

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

_____ магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Модернізація САК електроприводу систем високошвидкісного руху

Виконав: студент б курсу, групи 601МЕ
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ Крамаренко В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Єрмілова Н.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Дрючко О.Г.

(прізвище та ініціали)

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автоматичної,
електроніки та телекомунікацій**

О.В. Шефер

“ 03 ” вересня 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Крамаренку Владиславу Вікторовичу

1. Тема проекту (роботи) «Модернізація САК електроприводу систем високошвидкісного руху».

керівник проекту (роботи) Єрмілова Н.В., к.т.н., доцент)

затверджена наказом вищого навчального закладу від “25” серпня 2021 року №688фа.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.12.2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) напруга живлення 160 - 260В; максимальний струм споживання двигуна не перевищує 5А; частота обертання – 1400 об/хв.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Аналіз електроприводів українських залізниць. Аналіз відмов роботи електроприводів. Функціональна і установча схеми стрілочного перевідного пристрою. Дослідження режимів роботи стрілочних електроприводів. Режим переведення стрілок. Статичний режим роботи. Динамічний режим роботи. Аварійний режим розрізу стрілки. Методи зниження динамічних впливів рухомого складу на елементи СПП. Вибір електродвигуна. Методи зниження динамічних впливів рухомого складу на елементи СПП. Модернізація електроприводів серії СПП. Вибір електродвигуна. Принципи побудови СПП. Розробка пристрою замикання і контролю. Розробка функціональної схеми керування СПП. Принципи побудови контрольних і робочих ланцюгів схем керування СПП. Розробка схеми керування електроприводами високошвидкісних стрілок. Розрахунок економічної ефективності.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):

1. Існуюча кінематична схема електроприводу СПП.
2. Дослідження впливу динамічних навантажень на електропривод СПП.
3. Методи зниження динамічних навантажень на електропривод СПП.
4. Структурна схема розробленого СПП.
5. Функціональні схеми розробленого СПП.
6. Функціональна схема зовнішнього замикача – контролера.
7. Схема електрична принципова розробленого СПП.
8. Алгоритм пошуку відмов для СПП.
9. Таблиця техніко-економічних показників.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економіка	Григор'єва Олеся Володимирівна, к.е.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 03.10.2021 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
		Дата початку	Дата закінчення	Відсоток виконання	
1	Аналіз електроприводів українських залізниць. Аналіз порушень роботи електроприводів	10.10.21		10%	Пл. 1
2	Функціональна і установча схеми стрілочного перевідного пристрою	15.10.21		20%	Пл. 2
3	Дослідження режимів роботи стрілочних електроприводів. Режим переведення стрілок. Статичний режим роботи. Динамічний режим роботи. Аварійний режим розрізу стрілки	27.10.21	I	30%	Пл. 3
4	Методи зниження динамічних впливів рухомого складу на елементи СПП. Вибір електродвигуна	02.11.21		40%	Пл. 4
5	Методи зниження динамічних впливів рухомого складу на елементи СПП. Модернізація електроприводів серії СП	10.11.21		50 %	Пл. 5
6	Вибір електродвигуна. Принципи побудови СПП. Розробка пристрою замикання і контролю	24.11.21	II	60%	Пл. 6
7	Розробка функціональної схема керування СПП. Принципи побудови контрольних і робочих ланцюгів схем керування СПП	30.11.21		70%	Пл. 7
8	Розробка схеми керування електроприводами високошвидкісних стрілок	04.12.21		80%	Пл. 8
9	Розрахунок економічної ефективності	10.12.21		90%	Пл. 9
10	Оформлення магістерської роботи	15.12.21	III	100%	

Магістрант _____ Крамаренко В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Єрмілова Н.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	
1.1 Електроприводи українських залізниць	8
1.2 Аналіз відмов роботи електроприводів	15
1.3 Функціональна і установча схеми стрілочного перевідного пристрою	19
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖУВАНА ЧАСТИНА	
2.1 Дослідження режимів роботи стрілочних електроприводів	24
2.1.1 Режим переведення стрілки	24
2.1.2 Статичний режим роботи	31
2.1.3 Динамічний режим роботи	31
2.1.4 Аварійний режим розрізу стрілки	35
2.2 Методи зниження динамічних впливів рухомого складу на елементи СПП	45
2.3 Модернізація електроприводів серії СП	52
2.4 Вибір електродвигуна	58
2.5 Принципи побудови СПП	67
2.6 Розробка пристрою замикання і контролю	72
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ САК	
3.1 Розробка функціональної схема керування СПП	78
3.2 Принципи побудови контрольних і робочих ланцюгів схем керування СПП	80
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	
4.1. Техніко-економічне обґрунтування	95
4.2 Визначення витрат на модернізацію системи керування стрілочного електропривода	95
4.3 Розрахунок річного фонду роботи системи переводу стрілок	97
4.4. Розрахунок річної експлуатаційної продуктивності	98
4.5. Розрахунок поточних річних витрат	99

4.6 Розрахунок вартості машино–години роботи вузла переводу стрілок	101
4.7. Розрахунок вартості технологічної операції на одиницю продукції	102
4.8 Розрахунок економічного ефекту від проведення модернізації	102
ВИСНОВКИ	104
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	105
ДОДАТКИ	

ВСТУП

В даний час на українських залізницях та на всіх залізницях світу, для дистанційного керування залізничними стрілками застосовуються стрілочні переводні пристрої (СПП), що складаються з:

- стрілочного електроприводу (СЕП) з внутрішнім або зовнішнім замиканням вістряків або рухомого сердечника хрестовини (РСХ);
- гарнітури для установки (ГУ) СЕП на стрілочному переводі;
- гарнітури для з'єднання (ГЗ) шибера і контрольних лінійок СЕП з вістряками або РСХ;
- електричної схеми керування і контролю СЕП.

Головними класифікаційними ознаками СЕП є спосіб перетворення електричної енергії. Розрізняють такі типи СЕП: електромеханічні, електромагнітні, електропневматичні, електрогідравлічні.

Всі СЕП розрізняють також по конструкції, способу установки на стрілочному переводі, по типу електродвигуна тощо. Усі вони обов'язково виконують три основні функції:

- переміщення вістряків та ПСК з нормативно обмеженим зусиллям;
- замикання (утримання) вістряків і ПСК в крайніх положеннях з зусиллям, забезпечуючи безпеку руху поїздів по стрілці;
- контролю замикання вістряків (РСХ) і їх положення щодо рамних рейок з передачею цієї інформації на пост електричної централізації (ЕЦ).

Електропривод типу СП-6М, який зараз використовується на УЗД за функціональним призначенням вузлів та гарнітури суттєво не відрізняється від раніше випущених приводів серії СП. Багаторічний досвід експлуатації таких СЕП довів їх надійність при відносно простій конструкції та невисокій ціні. Наразі виявлені недоліки окремих вузлів СЕП та гарнітури, які необхідно виправляти, враховуючи досягнення сучасної техніки. Перш за все до недоліків відносяться відмови електричних контактів автоперемикача та блок-контактів.

Таким чином, метою магістерської роботи є вдосконалення стрілочних перевідних пристроїв та схем керування електроприводом з урахуванням розвитку високошвидкісного руху.

У магістерській роботі поставлено та вирішено наступні основні наукові та практичні завдання:

1. Провести огляд сучасного стану напрямків розвитку СПП та виконана систематизація його експлуатаційно-технічних показників.

2. Провести дослідження причин відмов серійних СЕП та модернізовані вузли автоперемикача і блок-контактів.

3. Розробити математичні моделі роботи СЕП у динамічному і аварійному режимах.

4. Виконати синтез структури нового СПП та розроблені окремі його елементи.

5. Розробити нові схеми керування СЕП, а також алгоритм пошуку та усунення відмов в схемах керування електроприводами стрілок, по яких на УЗД організовано високошвидкісний рух.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Електроприводи українських залізниць

У першій вітчизняній електричній централізації застосовували врізний електропривод типу 3900 з зовнішнім замиканням.

З 1935 року стали застосовуватися врізні електроприводи з внутрішнім замиканням серії СПВ.

З 1957 до 1960 року здійснювався промисловий випуск неврізних електроприводів типу СП-1.

З 1960 по 1970 роки виготовлялися електроприводи типу СП-2. Електропривод типу СП-2 має один робочий шибера та дві контрольні лінійки. У приводі передбачений двосторонній вихід робочого шибера і контрольних лінійок, що дозволяє на стрілочній гарнітурі встановлювати привід з правого або лівого боку шляхом перестановки робочого шибера та контрольних лінійок. Від електроприводу СП-1 електропривод СП-2 відрізняється зміненою конструкцією редуктора, де фрикційне зчеплення з валу електродвигуна перенесено на вал редуктора.

З 1970 по 1973 рік виготовлялися електроприводи типу СП-2Р. В 1970 році було введено роздільне кріплення робочих та контрольних тяг з вістряками стрілок. У зв'язку з переходом на гарнітури з роздільним кріпленням робочих та контрольних тяг діаметри приєднувальних отворів в контрольних лінійках і робочому шибера в електроприводі були збільшені: в контрольних лінійках електроприводу типу СП-2Р стали 15 мм замість 12 мм в електроприводі СП-2; в робочому шибера СП-2Р – 26 мм замість 20 мм в СП-2.

Електроприводи типів СП-2 та СП-2Р були розраховані на перекладне зусилля 2,5 кН (максимальне 3,50 кН). Таким чином, електропривод СП-2Р відрізняється від СП-2 тільки збільшеним діаметром отворів на кінцях контрольних лінійок та робочого шибера.

З грудня 1973 року замість електроприводів СП-2Р почали серійно випускати стрілочні електроприводи типу СП-3. Стрілочний електропривод типу СП-3 має один робочий шибера і дві контрольні лінійки. Він призначений для переводу, замикання та контролю положення стрілок всіх типів з нероздільним ходом вістряків. У приводі передбачений двосторонній вихід робочого шибера та контрольних лінійок, що дозволяє на стрілочній гарнітурі встановлювати привід з правого і лівого боків стрілки (шляхом перестановки робочого шибера і контрольних лінійок).

Електропривод типу СП-3 має наступні переваги перед СП-2 та СП-2Р:

– перекладне зусилля на робочому шибери приводу СП-3 збільшено на 2 к·Н та доведено, в середньому, до 4,5 к·Н. Привід може розвивати максимальне перекладне зусилля до 6 к·Н за рахунок збільшення передавального числа редуктора до 70, замість 55, та застосування електродвигуна МСП-0,25 замість МСП-0,1;

– полегшено експлуатаційне обслуговування в частині швидкості заміни пружин автоперемикача. В електроприводі СП-3 в автоперемикачі застосовані пружини розтягування, які встановлюються над важелями автоперемикача, натомість пружин крутіння в СП-2Р;

– введено електричний обігрів приводу для зменшення утворення конденсату та усунення явища індивування контактів; встановлені прозорі ковпаки з пластмаси над контактними колодками для усунення попадання конденсату на контактні пластини, а також поліпшена герметизація корпусу приводу за рахунок збільшення заходу бортів кришки на 18 мм замість 13 мм в приводі СП-2Р.

З 1982 року почали серійно випускати стрілочні електроприводи типу СП-6 для електричної централізації з поліпшеними експлуатаційними характеристиками в порівнянні з електроприводами типу СП-3.

Для маневрових ділянок станцій застосовуються також електроприводи типу СПГ-3М на базі електроприводу СП-6, безконтактні електроприводи

типу СПГБ-4 на базі електроприводу СП-3 та СПГБ-4М на базі електроприводу СП-6.

Від січня 1993 року розпочався випуск електроприводів СП-6М замість СП-6.

Для швидкісного руху випускається електропривод СП-12У для роботи з зовнішнім замикачем. Головною відмінністю електроприводу СП-12У від СП-6М є збільшений хід шибера (220 мм) для того, щоб замикання притиснутого вістряку здійснював зовнішній замикач, хід контрольних лінійок залишився той же 154 мм, а утримання відведеного вістряку забезпечується за допомогою внутрішнього замкача приводу.

З липня 1995 року почали серійно випускати безконтактні горні електроприводи СПГБ-4Б замість СПГБ-4М.

Отже, в даний час для магістрального залізничного транспорту випускаються, в основному, електроприводи СП-6М, СП-12У та горні СПГБ-4Б.

На сортувальних механізованих гірках для переведення, замикання і контролю положення стрілок з нероздільним ходом вістряків застосовуються електроприводи типів СПГ-2, СПГ-3, СПГ-3М, СПГБ-4, СПГБ-4М та СПГБ-4Б.

Електроприводи типів СПГ-2 та СПГ-3 мають конструкцію, аналогічну відповідно електроприводів СП-2 і СП-3, але передавальні числа редукторів у них менше, завдяки чому, досягається підвищена швидкість переведення стрілки. Передавальне число редуктора приводу СПГ-2 становить 43 замість 55 в СП-2, а приводу СПГ-3 – 35 замість 70 в СП-3.

Діаметри приєднувальних отворів в контрольних лінійках гіркових електроприводів типів СПГ-2 і СПГ-3 складають 12 мм, в робочому шибері – 20 мм, тобто такі ж, як в контрольних і робочих лінійках приводів СП-2.

У гіркових електроприводах СПГ-2 та СПГ-3 встановлюється електродвигун постійного струму типу МСП-0,25 на номінальну напругу 100

В. Для отримання більш високої швидкості переведення стрілки на клеми електродвигуна подається напруга 200 В.

Застосовувані на сортувальних гірках безконтактні електроприводи типу СПГБ-4 випускалися на базі електроприводу СП-3.

Модифікаціями гіркових електроприводів є контактні електроприводи типу СПГ-3М на базі електроприводу СП-6, безконтактні електроприводи типу СПГБ-4М на базі електроприводу СП-6 та безконтактні електроприводи типу СПГБ-4Б на базі електроприводу СП-6М.

В даний час випускаються горні електроприводи тільки типу СПГБ-4Б.

Раніше випускаючі електроприводи серії СПВ призначалися для переведення, замикання і контролю положення стрілок з роздільним ходом вістряків і мали два робочих шибера та дві контрольні лінійки. У приводах СПВ передбачався двосторонній вихід робочих шиберів і контрольних лінійок, що дозволяло на стрілочній гарнітурі встановлювати привід з правого або лівого боків стрілки (шляхом перестановки робочих шиберів і контрольних лінійок).

До 1974 року виготовлялися електроприводи типу СПВ-5, які мали максимальне перекладне зусилля 2500 Н.

З 1974 по 1990 рік виготовлялися електроприводи типу СПВ-6, які мали в порівнянні з СПВ-5 наступні переваги:

- перевідне зусилля на робочих шиберах приводу СПВ-6 збільшено до 3 кН, за рахунок застосування типового редуктора від електроприводу типу СП-2Р з передавальним числом 55 замість 43 та електродвигуна постійного струму типу МСП-0,25.

- поліпшене експлуатаційне обслуговування в частині швидкості заміни пружин автоперемикача. В електроприводі СПВ-6 в автоперемикачі застосовувалися пружини розтягування, які встановлювалися над важелями автоперемикача, натомість пружин крутіння в приводі СПВ-5; був введений електричний обігрів приводу для зменшення утворення конденсату та усунення явища індивування контактів та встановлені прозорі ковпаки з

пластмаси над контактними колодками для усунення попадання конденсату на контактні пластини.

Збільшення маси та швидкостей руху поїздів, застосування нових конструкцій стрілочних переведень з рейок важких типів з гнучкими вістряками, жорстко пов'язаними між собою тягами, виключили можливість застосування електроприводів серії СПВ, що вимагають обов'язково роздільного ходу вістряків. З огляду на доцільність застосування на мережі залізниць єдиної уніфікованої конструкції, виробництво електроприводів серії СПВ для магістрального транспорту припинено.

Електроприводи серій СП, СПГ та СПВ забезпечують хід робочих шиберів (154 + 2) мм і мають контактну систему врубаючого типу.

Горні електроприводи СПГБ-4, СПГБ-4М та СПГБ-4Б мають безконтактні автоперемикачі. Застосовувані в метрополітенах електроприводи СП-6БМ мають також безконтактні автоперемикачі.

Усередині електроприводів всіх типів є блокувальні (курбельні) контакти, що відключають електродвигун приводу від живлячих лінійних проводів після відкриття кришки приводу, з метою безпеки обслуговуючого персоналу від каліцтв при випадковому пуску приводу з поста ЕЦ під час ручного переведення. При відсутності електроживлення привід може бути переведений за допомогою спеціальної курбельної рукоятки, поставляється разом з кожними п'ятьма електроприводами. При зняттю електродвигуні привід може бути також переведений на ручне керування, для чого до кожного п'яти приводом, крім спеціальної рукоятки, прикладається подовжена вісь ручного переведення.

Функціональні вузли першого неврізного електроприводу СП-1 та останнього СП-6М принципово не відрізняються, тому на рисунку 1.1 приведена кінематична схема СП-6М.

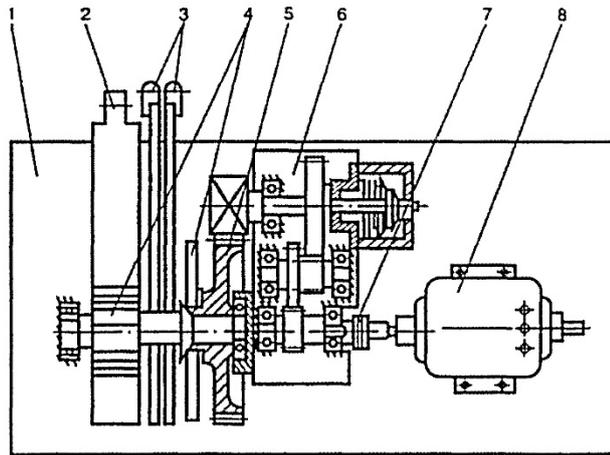


Рисунок 1.1– Кінематична схема СП-6М

1– корпус приводу; 2 – шибер; 3– контрольні лінійки; 4– головний вал з шиберною шестернею; 5– шайба головного валу; 6 – редуктор з фрикційною муфтою; 7– сполучна муфта; 8– електродвигун

На рисунку 1.2 показаний привід типу СП-6БМ з безконтактним автоперемикачем.

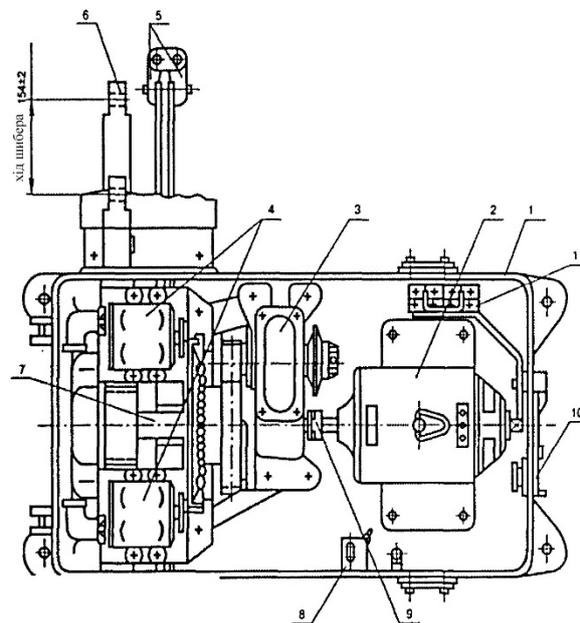


Рисунок 1.2– Привід типу СП-6БМ з безконтактним автоперемикачем

1– корпус; 2– електродвигун; 3– редуктор з фрикціоном;
 4– безконтактні датчики АП; 5 – контрольні лінійки; 6 – шибер;
 7 – головний вал; 8– розетка для включення лампи освітлення;
 9– муфта зчеплення; 10– курбельна заслінка; 11– захисні блок-контакти

У всіх приводах серії СП (крім СПГБ та СП-6БМ) використовується контактна група відкритого типу з врубним або, іншими словами, ножовим способом замикання пружинних контактів, встановлених в АП приводу на місці позначка 4 рисунка 1. 2.

У 1999 році розпочато серійне виробництво нових електроприводів – гвинтових неврізних з внутрішнім замикачем типу ВСП-150. Електропривод ВСП-150 розроблений на новій елементній базі. Кінематична схема електроприводу ВСП-150 приведена на рисунку 1.3.

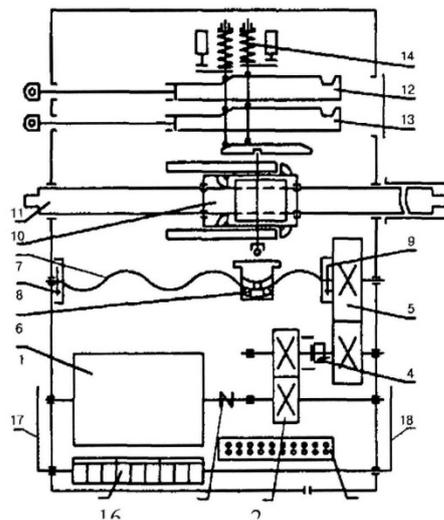


Рисунок 1.3 – Кінематична схема електроприводу ВСП-150

- 1 – електродвигун; 2 – кулачкова муфта; 3,5 – двоступеневий редуктор;
 4 – металокерамічна муфта; 6, 7 – кульково-гвинтова пара (КГП);
 8, 9 – демпфируючі пристрої; 10 – механізм замикання; 11 – шибер;
 12,13 – контрольні лінійки; 14 – автоперемикач; 15 – клемна колодка;
 16 – контакти безпеки; 17, 18 – курбельна заслінка

Всі вузли змонтовані в чавунному корпусі, що закривається сталеву кришкою.

Основними відмінностями приводу ВСП від приводів серії СП є: застосування в редукторі кульково-гвинтової пари для підвищення ККД механічної передачі, застосування багато-кулачкового замикаючого механізму для більш надійного замикання шибера, застосування ролико-

важливого контрольного механізму з електричними швидкодіючими мікроперемикачами для комутації робочих та контрольних ланцюгів приводу.

Всі електроприводи, що застосовуються зараз на мережі УЗД, мають дві суттєві, особливо важливих для швидкісних доріг, функціональних недоліків – вони не контролюють фактичне притиснення вістряку (ПСК) до рамної рейки.

Контрольний пристрій електроприводу спеціальними лінійками вимірює нормативне переміщення вістряків щодо приводу, а не фактичне притиснення їх до рамної рейки, адже точкою відліку є місце кріплення приводу на стрілочному переведенні не рамну рейку, а фундаментні косинці.

Силовий механічний ланцюг утримання вістряків: «шибер – робоча тяга – міжвістрякова тяга – вістряки» розрахована лише на надійність її елементів. Відмова будь-якого елемента цього ланцюга призводить до втрати замикаючої здатності всього силового ланцюга, що може призвести до сходу поїзда.

У приводах іноземного виробництва на швидкісних ділянках залізниць в даний час використовуються автономні пристрої контролю положення вістряків, які кріпляться до рамних рейок та контролюють фактичний стан кожного вістряку щодо своєї рамної рейки. Функція замикання в даному випадку дублюється, тобто крім шибера, вістряки замикаються та контролюються лінійками (привід 8700 Німеччина).

1.2 Аналіз відмов роботи електроприводів

При аналізі відмов пристроїв по всіх 17 дорогам української залізниці частка відмов господарства автоматики та телемеханіки (служба Ш), за статистичними даними департаменту автоматики та телемеханіки, займає перше місце (53%), друге місце – служба шляху Ш (30%), третє – Е (11%).

Загальна кількість щорічних відмов пристроїв СЦБ розподіляється наступним чином: електрична централізація (ЕЦ) – 56%, автоблокування АБ – 40%, напівавтоматичне блокування ПАБ – 0,7%, переїзна сигналізація ПС –

0,2%, диспетчерська централізація ДЦ – 1,5 %, пристрої ключової залежності ПКЗ – 1,3%, інші – 0,4%.

У свою чергу системи ЕЦ по відмовах своїх пристроїв розподіляються так: блочна маршрутно-релейна – 48%, блокова без маршрутного набору – 21%, маршрутно-релейна – 16%, релейна без набору – 10%, мікропроцесорна – 4%, релейно-процесорна – 1 %.

Порушення нормальної роботи ЕЦ через відмови його елементів розподілені наступним чином:

- монтаж штативів, релейних шаф тощо – 23%;
- елементи рейкових ланцюгів – 15%;
- апаратура релейна, безконтактна – 15%;
- стрілочні електроприводи та гарнітура – 15%;
- кабельні та повітряні лінії – 11%;
- світлофори – 9%;
- елементи захисту від перенапруг – 8%;
- пульти табло та апарати керування – 3%.

Всього на мережі українських залізничних доріг за останнє десятиліття в експлуатації перебуває близько 130 тис. стрілочних електроприводів. В основному використовуються приводи типу СП-6 (26%) та СП-6М (61%). В експлуатації перебувають також приводи СП-2 (3), СП-12, СП-6К, ВСП і СПГ.

Кількісні показники працездатності приводів за типами наведені на діаграмі рисунку 1.4. Цей показник являє собою відношення кількості приладів, що вийшли з ладу до загальної кількості експлуатованих приводів даного типу.

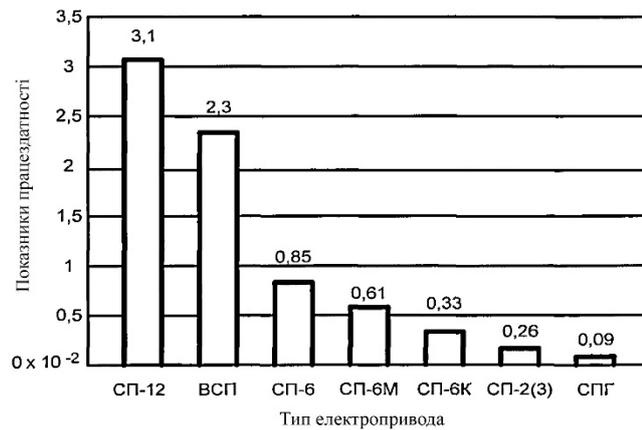


Рисунок 1.4 – Кількісні показники працездатності приводів за типами

Відмови по вузлах приводу розподіляються в наступних процентних співвідношеннях від загальної кількості відмов приводу:

- відмова автоперемикача – 45%;
- відмова курбельних контактів – 11%;
- відмова фрикційної муфти – 8%;
- відмова при несправності монтажу – 9%;
- відмова електродвигуна постійного струму – 20%;
- відмова електродвигуна змінного струму – 4%;
- відмова шибера і контрольних лінійок – 6%.

Несправності автоперемикача приводу відбуваються з наступних причин:

- нерегульованість контактів – 57%;
- індикування контактів – 14%;
- злам пружин – 12%;
- обрив монтажу – 4%;
- злам контактних колодок – 3%;
- злам контрольного важеля – 1%.

Неякісне регулювання контактної системи є наслідком невиконання робіт, передбачених технологічною картою №14 в тому числі щодо

використання шаблонів та спеціального пристосування для перевірки, а також регулювання відстані між пружинами контактної колодки.

Індивідування та обмерзання контактів спостерігається в приводах СП-2, де немає обігріву, а в СП-3, де обігрів неефективний через віддалене розташування резисторів обігріву від контактної системи. Крім цього, є випадки несвоєчасного включення пристрою обігріву.

Електродвигуни постійного струму відмовляють з наступних причин:

- обрив обмотки якоря – 31%;
- відмова щіткового вузла – 27%;
- несправність колектору – 20%;
- несправність обмотки статора – 10%;
- несправність монтажу – 5%;
- несправність ротора – 4%;
- несправність ізоляції – 3%.

Електродвигун змінного струму відмовляє при обриві обмотки статора та при несправності ізоляції найчастіше через виробничий брак.

Таким чином, основним напрямком зниження відсотка відмов є заміна застарілого контактного блоку АП приводу на обслуговуючий безконтактний, заміна блок контактів (курбельних) на сучасні вимикачі та заміна щіток електродвигунів постійного струму на безколекторні.

У деяких зарубіжних електроприводах використовуються безконтактні датчики для контролю положення шибера, наприклад, в шведському EVI Switch 2000. В основному застосовуються електродвигуни трифазні і однофазні змінного струму, що значно підвищує надійність приводу в цілому.

Одним з найважливіших відмов, що порушують безпеку руху поїздів є аварійна ситуація розрізу стрілки, при якій поїзд, рухаючись не санкціоновано по стрільці, примусово переміщує вістряки з нормального замкненого одного крайнього положення в протилежне. При цьому відбуваються непрогнозовані події: деформація гарнітури, елементів приводу, вістряків та отримання помилкового контролю положення стрілки, що результаті призводить до сходу

рухомої одиниці. Пристроїв, які гарантовано контролюють подію розрізу, в даний час на мережі УЗД немає.

1.3 Функціональна і установча схеми стрілочного перевідного пристрою

СПП виконує чотири основні функції:

- переведення (робочий режим роботи), при якому СЕП переміщує вістряки з нормованим зусиллям;
- контролю та замикання (контрольний режим), коли здійснено механічне замикання вістряків в крайньому положенні із зусиллям, що виключає їх відхід при проходженні поїзда, а також електричний контроль щільності прилягання вістряку до рамної рейки;
- захищений від силового впливу (динамічний режим), коли СЕП і його гарнітура сприймають динамічний вплив від коліс рухомого складу, при цьому не порушується нормальна робота СПП;
- захист від помилкового контролю при розрізі (аварійний режим) стрілки рухомим складом, в результаті якого відбуваються вихід з ладу та залишкові деформації елементів СПП, при цьому виключається контрольний та робочий режим.

Для забезпечення зазначених режимів СПП має функціональну схему, представлену на рисунку 1.5 СПП. До її складу входять:

1. СЕП в складі:

- реверсивного електродвигуна (Д);
- редуктора (Р), який перетворює обертальний рух валу електродвигуна в лінійне переміщення шибера;
- фрикційного механізму (Ф), який обмежує зусилля на шибєрі при переведенні вістряків стрілки;
- замкненого механізму (ЗМ), який утримує шибєр від зворотного переміщення в кінці його нормованого ходу;

- шибер вибрав свій нормативний хід та заборону;
- контрольні лінійки одночасно з шибером і вістряками стрілки перемістилися на необхідну відстань.

Тільки при збігу цих двох подій замикаються контрольні контакти АП, фіксуючи нормальне переведення.

Для реалізації зазначених функцій СПП має установчу схему, представлену на рисунку 1.6.

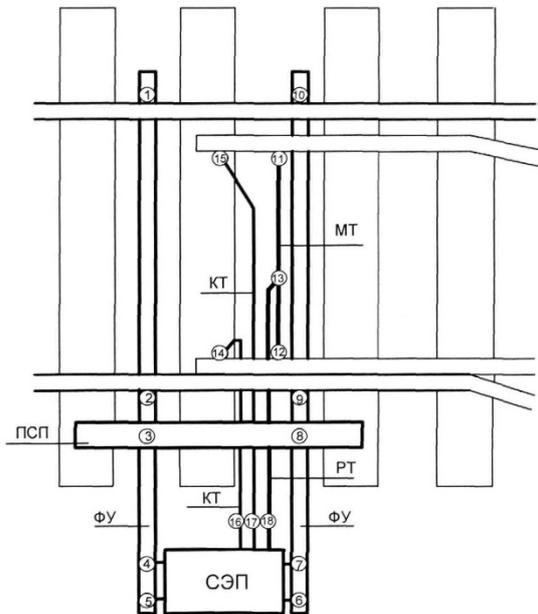


Рисунок 1.6 – Установча схема

СЭП типу СП-6, застосовуваний на УЗД, встановлюється на стрілочному переводі на фундаментні косинці (ФК). Зв'язок СЭП з вістряками забезпечується за допомогою робочої (РТ) та контрольної тяг (КТ).

При русі по стрілці по прямому шляху зі швидкостями понад 160 км/год використовується СЭП типу СП-12У з зовнішнім замикачем типу ВЗ-7 і, який має установчу схему, аналогічну приводу СП-6.

У вітчизняній конструкції СПП електропривод, його гарнітура (СГ) і рамні рейки представляють собою єдину конструкцію, в зв'язку з чим, фундаментні косинці кріпляться до обох рамних рейок.

Це дозволяє вирішувати наступні завдання:

– здійснювати силовою передачею СЕП переміщення вістряків стрілки на задану відстань, незалежно від переміщення стрілочного приводу щодо вісі шляху в процесі експлуатації, а також виробляти замикання та контроль вістряків в крайніх положеннях;

– виключати деформацію елементів СГ та СЕП при прогинах стрілочного переведення щодо земляного полотна, що відбуваються під час руху поїзда.

Таким чином, компоновку всіх вузлів СЕП і СГ визначила ідея фіксації переміщення вістряків на задану відстань щодо жорстко пов'язаної конструкції – «СЕП – СГ – рейки – шпали».

У зв'язку з цим основу СГ становить каркас з двох ФУ, прикріплених до рамних рейках (РР) в точках 1, 2, 9, 10, і поздовжньої зв'язної смуги (ПЗС), яка закріплена в точках 3 і 8 до ФУ. Робоча (РТ), між вістряками (МГ) і контрольні (КТ) тяги пов'язують СЕП з вістряками (О). СЕП, закріплений на ФУ в точках 4, 5, 6, 17 здійснює замикання та контроль вістряків в крайньому положенні стрілки.

Така компоновка СПП забезпечує простоту кінематичної схеми СЕП та зосередження його силових і контрольних вузлів поза рейкової колії, що полегшує їх обслуговування.

Розглядаючи режими роботи, функціональної та установчої схем можна зробити висновок, що надійність роботи СПП в експлуатаційних умовах визначається, головним чином, його здатністю зберігати свої параметри в динамічному режимі та при розрізі, оскільки в робочому режимі на елементи пристрою діють набагато менші сили.

Проведені дослідження дозволяють дати загальну оцінку схеми пристрою «електропривод – гарнітура – стрілочний перевід»:

– напруги, що виникають у вузлах кріплення фундаментних трикутників до рамних рейок при проходженні поїзда багаторазово перевищують міцність цих вузлів, в зв'язку з чим, роль ФУ, як стабілізаторів колії несуттєва, а саме:

– при кріпленні ФУ в чотирьох точках в моменти динамічних напружень створюються найбільш ймовірні передумови для розриву (деформації) вузлів кріплення СГ, а також збільшується їх знос;

– при розширенні колії з'являється зазор між вістряком та рамною рейкою, горизонтальні сили від колеса поїзда через вістряк спрямовані в бік рамної рейки та сили, вибираючи зазор, прикладаються до вузлів кріплення тяг, що є однією з головних причин збільшення люфтів в елементах гарнітури (для переміщення вістряків при нормальному переведенні необхідно зусилля всього лише 2,5–3,5кН);

– через кріплення ФУ за обидві рамні рейки в чотирьох точках розширення або звуження колії в зоні стрілочного переведення не викликає відповідної зміни відносної відстані між СЕП та рамними рейками, в зв'язку з чим контрольний пристрій СЕП не здатний реагувати на еволюцію зазору між вістряком і рамною рейкою;

– спосіб кріплення ФУ до рейок в чотирьох точках не дозволяє розробити контрольний пристрій, розміщений всередині СЕП, об'єктивно оцінює величину зазору «вістряк – рамна рейка», що становить в даний час важливу технічну задачу;

– перенапруження в вузлах кріплення ФУ деформують елементи електричної ізоляції ФУ від РР, що порушує роботу рейкових кіл.

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖУВАНА ЧАСТИНА

2.1 Дослідження режимів роботи стрілочних електроприводів

Стрілочний електропривод зі своєю гарнітурою має чотири режими:

1. Статичний (контрольний) режим, при якому забезпечується безперервний контроль замкненої стрілки.

2. Режим переведення, при якому вістряки та ПСК стрілки переміщуються приводом на задану відстань і замикаються в крайніх положеннях.

3. Динамічний режим, при якому забезпечується замикання та безперервний контроль положення стрілки і ПСК в умовах проходження по ній рухомого складу. В цьому режимі електропривод та гарнітура сприймають з боку колісних пар силові механічні дії у вигляді вібрацій, коливань і ударів.

4. Аварійний режим при якому відбуваються:

– розріз стрілки. Це означає, що рухомий склад, рухаючись в напрямку по стрілці по неправильному шляху, колісними парами, примусово переміщує замкнені приводом вістряки. Розріз стрілки є наслідком порушення організації руху поїздів;

– злами та залишкова деформація гарнітури від ударів або зачепів предметами, які звисають з рухомого складу нижче допустимого габариту;

– збереження контролю незамкненої стрілки або помилковий контроль її положення у всіх режимах роботи.

2.1.1 Режим переведення стрілки

Розглянемо режим переведення стрілки приводом типу СП і типу ВСП. При переведенні стрілки, вістряки переміщуються з одного крайнього положення в інше на величину ходу шибера $S_{ш}$ зі швидкістю перекладу $V_{ш}$:

$$V_{ш} = \frac{dS_{ш}}{dt}; \quad (2.1)$$

або переходячи від лінійної швидкості до кутової:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}; \quad (2.2)$$

У процесі переведення стрілки енергія електроприводу, витрачається на роботу по приведенню вістряків в рух на початку переведення та підтримці руху в процесі переведення з необхідної швидкістю (подолання сил опору руху вістряків). Енергія втрат визначається як:

$$T = T_{\text{поч}} + T_{\text{ст}} \pm \frac{1}{2} \cdot m' \cdot L \cdot \left(\frac{dS}{dt} \right)^2; \quad (2.3)$$

де: $T_{\text{поч}}$ – енергія в початковий момент процесу переведення стрілки;

$T_{\text{ст}}$ – енергія в сталому режимі руху вістряків з постійною швидкістю;

$\frac{1}{2} \cdot m' \cdot L \cdot \left(\frac{dS}{dt} \right)^2$ – динамічна складова кінетичної енергії рухомих

частин стрілочного переводу;

m' – питома маса рухомих частин стрілки (вістряків).

Співвідношення для енергії в сталому режимі має наступний вигляд:

$$T_{\text{ст}} = \frac{J_{\text{пр}} \cdot \omega^2}{2} = \frac{m' \cdot L^2}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{V}{L} \right)^2 = \frac{m' \cdot V^2}{6}; \quad (2.4)$$

де: $J_{\text{пр}}$ – приведений момент інерції вістряків;

ω – кутова швидкість переміщення вістряків;

V – лінійна швидкість руху вістряків.

Співвідношення між лінійною і кутовою швидкістю має наступний вигляд:

$$V = \omega \cdot L; \quad (2.5)$$

Тоді вираз для енергії у сталому режимі можна записати як:

$$T_{\text{ст}} = \frac{m' \cdot \omega^2 \cdot L^2}{6}; \quad (2.6)$$

Наведений момент інерції $J_{\text{пр}}$ є величиною постійною для конкретної стрілки та не залежить від кута φ , тобто змінною є кутова швидкість ω .

Знаючи закон зміни кутової швидкості ω , можна описати енергетичний характер руху вістряків (рис.2.1).

Аналіз отриманих залежностей дозволяє стверджувати, що весь процес переведення вістряків стрілки, з точки зору зміни кінетичної енергії вістряків, ділиться на три фази:

- розгін – приведення вістряків зі стану спокою в стан рівномірного руху (фаза а);
- рівномірний рух зі швидкістю ω – сталий режим (фаза б);
- гальмування – приведення вістряків стрілки зі стану руху зі швидкістю ω в стан спокою, $\omega = 0$ (фаза в).

Розгін та гальмування вістряків відноситься до несталого режиму роботи стрілочного електроприводу.

Перша фаза а (рис.2.1) визначається механічною характеристикою силового механізму. Наприклад, електропривод з асинхронним двигуном змінного струму має механічну характеристику, показану на рисунку 2.4.а, крива 1, повторює механічну характеристику електродвигуна в початковій її стадії (ділянка CDN).

Друга фаза руху вістряків (фаза б) – рівномірний рух зі сталою швидкістю ω . Рівномірним цей рух можна назвати з достатньою точністю за умовою робочої характеристики силового механізму.

Частота обертання ротора асинхронного електродвигуна з короткозамкнутим ротором є жорсткою характеристикою (рис.2.1, кр.1, ділянка DE), тобто, при досить значній зміні навантаження, його кутова швидкість ω змінюється незначно та, в межах номінальних навантажень, практично залишається постійною.

Третя фаза – гальмування (фаза в) представляє в режимі перекладу вістряка (шибера) в системі електричної централізації (ЕЦ) найбільший інтерес, тому що саме в цьому кінцевому положенні шибера (вістряка) відбуваються динамічні процеси, що впливають на надійність роботи стрілочного переведення і гарнітури.

Згідно з теоремою про зміну кінетичної енергії в системі:

$$T_{\text{кін}} - T_{\text{поч}} = \sum A^e + \sum A^i; \quad (2.7)$$

де: $\sum A^e$ – робота зовнішніх сил системи;

$\sum A^i$ – робота внутрішніх сил системи;

$T_{\text{кін}}$ – енергія системи в кінці процесу переведення.

З огляду на той факт, що механічна система (вістряки, гарнітура) є незмінною ($T_{\text{поч}} = 0$) співвідношення (2.7.) набуває такого вигляду:

$$T_{\text{кін}} = \sum A^e; \quad (2.8)$$

Сумарна робота зовнішніх сил включає в себе роботу з подолання сил тертя і роботу з переведення вістряків стрілки:

$$\sum A^e = A(F_{\text{пер}}) + A(F_{\text{тр}}); \quad (2.9)$$

Вираз для визначення роботи по переведенню вістряків з одного крайнього положення в інше має наступний вигляд:

$$A(F_{\text{пер}}) = \int_0^{S_m} F_{\text{пер}}(S_m) ds; \quad (2.10)$$

де: $F_{\text{пер}}$ – зусилля переведення вістряків.

Вираз для визначення роботи, витраченого на подолання сил тертя вістряків об стрілочні підкладки, має вигляд:

$$A(F_{\text{тр}}) = f_{\text{мп}} \cdot m' \cdot L \cdot g \cdot S_{\text{мп}} = -M_{\text{мп}} \varphi; \quad (2.11)$$

де: $M_{\text{мп}}$ – приведений момент тертя вістряків.

Підставивши співвідношення (2.10.) і (2.11.) в вираз (2.9.), отримуємо співвідношення, яке описує розподіл енергії в сталому режимі (переклад вістряків з усталеною швидкістю):

$$T_{\text{кін}} = \int_0^{S_m} F_{\text{пер}}(S_m) ds + M_{\text{мп}} \cdot \varphi; \quad (2.12)$$

Вираз (2.12.) показує, яку кінетичну енергію вістряки стрілки мають при підході до рамної рейки, тобто:

$$T_{\text{кін}} = \frac{1}{2} \cdot m' \cdot \left(\frac{dS_{\text{ш}}}{dt} \right)^2; \quad (2.13)$$

Вважаючи, що електродвигун має значний запас потужності та розгін відбувається за короткий інтервал часу, можна стверджувати, що енергія рухомих частин стрілки в сталому режимі витрачається на переведення вістряків стрілки і дорівнює кінетичній енергії вістряків в кінці переведення стрілки, тобто:

$$\frac{1}{2} \cdot m' \cdot \left(\frac{dS_{\text{ш}}}{dt} \right)^2 = \frac{m' \cdot V^2}{6} - M_{\text{пр}} \cdot \varphi; \quad (2.14)$$

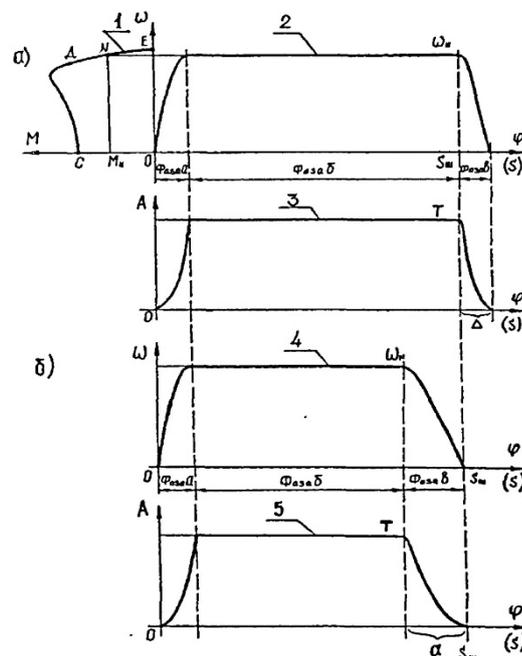


Рисунок 2.1 – Енергетична діаграма переведення стрілок електромеханічними приводами типу СП (а) і ВСП (б)

Аналіз співвідношення (2.14) показує, що в момент закінчення робочого ходу шибера $S_{\text{ш}}$, його лінійна швидкість V має максимальне значення, процес гальмування інерційної системи супроводжується тільки силовим фактором, яким є наведений момент $M_{\text{пр}}$. Тобто, для того щоб зупинити інерційну систему необхідно прикласти до неї певний силовий вплив, спрямований у бік, протилежний руху мас, що переміщуються.

У всіх вітчизняних, окрім електроприводів серії ВСП, та в більшості зарубіжних стрілочних електроприводах третя фаза руху вістряків здійснюється без участі механіки електропривода. Тобто, швидкість руху вістряків залишається незмінною аж до відключення електродвигуна. Це означає, що робота з гасіння кінетичної енергії в кінці переведення стрілки проводиться лише за рахунок сил тертя в кінематичних парах (в основному: вістряк – подушка та пружних сил рамної рейки і гарнітури), тобто без зниження її самим електроприводом, що є недостатнім та призводить до ударів вістряків об рамну рейку, його віджиму та відбою вістряків. У практиці були випадки зламу вістряків. При цьому в стрілочних електроприводах серії СП до кінетичної енергії вістряків додається кінетична енергія оберткових мас самого електропривода.

У якості прикладу розглянемо роботу механізму замикання шибера електропривода серії СП. Поступальний рух шибера здійснюється шляхом рейкової передачі від шестерні головного валу на рейку, яка виконана заодно з шибером. Крайні зуби шестірні і рейки мають спеціальну форму та є замикаючими зубами в крайніх положеннях шибера.

Недоліки даної конструкції можна пояснити з позиції енергії рухомих мас тим, що в момент вироблення шибером електропривода свого робочого ходу $S_{ш}$, його лінійна швидкість V або кутова швидкість вістряків ω має максимальне стале значення (рис. 2.1а, кр. 2). Вістряк підходить до рамної рейки саме з такою швидкістю, а запасена кінетична енергія рухомих мас T , відповідно до виразу (2.3), як видно з графіка (рис. 2.1.а, кр.3), у вигляді пружного удару переходить в потенційну енергію рамної рейки, викручуючи його, робочу тягу та гарнітуру кріплення електроприводу на величину A . Ці пружні сили призводять до ослаблення кріплення електроприводу і рамних рейок.

З викладеного можна вивести формулу динамічного коефіцієнта гасіння кінетичної енергії вістряків стрілки в кінці переведення:

$$\xi = \frac{T_{\text{тек}}}{T}; \quad (2.15)$$

де: $T_{\text{тек}}$ – кінетична енергія вістряків в поточний момент часу;

T – кінетична енергія вістряків в сталому режимі руху.

Підставляючи в формулу (2.13) вираз (2.15) і знаючи, що:

$$\omega_{\text{оае}} = \omega \cdot (1 - \tilde{n} \cos \varphi + \text{tg} \varphi - \sin \varphi \cdot \text{tg} \varphi); \quad (2.16)$$

Отримаємо:

$$\xi = \frac{1 / 2J_{\text{пр}} \cdot \omega_{\text{пр}}^2}{1 / 2J_{\text{пр}} \cdot \omega^2}; \quad (2.17)$$

після перетворень отримаємо:

$$\xi = \left(\frac{\omega_{\text{тек}}}{\omega} \right)^2 = \left(\frac{V_{\text{ш}}}{V_{\text{т}}} \right)^2; \quad (2.18)$$

де: $\omega_{\text{тек}}$ – значення кутової швидкості вістряків в поточний момент часу, м/с.

ω – значення кутової швидкості вістряків в сталому режимі руху, м/с.

Як видно з виразу (2.18) цей коефіцієнт не залежить від типу стрілок ($J_{\text{пр}}$), а залежить тільки від закону руху, тобто конструкції механізму замикання електроприводу та є безрозмірною величиною або може виражатися у відсотках.

Динамічний коефіцієнт гасіння кінетичної енергії вістряків показує, яку частину кінетичної енергії вістряків в сталому режимі становить гальмування вістряків.

Таким чином, приймаємо, що робочий режим СПП має два кількісні показники:

1. Зусилля перекладу номінальне, це є сила, яку СЕП витрачає на переміщення маси вістряків плюс сила тертя вістряків об подушки.

2. Зусилля перекладу допустиме, перевищення якого призводить до віджиму рамної рейки та отримання хибного контролю стрілки при попаданні стороннього предмета (каменю) між вістряком і рамною рейкою.

2.1.2 Статичний режим роботи

Статичним є пасивний режим роботи та забезпечує збереження замикання шибера і безперервний контроль положення стрілки. Стрілка, а відповідно і електропривод, в цьому випадку знаходяться в режимі очікування:

- а) проходу поїзда по стрілці;
- б) переведення стрілки.

Таким чином, приймаємо, що статичний режим СПП має два якісних показника:

1. Наявність контролю положення стрілки та він буде достовірний.
2. Відсутність контролю положення стрілки через раптової внутрішньої відмови СПП.

2.1.3 Динамічний режим роботи

Стрілочний електропривод в комплекті з гарнітурою є пристроєм, від здатності якого зберігати функції утримання вістряків (рухомого сердечника хрестовини) при динамічному впливі на нього з боку рухомого складу, в значній мірі, залежить безпека руху.

У динамічному режимі електропривод та гарнітура відчують екстремальні механічні навантаження, що впливають тривалий час і мають великий спектр зміни амплітуди і частоти ударів, а тому, їх робота проходить у важких умовах. Кожна з колісних пар рухомого складу, володіючи певною масою (навантаженням на вісь), при проходженні по стрілці є джерелом (генератором) коливальних процесів (ударів і вібрацій), які сприймаються, розподіляються і погашаються в пристроях верхньої будови колії.

Робота електроприводу, стрілочної гарнітури, в окремих випадках зовнішніх замикачів вістряків (рухомого сердечника хрестовин) в динамічному режимі полягає у виконанні функцій по утриманню в замкнутому стані і забезпечення контролю положення стрілки, що і в статичному режимі роботи, але в умовах проходження рухомого складу по

стрілці. Тому на динамічний режим роботи покладено вирішення головного завдання по забезпеченню безпеки руху поїздів – надійне утримання притиснутого (з допустимим зазором менше 4 мм) до рамної рейки вістряку і відведеного вістряку від іншої рамної рейки, забезпечуючи жолоб необхідної величини (не менше 125 мм) для проходу колеса рухомого складу зі встановленою швидкістю.

У зв'язку з цим розглянемо деякі методи забезпечення безпеки руху поїздів стрілочним електроприводом і стрілочною гарнітурою в даному режимі роботи.

При проходженні рухомого складу по стрілці і мінімальному навантаженні на вісь G_{\min} , в робочій тязі виникають зусилля пружної деформації $F_{\text{пр}}$. Для забезпечення надійної та безпечної роботи стрілочного переводу ця деформація (вигин) повинна бути менше 4 мм і перебувати в зоні пружної деформації матеріалу. Таким чином, значення зусилля пружної деформації робочої тяги $F_{\text{пр}}$ знаходиться в наступних межах:

$$F_{\text{пр}} = (0,2 \div 0,3) \cdot G_{\min}; \quad (2.19)$$

При подальшому зростанні зусилля на шибері, дія пружної деформації припиняється та настає втрата несучої здатності гарнітури (в першу чергу – робочої тяги). Настає пластична (залишкова) деформація. Це зусилля становить: при стисканні робочої тяги $F_{\text{нес}} = 35$ кН, а при розтягуванні $F_{\text{нес}} = 75$ кН [21]. Така розбіжність пояснюється не симетричною конструкцією робочої тяги. Таким чином:

$$F_{\text{нес}} \geq (0,65 \div 1,5) \cdot G_{\min}; \quad (2.20)$$

Для визначення величини зусилля, що забезпечує гарантоване утримання приводом притиснутого вістряку до рамної рейки F_3 , розглянемо математичну модель взаємодії колеса, вістряку та електроприводу, наведену на рисунку 2.2.

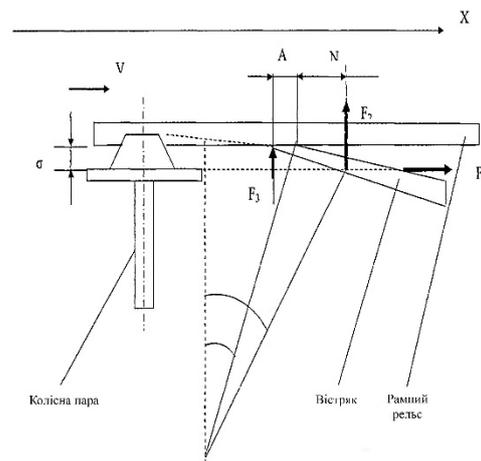


Рисунок 2.2 – Математична модель взаємодії колеса, вістряку і електроприводу

На стрілочних переведеннях притиснення вістряку до рамної рейки відбувається під початковим кутом β_n , який утворюється при теоретичному перетині робочої грані рамної рейки з робочою гранню вістряку.

Поточний кут, залежить від положення колеса при вході на стрілку і називається кутом удару β_y . Сила F_1 – сила бічного удару гребеня колеса об вістряк, викликає відповідну реакцію – силу F_2 , спрямовану на відбій вістряку від рамної рейки. З розкладу сил виведемо рівняння для визначення зусилля замикання (утримання) вістряку:

$$F_1 \cdot \sigma + F_2 \cdot ND' = F_3 \cdot NA; \quad (2.21)$$

де: σ – зазор між рамною рейкою і колесом, мм;

F_1 – сила бічного удару гребеня колеса об вістряк, яка чисельно дорівнює силі бокового притиснення гребеня колеса до вістряку першим та другим колесами однієї колісної пари, к·Н.

F_2 – реакція рамної рейки на вплив сили F_1 , к·Н;

F_3 – зусилля утримання вістряку приводом, к·Н.

A – точка прикладання сили приводу, що утримує вістряк;

D – точка удару колеса об вістряк;

З отриманого рівняння слідує, що зусилля замикання вістряку приводом визначається виразом:

$$F_3 = \frac{F_1 \cdot \sigma + F_2 \cdot ND'}{NA}; \quad (2.22)$$

Зусилля, що забезпечує надійне замикання (утримання) притиснутого вістряку має задовольняти наступні умови:

$$F_{\text{утр}} \geq F_3; \quad (2.23)$$

Дана величина нормує гранично допустимі робочі зусилля, які здатні витримувати стрілочний привід тривалий час без руйнувань і видимих деформацій (менше 4 мм).

З огляду на умову надійного замикання і кут удару β_y , вираз для визначення зусилля надійного утримання вістряку має вигляд:

$$F_3 = \frac{G \cdot k_y \cdot \text{tg}\beta_y \cdot n}{m \cdot k_\rho}; \quad (2.24)$$

де: G – навантаження на вісь, $G_{\text{max}} = 250 \text{ к}\cdot\text{Н}$;

n/m – тангенс кута нормалі контакту колеса з вістряком, $n/m = 1/5$;

k_y – коефіцієнт стійкості колісної пари на рейці, $k_y = 3,5 \div 5,0$;

k_ρ – коефіцієнт динаміки, що зменшує фактичне навантаження коліс, в порівнянні з її статичним значенням, $k_\rho = 0,25 \div 0,9$.

В результаті обчислень (2.24) отримуємо допустиме зусилля замикання притиснутого вістряку до рамної рейки, що варіюється в діапазоні $F_3 = 8,5 \div 12,5 \text{ к}\cdot\text{Н}$.

Зусилля, що виникають при проходженні рухомого складу по стрілці і спрямовані на віджимання притиснутого вістряку від рамної рейки, сприймаються гарнітурою (робочої тягою) і електроприводом (механізмом запирання шибера). Для забезпечення безпеки проходження рухомого складу по стрілці зусилля замикання (утримання) F_3 приводом притиснутого вістряку має бути гарантованою величиною, тому її збільшено в чотири рази.

Таким чином, показниками динамічного режиму можна вважати:

1. Зусилля утримання, тобто силу на шибєрі електроприводу, якої досить, щоб утримати вістряк притиснутим до рамної рейки під час руху поїзда по стрілці;

2. Зусилля замикаання, що є збільшеним значенням зусилля утримання з метою підвищення надійності відповідальної функції СПП. Верхньою межею збільшення цього значення є зусилля замикаання, при якому легка рухома одиниця може бути виштовхнута з колії при розрізу стрілки.

2.1.4 Аварійний режим розрізу стрілки

При здійсненні маневрів на станціях мають місце випадки розрізу стрілки. На практиці найбільш поширеним є розріз стрілки з бічного напрямку руху по стрілці, хоча може бути і з прямого напрямку. На рисунку 2.3 показані схеми розрізу криволінійного (рис.2.3, а) та прямолінійного (рис.2.3, б) вістряків.

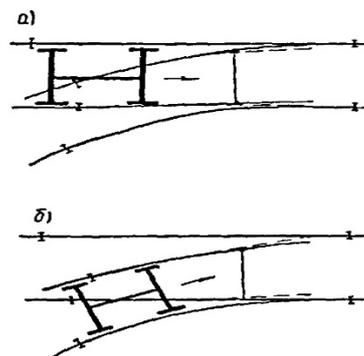


Рисунок 2.3 – Схеми розрізу криволінійного (а) і прямолінійного (б) вістряків

Розрізу стрілочного переводу з неврзними стрілочними електроприводами серії СП призводить до залишкових деформацій вістряків, сполучних і робочих тяг, пошкодження електроприводу.

Вістряки деформуються переважно в зоні сторожки на ділянці 1000–1400 мм від вістряку. Деформація кривого вістряку Р50 досягає 17 мм Р65 – 9мм [19].

При переміщенні врізаючого вістряку стрілки з типовою гарнітурою від впливу рухомого екіпажу виникають два варіанти розрізу:

1) при якому шибер «зштовхується» всередину електроприводу, в цьому випадку величина переданого в запірний механізм зусилля визначається межею несучою здатністю робочої тяги та становить 35 к·Н;

2) при якому шибер, «висмикується» з електроприводу, в цьому випадку, величина переданого через робочу тягу зусилля визначається міцністю елементів приводу, що беруть участь в замиканні шибера та становить 75 к·Н.

Сьогодні найбільш поширеним стрілочним електроприводом на залізницях України є СП-6, СП-3. На рисунку 2.4 показано дії сил, що виникають в механізмі замикання шибера електроприводів СП при розрізі, де:

$$N = F_{ш} \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (2.25)$$

де: $F_{ш}$ – зусилля впливу врізаючого вістряку на шибер,

α – кут напрямку впливу зусилля на підшипник головного валу.

Кут $\alpha = 20\text{--}30^\circ$ (по конструкції електроприводу) сила N в 2–3 рази перевищує зусилля розрізу – зусилля на шибері, що призводить до неконтрольованої поломки корпусу підшипника головного валу. Привід при цьому втрачає свою замикаючу здатність.

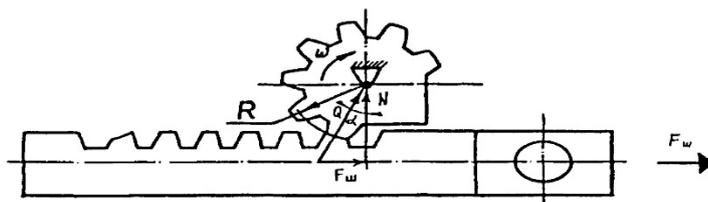


Рисунок 2.4– Дія сил в механізмі замикання при розрізі

Таким чином, на нашу думку, проблема розрізу стрілочних переводень з неврзними стрілочними електроприводами зводиться до вирішення 3-х завдань:

1) забезпечення безпечного проходу рухомого складу по врізаючій стрілці, тобто зусилля замикання приводом та гарнітурою вістряку не повинно призводити до виштовхування колеса на рейки;

2) забезпечення передбачуваності та візуалізації пошкодження конкретного елемента силового ланцюга «привід–тяга–вістряк», тобто наявність свідомо «слабкого» елемента в силовому ланцюзі утримання вістряків;

3) забезпечення електричного контролю розрізу стрілки і неможливості отримання контролю незамкненої стрілки до повного усунення наслідків розрізу.

При нормальній роботі стрілочного переведення має забезпечуватися цілісність шибера і механізму замикання, а при розрізу – деформація розрахована на певне механічне навантаження слабкого елемента силового ланцюга з обов'язковим контролем розрізу всередині електроприводу та неможливістю отримання помилкового контролю.

При установці електроприводу на стрілку з вигнутою робочою тягою (типова робоча тяга), «слабким» елементом може служити саме вона, при цьому несуча здатність та міцність всіх інших елементів, що беруть участь в роботі по утриманню вістряків, повинна бути значно (2,5–3,5 рази) вище. Вигин робочої тяги в цьому випадку контролюється АП приводу та її залишкова деформація призведе до втрати контролю стрілки до заміни тяги.

Для забезпечення безпеки руху поїздів при розрізу стрілки обов'язковою умовою повинно бути перевищення бокового зусилля колеса до врізаючого вістряка F_k над граничним зусиллям утримання вістряку приводом у відведеному стані $F_{уд}'$ (рис. 2.5):

$$F_k > F_{уд}'; \quad (2.26)$$

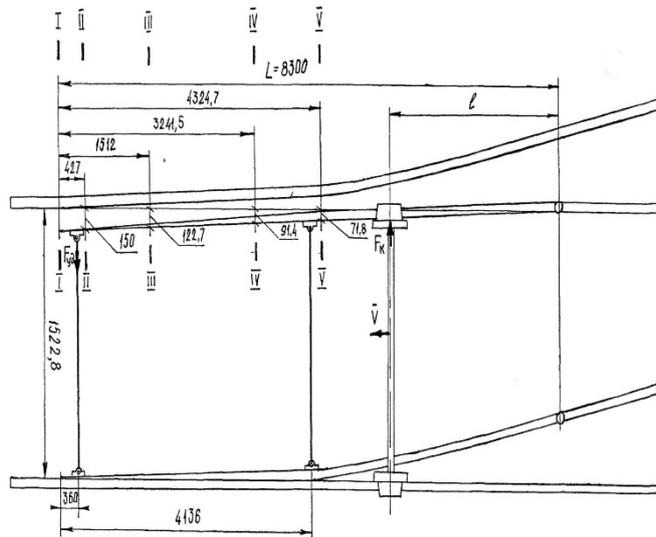


Рисунок 2.5– Схема руху колісної пари при розрізі стрілки по прямій колії і фази зміни перетину зміни перетину

Для схеми, наведеної на рисунку 2.5, визначимо допустиме зусилля утримання вістряків на шибері, що виникає при розрізі стрілки з неврізним електроприводом. Згідно з отриманою формулою:

$$F_{\text{ш}} = F_{\text{уд}} = \frac{G(L-1)(\text{ctg}\pi/3 - 0,5f_{\text{мп}})}{f_{\text{мп}}K_{\text{д}}L}; \quad (2.27)$$

де: $K_{\text{д}} = 0,25$ – коефіцієнт динаміки;

$(L-1)/L = 0,15 \div 0,8$ приймаємо до розрахунку $(L-1)/L = 0,15$;

$f_{\text{мп}} = 0,2$ – коефіцієнт тертя вістряків об подушки;

$F_{\text{уд}} = 4,5$ к·Н – маса вістряків;

$G_{\text{min}} = 50$ к·Н – навантаження на вісь порожньої платформи [16];

$G_{\text{max}} = 250$ к·Н – максимальне навантаження на вісь [16].

Таким чином, за умовою (2.27) нам вдалося визначити, що навіть найлегша рухома одиниця переміщує замкнені приводом і робочою тягою вістряки, тому що зусилля утримання притиснутого до рамної рейки вістряку типовою робочою тягою (35к·Н) та міцність замикаючого вузла електроприводу (75к·Н) менше зусилля розрізу.

Дослідження динаміки розрізу стрілки з неврізним стрілочним електроприводом. Розглянемо більш докладно поведінку стрілочного переводу та колісної пари рухомого складу, визначимо їх взаємне положення в момент розрізу, точку розрізу, величину максимального зсуву вістряку (прогину) в точці розрізу.

Як приклад візьмемо несиметричний переклад з довжиною вістряків 8300 мм Р65 марки 1/11 (принципової відмінності інші стрілочні переводи не мають). На рисунку 2.6 приведена розрахункова схема стрілочного переводу при розрізу.

Розглянемо найбільш несприятливий випадок щодо забезпечення стійкості колеса проти видавлювання з колії:

- найлегша рухома одиниця;
- найбільше зусилля утримання вістряків.

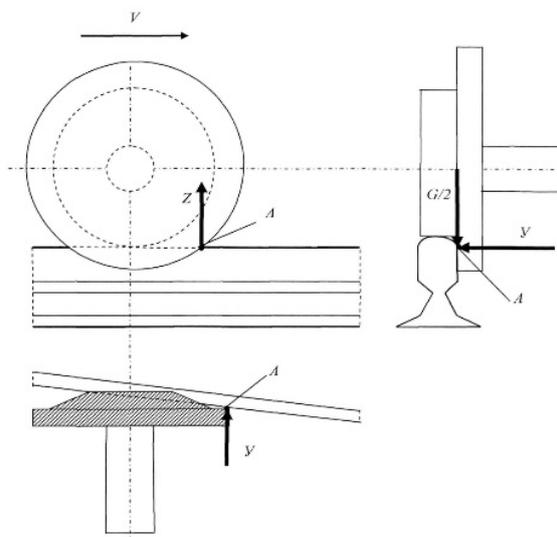


Рисунок 2.6 – Модель взаємодії колеса і рамної рейки при видавлюванні колісної пари з колії

1. Взаємодія рейки та колеса відповідно до рисунка 2.6;
2. Зусилля утримання вістряків електроприводом $F_{уд} = 7,5$ к·Н – втрата несучої здатності робочої тяги і злам елементів приводу при витягуванні робочого шибера з електроприводу;
3. Коефіцієнт тертя приймаємо $f_{мп} = 0,2$;

4. Довжина вістряку $L = 8,3$ м.

Тоді згідно рисунка 2.9 зусилля бокового натискання колеса на вістряк визначається:

$$F_k = \frac{2G}{2} \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}; \quad (2.28)$$

$$F_k = 23,4 \text{ к} \cdot \text{Н}.$$

Діючі сили F_k – бічне натискання колеса на вістряк компенсуються наступними силовими чинниками:

– зусиллям переміщення колесом маси вістряків в точці прикладання робочої тяги $F_{\text{пер}} = 4,5 \text{ к} \cdot \text{Н}$.

– зусиллям подолання сил тертя від тиску колеса на відведений вістряк $F_{\text{мп}} = 5,2 \text{ к} \cdot \text{Н}$:

$$F_{\text{мп}} = \frac{G}{2} \cdot f_{\text{мп}}; \quad (2.29)$$

– зусиллям утримання вістряків робочою тягою (несучою здатністю робочої тяги і приводу), $F_{\text{уд}} = 7,5 \text{ к} \cdot \text{Н}$.

Згідно розрахункової схеми (рис.2.8) складемо рівняння рівноваги сил:

$$F_k \cdot l - F_{\text{мп}} \cdot l - (F_{\text{пер}} + F_{\text{уд}})(L - 0,36) = 0; \quad (2.30)$$

З рівняння 2.30 визначимо точку розрізу, за умови, що прогин вістряку дорівнює нулю.

$$al = \frac{(F_{\text{пер}} + F_{\text{уд}})(L - 0,36)}{F_k - F_{\text{мп}}}; \quad (2.31)$$

де: a – відстань від кореня вістряку до точки розрізу;

L – повна довжина вістряку, $= 8,3$ м.

$$al = \frac{(4,5 + 7,5)(8,3 - 0,36)}{23,4 - 5,2} \cdot (8,3 - 0,36) = 4,28 \text{ м}.$$

Виходячи з умови необхідності забезпечення колії для проходу рухомого складу, колісна пара зміщує відведений вістряк в точці розрізу на величину:

$$\Delta = \frac{S_{ш}}{L}; \quad (2.32)$$

де: $S_{ш}$ – величина ходу шибера рівна 150 мм;

$$\Delta = 77,3 \text{ мм.}$$

Зсув вістряку забезпечується в основному наступними чотирма факторами, присутніми при розрізі стрілки одночасно:

- 1) пружною деформацією вістряків;
- 2) пружною деформацією настановної гарнітури;
- 3) пружною і залишковою деформацією робочої тяги;
- 4) пружною і залишковою деформацією міжвістрякової тяги.

Нами встановлено, що основним фактором у забезпеченні зміщення вістряку та проході рухомого складу по стрілці при розрізі є залишкова деформація робочої тяги.

Проаналізуємо теоретичний графік залежності між розтягуючою силою $F_{уд}$ та деформацією (подовженням, стисненням) робочої тяги.

На графіку (рис. 2.7) є ряд характерних точок: 0, А, В, С, D, М, К, L.

На початку, на ділянці ОА графік являє собою похилу пряму. У цих межах напруги σ ростуть пропорційно деформації ξ , тобто дотримується закон Гука, який справедливий до межі пропорційності $\sigma_{пр}$ [12]. На цій ділянці графіка розташовані робоча зона із зусиллями переведення приводом вістряків $F_{пер} = 7,5 \text{ кН}$ і номінальним зусиллям утримання вістряків шиберам приводу в замкненому стані $F_3 = 50 \text{ кН}$.

Вище точки А діаграма викривляється, закон Гука порушується, деформації починають рости швидше зростання напружень. Дуже близько до точки А на криволінійній ділянці діаграми можна відзначити точку В, яка відповідає межі пружності $\sigma_{пр}$. Максимальна напруга, яка може витримати матеріал, не виявляючи ознак залишкової деформації при навантаженні.

Точка В знаходиться поблизу точки А, тому їх часто вважають співпадаючими. Починаючи з певного моменту, при подальшому збільшенні

деформацій навантаження знову збільшується. Діаграма змінюється за плавною кривою з найвищою точкою D, в якій умовна напруга приймає найбільше значення, досягаючи межі міцності σ_B , під якою розуміють межу міцності або тимчасовим опором.

Якщо через точку B провести вертикальну лінію, то лівіше цієї лінії на діаграмі буде зона пружних, а правіше – зона пружно-пластичних деформацій (пружні та пластичні деформації).

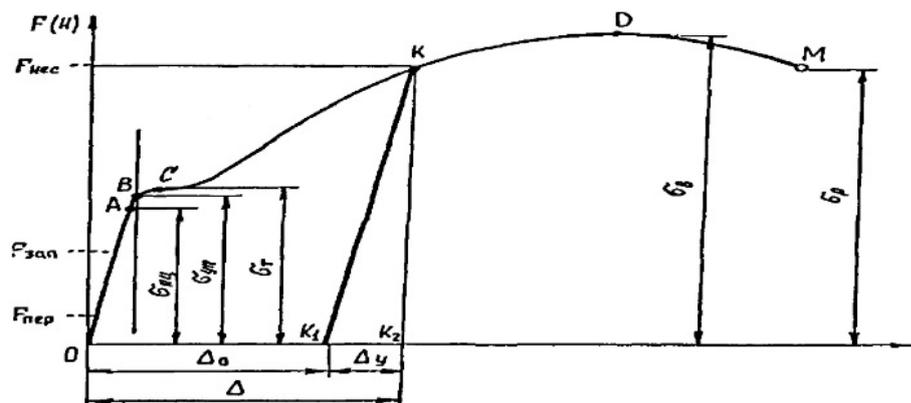


Рисунок 2.7 – Теоретичний графік залежностей деформації робочої тяги при додатку вісьового зусилля (розтягування – стиснення)

Починаючи з деякої точки C графік має горизонтальну (або майже горизонтальну) ділянку, якій відповідала би межа плинності $\sigma_{пл}$. На цій ділянці деформації ростуть без збільшення навантаження – матеріал наче «тече».

Починаючи з певного моменту, при подальшому збільшенні деформацій навантаження знову збільшується. Графік змінюється за плавною кривою з найвищою точкою D , в якій умовна напруга приймає найбільше значення, досягаючи межі міцності σ_B , під якою розуміють межу міцності.

До досягнення межі міцності поздовжні та поперечні деформації рівномірно розподіляються по розрахунковій довжині тяги.

Після досягнення точки D графіка, ці деформації концентруються в одному найбільш слабкому місці, де починає утворюватися «шийка» – місцеве значне звуження, яке швидко прогресує.

За точкою D ординати графіка починають зменшуватися, навантаження падає, що пояснюється подальшим зменшенням поперечного перерізу шийки. Нарешті відбувається її розрив. Цьому на графіку відповідає точка M і умовна напруга σ_p .

В реальних умовах розрив робочої тяги не відбувається, що пояснюється наявністю зони її робочої (реальної) деформації, що не доходить до точки D, і тим паче до точки M діаграми.

Якщо, починаючи з деякої точки K графіка, будемо розвантажувати тягу, то графік піде по прямій KK_1 приблизно паралельно прямій OA. Відрізок OK_1 дорівнює залишковій деформації Δ_0 , відповідної точці K, а відрізок K_1K_2 – пружної деформації Δ_y , відповідної тій же точці. Повна деформація Δ дорівнює сумі двох зазначених деформацій:

$$\Delta = \Delta_0 + \Delta_y; \quad (2.33)$$

Таким чином, нами показано, що наявністю деформації (пластичної та пружної) робочої тяги, а також наявністю деформації вістряків, гарнітури тощо, забезпечується безпечний прохід рухомого складу по стрілочному переведенню при розрізу стрілки.

Обов'язковою умовою забезпечення безпеки при розрізу повинно бути наявність необхідної міцності стрілки при роботі її вістряків на вигин від бокового тиску на стрілку з боку колеса рухомого складу, до того моменту, коли колесо своєю поверхнею кочення не опиниться над рамною рейкою.

Властивості міцності стандартної вістрякової рейки без сумніву забезпечують її з достатнім запасом міцності. Однак з метою забезпечення плавності проходу рухомого складу по стрілці, вістряк, виготовляється з вістрякової рейки, має горизонтальну стружку, що утворить з головки рейки «гребінь» різного перетину, який починається від повної головки вістрякової

рейки (рис. 2.8, перетин У–У), до декількох міліметрів у пера вістряку (рис. 2.8, перетин 1–І) [6].

Злам гребеня вістряку можливий лише в тій зоні, де міцність перетину його гребеня не витримує зусилля утримання вістряку $F_{уд}$. Якщо прийняти, що властивості міцності металу колеса та вістрякової рейки близькі за величиною, то при розрізу стрілки злам гребеня вістряку найбільш вірогідний на ділянці від перетину III–III до пера (початку) вістряку (перетин 1–І), тому що, починаючи приблизно з цієї точки, товщина гребеня вістряку приблизно дорівнює товщині гребеня колеса (рис. 2.8), а потім зменшується до кількох міліметрів.

На рисунку 2.8 показана циклограма проходження колеса по врізаному вістряку (раніше відведеного).

Згідно рисунка 2.8 ширина кола катання стандартного профілю колеса становить 91,4 мм. При проходженні колісної пари по стрілці не свого маршруту в пошерстному напрямку колісна пара, прагнучи створити собі колію, видавлює (зміщує) раніше відведений вістряк до своєї рамної рейки (згідно нашого розрахунку в точці розрізу зміщення 77,3 мм), що призводить вістряк практично в щільну до своєї рамної рейки і, починаючи з позиції У–У, колесо, прокочуючись по вістряку, частково ($91,4 - 72,6 = 18,8$ мм) зависає над рамною рейкою. Причому ця величина (зависання) поступово збільшується та поступово поверхня катання колеса переходить на рамну рейку. У точці ймовірного зламу гребеня вістряку (перетин III–III) колесо своєю поверхнею кочення вже знаходиться над рамною рейкою ($91,4 - 20 = 71,4$ мм). Таким чином доведено, що при зламі гребеня вістряку, сходу рухомого складу не відбудеться, що гарантує стійке та безпечне проходження рухомого складу по стрілці.

механічній зв'язок рейок з настановною гарнітурою, тобто з фундаментними косинцями. Отже, щоб знизити динамічні дії, необхідно цей зв'язок зменшити або виключити.

Динамічні дії рухомого складу на електропривод та елементи гарнітури знижуються при установці приводу на коротких фасонних Т-образних фундаментних косинцях закріплених за одну рамну рейку та зв'язну смугу (рис.2.9).

Зниження було досягнуто за рахунок виключення механічного зв'язку приводу з дальньою рамною рейкою.

Кріплення приводу на шпалах за допомогою фундаментних смуг і лафета (рис.2.10) також знижує динамічні дії. Зарубіжний багаторічний досвід експлуатації приводів з кріпленням за шпали підтверджує правильність вибору такого рішення (наприклад, привід S 90 та S 700K Німеччина, ЕЕА-4 Польща) [9–16].

Можливий варіант кріплення типових фундаментних трикутників не за рамні рейки, а за зв'язкові смуги (рис.2.11).

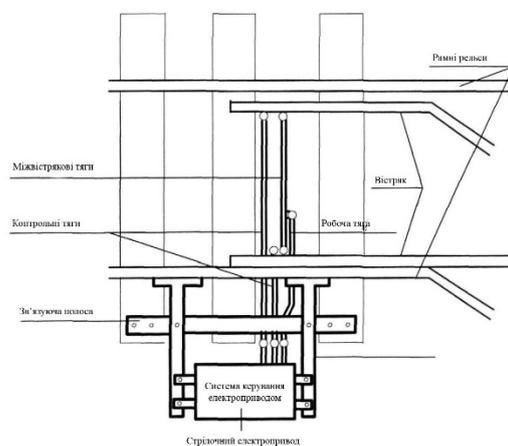


Рисунок 2.9 – Установка приводу на коротких фасонних Т-образних фундаментних косинцях закріплених за одну рамну рейку і зв'язну

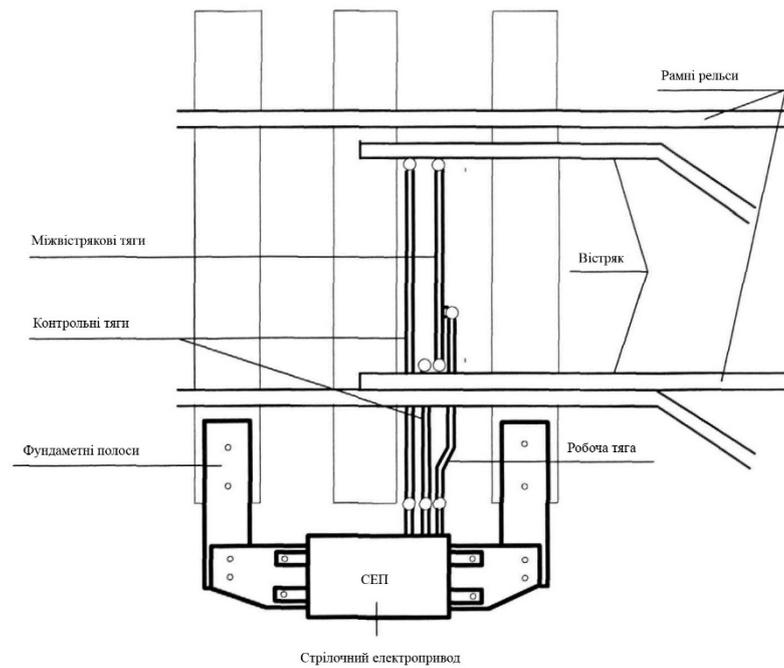


Рисунок 2.10 – Кріплення приводу на шпалах за допомогою фундаментних смуг і лафета

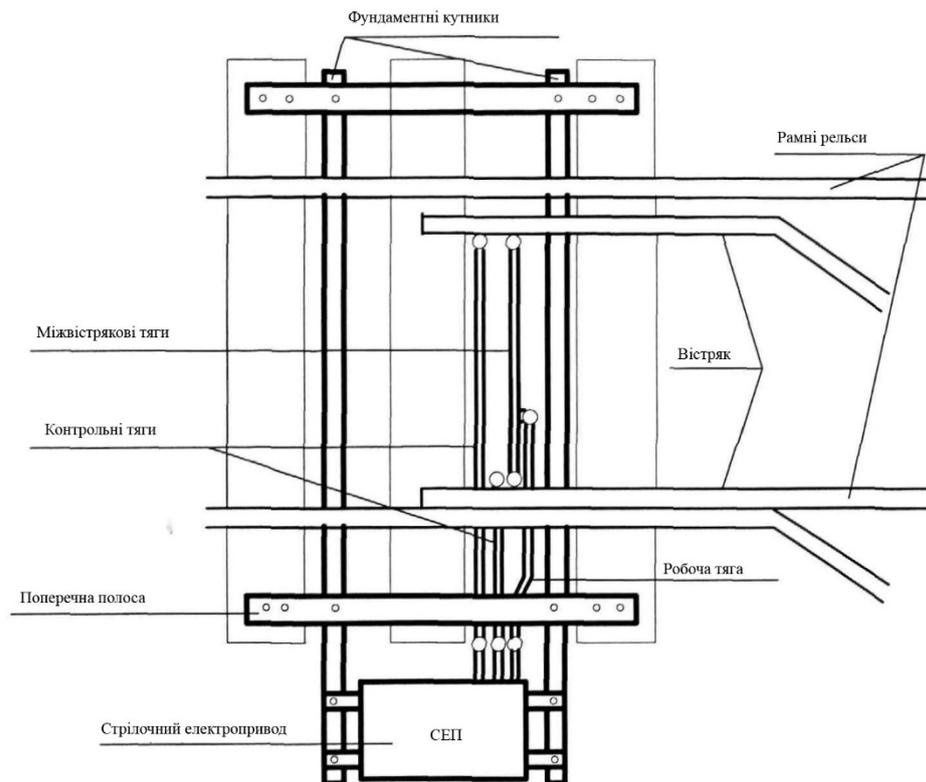


Рисунок 2.11 – Кріплення типових фундаментних трикутників не за рамні рейки, а за зв'язкові смуги

Можлива установка приводу поза колією на бетонній основі (рис.2.12) знижує динамічні дії від коліс рухомого складу на елементи кріплення приводу до мінімуму, але обмежений нормований хід шибера типових електроприводів серії СП та ВСП підвищує залежність роботи такого СПП від стану та положення рейкової колії щодо приводу. При чергових роботах по підбиттю шпал або зрушення ґрунту колія може зміститися щодо приводу, що призведе до зриву контролю і необхідності термінової перевірки і регулювання нормативних зазорів. Укладання всього стрілочного переведення не на шпали, а на єдину бетонну основу (через гумову демпфуючу подушку, аналог – трамвайна колія), на яку встановлюється і СПП, може вирішити проблеми динамічних впливів. Деякі зарубіжні залізниці мають подібний досвід.

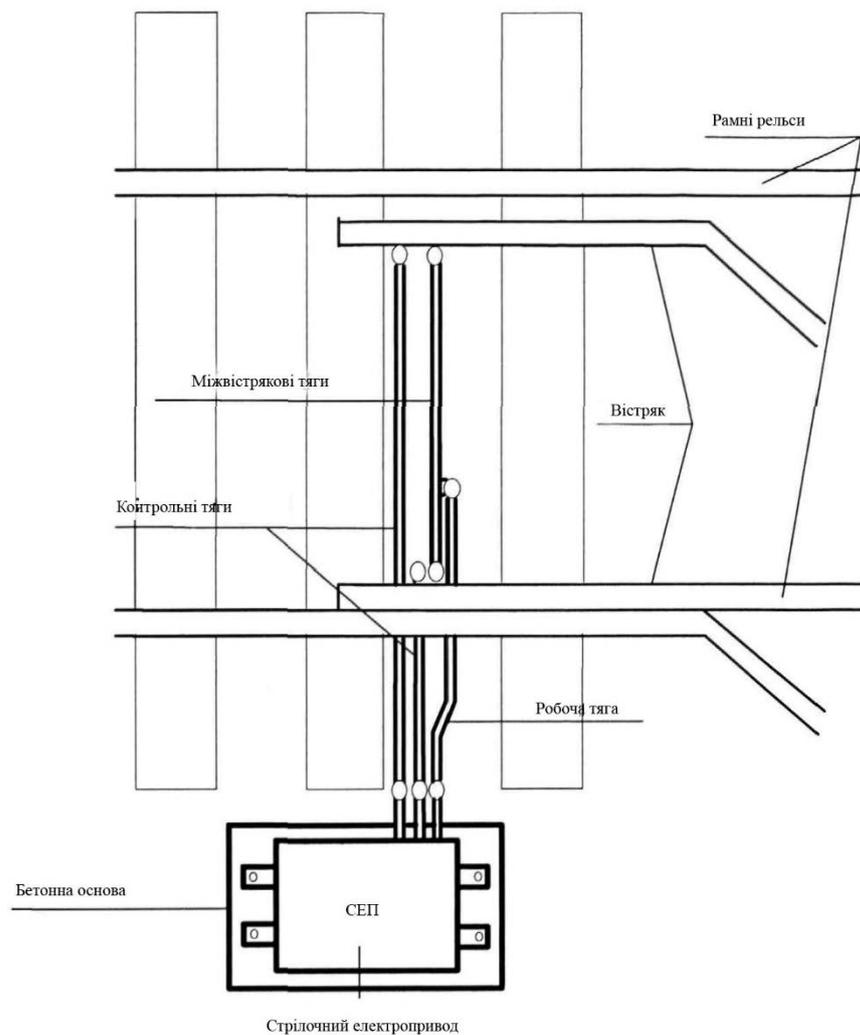


Рисунок 2.12 – Установка приводу поза колією на бетонній основі

При будь-якому з перерахованих варіантів підвищується надійність рейкових ланцюгів, адже ФУ та смуги не пов'язані з рейками.

Зниження динамічних впливів на елементи кріплення приводу і настановної гарнітури пояснюється наступним: вібрація від колеса та рамних рейок передається на пристрій не через ФУ, а через шпали, які мають набагато більшу масу, тобто коливання в значній мірі гасяться.

З огляду на виконання вимог безпеки, зарубіжний досвід, зручність в експлуатації і економічну доцільність, найбільш підходящим є варіант кріплення приводу до шпал за допомогою лафета та фундаментних смуг (рис.2.9).

Зменшення динамічних впливів на установчу гарнітуру, однак, не вирішує проблеми впливу потягу, що проходить на сполучну гарнітуру, особливо на робочу та міжвістрякову тяги, їх шарнірні з'єднання, шарнір Гука і, далі, на запірний механізм приводу.

Розглянуті вище варіанти установки СПП на стрілочному переведенні мають загальний недолік, пов'язаний з труднощами роботи шляховиків при підбитті шпал, особливо механізовано.

Тому, існує СПП, що представляє собою єдину конструкцію у вигляді шпального приводу (рис.2.13) [13]. У цьому варіанті привід і його сполучна гарнітура розміщуються в металевому відлогодому брусі. Сам брус кріпиться за рамні рейки через ізолюючі прокладки та є однією з несучих шпал стрілочного переведення.

При цьому, електропривод з двигуном, редуктором, фрикційною муфтою, замикаючим і контрольним вузлами є окремим герметичним модулем, не складно замінним, при необхідності. Так як привід і гарнітура розміщені всередині металевого бруса, можливе механізоване підбиття шпал стрілочного переведення.

Однак, при такому рішенні, потрібні спеціальні заходи захисту елементів СПП від динамічних дій потягу, що проходить і ізоляції рейкових кіл.

знаходяться в другому модулі (модуль 1) поза колією. Обидва модулі встановлені в металевій порожнистій шпалі, яка кріпиться до рамних рейок. Робочі та контрольні тяги – короткі і з'єднані кожна зі своїм вістряком.

Привід працює так: вал електродвигуна обертає першу частину редуктора, де великі обороти двигуна знижуються, далі обертання передається подовженим валом в другий модуль до другої частини редуктора (ШВП), який перетворює обертання валу в поступальний рух шибера, що має два виходи з модуля, і дві робочі тяги для зв'язку з вістряками. В кінці переведення спрацьовує контрольний вузол, електричні елементи якого (безконтактні датчики), включають контрольний ланцюг і, потім, на посту ЕЦ, відключається пускове реле, двигун приводу вимикається, переведення закінчено. Так як привід СПМ складається з не обслуговуваних елементів, то профілактика робиться один раз на рік. Регулювання зазору між вістряками та рамною рейкою проводиться аналогічно серійним електроприводам серії СП.

Отже, установка приводу за варіантом, зображеному на рисунку 3.2, дозволяє значно зменшити динамічний вплив коліс потяга на установчу гарнітуру і далі на елементи приводу.

Сили впливу на запірний механізм приводу через міжвістрякову і робочу тяги з боку притиснутого вістряку при проходженні поїзда не перевищують 1 к·Н. На стрілках марок 1/9 та 1/11 відбувається не доведення середньої частини вістряку до упору і при проході першої колісної пари поїзда виникають ударні імпульси – до 10 к·Н, спрямовані від вістряку в сторону приводу. Вони є причиною зносу ізолюючих фібрових втулок в кріпленнях та вісях гарнітури, що призводить до збільшення зазорів. Уникнути цього можна, якщо гарнітура приводу (робоча або зв'язкова тяга) володіє невеликою (не більше 2 к·Н) пружною властивістю, але тільки в бік рамної рейки, що дозволяє тримати вістряк завжди притиснутим до рамної рейки з нульовим зазором, а шарніри силової (переводячої та замикаючої) частини гарнітури – в «натяг». В цьому випадку, при проходженні поїзда по стрілочному переведенню і пружному зсуві рамної рейки в сторону розширення колії (при скачуванні колеса з

вістряку на рамну рейку), вістряк під дією пружини пройде за рамною рейкою. Гарнітура і замикаючий вузол приводу при цьому не будуть відчувати ударних навантажень при пружному поверненні рамної рейки.

Гарнітура приводу СП-6 має робочу тягу, вигнуту для проходу під рамною рейкою. Цей вигин зменшує, приблизно, в 5 разів жорсткість тяги в порівнянні з прямолінійним з'єднанням. Однак, завдяки цьому вигину робоча тяга володіє пружною властивістю на розтяг та на стиск. Для сприйняття динамічних дій ця пружна деформація сприятлива, тобто вона, спільно з масою відведеного вістряку і міжвістрякової тяги, гасить вібрацію і ударні навантаження, спрямовані від колеса поїзда до замикаючого зубу приводу.

Пропонується знизити динамічні навантаження іншим способом:

1. Вузол замикання і вузол контролю об'єднати в єдиний автономний пристрій – електромеханічний зовнішній замикач – контролер (ЗЗК).

2. Закріпити ЗЗК на кожній рамній рейці.

3. Зв'язати ЗЗК з найближчим вістряком короткою тягою.

4. Механізм переміщення вістряків, що складається з електродвигуна, редуктора, фрикційної муфти та робочого шибера, об'єднати в інший автономний пристрій – електропривод з ненормованим ходом шибера.

При цьому, під час руху поїзда по стрілці і пружному зсуві рамної рейки в сторону розширення, вістряк, жорстко пов'язаний з ЗЗК (аналог – замикач ВЗ-7), буде слідувати за рамною рейкою, зазорів виникати не буде, а також не буде ударів, адже вістряк буде пружно зміщуватися, як і рамна рейка.

2.3 Модернізація електроприводів серії СП

При створенні нового СПП враховувалася необхідність модернізації застосовуваних в даний час на мережі УЗД приводів серії СП.

Ця модернізація спрямована перш за все на заміну контактного блоку АП ножового відкритого типу, на частку якого припадає половина від всіх відмов приводу.

У електроприводів серії СП на головному валу редуктора знаходиться шиберна шестерня, кут повороту якої визначає лінійний хід шибера.

Вузол замикання використаний кулачкового типу і виконаний у вигляді скошених зубів шиберної шестерні і шибера. Замикання відбувається після повороту шестерні, коли її скошений зуб упреться в скошений зуб шибера в кінці його ходу. При цьому, зворотному ходу шибера перешкоджає скошений зуб шестерні, але за прямим ходом забезпечується можливість вільного руху (в межах 12 мм) шибера. Цим досягається захист вузла замикання приводу від руйнування, адже при проходженні поїзда по стрілці вістряк з рамною рейкою пружно зміщуються щодо вісі шляху.

Вузол контролю або автоперемикача (АП) приводу СП виконаний як механічний компаратор, тобто як елемент порівняння, по-перше, нормованого ходу шибера і його замикання і, по-друге, фактичного переміщення на задану відстань контрольних лінійок слідом за вістряками стрілки. У разі збігу цих двох подій в АП під дією пружини перемикається контрольний важіль. Западання ролика важеля в виріз шайби головного валу підтверджує, що шибер замкнений після нормованого ходу, а западання дзьобоподібного кінця важеля в вирізи контрольних лінійок підтверджує, що вістряки стрілки перемістилися на задану відстань. Контрольний важіль управляє електричними контактами АП.

Переміщення контрольного важеля з робочого положення в контрольне під дією пружини забезпечує швидке (миттєве) розмикання контактів, керуючих електродвигуном, що особливо важливо для двигунів постійного струму.

Електричний елемент приводів СП – це контактна група, що складається з відкритих рухомих і нерухомих контактів, так званий АП ножового типу. Причиною відмов АП є порушення в процесі експлуатації співвісності рухомих та нерухомих контактів. Це призводить до вигину нерухомих пружинних контактів, зменшення контактного тиску, іскріння і нагрівання контактної поверхні, а потім до порушення (обриву) контакту електричного

кола. Крім цього поверхні відкритих контактних пружин деформуються при низьких температурах навколишнього повітря, що також призводить до порушення контакту.

Як електричні елементи АП в зарубіжних електроприводах найчастіше використовуються електричні кнопкові мікроперемикачі [15]. Завдяки малому ходу (2–3 мм) кнопки для миттєвого перемикання контактів, такі мікроперемикачі іноді використовують безпосередньо для контролю нормативного ходу шибера.

Вимикачі (датчики переміщення) можуть бути контактні та безконтактні, по – перше, за способом взаємодії з контрольованим об'єктом, тобто з фізичним механічним зв'язком або без нього, по – друге, по використовуваній елементній базі – контакти з фізичним розривом електричного ланцюга (контактні) або напівпровідники, трансформатори, резистори (безконтактні). До безконтактних, за способом керування, можна віднести датчики з магнітокерованим герметизованим контактом – герконом. Прикладом використання вітчизняних безконтактних (по елементній базі) датчиків є стрілочний гірковий електропривод СПГБ-4. У ньому використовуються безконтактні датчики типу ДБП і ДБЛ трансформаторного типу з рухомим сердечником, яким керує контрольний важіль АП.

З усього різноманіття безконтактних датчиків, що успішно застосовуються в промисловості, для стрілочних електроприводів підходять не всі. Використання обмежене вимогами безпеки, які пред'являються до підлогових пристроїв і відповідальним ланцюгам залізничної дорожньої автоматики.

Головним при виборі датчиків є те, що відмова будь-якого елемента (в тому числі датчика АП) контрольні ланцюга схеми керування електроприводом не повинні привести до отримання на посаді ЕЦ помилкового контролю положення стрілки.

Відмова може статися як від зовнішніх впливів на контрольний датчик, так і від його внутрішніх раптових або поступових змін.

Відмовами схеми керування і контролю електроприводу (схеми) є випадкові однополюсні фізичні повідомлення проводів, в тому числі, з проводами суміжних ланцюгів. Відмовами схеми є також помилкові дії обслуговуючого персоналу: переплутання лінійних проводів (жил) в кабельних муфтах і проводів контрольних датчиків, короткому замиканні або обриві проводів. Крім цього, схема повинна контролювати раптову втрату керованості датчика. Зазначені відмови схеми не повинні призводити до помилкового контролю на посту ЕЦ.

На роботу датчиків можуть впливати: сусідні по кабелю ланцюги – через ємність кабельних жил; наведені електромагнітні струми від ліній електротяги та високовольтних ліній електропередачі, електростатичні джерела; викиди струмів при виключенні індуктивних навантажень (реле) та інші фактори.

У зв'язку з цим датчики, чутливі до зовнішніх електромагнітних впливів (до них відносяться індуктивні, ємнісні, оптичні, датчики Холла тощо). Спільно зі схемою їх включення обов'язково перевіряються на ЕМС в випробувальних центрах. Реально виникаючі при експлуатації зовнішні впливи не повинні призводити до відмови датчика.

Всі датчики перевіряються також на функціональну безпеку, при якій відмова у вигляді короткого замикання або обриву внутрішнього елемента датчика не повинна привести до отримання хибного контролю.

У напівпровідникових датчиках крім коротких замикань та обривів при аналізі безпеки враховується можлива трансформація (перехід) транзистора або тиристора в діод і, якщо схема це не контролюється захисною відмовою, застосування такого датчика неприпустимо.

Дослідження та аналіз структури різних датчиків, їх характеристик, конструкцій, області застосування в промисловості, забезпечення датчиками галузевих вимог безпеки, а також економічної доцільності, привели до висновку, що найбільш придатними для застосування в АП приводу є датчики трьох типів: трансформаторні з рухомим сердечником, резистивні і герконові.

Принцип дії трансформаторного датчика заснований на індуктивній взаємодії двох електричних обмоток через загальний сердечник (рис.2.15), який безпосередньо фізично пов'язаний з контрольним важелем АП. На одну обмотку датчика подається напруга, друга обмотка підключена до навантаження. Якщо контрольний важіль приводу підвів сердечник до обмоток, то виникає трансформація корисного сигналу на виході датчика та на навантаженні.

Принцип дії резистивного датчика заснований на зміні електричного опору в контрольному ланцюзі при взаємодії контрольного важеля АП та повзунка змінного резистора (рис.2.16).

Змінний резистор при цьому працює в режимі «включено – виключено». Вимиканню відповідає максимальний опір на виході датчика, включенню – мінімальний. Комутація при цьому відбувається без фізичного розриву електричного кола. Сучасні змінні резистори з метало-пластиковою доріжкою забезпечують високу надійність датчиків при необхідних на УЗД умовах експлуатації.

Принцип дії герконового датчика заснований на взаємодії та положенні геркона і постійного магніту. Магніт датчика конструктивно пов'язаний з контрольним важелем АП і, в залежності від його положення, включає або вимикає геркон (рис.2.17). Закритий сталевий корпус датчика захищає геркон від зовнішніх магнітних полів.

Геркони та герконові датчики широко застосовуються в пристроях зв'язку, верстатобудуванні, авіації, автомобілях тощо, як дешеві та надійні пристрої.

Наведені вище три типи датчиків мають загальні переваги – не потребують обслуговування та надійні при роботі в умовах експлуатації стрілочного електроприводу.

Застосування зазначених датчиків дозволяє виключити характерні відмови типового ножового АП стрілочного електроприводу серії СП, зробити його не обслуговуючим на весь термін експлуатації.

Застосування приводів із зазначеними датчиками неможливо без прив'язки їх до діючих схем керування приводами або без розробки нових схем з контрольними ланцюгами, що відповідають існуючим вимогам безпеки для руху поїздів.

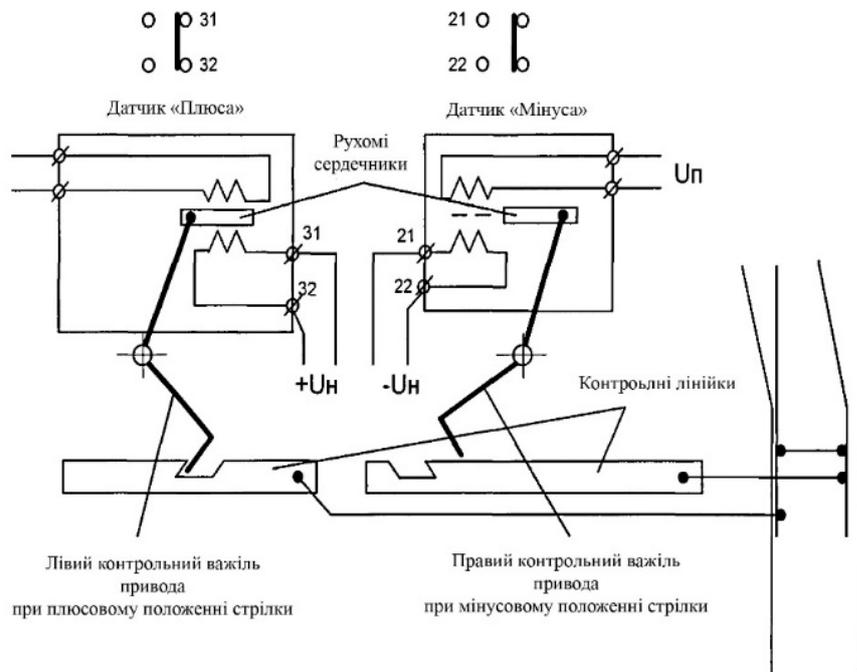


Рисунок 2.15 – Принцип дії трансформаторного датчика

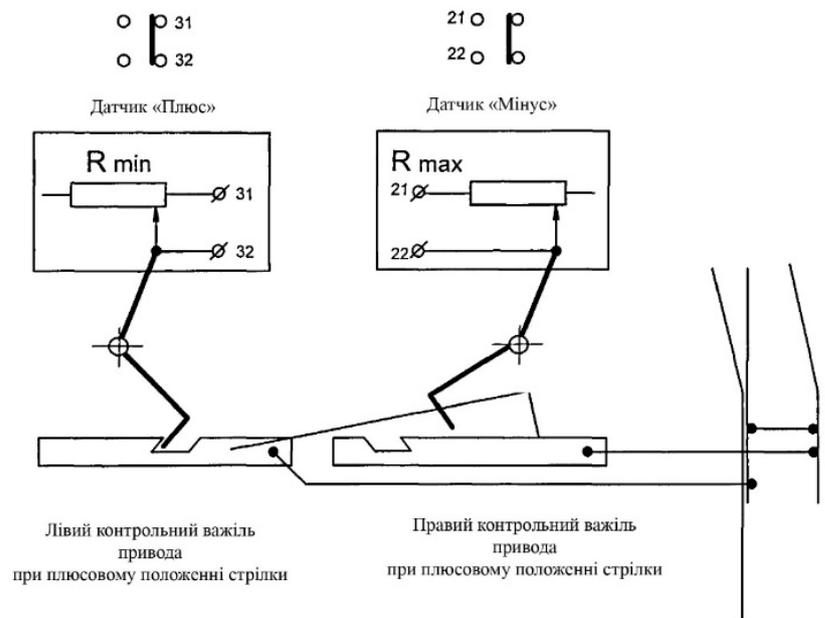


Рисунок 2.16 – Принцип дії резистивного датчика

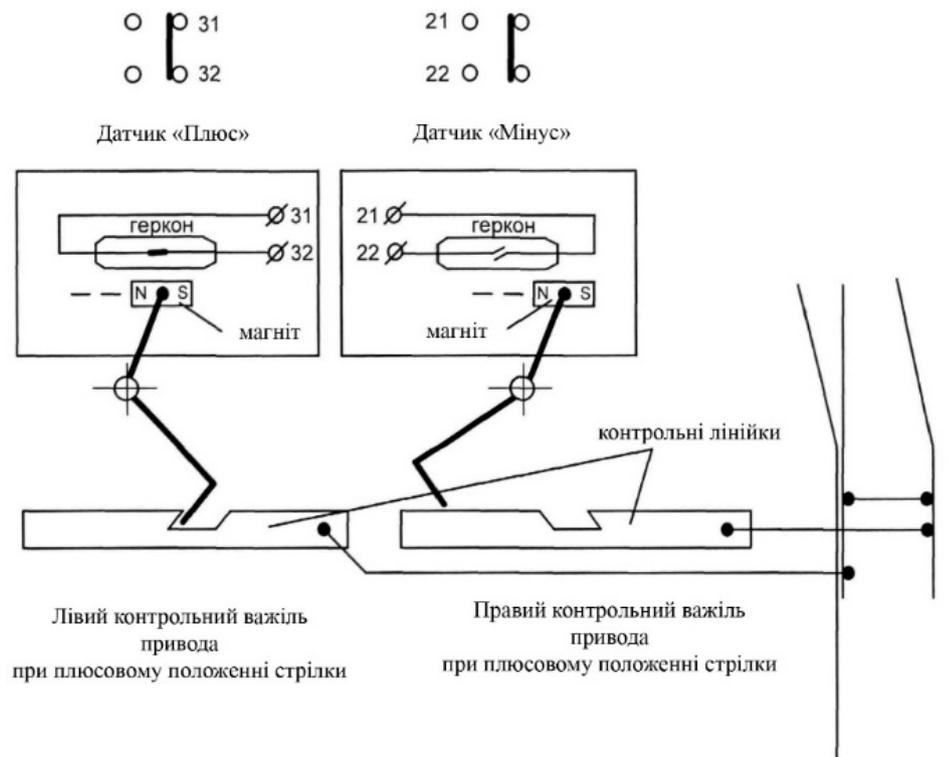


Рисунок 2.17 – Принцип дії герконового датчика

2.4 Вибір електродвигуна

Електродвигуни до стрілочних приводів повинні мати:

- широкий діапазон навантажень;
- повторно-короткочасний режим роботи з великим пусковим моментом;
- реверсивний характер навантаження;
- дистанційне керування;
- просте обслуговування;
- економічність.

Потреба модернізації електроприводу виникла через наявність недоліків у електродвигунів колекторних і асинхронних, таких як: МСП – 0,15; МСП – 0,25; МСП – 0,3.

Колекторні двигуни постійного струму:

- наявність фрикційного зчеплення в електроприводі;

- наявність ненадійного колекторно-щіткового вузла, який вимагає великого обсягу регулювальних та профілактичних робіт (щітки перед роботою повинні бути притерті до колектора, максимальне зношування щіток не повинно перевищувати 50% початкової довжини, періодично потрібні роботи з очищення та заміни колектора що збільшує експлуатаційні витрати;

- при експлуатації колекторно-щіткового вузла можлива поява паразитних зазорів між щітками та колектором, що призводять до випрямлення контрольної напруги, що подається під час незакінченого переключення стрілки і вироблення сигналу помилкового контролю про закінчення переключення стрілки.

Основні недоліки стрілочних електроприводів з асинхронними двигунами:

- наявність фрикційного зчеплення в електроприводі;
- для забезпечення функціонування цих двигунів необхідне підведення напруги живлення змінного струму трифазної ланцюга;
- значний пусковий струм, що призводить до обгорання контактів автоперемикача стрілочного приводу, що зменшує ресурс його роботи;
- квадратична залежність моменту на валу двигуна від напруги, при зменшенні напруги живлення значно зменшується пусковий момент та перевантажувальна здатність.

Пропонується встановити безконтактний двигун керований постійного струму (ДБУ).

Основні переваги при впровадженні ДБУ:

- підвищення надійності роботи стрілочного електроприводу за рахунок виключення з конструкції електродвигуна ненадійного колекторно-щіткового вузла, виключення появи помилкового контролю стрілки через паразитний зазор у колекторно-щітковому вузлі;
- спрощення кінематичної схеми стрілочного електроприводу шляхом виключення фрикційної муфти, забезпечуючи «електронну фрикцію» (обмеження струму двигуна);

- пускові струми значно менші, ніж у застосовуваних двигунів і не призводять до обгорання контактів авто перемикача стрілочного приводу;
- конструктивне виконання ДБУ практично виключає можливість пробую обмоток при кліматичних та механічних впливах, забезпечуючи його підвищену надійність;
- повністю збережені установочно-приєднувальні розміри, є повна взаємозамінність із застосовуваними нині двигунами МСП;
- відсутня потреба у проведенні профілактичних, регулювальних робіт, скорочуються витрати на обслуговування;
- виключає попадання на електропривод змінної контрольної напруги та як наслідок хибний хід електродвигуна стрілки;
- масо-габаритні характеристики двигуна зменшено, що полегшує роботу обслуговуючого персоналу (для порівняння: вага двигуна МСП-0,25 – 16 кг, ДБУ – 8,5 кг). Це полегшує монтаж двигуна.

Порівняльний аналіз використання різних типів електродвигунів у стрілочних приводах постійного струму з двох-провідною схемою керування наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняльний аналіз різних типів електродвигунів

Параметр	Колекторний двигун	Асинхронний двигун	ДБУ
Наявність колектору	так	ні	ні
Наявність фрикціону в електроприводі	так	ні	ні
Можливість помилкового контролю при випадковій зміні лінійних проводів	так	ні	ні



Рисунок 2.18 – Електродвигун ДБУ

Основні характеристики двигуна безконтактного постійного струму наведені в таблиці 2.2.

Двигун забезпечує роботу при напрузі живлення 160-260В. Максимальний струм споживання двигуна не перевищує 5А. Контрольна напруга стрілочного електроприводу не викликає зміни положення валу двигуна.

Таблиця 2.2 – Основні технічні характеристики електродвигуна ДБУ

Найменування параметру	Значення параметру
Потужність, Вт	450, не більше
Частота обертання, об/хв	1400
ККД, %	60, не менше
Мак, навантаження на кінець валу, Н	5000
Маса, кг	8, не більше

У перспективі наявність електронного вузла дозволяє проводити самодіагностику двигуна, контроль за переведенням стрілки. Є можливість забезпечити плавний розгін та гальмування електроприводу, забезпечувати оптимальний режим роботи для стрілочних електроприводів, що збільшує ресурс, підвищує надійність стрілки.

Можливе отримання додаткової інформації про переміщення стрілки з використанням інформації датчиків положення ротора електродвигуна.

Керування безколекторним двигуном легко адаптується з будь-якою апаратурою керування, при застосуванні радіоканалу можливе дистанційне керування стрілочним електроприводом.

ДБУ складається з двох частин: електричної машини та електронного комутатора у поєднаному виконанні, як один вузол. Електрична машина має статор з обмотками та ротор, на якому розташовані постійні магніти. Принцип роботи аналогічний до колекторної машини, але роль щіток виконує електронний комутатор.

Отже зробимо висновок, що розглянуті принцип дії стрілочного електроприводу СП-6 та його керування. А також був проведений аналіз недоліків даного електроприводу та на їх основі був обраний більш надійний безконтактний двигун керований постійного струму (ДБУ).

В результаті модернізації стрілочного електроприводу застосуємо електродвигун ДБУ замість МСП-0,15.

Електродвигуни постійного струму типу МСП-0,15 потужністю 150 Вт є двигунами закритого виконання з послідовним збудженням, двополюсними, реверсивними, з горизонтальним валом. Режим роботи електродвигунів повторно-короткочасний, з тривалістю включення ПВ = 15%

Електродвигуни постійного струму типу МСП-0,15 потужністю 0,15 кВт є двигунами закритого виконання з послідовним збудженням, двополюсними, реверсивними, з горизонтальним валом на підшипниках кочення № 60202 та № 60203.

Режим роботи електродвигунів повторно короткочасний з відносною тривалістю включення ПВ-15%; номінальна напруга 30, 110 та 160 В. З 1992 електродвигуни випускаються тільки на напругу 160 В.

Вал електродвигуна виготовляється з двома виступаючими кінцями. Кінець валу з боку колектору квадратної форми 10x10 мм, з протилежного боку – круглий, діаметром 14 мм. Для можливості встановлення електродвигуна ДБУ в електроприводах необхідно на вал електродвигуна надіти кулачкову втулку замість застосовуваної з діаметром отвору 12 мм.

На одній із сторін квадратної частини валу наноситься (маркується) значення напруги, на яке розрахований якір, на другий квартал та дві останні цифри – рік випуску.

Схема з'єднання обмоток збудження та якоря електродвигуна МСП-0,15 наведена на рисунку 2.19.

Електричні параметри електродвигуна ДБУ наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Електричні параметри електродвигуна ДБУ

Параметри	Значення при номінальній напрузі,		
	30	110	160
Номінальна потужність, кВт	0,15	0,15	0,15
Споживаний струм, А, не більше	7,7	2,2	1,5
Швидкість обертання, об/хв	950±15%	950±15%	950±15%
КПД, не менше	0,58	0,55	0,56

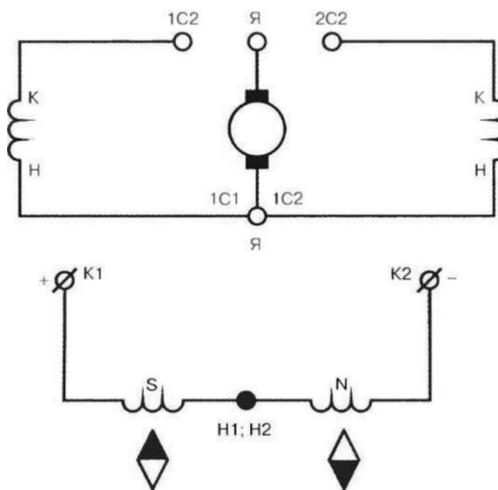


Рисунок 2.19 – Схема перевірки полярності котушок за допомогою магнітної стрілки

Для подальшого порівняння двох електродвигунів розраховуються параметри та будуються характеристики для електродвигуна МСП-0,15 та електродвигуна ДБУ.

Визначається номінальна швидкість обертання:

$$n_{1H} = n_1 \cdot (1 - S_H); \quad (2.34)$$

де: n_{2H} – частота обертання ротора двигуна при номінальному навантаженні;

n_1 – синхронна частота обертання магнітного поля статора

$n_1 = 1000$ об/хв);

S_H – ковзання при номінальному навантаженні;

$S_H = 0,07$ – визначається величина частоти обертання ротора двигуна в номінальному режимі.

$$S_H = 1000 - 950 / 1000 = 0,05.$$

За значеннями S_H та $K_M = \frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}}$, які також наведені в таблиці 2.3 та

2.4, знаходиться критичне ковзання:

$$S_K = S_H \left(K_M + \sqrt{K_M^2 - 1} \right); \quad (2.35)$$

$$S_K = 0,05 \cdot \left(2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1} \right) = 0,208.$$

Знаходиться номінальний $M_{\text{ном}}$ і максимальний (критичний) M_{\max} моменти:

$$M_H = 9,55 \cdot \frac{P_{2H}}{n_{2H}}; \quad (2.36)$$

$$M_H = 9,55 \cdot \frac{150}{950} = 1,51 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$K_M = \frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}} \rightarrow K \cdot M_{\text{ном}}; \quad (2.37)$$

$$K_M = 2,2 \cdot 1,51 = 3,32 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для побудови механічної характеристики використовуються формули:

$$n_2 = n_0 \cdot (1 - S); \quad (2.38)$$

$$M = \frac{2M_k}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S}}; \quad (2.39)$$

де: S – поточне значення ковзання.

Задаючись значеннями від 1 до 0, з необхідним кроком (як показано в табл. 2.4) обчислюється величини n і M , їм відповідні. Результати заносяться до цієї таблиці і з них будується механічна характеристика електродвигуна МСП-0,15.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку механічної характеристики електродвигуна МСП

S	1,0	0,8	0,624	0,4	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0
n , п.об/хв	0	200	376	600	800	900	950	980	990	1000
M , Н·м	6,66	7,2	7,414	6,74	4,3	2,32	1,2	0,5	0,238	0

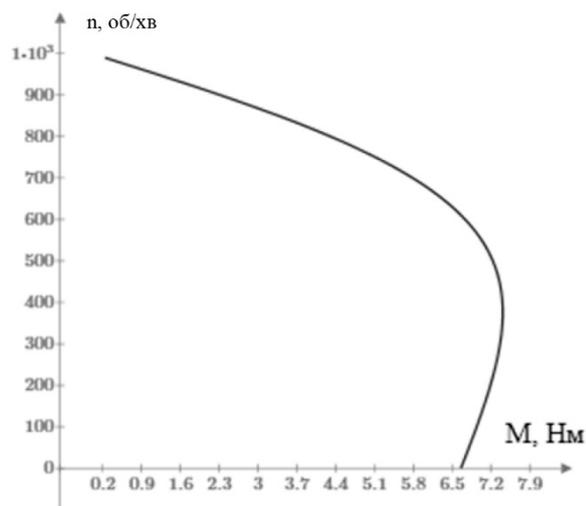


Рисунок 2.20 – Механічна характеристика електродвигуна МСП

Таблиця 2.5 – Механічна характеристика ДБУ

n , об/хв	0	200	400	600	800	900
M , Н·м	1,15	1,1	1,09	1,05	0,85	0

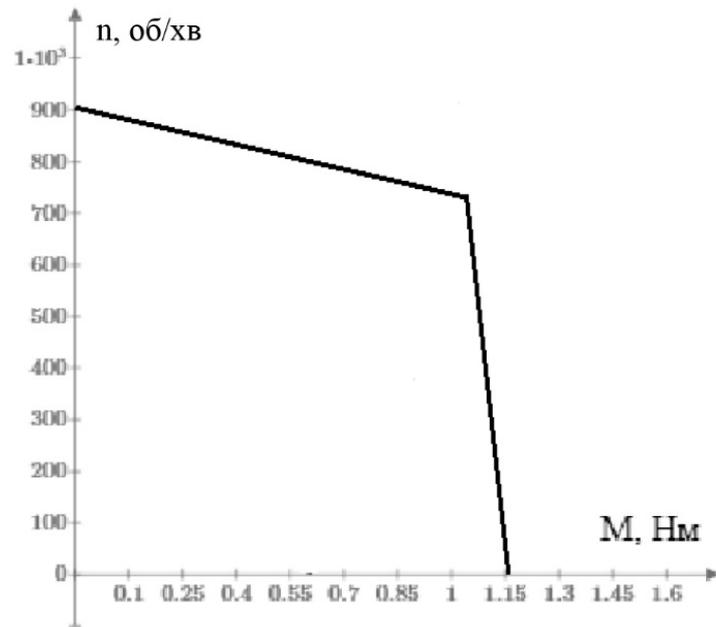


Рисунок 2.21 – Механічна характеристика електродвигуна ДБУ

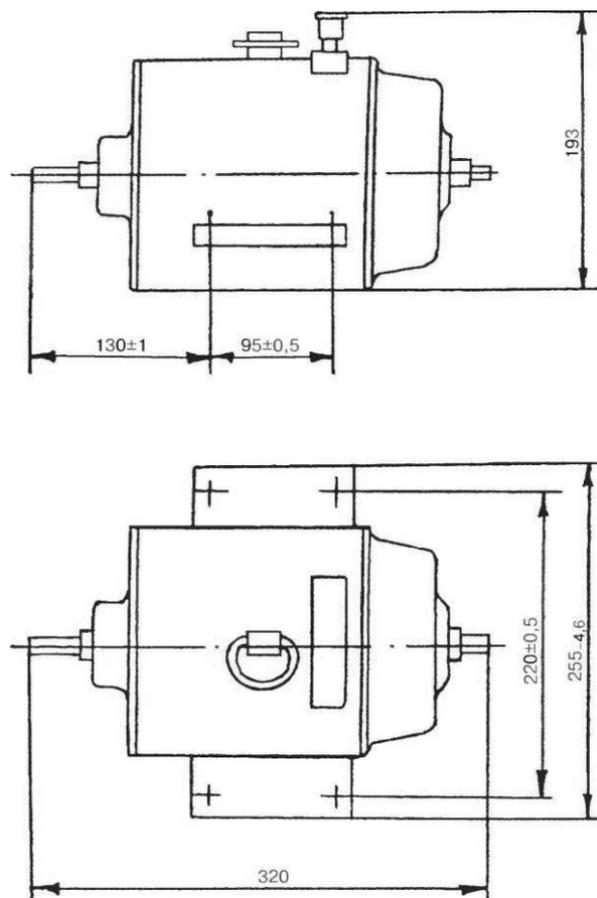


Рисунок 2.22 – Габарити електродвигуна МСП-0,15

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики електроприводу

Хід шибери, мм	150
Хід контр. лінійок, мм	150
Навантаження, не більше, Н	6000
Робоче зусилля перекладу, Н*	1500±500
Максимальне зусилля перекладу, Н	6000
Час повного перекладу, с	5
Габарити, мм	1015x780x255
Маса, кг	170

2.5 Принципи побудови СПП

Визначимо функціональну схему нового СПП, в складі якого обов'язковими є наступні функціональні вузли:

- 1) переведення стрілки вручну (курбельною рукояткою);
- 2) переведення стрілки дистанційно, з поста ЕЦ по електричному кабелю за допомогою схеми керування електродвигуном приводу обмеження зусилля переведення за допомогою фрикційної муфти в редукторі електроприводу;
- 4) замикання вістряків стрілки;
- 5) контролю положення вістряків;
- 6) контролю замикання вістряків;
- 7) блок - контакти відключення електродвигуна від лінійних проводів на час ручного переведення стрілки;
- 8) внутрішній замок кришки приводу;
- 9) з'єднання приводу з вістряками (тяги);
- 10) кріплення приводу на стрілочному переведенні.

За принципом побудови в складі СПП можуть застосовуватися електроприводи:

1) з внутрішнім замиканням шибера та контролем відповідності замикання, положення контрольних лінійок (типу СП-6, ВСП-150), в яких хід шибера нормований;

2) з внутрішнім замиканням шибера і контролем положення контрольних лінійок і з зовнішнім механічним замикачем (типу СП-12У з ВЗ-7), де хід шибера так само нормований;

3) з внутрішнім замиканням шибера (з гвинтовим самоблокуючим редуктором - ВСР) і зовнішнім контролем положення вістряків стрілки (два автономних контролера). При цьому привід не має контрольних лінійок, а хід шибера не нормований;

4) з внутрішнім замиканням шибера (з ВСР), контролем положення контрольних лінійок, з зовнішнім замикачем з електричним контролем замикання, хід шибера не нормований;

5) без внутрішнього замикання і контролю, з зовнішніми замикачами – контролерами (ЗЗК), без контрольних лінійок, де хід шибера не нормований;

б) з внутрішнім замиканням без контролю замикання (з ВСР) і з зовнішнім ЗЗК, де хід шибера не нормований.

Для реалізації нового СПП, який автоматично вибирає зазори своєї гарнітури, варіанти 1 і 2 приводів з нормованим ходом шибера не підходять.

Варіант 3 підходить для всіх стрілок, де не потрібно особливі умови замикання вістряків (як для високошвидкісного руху поїздів). Необхідна надійність замикання в цьому варіанті забезпечується міцністю гарнітури. Ізолюючих втулок в гарнітурі немає, крім прокладки в з'єднанні двох частин міжвістрякової тяги, тому зазори можуть виникати тільки в шарнірах гарнітури у міру їх зносу.

Якщо зовнішній замикач забезпечує надійне утримання притиснутого і відведеного вістряку при проходженні поїзда, то внутрішнє замикання шибера в приводі можна не передбачати. Але це можливо тільки з зовнішнім замикачем, який замикає вістряк як в притиснутому до рамної рейки

положенні, так і в відведеному положенні, тобто забезпечується подвійне замикання через міжвістрякову тягу.

Якщо зовнішній замикач утримує тільки притиснутий вістряк, а відведений утримується тільки міжвістряковою тягою, то при відмові, тобто при її від'єднанні, відведений вістряк може піти під составом в зону менше 125 мм, що небезпечно для руху поїздів.

Наявність в приводі внутрішнього контролю за вирізам двох контрольних лінійок, як відомо, захищає типовий СПП від отримання помилкового контролю при обриві міжвістрякової тяги. Але, при використанні автономних контрольних пристроїв, в такому контролі всередині приводу, немає необхідності. При використанні ЗЗК двох положень, з міжвістрякової тяги функція утримання відведеного вістряку знімається.

У варіанті 4 зовнішній замикач працює тільки при механічному зв'язку з приводом. Це ускладнює регулювання СПП, а наявність довгих тяг в шпальному ящику ускладнює його експлуатацію.

У варіанті 5 здійснено подвійне замикання, а у варіанті 6 – потрійне:

- 1) притиснутий вістряк утримує ЗЗК-1;
- 2) відведений вістряк утримує ЗЗК-2;
- 3) через міжвістрякову тягу кожен вістряк додатково утримується протилежним ЗЗК і приводом з внутрішнім замикаючим механізмом.

Тому в варіанті 6 забезпечується підвищена надійність СПП.

До складу першої моделі СПП підвищеної надійності, входять (рис.2.23):

- 1) електропривод (СЕП) з гвинтовим редуктором ВСР і ненормованим ходом шибера (200–250мм), встановлений на окремій бетонній основі;
- 2) два зовнішніх замикача – контролера (ЗЗК-1 і ЗЗК-2) з тягами;
- 3) одна робоча тяга і дві міжвістрякові тяги.

До складу другої моделі СПП входять (рис.2.24):

- 1) СЕП з ВСР, встановлений на шпалах;
- 2) два контролера (КП₁ і КП₂), встановлених на рамних рейках;

3) одна робоча тяга приводу і одна міжвістрякова тяга.

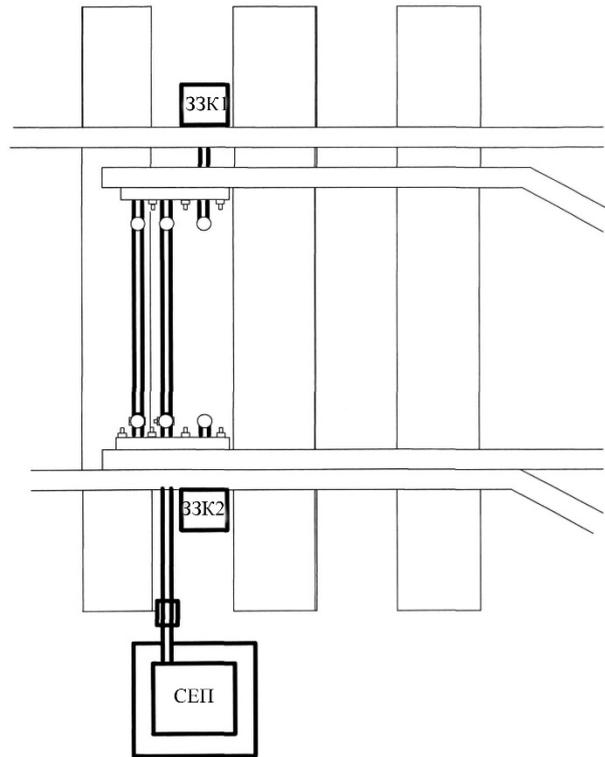


Рисунок 2.23 – Перша модель СПП

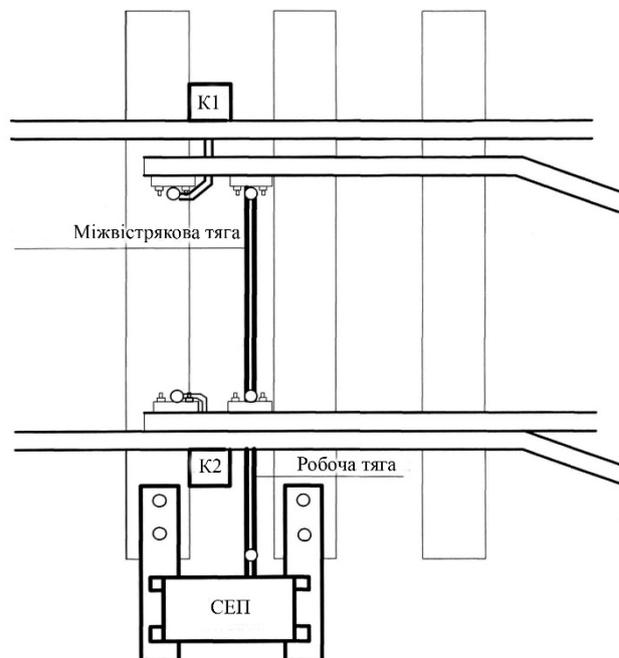


Рисунок 2.24– Друга модель СПП

Структурна схема електроприводу нового СПП зображена на рисунку 2.25 та складається з: електродвигуна (Д) з двостороннім виходом валу для можливості ручного перекладу, гвинтового редуктора з самоблокуванням (ВСП), фрикційної муфти (Ф), шибера (Ш), захисних блок - контактів (БК) і обмежувачів (ВК1 і ВК2) максимального ходу гвинта редуктора.

Д, Ф, ВСП, Ш, ВК1 та ВК2 об'єднані в єдиний пристрій, який називається лінійним приводом (ЛП) або актуатором та виготовляється вітчизняною промисловістю.

Особливістю лінійного приводу є те, що він компактний (вага 5–7 кг), не вимагає обслуговування, має високий ККД і герметичний редуктор. Різьба гвинта трапецеїдальна, яка забезпечує статичне самоблокування, тобто після відключення живлення на електродвигуні гвинт зупиняється та утримує шибера, перешкоджаючи його зворотному ходу (аналог – гвинтовий домкрат).

Застосування гвинтового само-гальмуючого редуктора в стрілочному електроприводі як механізм переміщення робочого шибера дозволяє по-перше, здійснювати надійне без заклинювання замикання вістряків стрілки в будь-якій точці їх переміщення, чим забезпечується автоматична вибірка всіх зазорів в гарнітурі, що виникають в процесі експлуатації, по-друге, полегшити обслуговування редуктора і приводу в цілому, по-третє, зменшити масу СЕП, що найкращим чином впливає на спосіб кріплення приводу.

Використання гвинтового приводу вимагає розробки і застосування надійних контрольних пристроїв КП (контролерів), які встановлюються на рамних рейках, пов'язані з вістряками короткими контрольними тягами і контролюють фактичний стан вістряків щодо рамних рейок.

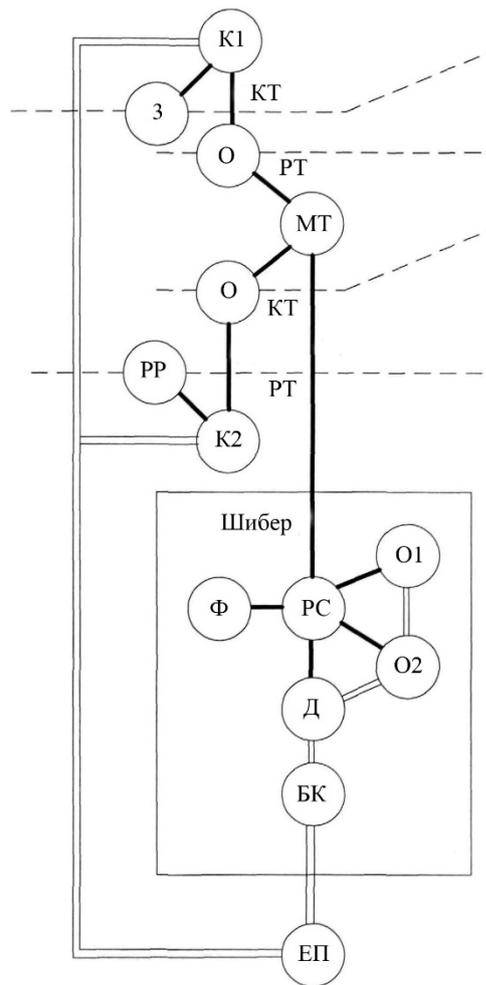


Рисунок 2.25– Структурна схема електроприводу нового СПШ

2.6 Розробка пристрою замикання і контролю

Будова контролера представлена на рисунку 2.26. За основу кріплення контролера (КП) до рамної рейки взята конструкція зовнішнього замкача ВЗ-7, тобто кріплення КП до рамної рейки за допомогою гак – болтів. Аналогічно кріпиться сережка до підшви вістряку.

Пружина контролера прагне виштовхнути тягу (вивести в неконтрольного положення) з контролера, чим забезпечується захист від отримання помилкового контролю при ймовірному обриві тяги від вістряку або при від'єднанні контролера для заміни або ремонту. На тій частині тяги, що знаходиться всередині контролера, встановлений постійний магніт, який

взаємодіє з магнітокерованими контактами (герконами). Один контакт включається коли вістряк притиснутий, другий контакт включається, коли вістряк відведено від рамної рейки на нормативну відстань (понад 125 мм).

Всі пристрої захищені від зовнішніх магнітних полів герметично. Введення проводів також герметичне. Від контролера до кабельної муфти проводи прокладені в металевому захисному шлангу. Контролер кріпиться до рамної рейки і вістряку без свердління в шийці рейки отворів, тому може бути встановлений в будь-якому місці стрілочного переведення. Довжина тяги регулюється поворотом регулювальної муфти. Включення контрольного контакту фіксує світлодіод.

Будова зовнішнього замикача – контролера (ЗЗК) представлена на рисунку 2.27.

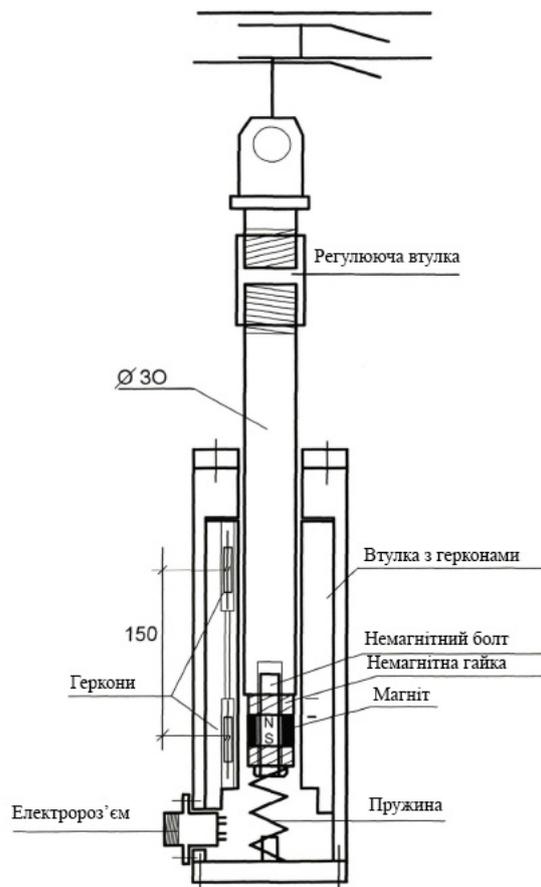


Рисунок 2.26 – Будова контролера

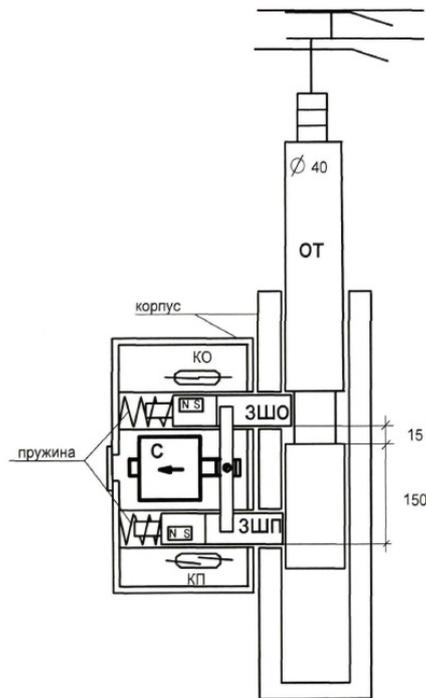


Рисунок 2.27 – Будова зовнішнього замикача – контролера (ЗЗК)

ЗЗК складається з:

– корпусу, який кріпиться до рамної рейки гак – болтами (як і зовнішній замикач ВЗ-7);

– тяги, яка з'єднує ЗЗК з вістряком.

Усередині корпусу ЗЗК знаходяться:

– соленоїд (С), який управляє замикаючими ригелями;

– ригель притиснутого положення вістряку (РП);

– ригель відведеного положення вістряку (РВ);

– пружина РП;

– пружина РВ;

– постійний магніт, встановлений на РП;

– постійний магніт, встановлений на РВ;

– магнітокеруючий контакт контролю притиснення вістряку (КП);

– магнітокеруючий контакт контролю відведення вістряку (КВ);

– замикаюча тяга (ЗТ).

На тязі ЗТ є виріз, куди западає замикаючий ригель під дією пружини. Якщо ригель РП знаходиться в вирізі, значить тяга замкнена і вістряк щільно притиснутий до рамної рейки з зазором менше 4 мм. Якщо ригель РВ знаходиться в вирізі, значить вістряк відведений на нормативну відстань (понад 125 мм) і тяга замкнена.

Положення ригелів контролюють геркони, які включаються, коли вістряк замкнений і ригель знаходиться в вирізі тяги. На рисунку 2.28 зображено положення відведеного вістряку.

ЗЗК працює наступним чином: при короточасній подачі напруги по керуючому ланцюгу на обмотку, соленоїд втягує свій якір і витягує з вирізу тяги ригель, замикання знімається і тяга може вільно переміщатися слідом за вістряком. Після закінчення переведення стрілки виріз тяги підходить до другого ригелю – РП, який під дією пружини западає в виріз. Це означає, що вістряк щільно притиснутий до рамної рейки і замкнений.

При цьому включається контакт контролю притиснення і замикання вістряку – КП, по контрольному ланцюзі включається контрольне реле положення стрілки і відключається електродвигун приводу. Детальніше про схему керування буде викладено нижче.

Для забезпечення постійного щільного, без зазорів, притиснення вістряку до рамної рейки і симетричну реакцію гарнітури на розрізу стрілки пропонується пристрій (УЗ), який представлений на рисунку 2.28.

УЗ є складовою частиною робочої тяги і за формою нагадує підкову. Коли вістряк упреться в рамну рейку, УЗ згинається під дією зусилля приводу. Після зупинки, привід через УЗ перешкоджає зворотному ходу вістряку і продовжує з невеликим (2 кН) зусиллям притискати вістряк до рамної рейки. Таким чином, УЗ спільно з робочою тягою працюють як пружина на стиск, тим самим забезпечують щільне притиснення вістряку до рамної рейки під час проходження поїзда. При динамічному пружному розширенні колії УЗ працює як жорстка пружина при розтягуванні.

При розрізу, коли зусилля передається від вістряків значно перевищує зусилля переведення і утримання вістряку, УЗ деформується і залишається в цьому стані, тобто механічно запам'ятовує розріз.

Типова гарнітура приводу СП-6 володіє невеликою пружною властивістю, що захищає вузол замикання від жорсткого впливу з боку вістряку при його відбої під час проходження колеса поїзда. Це є позитивною властивістю гарнітури. Однак реакція гарнітури (робочої і міжвістрякової тяг) на розрізу не симетричні, що є її недоліком і, при витягуванні шибера під час розрізу стрілки, призводить до поломки приводу і можливий помилковий контроль.

Запропонований пристрій УЗ вирішує ці два завдання:

- симетрично, щодо приводу, запам'ятовуючого розрізу;
- за рахунок пружних властивостей забезпечує щільне притиснення вістряку до рамної рейки під час проходження поїзда.

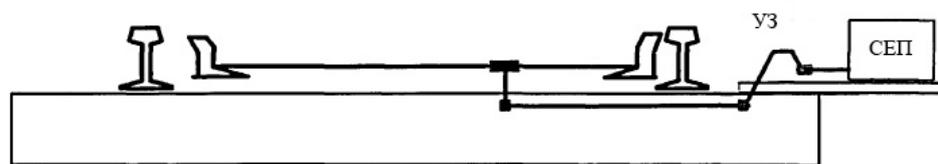


Рисунок 2.28 – Положення відведеного вістряку

Однією з важливих і складних технічних завдань є контроль відмови у вигляді обриву елемента силового ланцюга «СЕР – робочі тяги вістряки» в статичному режимі роботи застосовуваного в даний час СПП. Відмови у вигляді зламу і випадання болтів з шарнірних з'єднань або зламу сережок вістряків, які сталися через динамічні навантаження від поїздів, що проходять, можна проконтролювати в СПП застосуванням тензометричного датчика сили, включеного послідовно в силовий ланцюг СПП.

Такий контроль можливий тому, що сполучна гарнітура приводу СП-6 в статичному режимі знаходиться в пружинному стані за рахунок невеликого

вигину робочої тяги, що виникає після нормального переведення вістряків і упорі одного з них об рамну рейку. Тому тензодатчик, перебуваючи в напрузі, видає в електричний контрольний ланцюг сигнал, відповідний нормальному стану СПП.

При обриві в силовому ланцюзі величина напруги зменшується, на що тензодатчик реагує зміною свого електричного опору в контрольному ланцюзі, ця інформація передається на пост ЕЦ.

При розрізу величина напруги в силовому ланцюзі у багато разів перевищує напруги нормальної, в тому числі та при роботі приводу на фракцію, тому за допомогою тензодатчика можна контролювати і розріз стрілки. Така інформація вкрай важлива для своєчасного усунення відмови, яка може призвести до сходження поїзда.

Крім сказаного, маючи встановлений в сполучній гарнітурі тензодатчик, можна постійно контролювати зусилля переведення стрілки з поста ЕЦ.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ САК

3.1 Розробка функціональної схема керування СПП

Електрична схема керування і контролю СПП (далі – схема) відноситься до числа найбільш відповідальних в системах ЕЦ.

Схема повинна забезпечувати: включення і відключення електродвигуна приводу (переклад стрілки); контроль фактичного положення стрілки; контроль замикання стрілки; контроль аварійного розрізу стрілки; виняток дистанційного (з поста ЕЦ) керування приводом під час ручного переведення стрілки [18].

Для реалізації зазначених вимог схема містить комплект апаратури, що складається з двох частин, одна з яких знаходиться на посту ЕЦ і містить: джерело електроживлення, пристрої керування електродвигуном приводу (пускові реле) і пристрої (контрольні реле), що зчитують інформацію від підлогових пристроїв контролю положення стрілки. Друга частина схеми знаходиться на підлозі і містить: електродвигун приводу, електричний контрольний пристрій (наприклад, АП), який передає на пост ЕЦ інформацію про фактичний стан і замиканні стрілки. Зв'язок між підлогою і постом здійснюється по електричному кабелю.

Постова частина схеми складається з трьох електричних ланцюгів:

- сприйняття команди на переведення стрілки і перевірки безпеки перекладу в даний момент часу;
- робочої – комутації електродвигуна;
- контрольної – фіксації фактичного переведення і розрізу стрілки.

Підлогова частина схеми складається з двох ланцюгів: робочого та контрольного.

З метою економії кабелю допускається суміщення робочого та контрольного ланцюгів за загальними лінійними проводами.

Включення і реверсування електродвигуна приводу здійснює постова пускова апаратура (релейна або безконтактна). Команда на переведення стрілки виходить від ЕЦ (при завданні маршруту або від індивідуальних кнопок стрілки з пульта чергового по станції) з обов'язковою перевіркою безпеки переведення в даний момент. Це означає, що пуск електродвигуна можливий лише тоді, коли стрілочна шляхова ділянка, на якій знаходиться стрілка, вільна від рухомого складу і не задіяна в іншому маршруті.

Відключення електродвигуна може здійснюватися наступними способами:

- 1) на підлозі – в електроприводі внутрішнім КП (в приводі ДБУ – робочими контактами АП або їх повторювачем – контактором);
- 2) на підлозі – зовнішніми (щодо приводу) КП, встановленими на кожній рамній рейці;
- 3.) на посту ЕЦ – пусковими пристроями, після спрацювання в електроприводі внутрішнього КП (контрольних контактів АП);
- 4). на посту ЕЦ – пусковими пристроями, після спрацювання зовнішнього підлогового КП,
- 5) на посту ЕЦ – пусковими пристроями, після нормованої витримки часу, відлік якого починається з моменту пуску електродвигуна.

Передача інформації з підлоги від КП на пост ЕЦ може здійснюватися по кабелю трьома способами:

- 1) по окремим контрольним лінійним проводам;
- 2) по робочим проводам електродвигуна, тобто за тими ж проводами;
- 3) по окремим проводам, за якими передається також керування підлоговим контактором, що включає і відключає електродвигун приводу.

На українських залізницях в ЕЦ застосовуються зараз в основному дві схеми керування (спосіб 2):

- двопровідна для приводів з електродвигунами постійного струму;
- п'ятипровідна для приводів з електродвигунами трифазного струму.

Однак ця схема має недоліки, пов'язані перш за все з великою кількістю контактів АП використовуваних для комутації робочого ланцюга електродвигуна і для організації контрольних ланцюгів, що ускладнює обслуговування і пошук можливих відмов, особливо в схемі керування спареними приводами. Крім цього схема не економічна по витраті кабелю, т. я. під час включення електродвигуна для переведення стрілки використовуються тільки три з п'яти проводів. У 5-провідній схемі розмикання контрольного контакту АП не контролюється. Це призводить до того, що в кінці чергового переведення, після спрацювання робочих і контрольних контактів АП по обхідному ланцюгу обмотка двигуна залишається підключеною до джерела живлення, від джерела живлення відключається тільки одна обмотка електродвигуна, фазо-контрольний блок, який створює напругу блокування при наявності трьох фаз, знімає блокування з обмотки пускового реле НПС і воно своїми контактами відключає електродвигун, тобто двигун приводу відключається не робочими контактами АП, а контактами постового реле, яке не призначене для відключення силових ланцюгів електродвигунів (за технічними характеристиками). Контакти реле НПС при цьому іскрять і відмовляють.

Таким чином, неконтрольовану відмову на підлозі у вигляді короткого замикання контрольного контакту АП приводу в 5-провідній схемі призводить до відмови постового реле. Крім цього не відключення двох обмоток може привести до розвороту асинхронного електродвигуна і відведення приводом вістряку від рамної рейки, тобто до втрати контролю.

3.2 Принципи побудови контрольних і робочих ланцюгів схем керування СПП

Побудова схеми залежить, перш за все, від застосовуваних в приводі: електродвигуна, елементів комутації електродвигуна (робочий ланцюг) і контрольного ланцюга.

Переважає більшість стрілок на мережі доріг обладнуються для перекладу одним електроприводом. На стрілочних переведеннях з рухомих сердечником хрестовини використовуються два електроприводи: один для перекладу хрестовини, другий – для перекладу вістряків. На стрілочних переведеннях високошвидкісних ділянок застосовуються два приводи для переведення і замикання хрестовини і два – вістряку [18].

В ЕЦ на стрілочних з'їздах застосовуються спарені електроприводи. Це означає, що після переведення двох стрілок з'їзду контрольний ланцюг схеми керування проходить через послідовно включені контрольні контакти АП обох приводів і, при збігу замикання однойменних контрольних контактів, на посту буде отримано контроль положення з'їзду в цілому. Переведення двох стрілок з'їзду може бути при цьому послідовне або одночасне.

Переведення і отримання контролю стрілки з рухомих сердечником хрестовини аналогічний переведенню з'їзду, т. я. переведення хрестовини і вістряків допускається як одночасне, так і роздільне.

З огляду на те, що трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором більш надійний в експлуатації в порівнянні з двигуном постійного струму з послідовним збудженням, далі розглядаються тільки схеми з трифазним електродвигуном.

Відомі функціональні схеми робочих і контрольних ланцюгів електроприводу наведені на рисунку 3.1 а, б, в, г, д, е.

На рисунку 3.1, а – 3-провідна схема з покриттям фазо-контрольним реверсуючим пристроєм (ФР).

На рисунку 3.1, б – 5-провідна типова схема з відключенням двигуна в СЕП контактами АП і з суміщенням контрольної і робочих ланцюгів в загальних лінійних проводах.

На рисунку 3.1, в – 5-провідна схема з відключенням Д (проводи Л1, Л2, Л3) пусковою апаратурою поста ЕЦ і незалежним 2-провідним контрольним ланцюгом (Л4 і Л5).

На рисунку 3.1, г – 6-провідна схема, з яких 3 робочих і 3 контрольних.

На рисунку 3.1. д – 7–провідна схема з відключенням Д (проводи Л1, Л2, Л3) пусковою апаратурою поста ЕЦ і незалежним 4–провідним контрольним ланцюгом (Л4, Л5, Л6 і Л7).

На рисунку 3.1.е – 4–провідна схема з відключенням Д (проводи Л1, Л2, Л3) пусковою апаратурою поста ЕЦ і 2–провідним контрольним ланцюгом (Л3 і Л4), причому один з контрольних проводів суміщений з робочим–провід Л3.

Безсумнівна перевага схем 3.1.а і б перед іншими полягає в можливості послідовного переведення спарених стрілок по тим же лінійним проводам. Але це досягається в приводах ДБУ ціною використання малонадійних контактів АП або розміщенням на підлозі в шляховому ящику (ПМ) додаткових пристроїв (рис.3.1.а – ФР), що вимагають обслуговування і знаходяться в складних умовах для підлоги експлуатації. Такі схеми з великим числом комутаційних датчиків і з'єднань між елементами схеми значно ускладнюють обслуговування і пошук відмови в підлогових умовах експлуатації.

Тому, далі розглянемо варіанти в, г, д, е. Треба врахувати також, що в зарубіжних схемах найчастіше використовується схема відповідна рисунку 3.1, д.

У контрольному ланцюзі на рисунку 3.1в використаний модульований частотний сигнал для плюсової і іншої частоти для мінусового положення стрілки. Такий принцип дозволяє передати інформацію про становище стрілки по двох проводах, однак, першоджерелом інформації залишається датчик КП СПП і від його безвідмовності залежить робота всього контрольного ланцюга. Недоліком цієї схеми є те, що на підлозі повинні бути розміщені електронні елементи, робота яких в підлогових умовах експлуатації до кінця не досліджені.

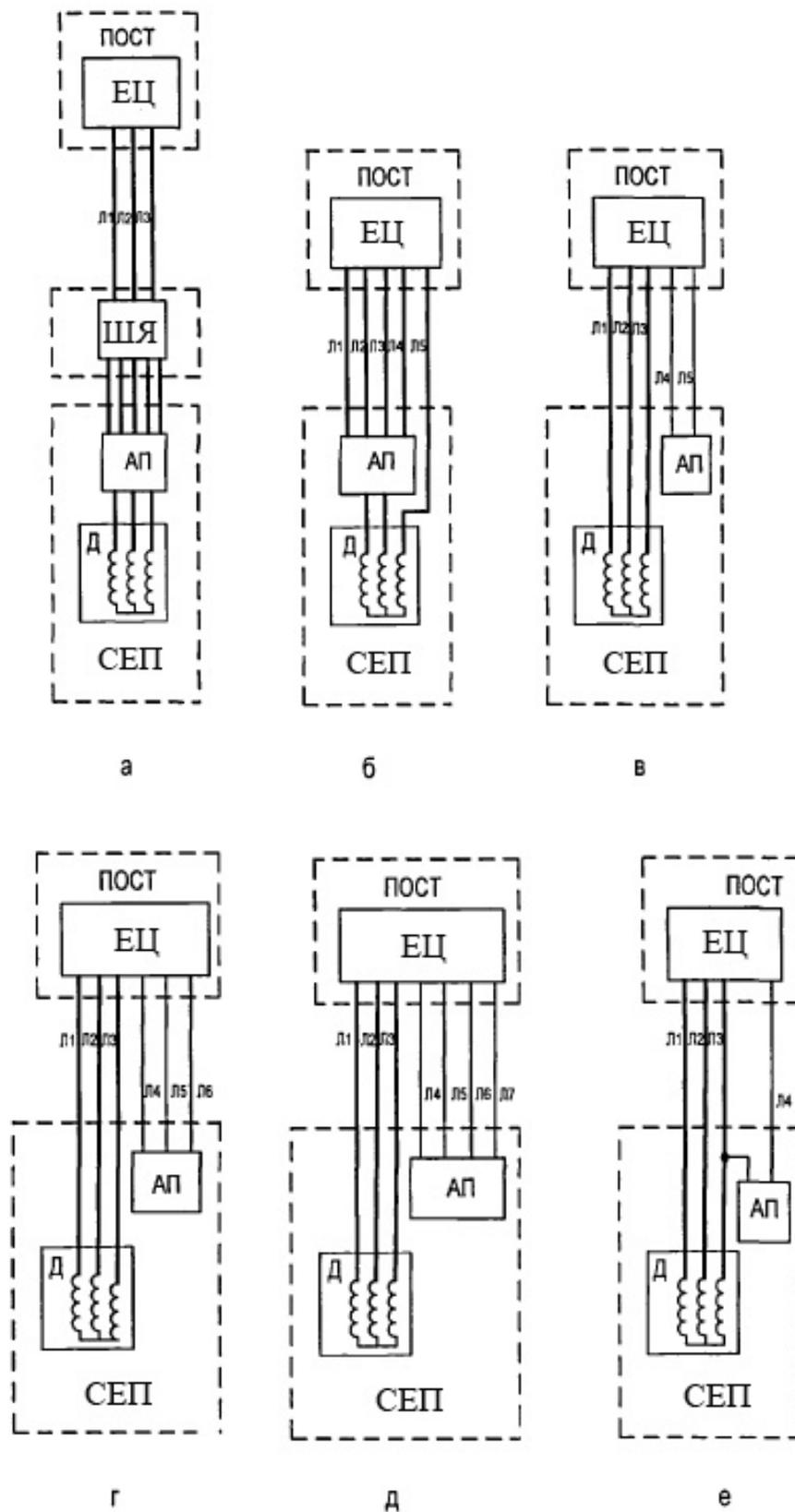


Рисунок 3.1 - Функціональні схеми робочих і контрольних ланцюгів електроприводу

По двом лінійним проводам можна організувати і відому типовий вентильний контрольний ланцюг, який має хорошу захищеність від отримання помилкового контролю при відмові одного з контрольних датчиків, при цьому датчики можуть бути герконові, резистивні та індуктивні електронні. Однак в схемі на посаді ЕЦ необхідно забезпечити захист від випадкових переплутувань лінійних контрольних проводів. Це досягається включенням тилових контактів контрольних реле в ланцюг команди на переключ.

У схемі по рисунку 3.1г – три контрольних лінійних проводи і три робочих. Контрольний ланцюг може бути побудований лише при використанні в КП мікроперемикачем з мостовим способом замикання і розмикання контактів, в яких при замиканні однієї пари контактів, гарантовано розімкнуті друга пара контактів.

Схема 3-провідного контрольного ланцюга наведена на рисунку 3.2. У цій схемі вторинні обмотки трансформатора включені послідовно для контролю короткого замикання проводів Л1 і Л2.

У схемі рисунку 3.1, д – три робочих і чотири контрольних лінійних проводи.

Чотирьох – провідний контрольний ланцюг наведений на рисунку 3.3, причому в КП можуть бути використані контактні (в тому числі герконові) та резистивні датчики.

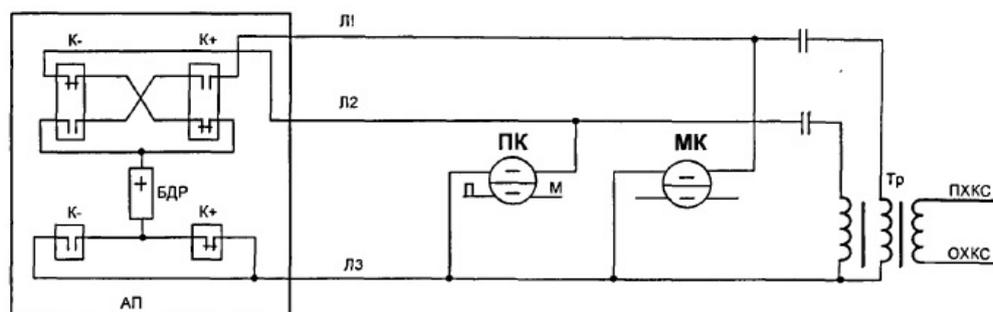


Рисунок 3.2 – Схема трипровідного контрольного ланцюга

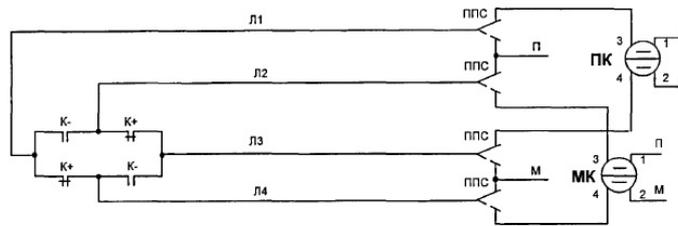


Рисунок 3.3 – Чотирьохпровідний контрольний ланцюг

На рисунку 3.4. представлена другий чотирьохпровідний контрольний ланцюг, розрахований на застосування в КП електронних безконтактних індукційних датчиків.

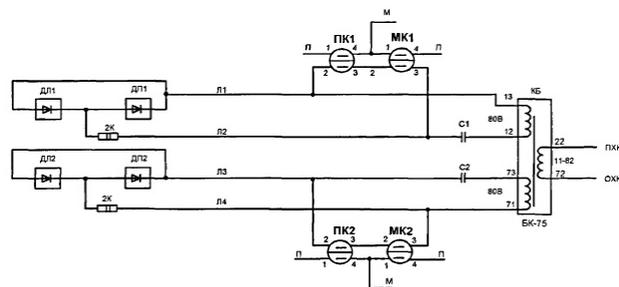


Рисунок 3.4 – Другий чотирьохпровідний контрольний ланцюг і розрахований на застосування в КП електронних безконтактних індукційних датчиків

На рисунку 3.5 приведений третій 4–провідний контрольний ланцюг з магістральним (або індивідуальним) живленням безконтактних трансформаторних датчиків КП приводу ДБУ.

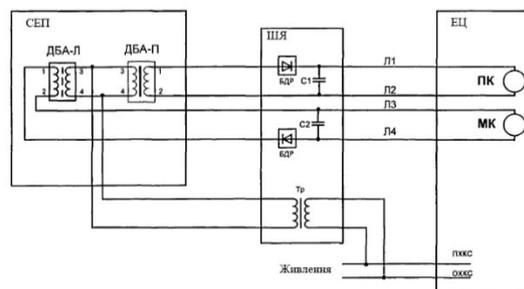


Рисунок 3.5– Третій 4–провідний контрольний ланцюг з магістральним (або індивідуальним) живленням безконтактних трансформаторних датчиків КП приводу ДБУ

У представлених на рисунках 3.2– 3.4 трьох контрольних ланцюгах в якості контрольних реле ПК і МК використовуються нейтральні реле з полярною вибірковістю типу ПЛЗУ 2700/4500 [15].

Для того щоб розпізнати яке положення займає стрілка, в КП повинна бути передбачена електромеханічна система, постійно слідкуюча за становищем кожного вістряку щодо рамної рейки (в приводах серії СП – це контрольні лінійки).

Як вже було сказано в п.4.2, найбільш придатними є КП, встановлені на кожній рамній рейці і фізично пов'язані зі своїм, вістряком короткою тягою. Тільки в цьому виді буде достовірна інформація про стан стрілки. Але ця інформація механічна, заснована на порівнянні взаємного положення рухомого (тяги) і нерухомого (корпусу) елемента КП. Вирішальне значення має електричний контрольний елемент (датчик), який сприймає цю механічну інформацію, фіксує її, перетворює і за схемою передає на пост ЕЦ.

Принцип роботи всіх схем з незалежним контрольним ланцюгом полягає в тому, що відключення електродвигуна приводу відбувається після спрацьовування контактів (датчиків) АП приводу або автономних КП і, потім, включення на посаді ЕЦ контрольних реле, які своїми тильовими контактами відключають від джерела живлення силове управляючим двигуном реле.

Відсутність контактів АП та інших комутаційних пристроїв в робочому ланцюзі дозволяє організувати постійний контроль справності ланцюга електродвигуна (в застосовуваній зараз 5–провідній схемі такого немає). Це допомагає електромеханіку вчасно виявити (по сигналізації, що спрацювала) і усунути відмову до чергового переведення стрілки. Розроблена схема керування електродвигуном приводу ДБУ з контролем робочого ланцюга представлена на рисунку 3.6.

На рисунку 3.7 представлена схема керування електроприводом ДБУ з АП на базі герконових датчиків. Схема 4–провідна, причому контрольний ланцюг проходить по контрольному проводу Л4 і робочому – Л3. До переваг схеми відноситься: мале число лінійних проводів, що не обслуговує АП приводу, відключення електроприводу при тривалій роботі на фракції.

Обидві 4–провідні схеми захищені від отримання помилкового контролю при переплутуванні лінійних проводів Л4 і Л3 (або Л2, або Л1) тим, що, в цьому випадку, низькоомні обмотки електродвигуна виявляються включеними паралельно високоомним обмоткам контрольних реле.

Загальним недоліком схем з робочим ланцюгом без контактів АП і незалежним контрольним ланцюгом є те, що для перекладу спарених приводів потрібно в два рази більше кабелю. Кожна стрілка при цьому розглядається як одиночна.

Загальна гідність – мала кількість контактів АП і міжелементних з'єднань знаходяться на підлозі, що значно полегшує роботу електромеханіків при підключеннях, вимірах і пошуку відмови.

На рисунку 3.8 представлена типова 5–провідна схема керування електроприводом з двигуном змінного струму, що дозволяє використовувати АП з датчиками будь-якого контактного або безконтактного типу. Ув'язка електроприводу забезпечується комутаційним блоком на електромеханічних реле промислового призначення, при цьому апаратурних і монтажних змін на посту ЕЦ не потрібно. Дана схема дозволяє замінити всі діючі на мережі УЗД електроприводи з ножовими контактами АП на безконтактні електроприводи.

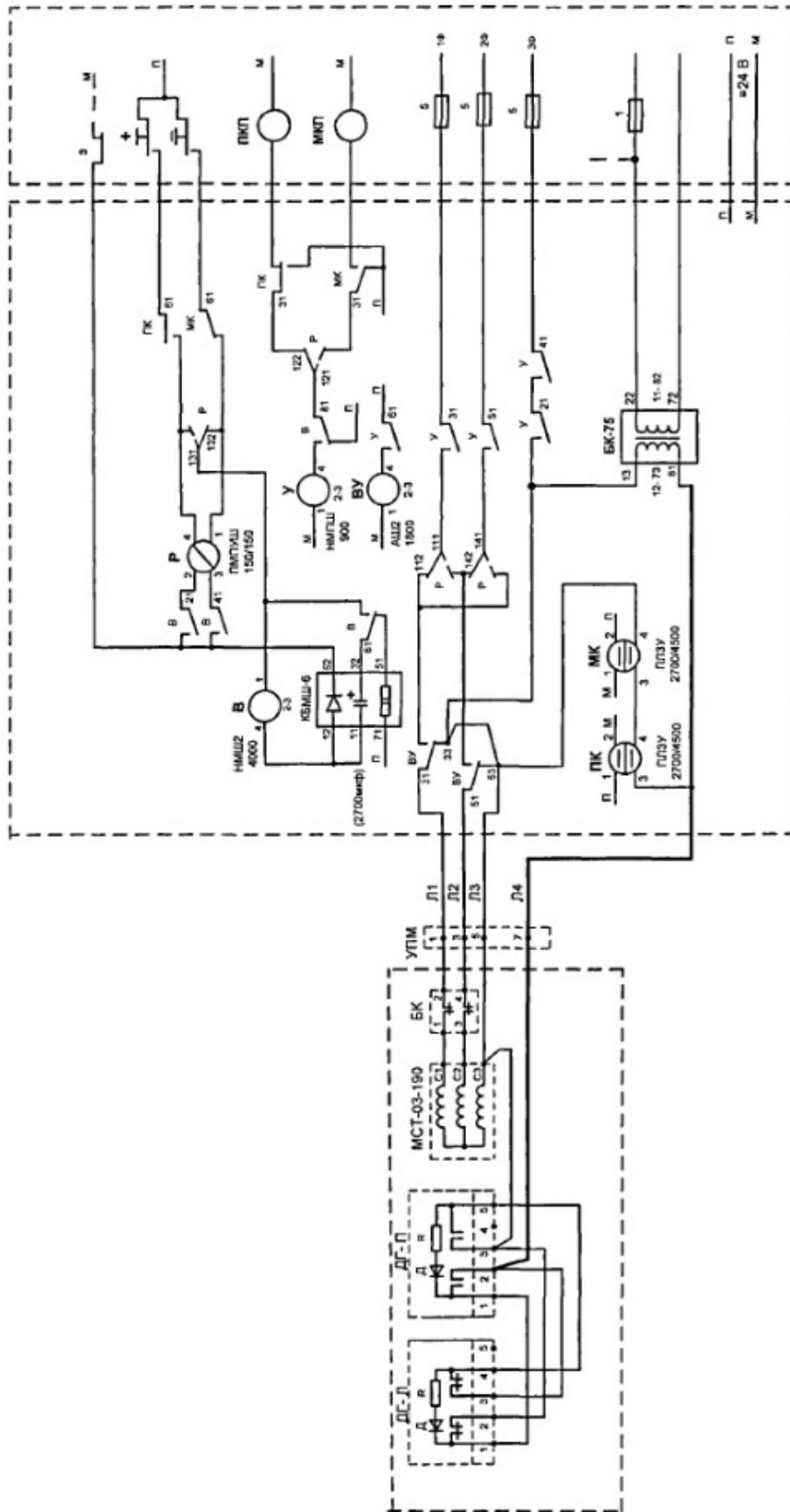


Рисунок 3.7 – Схема керування електроприводом

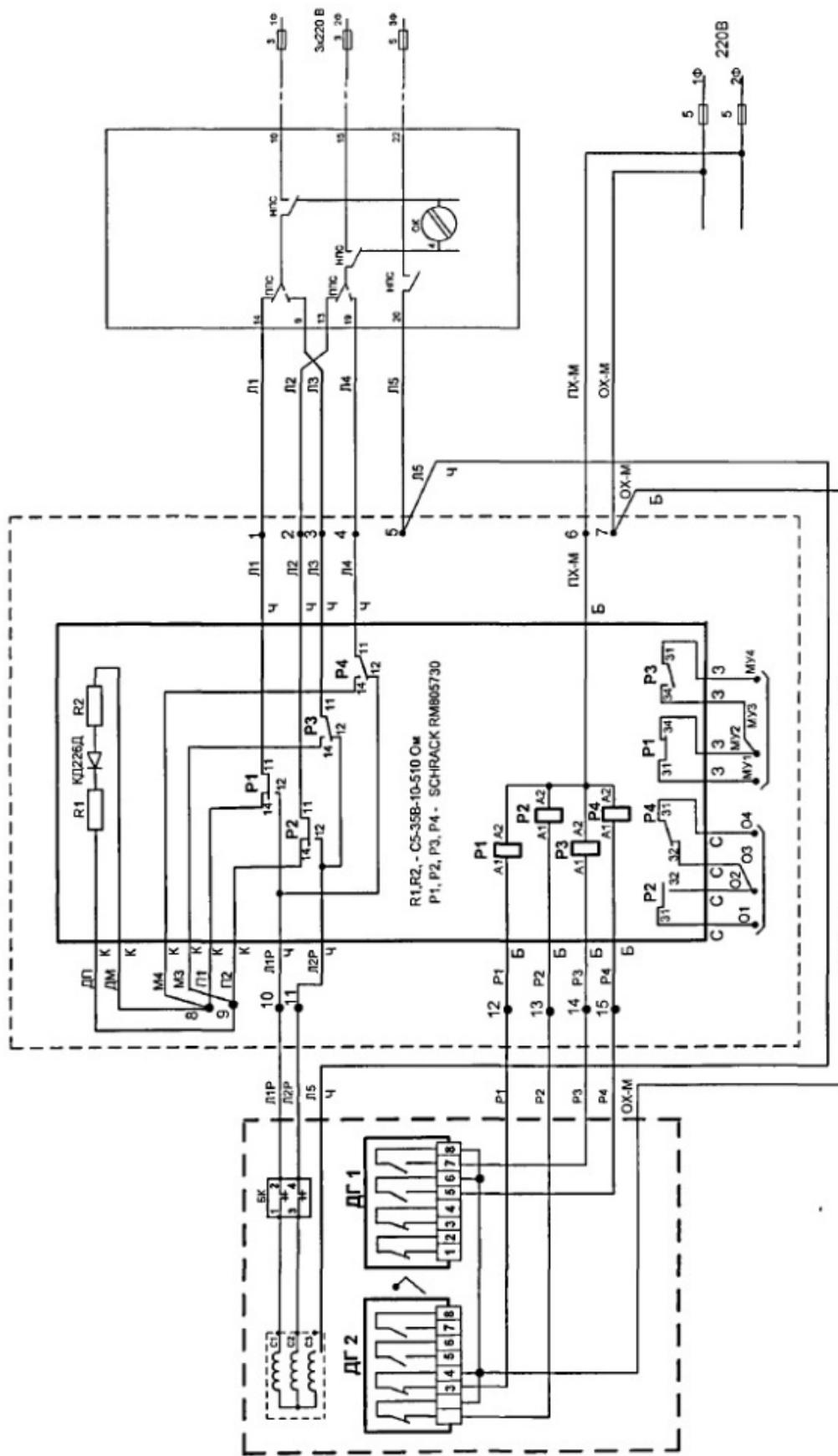


Рисунок 3.8 – Типова 5-проводна схема керування електроприводом з двигуном змінного струму

Робота приводів при цьому паралельно – послідовна, тобто спочатку одночасно переводяться два приводи хрестовини, потім, після їх зупинки та отримання контролю, одночасно переводяться два приводи вістряків. Крім цього необхідно індивідуальне відключення кожного приводу відразу після закінчення переведення. Для реалізації такого алгоритму використовується 9-провідна схема і задіяно в кожному приводі типу В СП 16 контактів АП (по 8 мікроперемикачів). Методика і алгоритм для цієї схеми, включеної зараз в дослідну експлуатацію. Алгоритм наведений на рисунку 3.9. Схема складна для аналізу і пошуку відмови, з великою кількістю міжелементних з'єднань. Застосування ж схем з незалежними робочими та контрольними ланцюгами для цього випадку недоцільно через велику витрату кабелю.

Особливістю схеми є те, що на підлозі в приводі (або в дорожньому ящику) встановлюється комутаційний блок з двох електромагнітних промислових реле (на рисунку – ПУ, МУ), які призначені для комутації асинхронних електродвигунів. Комутаційний блок (контактор) що не обслуговується і за технічними характеристиками підходить до необхідних на з/д умов експлуатації. Обмоткою реле керують робочі контакти АП приводу, тобто контактор є повторювачем робочих контактів АП.

Обмотки контакторів не впливають на роботу контрольного ланцюга, т. я. вони підключені до лінійного проводу Л5, який не пов'язаний з контрольним ланцюгом. Для роботи схеми, в АП повинні бути встановлені по два мікроперемикача у всіх приводах ВСП.

Переваги схеми полягають у наступному:

- в кожному приводі використовується два мікроперемикача;
- при необхідності збільшення кількості приводів (для стрілочних переведень марок 1/22, 1/42), постова частина схеми залишається без змін і число лінійних проводів не змінюється.

Схема розроблена для стрілок високошвидкісних магістралей, але може бути використана на будь-яких ділянках залізниць для переведення як спарених, так і одиночних стрілок.

Модернізація схеми керування, найчастіше, в даний час, спрямована на заміну елементної бази постової апаратури з релейної на безконтактну. При цьому нові схеми пов'язуються з застосовуваними зараз на УЗД електроприводами з ножовими АП.

Але саме частина схеми керування має найбільший відсоток відмов.

На підставі обраної елементної бази, що підходить до умов залізничної підлоги експлуатації, можуть будуватися нові схеми керування, можливо відрізняючи від типових або вже розроблених в даний час.

Вище були представлені різні схеми побудови контрольних і робочих ланцюгів і з'ясовано, що для українських умов з/д експлуатації кращими є схеми, в яких немає або мінімальна кількість підлогових комутаційних пристроїв.

Очевидно, що для передачі на пост ЕЦ інформації про становище стрілки і її замиканні необхідні датчики контролю. Причому ці датчики повинні бути не обслуговуваними і здатні працювати в умовах підлогової експлуатації. Якщо не шкодувати кабель і відмовитися від комутації електродвигуна безпосередньо в приводі, то двох таких датчиків кожного положення стрілки досить для побудови схеми керування приводом.

Так як абсолютно надійних і безвідмовних контрольних датчиків не існує, схема повинна контролювати навіть малоймовірні відмови використовуваного датчика.

При розміщенні КП поза електроприводом необхідно мати також контроль замикання вістряків стрілки приводом або іншим замикаючим пристроєм. При цьому, щоб не отримати контроль незамкненої стрілки, необхідно дотримувати обов'язковий алгоритм. Тобто, на початку переведення стрілки перед зняттям механічного замикання і рухом шибера повинна бути відключений контрольний ланцюг схеми, а після закінчення переведення, спочатку стрілка повинна бути механічно замкнена за електричним підтвердженням (контрольним датчиком) замикання, і тільки потім може бути утворений контрольний ланцюг схеми.

Датчики КП налаштовані на відключення (не включення) контрольного ланцюга при не доході притиснутого вістряку до рамної рейки на 4 мм і більше.

При обраній в розділі 4 конструкції нового СПП з самоблокуючим гвинтовим редуктором, де замикання відбувається в будь-якій точці ходу шибера, установка датчиків контролю замикання не потрібно, що спрощує побудову схеми керування приводом.

В даному розділі поставлена задача дослідити промислові датчики придатні для використання в стрілочному електроприводі, в автономних контрольних і замикаючих пристроях.

Проведені дослідження по конструкціях, елементній базі, області застосування, умов експлуатації різних датчиків дозволили зробити висновок, що найбільш підходящими для застосування в якості контрольних датчиків є: датчик на основі диференціального трансформатора, датчик на основі змінного резистора і датчик на основі магнітокерованого герметизованого контакту.

РОЗІДЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування

Ідея магістерського дослідження в підвищенні надійності роботи стрілочного електропривода. Проведено аналіз відповідності типових стрілочних перевідних пристроїв встановленим нормам безпеки за якісними та кількісними складовими. Розроблено нові функціональні схеми перевідних пристроїв, що відповідають сучасним вимогам безпеки. Розроблено нові функціональні вузли і елементи перевідних пристроїв, що забезпечують безпечне проходження поїздів по залізничних стрілках, в тому числі високошвидкісним. Обрана елементна база для електричних елементів контролю замикання і положення стрілки, здатна працювати в умовах підлоги залізничної експлуатації і не вимагає обслуговування. Розроблено нові електричні принципові схеми керування і контролю для можливості використання нової елементної бази в вузлах і електричних ланцюгах стрілочного перевідного пристрою.

На основі розробленої системи керування:

- зменшено кількість ремонтів вузла переводу стрілок;
- збільшена надійність та точність роботи стрілочного електропривода
- збільшено енергоефективність електропривода шляхом заміни електропривода на ДБУ.

4.2 Визначення витрат на модернізацію системи керування стрілочного електропривода

Для модернізацію системи керування стрілочного електропривода закуплені комплектуючі, перелік яких зведений у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Перелік необхідних комплектуючих

Найменування	Од.виміру	К-ть	Ціна за одиницю грн.	Ціна грн.
Стрілочний електропривод	шт.	1	15000	15000
Зовнішній замикач-контролер	шт.	2	7000	14000
Всього:				29000

Таким чином, витрати на придбання комплектуючих для модернізації системи керування стрілочного електропривода дорівнюють:

$$Z_k = 29\,000 \text{ грн.}$$

Розрахунок заробітної платні з нарахуваннями.

Для встановлення системи необхідно виконати роботи по встановленню, монтажу системи керування, демонтажу старого обладнання, наладці та пуску системи. Вказані роботи будуть проводити бригада з 2-х слюсарів 5-го розряду протягом 2 днів.

Витрати на заробітну плату з нарахуваннями визначимо за формулою:

$$S_{зпм} = K_{нз} \cdot \lambda \cdot t \cdot \sum_{i=1}^m C_{ti} (1 + H); \quad (4.1)$$

де: $K_{нз}$ – коефіцієнт, який враховує накладні витрати на заробітну плату, $K_{нз} = 1,3$;

λ – коефіцієнт, який враховує премії, $\lambda = 1,25$;

t – час виконання робіт, год;

C_{ti} – часова тарифна ставка працівника i -го розряду.

H – норма нарахування на заробітну плату, $H = 0,22$;

m – кількість робочих, чол.

$$S_{зпм} = 1,3 \cdot 1,25 \cdot 2 \cdot (37,87 \cdot 2) \cdot (1 + 0,22) = 2402,47 \text{ грн.}$$

Визначення загальної суми витрат.

Витрати на модернізацію системи керування стрілочного електропривода як суму витрат на купівлю комплектуючих та витрат на заробітну плату з нарахуваннями робітникам, які проводять модернізацію:

$$З_M = З_K + З_{ЗПМ}; \quad (4.2)$$

$$З_M = 29\,000 + 2402,47 = 31\,402,47 \text{ грн.}$$

4.3 Розрахунок річного фонду роботи системи переводу стрілок

Розрахунок річного фонду часу роботи системи переводу стрілок проведемо за формулою:

$$T_P = \frac{T_\Phi}{\frac{1}{t_{CM} \cdot K_{CM}} + D_P}; \quad (4.3)$$

де: T_Φ – річний фонд робочого часу, $T_\Phi = 365$ днів;

t_{CM} – тривалість зміни в машино-годинах, $t_{CM} = 8$;

K_{CM} – коефіцієнт змінності роботи устаткування, $K_{CM} = 3$;

D_P – простой в машино-днях у всіх видах технічного обслуговування і ремонту, який приходить на одну машино-годину, визначимо за формулою:

$$D_P = \frac{\sum_{i=1}^n d_{pi} \cdot a_i}{T_{ц}}; \quad (4.4)$$

де: n – число різновидів технічних обслуговувань та ремонтів за міжремонтний період;

d_{pi} – тривалість перебування в i -му ремонті чи технічному обслуговуванні;

a_i – кількість i -х ремонтів чи технічних обслуговувань за міжремонтний період;

До та після модернізації час міжремонтного циклу складає 8760 годин. До модернізації САК проводилось 13 оглядів впродовж 1,0 години, а після 4 оглядів впродовж 1,0 години. Враховуючи наведене, розраховуємо простой в машино-днях при всіх видах технічного обслуговування до та після модернізації:

$$D_{p1} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 15}{8760} = 0,0015 \frac{\text{маш.днів}}{\text{маш.год.}}$$

$$D_{p1} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 4}{8760} = 0,0005 \frac{\text{маш.днів}}{\text{маш.год.}}$$

Тоді річний фонд часу роботи системи переводу стрілок дорівнюватиме відповідно:

$$T_{p1} = \frac{365 \cdot 0,65}{\frac{1}{8 \cdot 3} + 0,0015} = 5496,14 \text{ год.}$$

$$T_{p1} = \frac{365 \cdot 0,65}{\frac{1}{8 \cdot 3} + 0,0005} = 5626,48 \text{ год.}$$

4.4 Розрахунок річної експлуатаційної продуктивності

Річна експлуатаційна продуктивність системи переводу стрілок визначається за формулою:

$$B = B_{\text{Е.Г.П}} \cdot T_p \cdot K_{\text{ПР}}; \quad (4.5)$$

де: $B_{\text{Е.Г.П}}$ – годинна експлуатаційна продуктивність, (10 пер/год.),

$K_{\text{ПР}}$ – коефіцієнт, що враховує простій, не враховане в годинній експлуатаційній продуктивності.

Після модернізації стрілочного електропривода збільшиться точність та надійність його роботи, але продуктивність не зміниться.

Таким чином до та після модернізації системи керування стрілочного електропривода річна продуктивність складає:

$$B_1 = 10 \cdot 5496,14 \cdot 0,9 = 49465,26 \text{ пер./рік.}$$

Після модернізації:

$$B_2 = 10 \cdot 55626,48 \cdot 0,9 = 50638,32 \text{ пер./рік.}$$

4.5 Розрахунок поточних річних витрат

Поточні річні експлуатаційні витрати визначаються для системи переведу стрілок до та після модернізації.

За переведом стрілок спостерігає один робітник 4-го розряду, після удосконалення САК склад не зміниться.

Витрати на заробітну плату до та після модернізації складають:

$$S_{ЗП} = 1,3 \cdot 1,25 \cdot 5496,14 \cdot 25,17 \cdot 1 \cdot (1+0,22) = 274254,78 \text{ грн.}$$

$$S_{ЗП} = 1,3 \cdot 1,25 \cdot 5626,48 \cdot 25,17 \cdot 1 \cdot (1+0,22) = 280758,68 \text{ грн.}$$

Визначення витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт системи переведу стрілок.

Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт системи переведу стрілок визначимо за формулою:

$$S_{ТО} = S_{ТОЗ} + S_{ТОМ}; \quad (4.6)$$

де: $S_{ТОЗ}$ – витрати на заробітну плату ремонтників з нарахуваннями;

$S_{ТОМ}$ – витрати на матеріали та запасні частини.

Витрати на заробітну плату ремонтних робітників з нарахуваннями визначаються за формулою:

$$S_{ТОЗ} = \frac{T_P}{T_{Ц}} \cdot K_{НЗ} \cdot \lambda \cdot C_P \cdot \sum_{i=1}^m a_{pi} \cdot \tau_{pi} \cdot (1 + H); \quad (4.7)$$

де: C_P – середня тарифна ставка ремонтного робітника, що обслуговують установку, грн/год;

a_{pi} – кількість техобслуговувань і поточних ремонтів без капітального ремонту;

τ_{pi} – трудємкість i -го технічного обслуговування та поточного ремонту, до і після – $\tau_{pi} = 15,26$; $\tau_{pi} = 11,6$.

Витрати на матеріали та запасні частини визначаються за формулою:

$$S_{ТОМ} = K_{Ш} \cdot \frac{S_{ТОЗ} \cdot (1 - H)}{K_{НЗ}} \cdot K_{ЗР}; \quad (4.8)$$

де: $K_{\text{П}}$ – норма накладних розходів за всіма видами витрат, крім заробітної плати, $K_{\text{П}} = 1,1$;

$K_{\text{ЗР}}$ – коефіцієнт переходу від витрат на заробітну плату до витрат на матеріали та запасні частини, $K_{\text{ЗР}} = 1,25$.

До модернізації для технічного огляду та поточного ремонту необхідно один слюсар КВПіА 5-го розряду. Після модернізації їх склад не змінився. Огляд проводиться 25 разів на рік до модернізації та 10 після.

$$S_{\text{ТОЗ1}} = \frac{5496,14}{8760} \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 13 \cdot 15,26 \cdot 37,87 \cdot (1 + 0,22) = 9344,59 \text{ грн.}$$

$$S_{\text{ТОЗ2}} = \frac{5626,48}{8760} \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 11,6 \cdot 37,87 \cdot (1 + 0,22) = 2237,48 \text{ грн.}$$

Витрати на матеріали та запасні частини до модернізації складають:

$$S_{\text{ТОМ1}} = 1,1 \cdot \frac{9344,59 \cdot (1 - 0,22)}{1,3} \cdot 1,25 = 7709,29 \text{ грн.}$$

Витрати на матеріали та запасні частини після модернізації:

$$S_{\text{ТОМ2}} = 1,1 \cdot \frac{2237,48 \cdot (1 - 0,22)}{1,3} \cdot 1,25 = 1845,92 \text{ грн.}$$

Таким чином, витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт системи керування стрілочного електропривода до модернізації склали:

$$S_{\text{ТО1}} = 9344,59 + 7709,29 = 17053,88 \text{ грн.}$$

після модернізації:

$$S_{\text{ТО2}} = 2237,48 + 1845,92 = 4083,40 \text{ грн.}$$

Величину витрат на електроенергію визначимо за формулою:

$$S_{\text{ЕЛ}} = K_{\text{П}} \cdot W_{\text{ЕЛ}} \cdot B_{\text{ЕЛ}} \cdot T_{\text{Р}}; \quad (4.9)$$

де: $B_{\text{ЕЛ}}$ – ціна 1 кВт/год електроенергії – 5,5 грн;

$W_{\text{ЕЛ}}$ – витрата за годину енергії, кВт/год.

Споживання електроенергії складало 0,75 кВт/год, після заміни електропривода енергоспоживання зменшиться до 0,45 кВт/год.

Виходячи з цього витрати на електроенергію до модернізації склали:

$$S_{\text{ЕЛ1}} = 1,1 \cdot 0,75 \cdot 5,5 \cdot 5496,14 = 24938,74 \text{ грн.}$$

після модернізації:

$$S_{\text{ЕЛ2}} = 1,1 \cdot 0,45 \cdot 5,5 \cdot 5626,48 = 15318,09 \text{ грн.}$$

Розрахунок суми річних витрат на експлуатацію системи керування стрілочного електропривода зведений у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Сума річних витрат на експлуатацію

Найменування статті витрат	Величина витрат	
	До впровадження САК, грн.	Після впровадження САК, грн.
Зарплата з нарахуваннями	274254,78	280758,68
ТО та поточний ремонт	17053,88	4083,40
Електроенергія	24938,74	15318,09
Разом	316247,40	300160,17

4.6 Розрахунок вартості машино–години роботи вузла переводу стрілок

Розрахунок вартості машино–годин розраховуємо за формулою:

$$S_{\text{МГ}} = \frac{S}{T_p}; \quad (4.10)$$

До модернізації вартість однієї машино-години складала:

$$S_{\text{МГ1}} = \frac{316247,40}{5496,14} = 57,54 \text{ грн. / год.}$$

Після модернізації вартість однієї машино-години змінилась і складає:

$$S_{\text{МГ2}} = \frac{300160,17}{5626,48} = 53,35 \text{ грн. / год.}$$

4.7 Розрахунок вартості технологічної операції на одиницю продукції

Вартість технологічної операції визначається за формулою:

$$S_{\Pi} = \frac{S}{B}; \quad (4.11)$$

До модернізації вартість складала:

$$S_{\Pi 1} = \frac{316247,40}{49465,26} = 6,39 \text{ грн. / пер.}$$

Після модернізації вартість складає:

$$S_{\Pi 2} = \frac{300160,17}{50638,32} = 5,93 \text{ грн. / пер.}$$

4.8 Розрахунок економічного ефекту від проведення модернізації

Річний економічний ефект від проведення модернізації визначається за формулою:

$$E = (S_{\Pi 1} - S_{\Pi 2}) \cdot B; \quad (4.12)$$

$$E = (6,39 - 5,93) \cdot 50638,32 = 23293,63 \text{ грн / рік.}$$

Термін окупності витрат по модернізації розрахуємо за формулою:

$$T = \frac{Z_M}{E}; \quad (4.13)$$

$$T = \frac{31402,47}{23293,63} = 1,35 \text{ років.}$$

Отже, термін окупності приблизно 1,35 років.

Висновки за розділом

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт електрообладнання зменшились на 76,06%.

Витрати на електроенергію зменшилась на 38,58%.

Вартість машино-години роботи зменшились на 7,28%.

Вартість технічної операції для одиниці продукції після модернізації знизилась на 7,20%.

Економічна ефективність від проведеної модернізації склала 23293,63 грн.

Таблиця 4.3 – Техніко-економічні показники модернізації системи керування стрілочного електропривода

Показники	Одиниці виміру	Значення		
		до модернізації	після модернізації	абсолютне відхилення
1. Капітальні витрати на модернізацію	грн.	x	31402,47	x
2. Річний фонд часу роботи	год.	5496,14	5626,48	-130,34
3. Річна експлуатаційна продуктивність	пер	49465,26	50638,32	-1173,06
4. Річні експлуатаційні витрати, усього:	грн.	316247,40	300160,17	+16087,23
у тому числі:				
витрати на оплату праці	грн.	274254,78	280758,68	-6503,90
витрати на ТО та ТР	грн.	17053,88	4083,40	+12970,48
витрати на електроенергію	грн.	24938,74	15318,09	+9620,65
5. Вартість однієї машино-години роботи	грн./год.	57,54	53,35	+4,19
6. Вартість технологічної операції	грн./ пер	6,39	5,93	+0,46
7. Річний економічний ефект	грн.	x	23293,63	x
8. Строк окупності капітальних вкладень	років	x	1,35	x

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі поставлена і вирішена задача визначення шляхів вдосконалення стрілочного переводного пристрою, що відповідає сучасним вимогам для забезпечення безпечного руху поїздів.

В результаті проведених досліджень отримані наступні основні результати:

1. При аналізі статистичних даних виявлені найбільш слабкі елементи стрілочних електроприводів, а також недоліки типових схем керування електродвигуном.

2. Визначено ступінь захищеності від небезпечних станів типового стрілочного переводного пристрою при різних режимах його роботи.

3. Розроблено нові функціональні схеми переводних пристроїв, що відповідають сучасним вимогам безпеки.

4. Розроблено нові функціональні вузли і елементи переводних пристроїв, що забезпечують безпечне проходження поїздів по залізничних стрілках, в тому числі високошвидкісним.

5. Розроблено нові електричні принципові схеми керування і контролю для можливості використання нової елементної бази в вузлах і електричних ланцюгах стрілочного переводного пристрою.

6. Розроблені схемо-технічні рішення використані при проектуванні ЕЦ станцій на високошвидкісних ділянках залізниць, а конструкторські пропозиції застосовані при модернізації приводів серії ДБУ.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Альошинський, Є.С. Аналіз можливості організації місцевої роботи на залізничних станціях в умовах впровадження швидкісного пасажирського руху [Текст] / Є.С. Альошинський, О.С. Губачова, Г.О. Сіваконева [та ін.] // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 2/3. – С. 42-46.
2. Апатцев В.И. Оптимизация работы железнодорожных узлов. // Железнодорожный транспорт. - 1998. - № 11. - С. 2.
3. Бараш, Ю. С. Удосконалена методика визначення економічної ефективності будівництва та експлуатації високошвидкісної магістралі в Україні [Текст] / Ю.С. Бараш, А.В. Момот // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна. – 2013. – Вип. 1(49). – С. 33-50.
4. Басов В.І. Мікропроцесорні системи керування рухом поїздів МПЦ-У та МАБ-У/ В.І. Басов, В.В. Єлісеєв, О.В. Петренко, А.Б. Бойнік, М.Н. Чепцов, С.О. Радковський// Навчальний посібник для студентів залізничного транспорту. К.: 2014 – 430с.
5. Бойнік А.Б. Діагностування пристроїв залізничної автоматики та агрегатів рухомих одиниць/А.Б.Бойнік, Г.І. Загарій // Підручник. Х.: Нове слово, 2008. – 304с.
6. Буряковский С.Г. Исследование динамических свойств электропривода стрелочного перевода с частотным управлением / С.Г. Буряковский, В.В. Смирнов, А.А. Рафальський // Вестник КДПУ, Кременчуг – 2007. – №4 (45). – С. 10-12.
7. Буряковский С.Г. Застосування керованого частотного електропривода в стрілочному переводі / С.Г. Буряковский, В.І. Мойсеенко, В.В. Смірнов, Р.В. Семчук, Ф.О. Демченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті – Харків:УкрДАЗТ. – 2009. – № 4 – С. 105-108.

8. Бутько, Т.В. Удосконалення підходів щодо розвитку швидкісного і високошвидкісного руху пасажирських поїздів на залізницях України [Текст] / Т.В. Бутько, Л.О. Пархоменко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2014. - № 4. - С. 14.

9. Дикань, В.Л. Скоростное движение железнодорожного транспорта в мире и перспективы развития в Украине [Текст] / В.Л. Дикань, И.В. Корнилова // Вісник економіки транспорту та промисловості. – 2010. - № 32. – С. 15-25.

10. Каменев А. И., Минков Е. Ю., Шуваев В. В., Савицкий А. Г. Анализ режима работы быстродействующих стрелочных приводов. Автоматика, связь, информатика. 2003. № 12. С. 2–5.

11. Мойсеєнко В.І. Мікропроцесорні системи залізничної автоматики. Частина 1 Централізація стрілок і сигналів/ В.І. Мойсеєнко// Під ред. Г.І. Загарія. – Х.: ХФВ «Транспорт України», 1999. – 148 с.

12. Парфенов В. И., Разгонов В. П., Ковригин М. А. Анализ дефектов и возможности диагностики стрелочных переводов. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2007. № 15. С. 16–18.

13. Пащенко, Ю.Є. Інтегральна ефективність швидкісних залізничних магістралей [Текст]: монографія / Ю.Є. Пащенко, М.Ю. Гончаров, Й.М. Кранц [та ін.]; за ред. С.І. Дорогунцова. – К.: РВПС України НАН України, 2005. – 266 с.

14. Пащенко, Ю.Є. Інтегральна ефективність швидкісних залізничних магістралей [Текст]: монографія / Ю.Є. Пащенко, М.Ю. Гончаров, Й.М. Кранц [та ін.]; за ред. С.І. Дорогунцова. – К.: РВПС України НАН України, 2005. – 266 с.

15. Резников Ю. М., Стрелочные электроприводы электрической и горочной централизации. / Резников Ю. М. – М.: Транспорт, 1975. – 288 с.

16. Рибкін В. В., Баль О. М., Бондаренко І. О. Аналіз експлуатаційної стійкості елементів стрілочних переводів Вестник Днепропетровского

национального университета железнодорожного транспорта. 2011. № 38. С. 127–133.

17. Храпатый А.В. Повышение безопасности движения на базе новых технических средств. // Железнодорожный транспорт. 2002. № 12. - С. 8-12.

18. Шафиркин В.Б. Совершенствование управления перевозками. // Железнодорожный транспорт. - 2000. - №3. - С. 40.

19. Шкарин Б.А. Математические методы обработки экспериментальных данных/ Б.А. Шкарин // Методическое пособие.– Вологда: ВоГУ, 2014. – 55 с.

20. Кірдіна, О.Г. Концептуальний підхід до створення інтегрованого об'єднання «Швидкісні магістралі» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=436>. – Назва з екрана.

21. Устройство переводное стрелочное УПС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ntc-infotech.ru/>

Додатки

Додаток А

SECTION 1 ANALYTICAL PART

1.1 Electric drives of Ukrainian railways

In the first domestic electric centralization the cut-in electric drive of type 3900 with external short circuit was used.

Since 1935, recessed electric drives with internal circuitry of the SPV series began to be used.

From 1957 to 1960 the industrial production of non-cut electric drives of the SP-1 type was carried out.

From 1960 to 1970, electric drives of the SP-2 type were manufactured. The electric drive type SP-2 has one working gate and two control lines. The drive provides two-way output of the working gate and control lines, which allows you to install the actuator on the right or left side of the switch by rearranging the working gate and control lines. From the electric drive SP-1 the electric drive SP-2 differs in the changed design of a reducer where frictional coupling from a shaft of the electric motor is transferred to a shaft of a reducer.

From 1970 to 1973, electric drives of the SP-2R type were manufactured. In 1970, separate mounting of working and control rods with arrowheads was introduced. Due to the transition to headsets with separate mounting of working and control rods diameters of connecting holes in the control lines and the working gate in the electric drive were increased: in the control lines of the electric drive type SP-2R steel 15 mm instead of 12 mm in the electric drive SP-2; in the working slide SP-2R - 26 mm instead of 20 mm in SP-2.

Electric drives of types SP-2 and SP-2R were designed for a transverse force of $2.5 \text{ k} \cdot \text{N}$ (maximum $3.50 \text{ k} \cdot \text{N}$). Thus, the electric drive SP-2R differs from SP-2 only by the increased diameter of the holes at the ends of the control lines and the working gate.

From December 1973, instead of electric drives SP-2R began to mass produce switch electric drives type SP-3. The switch electric drive of the SP-3 type has one working gate and two control lines. It is designed to translate, lock and control the position of arrows of all types with inseparable sharpening. The drive provides two-way output of the working gate and control lines, which allows you to install the drive on the switch headset on the right and left sides of the arrow (by rearranging the working gate and control lines).

Electric drive type SP-3 has the following advantages over SP-2 and SP-2R:

- the transfer force on the working gate of the SP-3 drive was increased by $2 \text{ k} \cdot \text{N}$ and increased, on average, to $4.5 \text{ k} \cdot \text{N}$. The drive can develop a maximum transfer force of up to $6 \text{ k} \cdot \text{N}$ by increasing the gear ratio to 70, instead of 55, and the use of electric motor SME-0.25 instead of SME-0.1;

- Facilitated maintenance in terms of the speed of replacement of the auto-switch springs. In the electric drive SP-3 in the autoswitch tensile springs are used, which are installed above the levers of the autoswitch, instead of torsion springs in SP-2R;

- electric drive heating was introduced to reduce condensation and eliminate the phenomenon of contact indication; installed transparent plastic caps over the contact pads to eliminate condensation on the contact plates, as well as improved sealing of the drive housing by increasing the sunset of the cover by 18 mm instead of 13 mm in the drive SP-2R.

Since 1982, began to mass-produce switch electric drives type SP-6 for electrical centralization with improved performance compared to electric drives type SP-3. LNG-ZM electric drives based on SP-6 electric drive, contactless electric drives are also used for shunting sections of stations electric drive SP-6. In January 1993, the production of electric drives SP-6M began instead of SP-6. For high-speed traffic, the SP-12U electric drive is available for operation with an external circuit breaker. The main difference between the SP-12U electric drive and the SP-6M is the increased stroke of the slide (220 mm) so that the external circuit breaker closes the pressed blade, the stroke of the control lines remains the same 154 mm,

In July 1995, SPGB-4B contactless mining electric drives began to be mass-produced instead of SPGB-4M.

Therefore, currently for the main railway transport are produced mainly electric drives SP-6M, SP-12U and mountain SPGB-4B.

Electric drives of LNG-2, LNG-3, LNG-ZM, LNG-4, LNG-4M and LNG-4B types are used on sorting mechanized slides to transfer, lock and control the position of arrows with inseparable stroke.

Electric drives of the LNG-2 and LNG-3 types have a design similar to the SP-2 and SP-3 electric drives, respectively, but their gear ratios are smaller, due to which an increased arrow transfer speed is achieved. The gear ratio of the LNG-2 drive gearbox is 43 instead of 55 in the SP-2 drive, and the LNG-3 drive gearbox is 35 instead of 70 in the SP-3 drive. The diameters of the connecting holes in the control lines of mountain electric drives types LNG-2 and LNG-3 are 12 mm, in the working damper – 20 mm, ie the same as in the control and working lines of drives SP-2. In sliding electric drives LNG-2 and LNG-3 the electric motor of the direct current of the SME-0,25 type on nominal voltage 100 is established B. To obtain a higher speed of transfer of the arrow to the terminals of the motor, a voltage of 200 V. Contactless electric drives of the SPGB-4 type used on sorting slides were produced on the basis of the SP-3 electric drive.

Modifications of hill electric drives are contact electric drives of the SPG-ZM type on the basis of the SP-6 electric drive, contactless electric drives of the SPGB-4M type on the basis of the SP-6 electric drive and contactless electric drives of the SPGB-4B type on the basis of the SP-6M electric drive.

Currently, mining electric drives are available only type SPGB-4B.

Previously, the SPV series electric drives were intended for switching, locking and controlling the position of arrows with separate sharpening and had two working gates and two control lines. The SPV drives provided for two-way output of working gates and control lines, which allowed to install the actuator on the right or left sides of the arrow (by rearranging the working gates and control lines).

Until 1974, electric drives of the SPV-5 type were produced, which had a maximum transfer force of 2500 N.

From 1974 to 1990, electric drives of the SPV-6 type were manufactured, which had the following advantages in comparison with SPV-5:

- the transfer force on the working gates of the drive SPV-6 increased to 3 kN, due to the use of a standard gearbox from the electric drive type SP-2R with gear ratio 55 instead of 43 and DC motor type SME-0.25.

- improved maintenance in terms of the speed of replacement of the auto-switch springs. In the electric drive SPV-6 in the autoswitch tensile springs were used, which were installed above the levers of the autoswitch, instead of torsion springs in the drive SPV-5; electric drive heating was introduced to reduce condensation and eliminate contact indication, and transparent caps were installed. plastics over the contact pads to eliminate condensation on the contact plates.

Increasing the mass and speed of trains, the use of new designs of turnouts from heavy types of rails with flexible blades, rigidly interconnected rods, eliminated the possibility of using SPV series electric drives, which require separate separation of the blades. Due to the expediency of using a single unified design on the railway network, the production of electric drives of the SPV series for the main transport has been stopped. Electric drives of the SP, LNG and SPV series provide the course of working gates (154 + 2) mm and have contact system of cutting type. Mining electric drives SPGB-4, SPGB-4M and SPGB-4B have contactless auto switches. The SP-6BM electric drives used in subways also have contactless auto switches.

Inside the electric drives of all types there are locking (crank) contacts that disconnect the drive motor from the supply line wires after opening the drive cover, to protect personnel from injuries from accidental start-up of the drive from the EC post during manual transfer. In the absence of power the drive can be transferred by means of the special crank handle, is delivered together with each five electric drives. When the electric motor is removed, the drive can also be transferred to

manual control, for which an extended axis of manual transfer is attached to every five drives, in addition to a special handle.

The functional units of the first non-cut electric drive SP-1 and the last SP-6M are not fundamentally different, so Figure 1.1 shows the kinematic scheme of SP-6M.

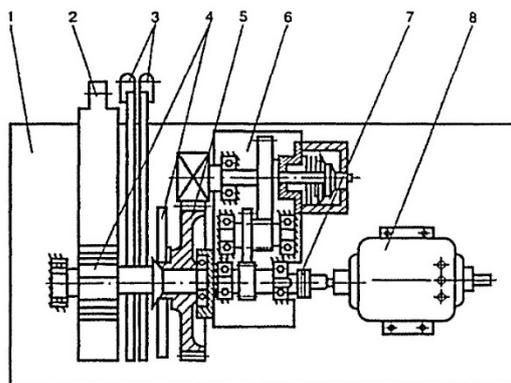


Figure 1.1– Kinematic scheme of SP-6M

1– drive housing; 2 – sunroof; 3– control lines; 4– main shaft with sliding gear; 5– washer of the main shaft; 6 - reducer with friction clutch; 7– coupling; 8– electric motor

Figure 1.2 shows the drive type SP-6BM with contactless auto-switch.

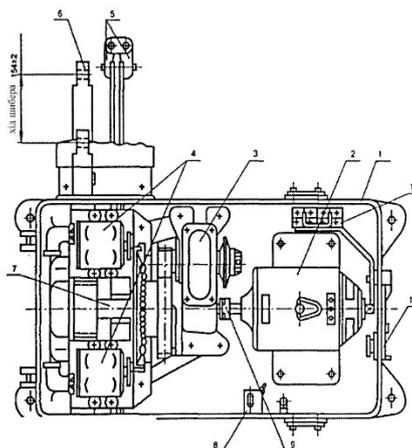


Figure 1.2 – Drive type SP-6BM with contactless auto switch

1– building; 2– electric motor; 3– reducer with friction; 4– contactless sensors AP; 5 – control lines; 6 – sunroof; 7 – the main shaft; 8– socket for switching on the lighting lamp; 9– clutch; 10 – crank valve; 11– protective block contacts

All SP series drives (except SPGB and SP-6BM) use an open contact group with a cut-off or, in other words, a knife method of closing the spring contacts installed in the drive AP in place of mark 4 of Figure 1. 2.

In 1999, serial production of new electric drives began - screw non-mortise with an internal switch type VSP-150. The VSP-150 electric drive is developed on a new element base. The kinematic scheme of the electric drive VSP-150 is shown in Figure 1.3.

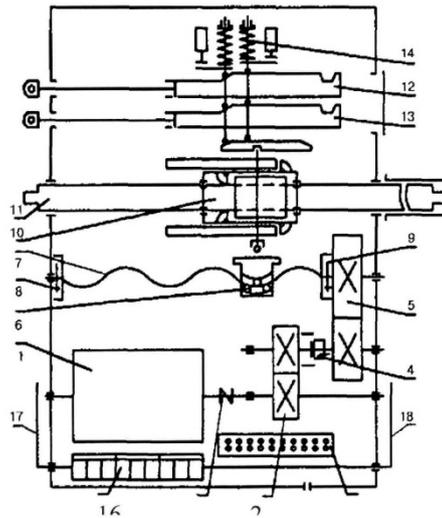


Figure 1.3 – Kinematic diagram of the electric drive VSP-150

1 – electric motor; 2 – cam clutch; 3,5 – two-stage reducer; 4 – metal-ceramic coupling; 6, 7 – ball-screw pair (KGP); 8, 9 – damping devices; 10 – locking mechanism; 11 - sunroof; 12,13 – control lines; 14 – auto switch; 15 – terminal block; 16 – safety contacts; 17, 18 – crank valve

All units are mounted in a cast iron housing closed with a steel cover.

The main differences between the VSP drive and the JV series drives are: the use of ball-screw pair in the gearbox to increase the efficiency of mechanical transmission, the use of multi-cam locking mechanism for more reliable locking of the gate, the use of roller-lever control mechanism with electric high-speed microswitches for switching the operating and control circuits of the drive.

All electric drives currently used on the ultrasound network have two significant, especially important for highways, functional shortcomings – they do not control the actual pressure of the blade (PSK) to the frame rail.

The control device of the electric drive controls the normative movement of the blades relative to the drive, not the actual pressing them to the frame rail, because the starting point is the place of attachment of the drive on the turnout is not the frame rail, and foundation squares.

Power mechanical chain of holding the blades: «slide – working rod – inter-blade rod – blades» is designed only for the reliability of its elements. Failure of any element of this circuit leads to the loss of the closing capacity of the entire power circuit, which can lead to the descent of the train.

Foreign-made drives on high-speed railway sections currently use autonomous devices to control the position of the rails, which are attached to the frame rails and monitor the actual condition of each rafter relative to its frame rail. The locking function in this case is duplicated, ie in addition to the gate, the sharpeners are locked and control lines (drive 8700 Germany).

1.2 Analysis of failures of electric drives

In the analysis of device failures on all 17 roads of the Ukrainian railway, the share of failures of the automation and telemechanics service (service W), according to statistics of the Department of automation and telemechanics, takes first place (53%), second place – road service W (30%), third – E (11%).

The total number of annual failures of SCB devices is distributed as follows: electrical centralization (EC) – 56%, autoblocking of the AB – 40%, semi-automatic blocking of the PS – 0.7%, crossing signaling of the aircraft – 0.2%, control center DC – 1.5 %, devices of key dependence of PKZ – 1,3%, others – 0,4%.

In turn, the EC systems on the failures of their devices are distributed as follows: block route-relay – 48%, block without route set – 21%, route-relay – 16%, relay without set – 10%, microprocessor – 4%, relay-processor – 1%.

Violations of the normal operation of the EC due to failures of its elements are distributed as follows:

- installation of tripods, relay cabinets, etc. – 23%;

- elements of rail chains – 15%;
- relay, non-contact equipment – 15%;
- electric switches and headset – 15%;
- cable and overhead lines – 11%;
- traffic lights – 9%;
- overvoltage protection elements – 8%;
- dashboards and controls – 3%.

In total, about 130,000 electric switches have been in operation on the Ukrainian railway network over the last decade. SP-6 (26%) and SP-6M (61%) drives are mainly used. The SP-2 (3), SP-12, SP-6K, VSP and LNG drives are also in operation.

Quantitative indicators of the efficiency of drives by type are shown in the diagram in Figure 1.4. This figure is the ratio of the number of failed devices to the total number of operated drives of this type.

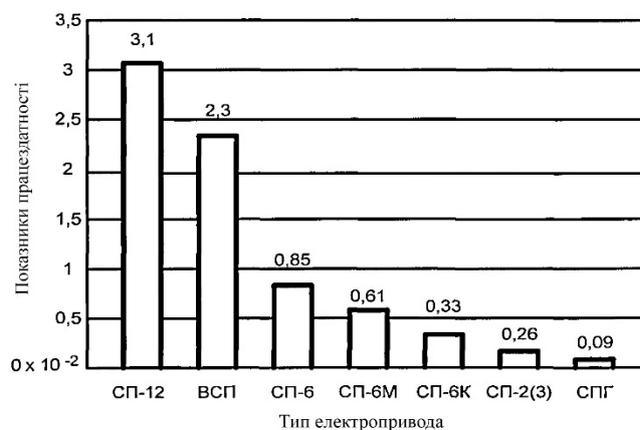


Figure 1.4 – Quantitative performance of drives by type

Failures on drive units are distributed in the following percentages of the total number of drive failures:

- failure of the auto-switch – 45%;
- refusal of crank contacts – 11%;
- failure of the friction clutch – 8%;
- failure in case of installation failure – 9%;
- failure of the electric motor of a direct current – 20%;

- failure of the electric motor of alternating current – 4%;
- failure of the gate and control lines – 6%.

Defective drive switch malfunctions occur for the following reasons:

- unresolved contacts – 57%;
- indication of contacts – 14%;
- fracture of springs – 12%;
- breakage of installation – 4%;
- fracture of contact pads – 3%;
- break of the control lever – 1%.

Poor regulation of the contact system is a consequence of failure to perform the work provided for in the technological card №14, including the use of templates and special devices for testing, as well as adjusting the distance between the springs of the contact pad.

Induction and icing of contacts is observed in drives SP-2, where there is no heating, and in SP-3, where heating is inefficient due to the remote location of heating resistors from the contact system. In addition, there are cases of untimely activation of the heating device.

DC motors fail for the following reasons:

- armature winding break – 31%;
- failure of the brush assembly – 27%;
- collector failure – 20%;
- malfunction of the stator winding – 10%;
- installation failure – 5%;
- rotor failure – 4%;
- Insulation failure – 3%.

The AC motor fails in the event of a break in the stator winding and in the event of a faulty insulation, most often due to a manufacturing defect.

Thus, the main direction of reducing the failure rate is the replacement of obsolete contact unit AP drive for contactless service, replacement of contact unit

(crank) on modern switches and replacement of brushes of DC motors with collectorless.

Some foreign electric drives use non-contact sensors to monitor the position of the slide, for example, in the Swedish EBI Switch 2000. Mainly used three-phase and single-phase AC motors, which significantly increases the reliability of the drive as a whole.

One of the most important failures that violate the safety of trains is the emergency situation of the arrow, in which the train, moving without authorization on the arrow, forcibly moves the arrows from the normal closed one extreme position to the opposite. Unforeseen events occur: deformation of the headset, elements drive, spikes and obtain erroneous control of the position of the arrow, which results in the rise of the mobile unit. There are currently no devices on the ultrasound network that are guaranteed to control the incision event.

1.3 Functional and installation diagrams of the switching device

NGN performs four main functions:

- transfer (operating mode), in which the EPS moves the sharps with a normalized force;
- control and locking (control mode), when the mechanical locking of the blades in the extreme position with an effort that eliminates their departure when passing the train, as well as electrical control of the tightness of the blade to the frame rail;
- protected from force (dynamic mode), when the EPS and its headset perceive the dynamic impact of the wheels of the rolling stock, while not disrupting the normal operation of the NGN;
- protection against erroneous control during cutting (emergency mode) of the arrow by rolling stock, as a result of which there is a failure and residual deformation of the NGN elements, excluding the control and operating mode.

EPS type SP-6, used on ultrasound, is installed on the turnout on the foundation squares (FC). The connection of EPS with spikes is provided by means of working (RT) and control rods (CT).

When moving on the arrow in a straight line at speeds above 160 km / h used EPS type SP-12U with an external switch type VZ-7 and, which has a wiring diagram similar to the drive SP-6.

In the domestic design of the NGN electric drive, its headset (SG) and frame rails are a single structure, in this regard, the foundation squares are attached to both frame rails.

This allows you to solve the following tasks:

- carry out the power transmission of EPS to move the arrowheads to a specified distance, regardless of the movement of the turnout drive relative to the axis of the path during operation, as well as to short circuit and control the arrowheads in extreme positions;

- to exclude deformation of elements of SG and EPS at deflections of turnout concerning a ground cloth which occur during train movement.

Thus, the layout of all nodes EPS and SG was determined by the idea of fixing the movement of the blades at a given distance relative to the rigidly connected structure – «EPS – SG – rails – sleepers».

In this regard, the basis of the SG is a framework of two FU attached to the frame rails (PP) at points 1, 2, 9, 10, and the longitudinal connecting strip (CCD), which is fixed at points 3 and 8 to the FU . Working (RT), between the spikes (MG) and control (CT) rods connect EPS with the spikes (O). EPS mounted on the FU at points 4, 5, 6, 17 closes and controls the sharps in the extreme position of the arrow.

This layout of the NGN provides a simple kinematic scheme of EPS and the concentration of its power and control units outside the rail track, which facilitates their maintenance.

Considering the modes of operation, functional and installation diagrams, we can conclude that the reliability of the NGN in operational conditions is determined

mainly by its ability to maintain its parameters in dynamic mode and in section, because in operating mode the device elements are much smaller.

The conducted researches allow to give the general estimation of the scheme of the device «electric drive – a set – a switch»:

- stresses arising in the nodes of attachment of the base triangles to the frame rails during the passage of the train many times greater than the strength of these nodes, in this regard, the role of FU as track stabilizers is insignificant, namely:

- at fastening of FU in four points at the moments of dynamic stresses the most probable preconditions for a rupture (deformation) of knots of fastening of SG are created, and also their wear increases;

- when widening the track there is a gap between the blade and the frame rail, the horizontal forces from the train wheel through the blade directed towards the frame rail and the force, choosing the gap, are applied to the mounting nodes, which is one of the main reasons for increasing backlash to move the sharps with a normal translation requires a force of only 2.5–3.5 kN);

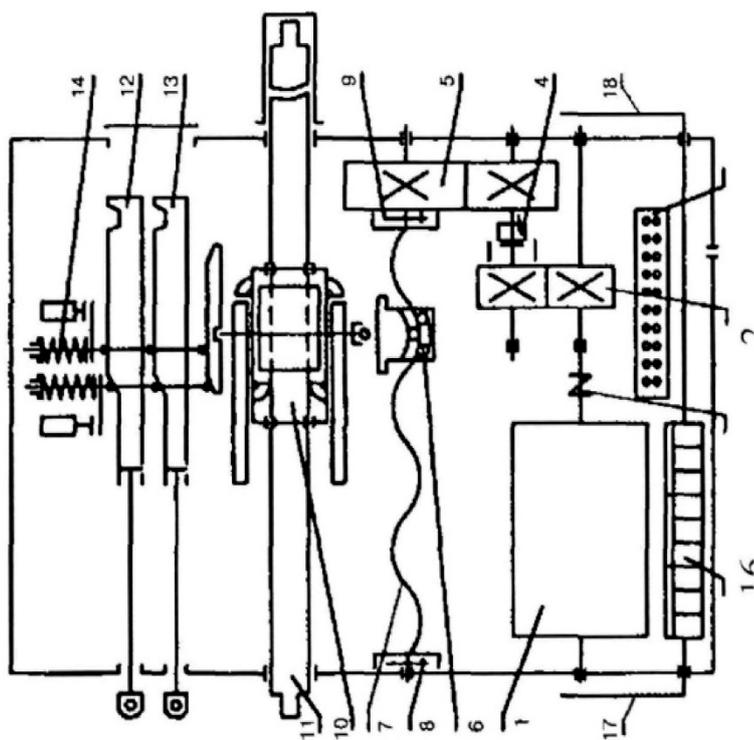
- due to the attachment of the FU to both frame rails at four points of widening or narrowing of the track in the area of the turnout does not cause a corresponding change in the relative distance between EPS and frame rails, therefore EPS control device is unable to respond to the gap between rail;

- the method of attaching the FU to the rails at four points does not allow to develop a control device located inside the EPS, objectively estimates the size of the gap «sharpener – frame rail», which is currently an important technical task;

- overvoltages in the FU mounting units deform the elements of the electrical insulation of the FU from the PP, which disrupts the operation of rail circuits.

Додаток Б

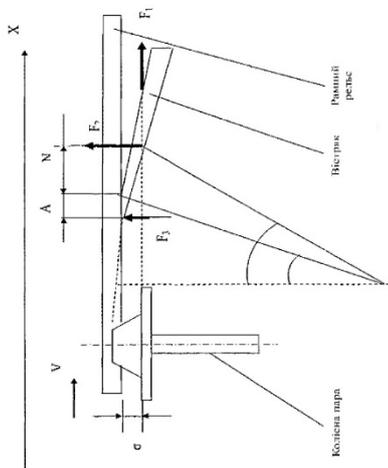
Існуюча кінематична схема електроприводу СПП



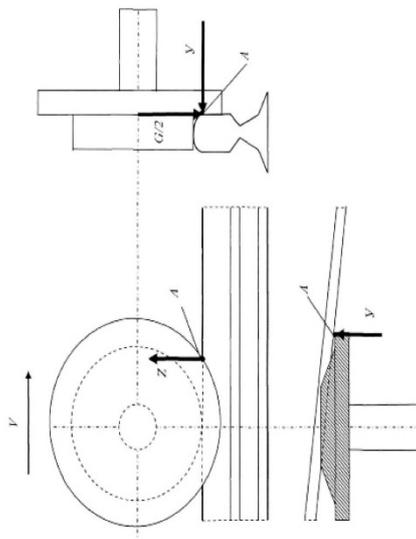
- 1 – електродвигун; 2 – кулачкова муфта; 3, 5 – двоступеневий редуктор;
 4 – металокерамічна муфта; 6, 7 – кулько-гвинтова пара (КГП);
 8, 9 – демпфуючі пристрої; 10 – механізм замикання; 11 – шибер;
 12, 13 – контрольні лінійки; 14 – автоперемикач; 15 – клемна колодка;
 16 – контакти безпеки; 17, 18 – курбельна заслінка

Додаток В

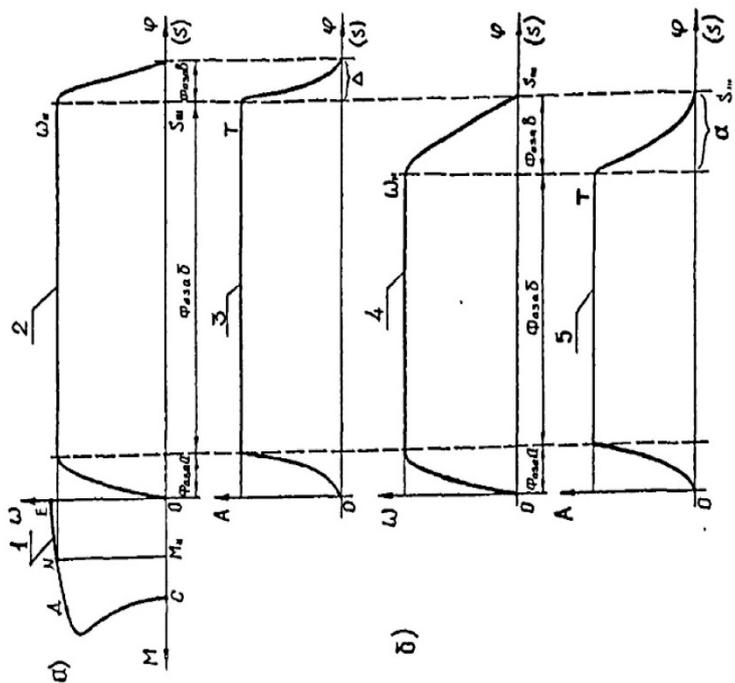
Дослідження впливу динамічних навантажень на електропривод СПП



Модель взаємодії колеса, гостряку і електроприводу



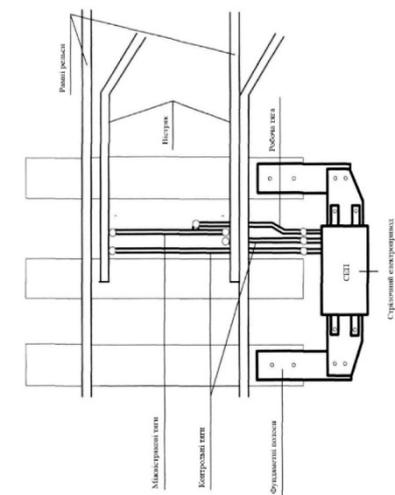
Модель взаємодії колеса і рамної рейки при видавлюванні колісної пари з колії



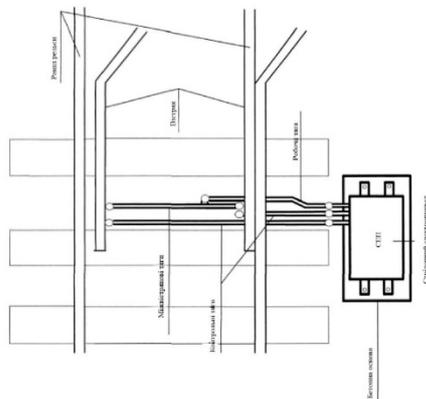
Енергетична діаграма переведення стрілок електромеханічними приводами типу СП (а) і ВСП (б)16 – контакти безпеки

Додаток Г

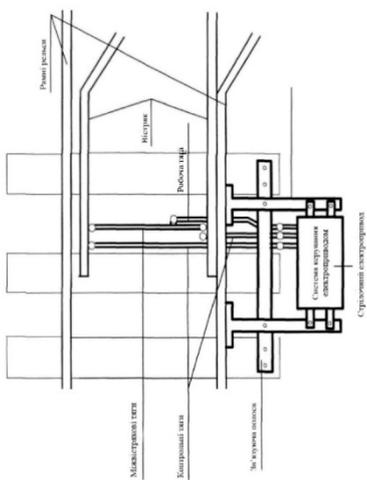
Методи зниження динамічних навантажень на електропривод СПП



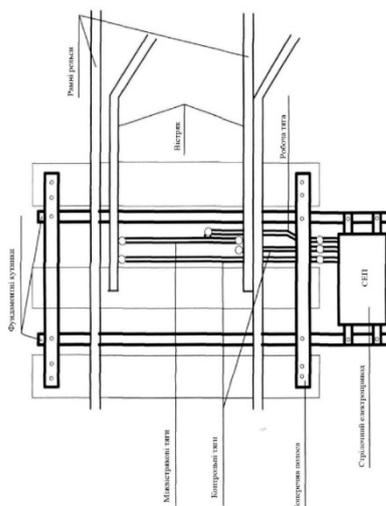
Кріплення приводу на шпалах за допомогою фундаментних смуг і лафета



Установка приводу поза колією на бетонній основі



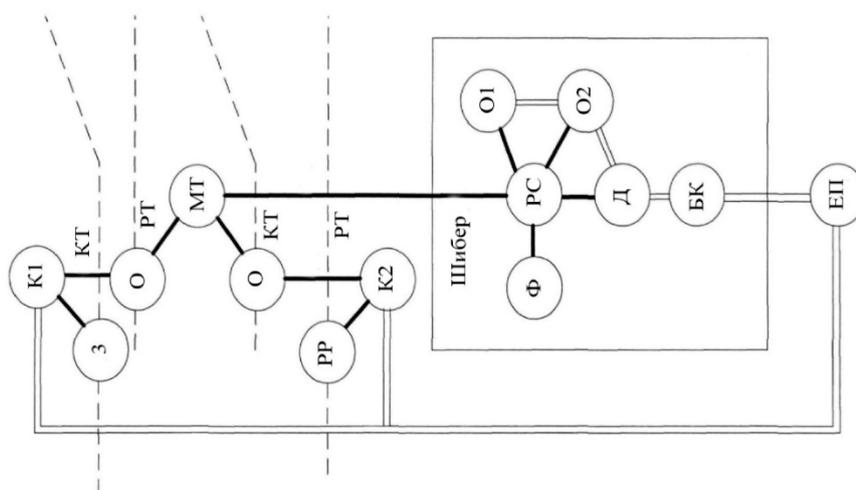
Установка приводу на коротких фасонних Т-образних фундаментних косинцях закріплених за одну рамну рейку і зв'язну



Кріплення типових фундаментних трикутників не за рамні рейки, а за зв'язкові смуги

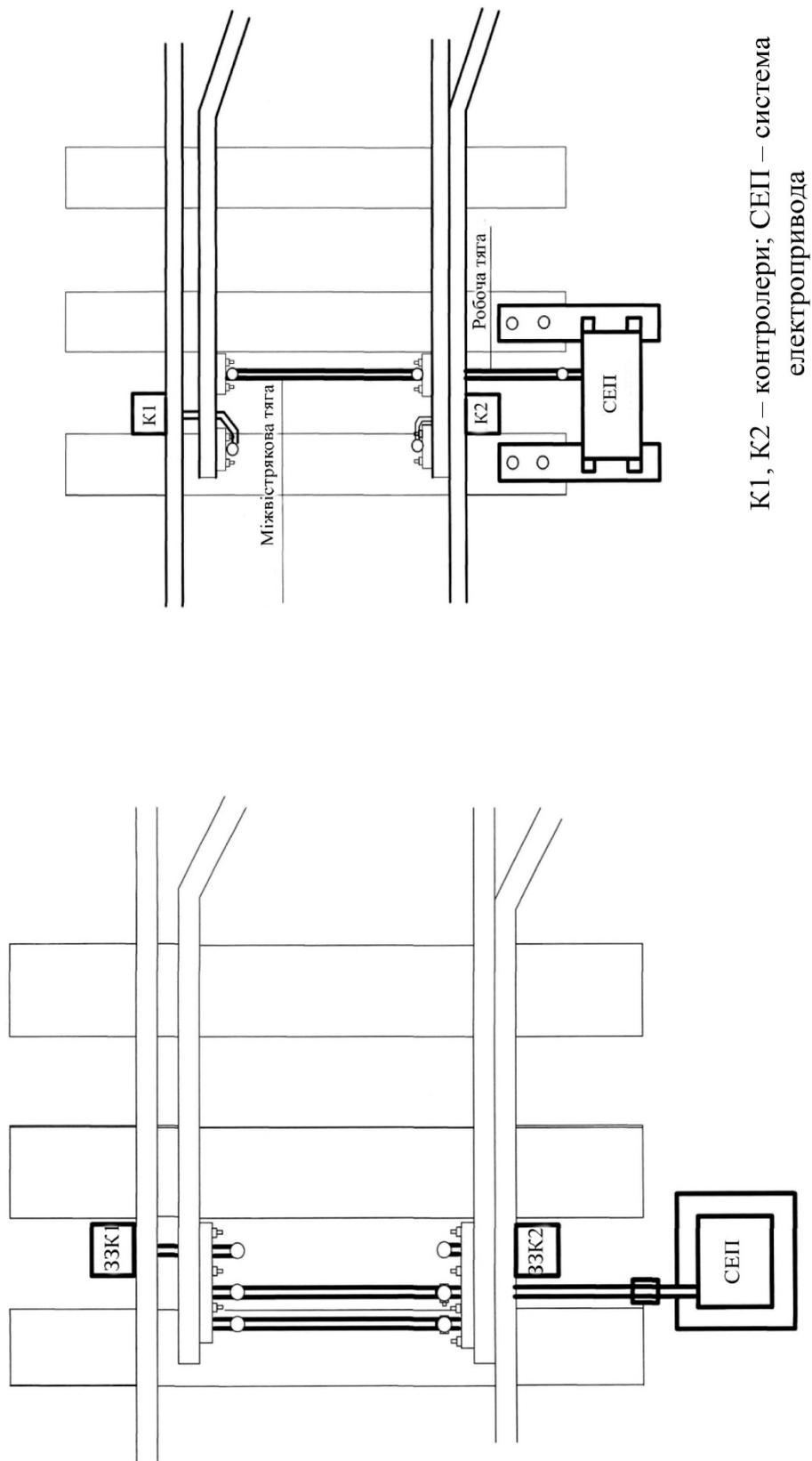
Додаток Г

Структурна схема розробленого СПП



K1, K2 – контролери на рельсах; O1, O2 – обмежувачі; Ф – фрикційна муфта; БК – захисний блок; Д – двигун; СЕП – система електропривода; КТ – контрольні тяги; РГ – рельсові тяги; МТ – міжвістрякові тяги; РС – редуктор самоблокування; ЕП – електропривод

Додаток Д
Функціональні схеми розробленого СПП

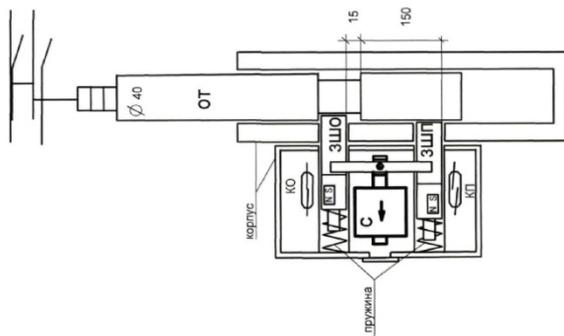


К1, К2 – контролери; СЕП – система електропривода

ЗЗК1, ЗЗК2 – зовнішні замикачі-контролери;
СЕП – система електропривода

Додаток Е

Функціональна схема зовнішнього замикача – контролера

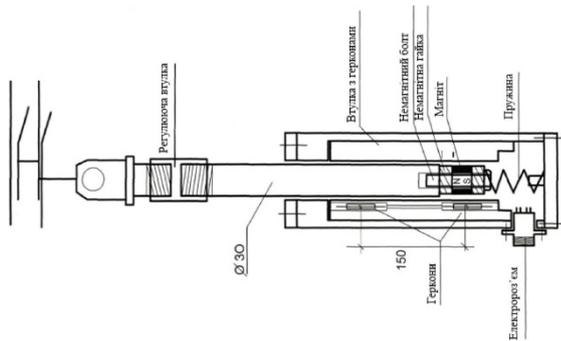


ЗЗК складається з:

- корпусу, який кріпиться до рамної рейки гак – болтами (як і зовнішній замикач ВЗ-7);
- тяги, яка з'єднує ЗЗК з вістряком.

У середині корпусу ЗЗК знаходяться:

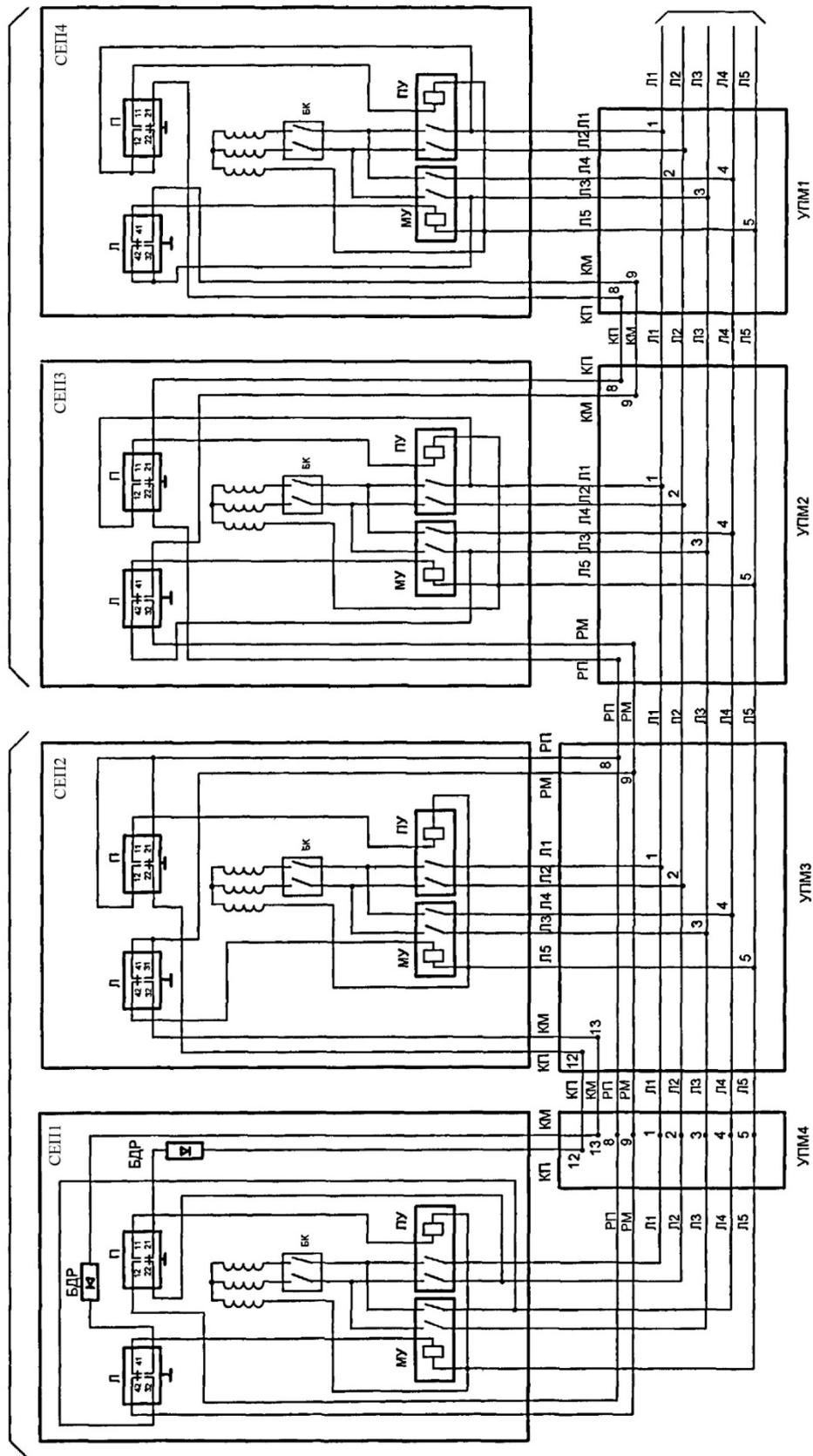
- соленоїд (СО), який управляє замикаючими ригелями;
- ригель притиснутого положення вістряку (РП);
- ригель відведеного положення вістряку (РВ);
- пружина РП;
- пружина РВ;
- постійний магніт, встановлений на РП;
- постійний магніт, встановлений на РВ;
- магнітокеруючий контакт контролю притиснення вістряку (КП);
- магнітокеруючий контакт контролю відведення вістряку (КВ);
- замикаюча тяга (ЗТ).



Пружина контролера прагне виштовхнути тягу (вивести в неконтрольоване положення) з контролера, чим забезпечується захист від отримання помилкового контролю при ймовірному обриві тяги від вістряку або при від'єднанні контролера для заміни або ремонту. На тій частині тяги, що знаходиться всередині контролера, встановлений постійний магніт, який взаємодіє з магнітокеруваними контактами (герконами). Один контакт включається, коли вістряк притиснутий, другий контакт включається, коли вістряк відведено від рамної рейки на нормативну відстань.

Додаток Ж

Алгоритм пошуку відмов для СПП



Додаток З

Таблиця техніко-економічних показників

Показники	Одиниці виміру	Значення		
		до модернізації	після модернізації	абсолютне відхилення
1. Капітальні витрати на модернізацію	грн.	х	31402,47	х
2. Річний фонд часу роботи	год.	5496,14	5626,48	-130,34
3. Річна експлуатаційна продуктивність	пер	49465,26	50638,32	-1173,06
4. Річні експлуатаційні витрати, усього:	грн.	316247,40	300160,17	+16087,23
у тому числі:				
витрати на оплату праці	грн.	274254,78	280758,68	-6503,90
витрати на ТО та ТР	грн.	17053,88	4083,40	+12970,48
витрати на електроенергію	грн.	24938,74	15318,09	+9620,65
5. Вартість однієї машино-години роботи	грн./год.	57,54	53,35	+4,19
6. Вартість технологічної операції	грн./ пер	6,39	5,93	+0,46
7. Річний економічний ефект	грн.	х	23293,63	х
8. Строк окупності капітальних вкладень	років	х	1,35	х