідної інформації.

Загальним принципом оцінки ефективності впровадження є порівняння ефекту (результату) та витрат. Відношення результату до витрат може виражатися в натуральних та вартісних показниках.

В своїй магістерській дипломній роботі запропоновані методи вдосконалення систем діагностування ланцюгів управління високошвидкісного рухомого складу, а саме контактора 1КП-005. Розглянемо економічну ефективність запропонованих модифікацій.

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

4.1 Розрахунок витрат на ремонт до вдосконалення систем діагностування

При проведенні кожного ремонту ПР-1 перевіряють стан контактної групи візуально та за допомогою шаблонів, перевіряють стан допоміжних контактів контактора. Як правило контактну групу замінюють на нову, а несправну ремонтують.

При проведенні ремонту залучені слюсарі п'ятого розряду (тарифна ставка складає 22,52 грн).

Вартість однієї контактної групи допоміжних контактів складає 35,50 грн. Час, що витрачається на заміну одного комплекту з необхідними перевітками складає 15 хв. (0,25 год). На одній секції перевірки підлягають чотири контактні групи.

Матеріальні витрати B_M на ремонт контактних груп за існуючою технологією складають

$$B_M = C \cdot m, \quad (4.1)$$

де C – витрати на ремонт контактної групи за існуючою технологією,

$$C = 35,50 \text{ грн};$$

m – кількість контактних груп на одну секцію, $m = 4$.

$$B_M = 35,50 \cdot 4 = 142 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці $B_{3/n}$ слюсарів складають

$$B_{3/n} = ГТС \cdot t \quad (4.2)$$

де $ГТС$ – годинна тарифна ставка слюсаря п'ятого розряду, $ГТС = 22,52$ грн/год;

t – фактичний час роботи.

$$t = 0,25 \cdot 4 = 1 \text{ год.}$$

$$B_{3/n} = 22,52 \cdot 1 = 22,52 \text{ грн.}$$

Відрахування до соціальних фондів B_{CC} складають

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

$$B_{cc} = B_{з/н} \cdot 0,375; \quad (4.3)$$

$$B_{cc} = 22,52 \cdot 0,375 = 8,45 \text{ грн.}$$

Амортизація $A_{відр}$ на проведення ремонту складає

$$A_{відр} = \frac{B_{перв} - B_{лікв}}{T_{кор.ч}} \cdot t, \quad (4.4)$$

де $B_{перв}$ – балансова вартість основних засобів (слюсарний інструмент),

$$B_{перв} = 150 \text{ грн};$$

$B_{лікв}$ – ліквідаційна вартість основних засобів, $B_{лікв} = 10$ грн;

$T_{кор.в}$ – термін корисного використання основних засобів, $T_{кор.в} = 100$ год.

$$A_{відр} = \frac{150 - 10}{100} \cdot 2 = 2,80 \text{ грн.}$$

Прямі витрати $B_{прям}$ складають суми вище перерахованих

$$B_{прям} = B_m + B_{з/н} + A_{відр}; \quad (4.5)$$

$$B_{прям} = 142 + 22,52 + 8,45 + 2,80 = 175,77 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання загально виробничого та адміністративного персоналу $B_{заг.вир}$

$$B_{заг.вир} = B_{прям} \cdot 0,45; \quad (4.6)$$

$$B_{заг.вир} = 175,77 \cdot 0,45 = 79,10 \text{ грн.}$$

$$B_{заг.госп} = B_{прям} \cdot 0,55; \quad (4.7)$$

$$B_{заг.госп} = 175,77 \cdot 0,55 = 96,67 \text{ грн.}$$

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Собівартість ремонту C'_1 за існуючою технологією складає

$$C'_1 = B_{\text{прям}} + B_{\text{заг.вир}} + B_{\text{заг.госп}}; \quad (4.8)$$

$$C'_1 = 175,77 + 79,10 + 96,67 = 351,54 \text{ грн.}$$

На підприємстві згідно річної програми ремонту ПР-1 протягом року виконано ремонт $M^{PP-1}=647$ секціям електропоїздів. Тому річні витрати складають

$$C_1 = C'_1 \cdot M^{PP-1};$$

$$C_1 = 351,84 \cdot 647 = 227446,38 \text{ грн.}$$

4.2 Розрахунок витрат на ремонт після вдосконалення систем діагностування

Після застосування в контактній групі діагностичних елементів, приймаємо для розрахунків, що кількість ремонтів зменшиться на 20-30% (за рахунок виконання ремонтів за необхідністю при спрацьовуванні системи діагностування), тобто при поточному ремонті ПР-1 заміні будуть підлягати 3 контактні групи (на 25% менше).

Матеріальні витрати B_M на ремонт контактних груп після модернізації складають

$$B_M = 35,50 \cdot 3 = 106,50 \text{ грн.}$$

Фактичний час роботи складає

$$t = 0,25 \cdot 3 = 0,75 \text{ год.}$$

Витрати на оплату праці $B_{з/n}$ слюсарів складають

$$B_{з/n} = 22,52 \cdot 0,75 = 16,89 \text{ грн.}$$

Відрахування до соціальних фондів $B_{сс}$ складають

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_{cc} = 16,89 \cdot 0,375 = 6,33 ;$$

Амортизація $A_{відр}$ на проведення ремонту складає

$$A_{відр} = \frac{150 - 10}{100} \cdot 1,5 = 2,1 \text{ грн.}$$

Прямі витрати $B_{прям}$ складають

$$B_{прям} = 106,50 + 16,89 + 6,33 + 2,10 = 131,82 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання загально виробничого та адміністративного персоналу $B_{заг.вир}$

$$B_{заг.вир} = 131,82 \cdot 0,45 = 59,32 \text{ грн.}$$

$$B_{заг.госп} = 131,82 \cdot 0,55 = 72,50 \text{ грн.}$$

Собівартість ремонту C'_2 після модернізації складає

$$C'_2 = 131,82 + 59,32 + 72,50 = 263,64 \text{ грн.}$$

З урахуванням поточних ремонтів ПР-3

$$C_2 = 263,64 \cdot 647 = 170575,08 \text{ грн.}$$

4.3 Термін окупності та економічний ефект вдосконалення систем діагностування

Термін окупності $T_{ок}$ визначається за формулою

$$T_{ок} = \frac{K}{(C_1 - C_2) \cdot E}, \quad (4.9)$$

де K – капітальні витрати пов'язані з впровадженням технології (встановлення системи діагностування), $K = 8300$ грн.;

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

E – коефіцієнт, $E=0,15$.

$$T_{ок} = \frac{8300}{(227446,38 - 170575,08) \cdot 0,15} = 0,97 \text{ років.}$$

Величина економічного ефекту визначається за формулою

$$E = C_1 - C_2; \quad (4.10)$$

$$E = 227446,38 - 170575,08 = 56871,30 \text{ грн.}$$

Отже можна зробити висновок, при вдосконаленні системи діагностування ланцюгів управління високошвидкісного рухомого складу значно зменшуються витрати на обслуговування та ремонти рухомого складу. При цьому зменшуються простой на ремонтах при за рахунок скорочення часу виконання технологічних операцій по ремонту контактної групи контактора.

Зменшення часу простоїв високошвидкісного рухомого складу на ремонтах призводить до скорочення витрат на заробітну плату слюсарів, а також відрахувань до соціальних фондів, утримання загально-виробничого та адміністративного персоналу. За рахунок різниці витрат до модернізації системи діагностування та витрат після її модернізації досягається річний економічний ефект в розмірі $E = 56871,30$ грн з врахуванням того, що для перевірки технічного стану контакторів в ланцюгах високошвидкісного рухомого складу впроваджуються додаткові елементи. Термін окупності модернізації складає 1 рік при виконанні річної програми ремонту в об'ємі ПР-1, яка складає 647 секцій.

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

5 ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ УДОСКОНАЛЕННІ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ УПРАВЛІННЯ

Для покращення умов охорони праці пропонуємо впровадити місцеве освітлення на робочому місці перевірки електричних апаратів. Для цього необхідно визначити розмір площі, на якому будуть розміщуватись світильники, визначити їх кількість та висоту їх підвішування.

Розмір площі, що відведена під встановлення стенду складає $2 \times 2,5$ м, висота до стелі 4 м.

Визначимо норми освітленості та розрахункову висоту для цеху.

Робота в цеху ремонту відноситься до ремонтно-механічного виробництва, яке характеризується високою точністю зорової роботи. Тому нормована освітленість системи загального освітлення для класу *IVa*, який характеризує даний вид роботи, складає 300 лк .

Для розрахунків приймаємо коефіцієнт віддзеркалювання стін $\rho_c = 0$, коефіцієнт віддзеркалювання стелі $\rho_n = 0,3$, коефіцієнт віддзеркалювання робочої поверхні $\rho_p = 0,1$.

Розрахунок освітлення будемо виконувати за методом коефіцієнта використання.

Розрахункова висота приміщення визначається за формулою

$$h = H - h_p - h_c, \quad (5.1)$$

де H – висота приміщення, м, $H = 4$ м ;

h_p – висота робочої поверхні, м, приймаємо $h_p = 1,2$ м ;

h_c – висота підвішування світильників, $h_c = 2,5$ м .

$$h = 4 - 1,2 - 2,5 = 0,3 \text{ м.}$$

Коефіцієнт використання U освітлювальної установки показує, яка частина світлового потоку потрапляє на робочу поверхню

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

$$U = \frac{\Phi_L}{n \cdot \Phi_p}, \quad (5.2)$$

де Φ_p – світловий потік, який потрапляє на робочу поверхню;

n – кількість рядів світильників;

Φ_L – світловий потік лампи.

Коефіцієнт використання U залежить від типу світильника (його ККД та кривої сили світла), коефіцієнта відображення стін ρ_c , стелі ρ_n , робочої поверхні ρ_p та показника приміщення φ , який враховує відношення розмірів приміщення:

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}, \quad (5.3)$$

де a , b – ширина та довжина приміщення.

Враховуючи те, що освітлення розраховується не для приміщення, а місцеве для освітлення стенду, то розмірами a та b вважаємо площу, що виділена під стенд.

Сумарний світловий потік, необхідний для забезпечення заданого мінімального освітлення, визначається за формулою

$$\Phi_p = \frac{E \cdot A \cdot K_z \cdot Z}{n \cdot U}, \quad (5.4)$$

де E – нормоване значення освітлення, лк;

A – площа робочої поверхні приміщення, м²;

K_z – коефіцієнт запасу, приймаємо $K_z = 1,5$;

Z – коефіцієнт мінімальної освітленості, який дорівнює відношенню освітленості E_{cp} до нормованої мінімальної E .

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Значення Z для освітлювальних установок, в яких можна не враховувати затемнення обладнаних робочих місць, залежить від відношення L/H_p . Для ламп розжарювання та ДРЛ рекомендується $Z = 1,15$, для люмінесцентних ламп при рівномірному розміщенні світильників $Z = 1,1$.

Площа приміщення буде дорівнювати

$$A_1 = a \cdot b, \quad (5.5)$$

$$A_1 = 2 \cdot 2 = 4 \text{ м}^2.$$

Для освітлення відділення передбачаємо використання світильника ЛСП-65 з люмінесцентними лампами ЛБ65-7, при чому один ряд світильників освітлює смугу шириною два метри, а всього для освітлення першої зони передбачається два ряди світильників вздовж його сторони.

Показник приміщення визначається

$$\varphi_1 = \frac{2 \cdot 2}{0,3 \cdot (2 + 2)} = 3,33.$$

Для даного світильника крива сили світла Д-2. Тоді коефіцієнт використання освітлювальної установки U дорівнює 69%.

Сумарний світловий потік визначається

$$\Phi_p = \frac{300 \cdot 4 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,19} = 5210 \text{ лм.}$$

Оскільки в світильник встановлюється одна лампа ЛБ потужністю 25 Вт та світловим потоком $\Phi_l = 2150$ лм, то необхідна кількість світильників в ряді розраховується

$$N = \frac{\Phi_p}{2 \cdot \Phi_l}, \quad (5.6)$$

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

$$N = \frac{5210}{2 \cdot 2150} = 1,2;$$

приймаємо $N=1$, але для цього необхідно збільшити потужність ламп до 35 Вт.

Для виконання графічної частини, а саме позначення світлотехнічного обладнання скористаємося ГОСТ 21.614–88.

Розташовуємо світильники на схемі площі встановлення стенду переважно над робочим місцем.

Враховуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що розраховано місцеве освітлення на робочому місці перевірки електричних апаратів. Проведено розрахунок, за результатами якого отримана кількість світильників. Для розрахунку прийнято світильник ЛСП-65 з люмінесцентними лампами ЛБ65-7, які відповідають нормам освітлення промислових приміщень. Запропонована схема розташування світильників забезпечить кращі умови праці робітників та зменшить кількість захворювань органів зору.

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської дипломної роботи на тему «Вдосконалення систем діагностування ланцюгів управління високошвидкісного рухомого складу» розглянуто такі питання: наведено загальні відомості про електричні кола, розраховано показники надійності кіл управління на базі електропоїзда постійного струму, виконано огляд сучасних систем діагностування електричних кіл, розраховано економічну ефективність від вдосконалення систем діагностування ланцюгів управління, надано рекомендації з поліпшення стану охорони праці .

При проведенні аналізу основних відмов кіл управління електропоїзда постійного струму виявлено, що в даний час якість і рівень надійності окремих елементів в цілому є задовільними. Визначено, що вагома кількість відмов припадає на контактну групу лінійних контакторів. Наведено конструкцію електроапаратів та проведено розрахунки параметрів лінійного контактора 1КП-005. Надано рекомендації з підвищення рівня надійності контактора.

При огляді сучасних систем діагностування електричних кіл обрано основні схемні рішення, які доцільно застосувати в системі діагностування електропоїзда постійного струму. Серед них розглянуто комплексне діагностування кіл управління, діагностування тиристорних перетворювачів, схеми сигналізації контролю несправностей контактних груп електроапаратів та ін.

При розрахунку ефективності від вдосконалення систем діагностування ланцюгів управління високошвидкісного рухомого складу визначено, що впровадження запропонованих рішень призведе до зменшення часу простоїв високошвидкісного рухомого складу на ремонтах, скорочення витрат на утримання, заробітну плату та ін. За рахунок різниці витрат до модернізації системи діагностування та витрат після її модернізації досягається річний економічний ефект в розмірі 57 тис грн з врахуванням того, що для перевірки технічного стану елементів кіл управління впроваджуються додаткові елементи. Термін окупності вдосконалення складає 1 рік при виконанні річної програми ремонту.

					0032.150214.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Четвергов В.А. Техническая диагностика локомотивов. – Учебное пособие. – М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2014. – 371 с.
- 2 Галкин В.Г., Парамзин В.П., Четвергов В.А. Надежность тягового подвижного состава: Учебн. пособие для ВУЗов ж.-д. трансп.- М.: Транспорт, 1981. – 184 с.
- 3 Диагностические комплексы электроподвижного состава: учеб. пособие / Я. Ю. Бобровников, А. Е. Стецюк. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2012. – 94 с.
- 4 Сафарбаков А.М. Основы технической диагностики. – Учебное пособие. – Иркутск: ИрГУПС, 2006. – 216 с.
- 5 Яковлев В.Ф. Диагностика электронных систем автомобиля. – Учебное пособие. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 272 с.
- 6 Мироновский Л.А. Функциональное диагностирование динамических систем. – Научное издание. – М.-СПб., изд. МГУ-Гриф, 1998. – 256 с.
- 7 Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. – Пер. с англ. Б. И. Копылова. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.
- 8 Надійність та технічна діагностика рухомого складу: Методичні вказівки до практичних занять /Дніпропетр. націон. універ. залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна; Уклад.: Б.Є. Боднар, Д.В. Бобирь, Я.В. Болжеларський, О.Б. Очкасов. – Дніпропетровськ: ДІТ, 2005. – 30 с.
- 9 Надійність та технічна діагностика рухомого складу: Методичні вказівки до виконання контрольної роботи /Дніпропетр. держ. техн. універ. залізнич. трансп. Уклад.: Б.Є. Боднар, Д.В. Бобирь, Я.В. Болжеларський. Дніпропетровськ: ДІТ, 2002, 20 с.
- 10 Тихменев Б.Н., Трахтман Л.М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. – М.: Транспорт, 1980. – 471 с.
- 11 Экономика железнодорожного транспорта: Ученик для вузов /И.В. Белов, В.Г. Галабурда и др. – М.: Транспорт, 1989. – 351 с.

					0032.150214.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

- 12 Охрана труда в локомотивном хозяйстве /А.Л. Левицкий, Ю.Г. Сибаров. – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1989. – 216 с.
- 13 Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т. Охрана окружающей среды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 424 с.

					<i>0032.150214.000.03MP.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		82