

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

## Пояснювальна записка

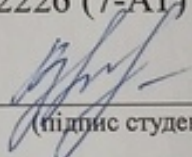
до кваліфікаційної роботи  
на здобуття освітнього ступеня магістр

на тему: Дослідження роботи стрілочного електроприводу постійного струму

за освітньою програмою «Автоматика та автоматизація на транспорті»

зі спеціальності: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Виконав: студент групи АТ2226 (7-АТ)


  
\_\_\_\_\_/ Володимир ПРОКОПЮК /  
(підпис студента)

Керівник: доцент кафедри АТ

  
\_\_\_\_\_/ Тетяна СЕРДЮК /  
(підпис керівника)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень  
з праць інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент

  
\_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Дніпро – 2024 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine**  
**Ukrainian State University of Science and Technology**  
**Faculty of Computer Technologies and Systems**  
**Department of Automation and Telecommunication**

**Explanatory Note**

to Master's Thesis

master

(higher education degree)

on the topic: Research of the operation of a direct current switch-point drive according to educational curriculum «Automatic machinery and automation in transport industry»

in the Specialty: 151 Automation and computer-integrated technologies

Done by the student of the group: AT2226 (7-AT)

/ Volodymyr PROKOPIUK/

Scientific Supervisor: Associate Professor

/ Tetiana SERDIUK /

**Dnipro – 2024**

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

Факультет: Комп'ютерних технологій і систем  
Кафедра: Автоматика та телекомунікації  
Рівень вищої освіти: Магістр  
Освітня програма: Автоматика та автоматизація на транспорті  
Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри АТ

Володимир ГАВРИЛЮК

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу магістра  
(ступінь вищої освіти)

студенту Прокопюк, Володимир Васильович  
(Прізвище, Ім'я По батькові)

**1. Тема роботи:** Дослідження роботи стрілочного електроприводу постійного струму

Керівник роботи: Сердюк Тетяна Миколаївна, к.т.н., доцент  
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від " 18 " 01 2023 р. № 18 ст

**2. Строк подання студентом роботи:** 15.12.2023 р.

**3. Вихідні дані до роботи:** Двигуни стрілочного електроприводу типу МСП-0,15; 0,25; стрілочний привод СПГБ-4; СП-6

**4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):**

4.1 Аналітична частина: Аналіз існуючих типів стрілочних приводів постійного струму і шляхів їх модернізації

4.2 Основна частина: 1) Методика контролю функціонування стрілок гіркової централізації; 2) Рівняння руху стрілочного електроприводу

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):** 1) Класифікація стрілочних електроприводів;

2) Схема пристрою діагностування гіркових стрілочних електроприводів постійного струму; 3) Кінематична схема стрілочного електроприводу

4) Дистанційна діагностика стану механічної частини стрілочного переводу

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Аналітична частина			
Основна частина			

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ (Актуальність. Мета роботи. Методи дослідження. Практична значення отриманих результатів)	15.09.2023	10%
2	Розділ 1. Аналіз існуючих типів стрілочних приводів постійного струму і шляхів їх модернізації	01.10.2023	20%
3	Розділ 2. Методика контролю функціонування стрілок гіркової централізації	05.11.2023	25%
4	Розділ 3. Рівняння руху стрілочного електроприводу	15.12.2023	25%
5	Висновки	15.12.2023	20%
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.12.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії		

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Володимир ПРОКОПЮК

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Тетяна СЕРДЮК

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

**Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:**

71 сторінок, 18 рисунок, 2 таблиць, 13 джерел літератури.

**Об'єкт розробки** – гірковий і станційний стрілочні привода постійного струму.

**Мета роботи** – визначити шляхи модернізації і дослідження роботи стрілочних приводів постійного струму.

**Методи дослідження** – закони електротехніки і електродинаміки, теорія електричних кіл і ліній.

У першому розділі проаналізовано існуючі типи стрілочних приводів і шляхи їх модернізації.

У другому розділі розкрито методику контролю функціонування станційного і гіркового стрілочних електроприводів постійного струму. Розроблено схему пристрою діагностування й методику досліджень функціонування електропривода.

В третьому розділі розроблена математичні моделі руху стрілочного електроприводу постійного струму для дослідження функціонування його механічної частини.

**Висновок.** У результаті досліджень розроблена методики дослідження функціонування механічної і електричної частин станційного і гіркового стрілочних приводів постійного струму.

**Ключові слова:** СТРІЛОЧНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД, РІВНЯННЯ РУХУ, КІНЕМАТИЧНА СХЕМА, НЕСПРАВНОСТІ, ОПІР ІЗОЛЯЦІЇ.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....		<b>7</b>
<b>1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТИПІВ СТІЛОЧНИХ ПРИВОДІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ І ШЛЯХІВ ЇХ МОДЕРНІЗАЦІЇ</b> .....		<b>11</b>
1.1 Класифікація стрілочних електроприводів.....		11
1.2 Стрілочний привод типу СП .....		12
1.3 Гіркові стрілочні привода постійного струму .....		14
1.4 Критичний аналіз шляхів модернізації стрілочних електроприводів постійного струму .....		28
1.5 Висновки за розділом .....		31
<b>2 МЕТОДИКА КОНТРОЛЬ СТІЛОК ГІРКОВОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ</b> .....		<b>32</b>
2.1 Схема пристрою діагностування гіркових стрілочних електроприводів постійного струму .....		32
2.2 Схема управління гірковим стрілочним електроприводом .....		37
2.3. Схема управління станційним стрілочним приводом.....		42
2.4 Методика проведення досліджень функціонування станційного стрілочного приводу .....		47
2.4.1. Перевод стрілки в крайнє положення ("плюс" - "мінус").....		45
2.4.2. Робота двигуна на фрікцію.....		48
2.4.3. Автоповернення стрілки.....		50
2.4.4.Перевірка спрацьовування реле технічної діагностики.....		50
2.5. Висновки за розділом.....		51
<b>3 РІВНЯННЯ РУХУ СТІЛОЧНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА</b> .....		<b>52</b>
3.1 Одномасова схема стрілочного електропривода .....		52
3.2 Спосіб дистанційної діагностики стану механічної частини станційного стрілочного переводу з електроприводом постійного струму .....		55
3.3. Висновки за розділом.....		67
<b>ВИСНОВКИ</b> .....		<b>68</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b> .....		<b>70</b>

## ВСТУП

Актуальність. Зараз стрілочні електроприводи серії СП морально і технічно застаріли, назріла необхідність у створенні електроприводу нового покоління. Однак оновити весь парк за короткий період часу не представляється можливим. В цьому зв'язку необхідно провести модернізацію, добиваючись зниження витрат на зміст стрілочних електроприводів, паралельно підвищуючи надійність і збільшуючи ресурс. При цьому модернізація повинна бути проведена силами дистанцій сигналізації зв'язку.

Основним функціональним елементом стрілкового електроприводу, що визначає ефективність його функціонування, є електродвигун. Сьогодні в стрілочних електроприводах застосовуються колекторні двигуни постійного струму типу МСП і асинхронні електродвигуни типу МСТ. Загальними недоліками всіх застосовуваних сьогодні двигунів для стрілочних електроприводів є необхідність наявності фрикційної муфти, яку необхідно періодично регулювати і мають малий ресурс роботи. Отже, магістерська робота спрямована на дослідження стрілочних приводів постійного струму з метою виявлення шляхів їх модернізації, є актуальною і своєчасною.

Мета роботи – наукове дослідження роботи стрілочних приводів постійного струму.

Мета роботи – наукове дослідження та творча інноваційна діяльність у галузі аналізу та синтезу систем автоматизації, завдяки модифікації наявних або розробки нових засобів та алгоритмів для виконання конкретної задачі виробництва.

Завдання: дослідження методів діагностування станційних і гіркових стрілочних електроприводів постійного струму.

Практична значимість – описані методи дослідження застосовуються для здійснення аналізу й роботи стрілочних приводів постійного струму і модернізації існуючої моделі стрілочного електроприводу.

Елементи роботи подаються як приклад в дисциплінах «Електричні кола і лінії залізничної автоматики і зв'язку», «Електроживлення систем автоматики», «Станційні системи автоматики».

# 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТИПІВ СТРІЛОЧНИХ ПРИВОДІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ І ШЛЯХІВ ЇХ МОДЕРНІЗАЦІЇ

## 1.1. Класифікація стрілочних електроприводів

Стрільні приводи виконують три основні функції:

- переведення;
- замикання;
- контроль за положенням централізованих стрілок.

Приводи та стрілочні замикачі стрілок, згідно з вимогами ПТЕ, повинні забезпечувати:

- повне прилягання притисненого дотепника до рамної рейки та рухомого сердечника хрестовини до усовика при крайніх положеннях стрілок;
- неможливість замикання дотепників стрілки або рухомого сердечника при зазорі більше 4 мм між притиснутим дотепником і рамною рейкою або рухомим сердечником і усовиком;
- відведення на відстань не менше 125 мм не притисненого дотепника від рамної рейки;
- повернення стрілки із середнього становища у вихідне за неможливості переведення стрілки;
- можливість переведення стрілки вручну без використання електроприводу;
- повне знеструмлення електроприводу при виконанні ремонтних робіт та профілактичному огляді або при ручному переведенні стрілки;
- захист від перевантаження при попаданні сторонніх предметів між дотепником і рамною рейкою.

Приводи класифікуються за такими категоріями.

- За видом споживаної енергії
  - електрогідравлічні;
  - електропневматичні;

- електромеханічні;
- електромагнітні.

Робота електропневматичних та електрогідравлічних приводів заснована на перетворенні стиснутого повітря або рідини на механічну роботу. Контроль за положенням стрілки здійснюється за допомогою електричних контактів. Через складність в обслуговуванні ці приводи не знайшли широкого застосування.

Електромеханічні та електромагнітні приводи засновані на застосування електричної енергії. Для цього в електромеханічних використовується електродвигун, в електромагнітних - соленоїд. Через дорожнечу та складність в експлуатації останні застосовуються для трамвайних стрілок.

На залізничному транспорті переважно застосовують електромеханічні приводи постійного та змінного струму.

- За родом електроживлення:
  - постійного струму (робоча напруга від 30 до 160 В);
  - змінного струму (трифазна робоча напруга 190 В).
- За способом замикання дотепників у крайніх положеннях:
  - внутрішній замикач (не гарантує фактичного замикання дотепників, вимагає постійної перевірки);
  - зовнішній замикач (складна технічна реалізація).
- По фіксації зрізу:
  - взрізний;
  - невзрізний.

В електроприводі встановлюється спеціальний пристрій, що оберігає механічну частину стрілки від пошкодження. Недоліками є громіздкість, складність експлуатації, низька надійність. Тому на залізницях України застосовуються невзрізні електроприводи. Шляхом маршрутизації всіх пересувань знижується можливість взрізу стрілок на станції.

- За часом дії:

- нормальнодіючі (час переключення 3-5 секунди);
- швидкодіючі (час переключення менше 1 секунди);
- повільнодіючі (понад 10 секунд).

Швидкодіючі електроприводи використовуються на сортувальних гірках, де потрібна висока швидкість переключення стрілок перед відчепами, що рухаються, при розпуску складів. Висока швидкість досягається, по-перше, зміною конструкції, по-друге, застосуванням вищої напруги. В інших випадках застосовуються нормальнодіючі стрілочні електроприводи.

- За видом комутації:

- контактні;
- безконтактні.

На станціях зазвичай застосовуються контактні автоперемикачі, - незважаючи на те, що вони менш надійні, піддаються механічному зносу, зледеніють і индевеют при низьких температурах. Безконтактні перемикачі в основному застосовуються на сортувальних гірках, тому що у них немає контактів, що стираються і, як наслідок, більш високий запас спрацьовувань.

На Укрзалізниці застосовуються стрілочні електроприводи СП-6, СП-12, ВСП-150. На сортувальних гірках поширення набули безконтактні електроприводи СПГ-3М та СПГБ-4М, час яких становить 0,5...0,6 с, що забезпечує високий темп розформування складів.

Блок-схему класифікації стрілочних електроприводів типу дано на рис.1.1 [1].

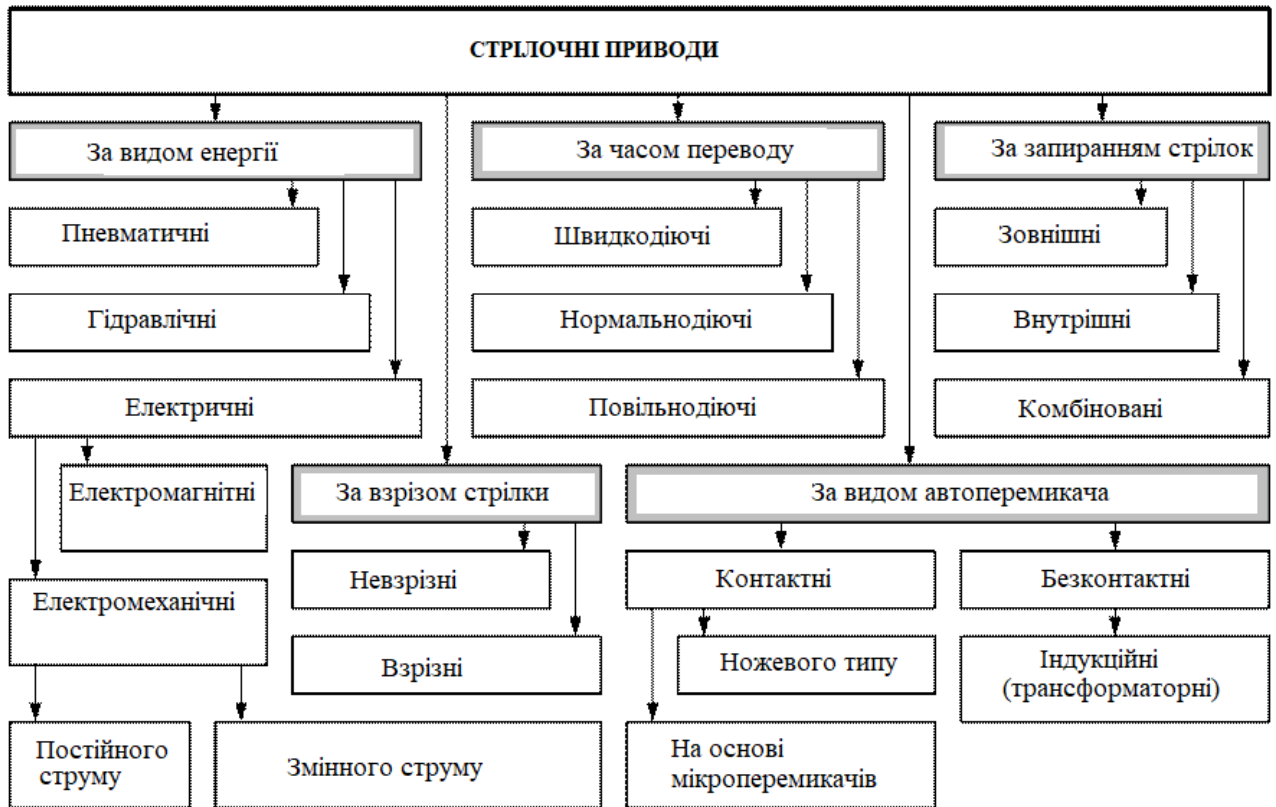


Рисунок 1.1 – Класифікація стрілочних електроприводів

## 1.2. Стрілочний привод типу СП

Розглянемо пристрій стрілочного електроприводу СП-6 представлений на рис. 1.2. Електропривод СП-6 укладено у металевий корпус. У корпусі є два отвори, нормально закриті курбельною заслінкою 1. Один отвір необхідний для ключа, для відкриття корпусу, другий використовується для курбельної рукоятки при переведенні стрілки вручну. При опусканні заслінки розмикаються контакти живлення двигуна, і стрілкою неможливо керувати з поста диспетчером ДСП. Електродвигун 2 призначений для перетворення електричної енергії на механічну. Електродвигун передає механічну енергію на редуктор 3 з фрикційною муфтою 4. Редуктор необхідний перетворення обертаючого моменту. Загальна передавальна кількість редуктора 70,5. Фрикційна муфта необхідна захисту електродвигуна від перегріву при неможливості переведення гостряків.

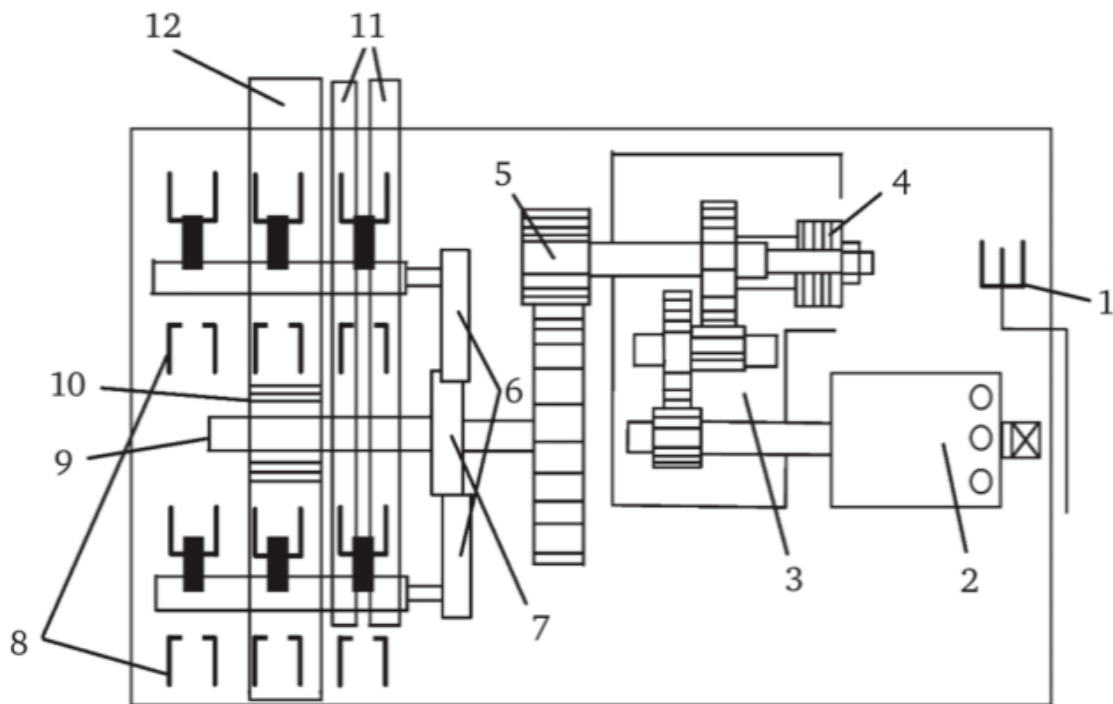


Рисунок 1.2 – Структурна схема стрілочного електроприводу типу СП

Редуктор через шестерню 5 з'єднується з головним валом 9, який через шиберну шестерню 10 перетворює обертальний рух головного валу на поступальний рух шибера 12 і гостряків стрілки. Контрольні лінійки 11 з'єднані з відповідними індикаторами, через що контрольні контакти можуть замкнутися тільки при повному переведенні гостряків стрілки.

При переведенні стрілки спочатку розмикаються контрольні контакти автоперемикача 8 через систему шестерень 6 і 7. Після того, як контрольні лінійки зайняли необхідне положення, відбуваються перемикання робочих контактів та розривання ланцюга живлення електродвигуна.

Замикання шибера здійснюється за допомогою широкого зуба на шиберній шестірні.

### 1.3. Гіркові стрілочні привода постійного струму

На сортувальних гірках й у маневрових районах станції магістрального й промислового залізничного транспорту застосовують швидкодіючі електроприводи типу СПГБ-4 і СПГБ-4М с електродвигунами типу МСП-0,25 на напругу 100 В на гірках і МСП-0,25 160 В в маневрових районах станцій. Електроприводи типів СПГБ-4 і СПГБ-4М відносяться до електромеханічних приводів із внутрішнім запиранням. Вони є швидкодіючими, невзрізними, безконтактним.

Раніше на сортувальних гірках застосовували швидкодіючі приводи типу СЕП -55 і СПГ-2. Привід типу СЕП-55 електропневматичний, розрізний, із зовнішнім шарнірно – завзятим замикачем забезпечував переклад гіркових стрілок за 0,5 - 0,6 с із зусиллям до 1000 Н при тиску повітря в робочому циліндрі 0,49 - 0,59 МПа.

Досвід експлуатації показав, що при великій кількості переводів стрілки герметичне ущільнення приводу швидко зношуються, а витік повітря перешкоджає нормальній роботі.

Серйозними недоліками цих приводів були зовнішнє запирання, з - за чого часто заклинювався замикач, непомірний динамічний вплив на стрілку й інше. Тому привід типу СЕП - 55 був замінений електромеханічним приводом типу СПГ - 2, що мав внутрішнє запирання.

Електропривод типу СПГБ відрізняється від СПГ - 2 тільки меншим передаточним числом ( 35 замість 43 ), за рахунок чого була збільшена його швидкодія [10].

Основні характеристики СПГБ-4: максимальне тягове зусилля 2000 Н, час перекладу стрілки 0,5-0,6 с ( на гірках ), 1- 1,2 с ( у маневрових районах), хід шибера 154 мм, призначений ресурс 10000000 спрацьовувань, електроживлення двигуна здійснюється постійним струмом при напрузі 200-220 В. Привід має можливість бути встановленим з лівої або правої сторін стрілки. Висока

швидкодія електроприводів типів СПГБ-4 і СПГБ-4М на гірках досягається поєднанням максимального управляючого впливу по напрузі з передаточним числом редуктора, близьким до оптимального. Час перевodu стрілки в маневровому районі регулюють зміною напруги на затисках електродвигуна.

Метою дипломного проекту є розробка лабораторного стенду для дослідження роботи стрілочного електропривода з безконтактним автоперемикачем з можливістю зняття осцилограм, що характеризують роботу двигуна стрілочного електропривода. За допомогою цього стенда студенти та обслуговуючий персонал дистанції сигналізації та зв'язку зможуть вивчати призначення основних вузлів гіркового приводу типу СПГБ, дослідити його роботу, вивчити принцип дії безконтактних датчиків автоперемикача, зняти основні електромеханічні характеристики датчиків і самого приводу та визначити за знятими осцилограмами несправності в роботі двигунів.

Електропривод типу СПГБ-4 відноситься до електромеханічних приводів із внутрішнім запиранням. Він є швидкодіючим невзрізним безконтактним.

Основні характеристики СПГБ-4:

- максимальне тягове зусилля 2000 Н, час перевodu стрілки 0.5 - 0.6 с (на гірках), 1 - 1.2 с (у маневрових районах),
- хід шибера  $154 \pm 2$  мм, призначений ресурс 1000000 спрацьовувань, електроживлення двигуна постійним струмом при напругах 200 - 220 В,
- габаритні розміри 790x955x255 мм,
- маса не більше 180 кг, установка з лівої або правої сторін стрілки [10].

Висока швидкодія електропривода на гірках досягається сполученням максимального керуючого впливу по напрузі з передаточним числом редуктора, близьким до оптимального. Час перевodu стрілки в маневровому районі регулюють зміною напруги на затисках електродвигуна. Електропривод типу СПГБ-4 відрізняється від інших приводів конструкцією автоперемикача, у

якому замість контактної системи передбачені безконтактні датчики. Стрілочний гірковий електропривод наведено на рис. 1.3.

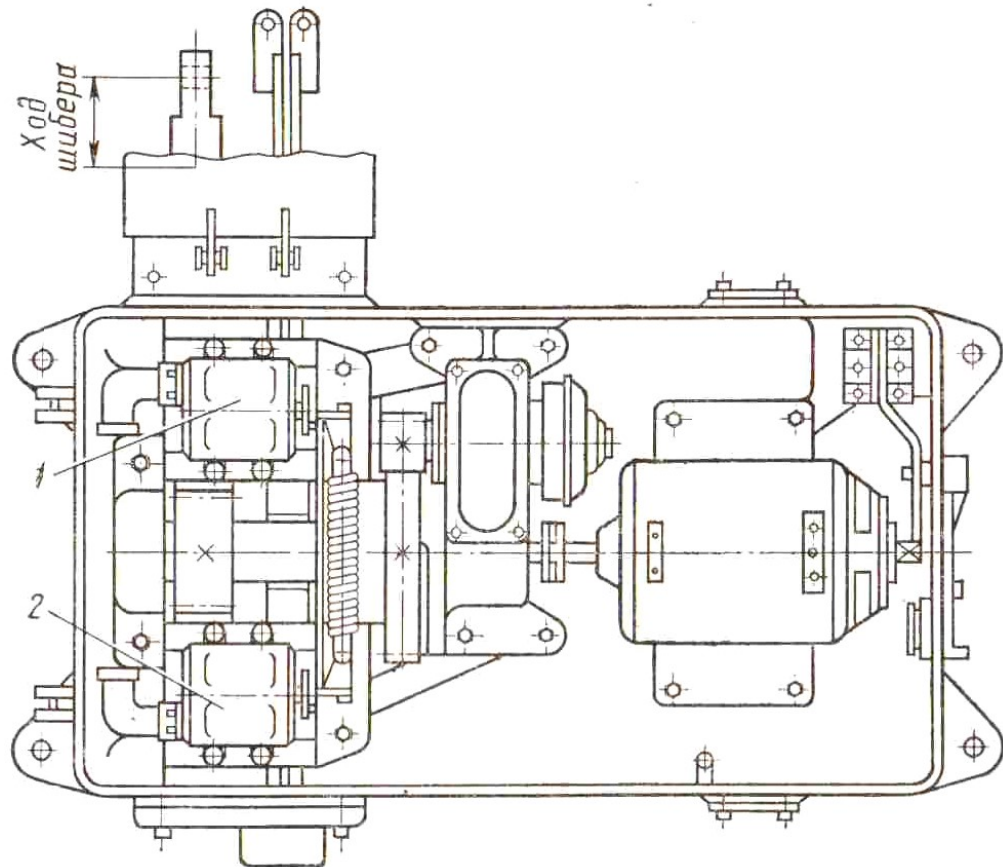


Рисунок 1.3 – Безконтактний стрілочний електропривод типу СПГБ

Конструкція електропривода складається із таких основних блоків: електродвигуна; редуктора із фрикціоном; автоперемикача; пристроїв обігріву й освітлення. Раціональне розташування елементів приводу в блоки дозволило знизити число останніх звести тільки до трьох, що досить важливо, зокрема, при огляді надольних пристроїв та виконанні певних умов експлуатації стрілочних електроприводів. Електродвигун з'єднаний з редуктором зрівняльною муфтою, а редуктор з автоперемикачем й шиберам - через зубчасті зачеплення. Крім шибера, у корпусі є контрольні лінійки. У порівнянні зі СП електроприводи типів СПГБ-4 і СПГБ-4М мають менше передаточне число, досягнуте зміною числа зубів шестірень в 1 каскаді

редуктора. Процес спрацьовування електроприводів типу СПГБ при застосуванні його в пристроях гіркової автоматичної централізації (ГАЦ) має три характерних етапи: максимальне керування від моменту включення електродвигуна до моменту замикання стрілки; відсічення руху стрілки; механічне гальмування обертових мас електропривода. Максимальне керування електроприводом здійснюється по напрузі (200-220 В), що подається на електродвигун. Функція відсічення руху наприкінці спрацьовування виконується обмежником повороту, виконаним як одна деталь із колесом й упором, запресованим у дно корпусу електропривода й закріпленим у ньому. Таким чином, кінетична енергія, запасена швидкодіючими масами в процесі спрацьовування, не передається головному валу. Останній має обмежник повороту, що обмежує поворот головного вала й тим самим передачу запасеної кінетичної енергії, і далі стрілці. Отже, наприкінці спрацьовування електропривода елементи стрілочного переводу будуть піддаватися впливу кінетичної енергії, запасеною самою стрілкою, її гарнітурою й шибером. Ця енергія становить незначну частину кінетичної енергії, запасеної частинами, що рухаються, електропривода й стрілки.

Обертові маси електропривода гальмуються фрикціоном - гальмом, потужність якого достатня, щоб тривалість механічного гальмування не перевищувала паузи перекладами стрілки при розпуску складу. При спрацьовуванні частини електропривода СПГБ взаємодіють точно так само, як в електропривода СП відрізняючись дією автоперемикача.

Електропривод типу СПГБ-4 у порівнянні з стрілочним приводом СП, що встановлюється на станціях має менше передаточне число, досягнуте зміною числа зубів шестірень в I каскаді редуктора.

Безконтактний автоперемикач складається із чавунної підстави, на якому встановлені лівий і правий датчики, контрольні й перемикаючі важелі.

Контрольний важіль являє собою оброблений виліток зі сталі, що має Т - подібну форму й обертову на осі. Нижня частина важеля виконана у формі зуба, що западає у вирізи на контрольних лінійках, а верхня закінчується ролик, що перебуває в пазу повідця. Крім того, на контрольному важелі є ролик, що перебуває у вилкоподібній частині перемикаючого важеля. Під дією пружин, що стягають перемикаючі важелі, повідця лівого датчика займає контрольне положення ДО, а повідець правого датчика - початкове положення П. Після переключення електропривода повідець лівого датчика займе початкове положення П, а повідець правого датчика контрольне - К. При розриві електропривода під дією контрольних лінійок й один з контрольних важелів і повідець правого або лівого датчиків займуть середнє (вертикальне) положення В. Положення стрілки контролюється зубами контрольних важелів, що входять у вирізи контрольних лінійок після запирання шибера, що перевіряється западанням голівок перемикаючих важелів у вирізи шайби головного вала. Для зниження ударних навантажень при перемиканнях механізму на осі передбачені пружини, що амортизують, крутіння, що протидіють повороту контрольних важелів убік головного вала.

Безконтактний автоперемикач діє при переключенні стрілки в такий спосіб. Електродвигун приводу через редуктор із фрикціоном обертає зубчасте колесо, вільно насаджене на головний вал. Після повороту колеса на 46 градусів між його виступом і головним валом створюється тверде зачеплення. У процесі цього повороту через ролик колесо впливає на перемикаючий важіль і виводить його голівку з вирізу шайби головного вала. Перемикаючий важіль ролик повертає контрольний важіль й одночасно повідець ротор - сектора лівого датчика. Ротор - сектор з положення контролю ДО переходить у початкове положення П, вихідна напруга датчика при цьому зменшується й контрольне реле на пості централізації вимикається. Потім колесо й головний вал обертаються

спільно, забезпечуючи відмикання, перевід і замикання стрілки. Наприкінці переводу стрілки пружини автоперемикача впливають через перемикаючі й контрольний важелі на повідця ротор - сектора правого датчика, що переходить із початкового положення П у положення контролю К. За рахунок цього вихідна напруга зростає, впливаючи на комутатор схеми керування, що виключає електродвигун приводу. Процес спрацьовування електропривода на цьому закінчується.

При взрзі стрілки контрольні лінійки, переміщувані гостряками, повертають контрольний важіль і повідець лівого датчика в середнє положення. У результаті цього вихідна напруга зменшується, що приводить до вимикання контрольного реле на пості й включенню дзвінка розрзу.

Безконтактний автоперемикач живиться номінальною напругою 24 В змінного струму частотою 50 Гц. Як навантаження датчика застосовують реле першого класу типу НМ1 - 7000, включене через випрямний міст.

Датчик положення стрілки (рис.1.4) складається з корпусу, у якому розташовані статор з котушками, повідець із ротор - сектором. Корпус закритий передньою й задньою кришками. Корпус відливають із сірого чавуну. У нижній частині корпусу є лапки для кріплення його на підставі автоперемикача. На торцевих сторонах корпусу розташовано по чотирьох різьбових отвору для кріплення передньої й задньої кришок. Внутрішня поверхня корпусу являє собою циліндр, у якому передбачені кільцеві проточки, у які встановлюють пружинні кільця, що запобігають осьове переміщення статора. Радіальне переміщення статора виключається стопорним гвинтом.

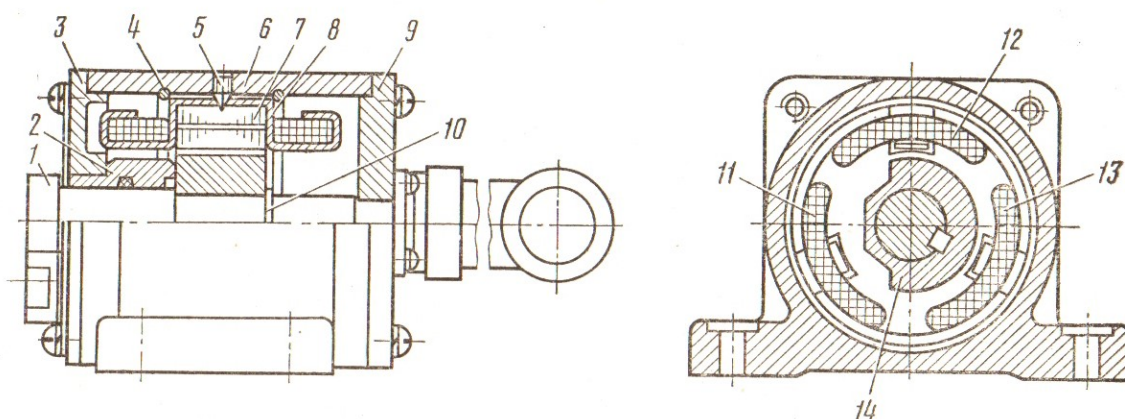


Рисунок 1.4 – Безконтактний датчик автоперемикача

Датчик положення стрілки складається з корпусу 6, у якому розташовано статор 7 з котушками 11, 12, 13, повідець 1 з ротор - сектором 14. Корпус закритий передньої 3 і задньої 9 кришками . Корпус 6 датчика відливають із сірого чавуну. У нижній частині корпусу є лапки для кріплення його на підставі автоперемикача. На торцевих сторонах корпусу розташовано по 4 різьбові отвори для кріплення передньої й задньої кришок. Внутрішня поверхня корпусу являє собою циліндр, у якому передбачені 2 кільцеві проточки, в які встановлюються пружинні кільця 4, що запобігають осьовому переміщенню статора 7. Радіальне переміщення статора виключається стопорним гвинтом 5, Триполюсний статор 7 зібраний з 50 листів електротехнічної сталі товщиною 0,5 мм, скріплених заклепками. На зовнішній поверхні статора проти кожного полюса є паз для проходу скоби 8, що утримує котушку. Ротор - сектор 14, обертаючись, здійснює магнітну комутацію полюсів статора, що накладає жорсткі вимоги на повітряний зазор між ним і полюсами. Роторна конструкція дозволила забезпечити серійне виробництво датчиків з мінімальними й приблизно однаковими повітряними зазорами, що гарантує стабільність їхніх характеристик. Ротор - сектор виготовляють зі сталі Армко. Ротор - сектор повертає повідець 1, з віссю якого він жорстко з'єднаний шпонкою і заклепаний від осьового зсуву плоским стопорним кільцем 10. Вісь повідця 1 обертається в

підшипниках ковзання: 2 - із бронзи, запресованому в передню кришку 3, і із чавуну в задній кришці 9. У бронзовому підшипнику є сальник, просочений мінеральним маслом.

На полюсах статора розміщені живильна 13 і допоміжна 11 котушки, на які подається напруга живлення; сигнальна котушка 12, з якого знімається вихідна напруга.

Триполюсний статор зібраний з 50 листів електротехнічної сталі товщиною 0,5 мм, скріплених заклепками. На зовнішній поверхні статора проти кожного полюса є паз для проходу скоби, що втримує котушку. Ротор - сектор обертаючись здійснює магнітну комутацію полюсів статора, що накладає тверді вимоги на повітряний зазор між ним і полюсами. Роторна конструкція дозволила забезпечити серійне виробництво датчиків з мінімальним і приблизно однаковим повітряним зазором, що гарантує стабільність їхніх характеристик.

Ротор - сектор виготовляють зі електротехнічною сталі. Він повертає повідець, з віссю якого він жорстко з'єднаний і закріплений плоским стопорним кільцем для осьового зсуву. Вісь повідця обертається в підшипниках ковзання із бронзи, запресованій в передню кришку, і із чавуну в задній кришці. У бронзовому підшипнику є сальник, просочений мінеральним маслом.

На полюсах статора розміщені живильна й допоміжна котушки, на які подається напруга живлення; сигнальна котушка, з якого знімається вихідна напруга. Електрична схема з'єднань датчика передбачає послідовно - зустрічне включення живильної й допоміжної котушок (рис.1.5). Датчик з'єднується з колами штепсельним розніманням.

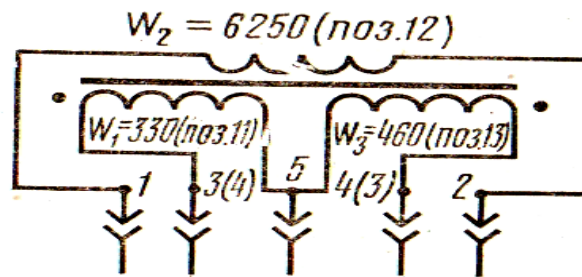


Рисунок 1.5 – Електрична схема з'єднань котушок безконтактного датчика

Датчики безконтактного автоперемикача мають заводське маркування: ДБП - датчик безконтактний правий; ДБЛ - датчик безконтактний лівий. Якщо дивитися з боку пружин, датчик ДБП - буде розташований на підставі праворуч, а ДБЛ - ліворуч. Конструктивно правий і лівий датчики розрізняються розташуванням живильної й допоміжної котушок на полюсах, ротор - сектора на осі повідця й штепсельного рознімання на задній кришці датчика. Датчики в зібраному виді розрізняють по написі ДБЛ і ДБП на фірмовій табличці або по розташуванню колодки штепсельного рознімання. Якщо дивитися з боку повідця, то в правого датчика колодка штепсельного рознімання повинна перебувати праворуч те осі, а в лівого - ліворуч.

Розглянемо взаємне положення ротор - секторів обох датчиків при перемикаваннях. У крайнім плюсовому положенні стрілки ротор - сектор лівого датчика розташований у полюсів, на яких перебувають живильні й сигнальна котушки. Ротор - сектор правого датчика буде займати місце в полюсів з живильними й допоміжною котушками. Таким чином, напруга живлення  $U_1$  трансформується в лівому датчику в безперервну вихідну напругу  $U_2$  високого рівня, а в правому датчику - низького рівня. Допоміжна котушка служить для збільшення повного опору первинного кола й зниження струму, споживаного в такому положенні ротор - сектора. Коли стрілка перейде в середнє положення, ротор - сектор лівого датчика займе положення над живильною й допоміжною котушками, а в правого датчика положення ротор-сектора не зміниться. Тому

вихідна напруга  $U_2$  в обох датчиків буде низького рівня. У переведеному положенні стрілки - мінусовому ротор - сектор лівого датчика залишиться над полюсами з живильними й допоміжною котушками, а ротор - сектор правого датчика займе положення над полюсами з живильними й сигнальною котушками. Вихідна напруга в правого датчика зросте до високого рівня, а в лівого залишиться низького рівня. При розмиканні стрілки, що перебувала в плюсовому положенні, ротор - сектор лівого датчика, що займав місце над полюсами з живильною й сигнальною котушками, під дією контрольного важеля зробить поворот і розташується над полюсами з живильною й допоміжною котушками. Вихідна напруга датчика знизиться до низького рівня.

Схему безконтактного автоперемикача наведено на рис. 1.6.

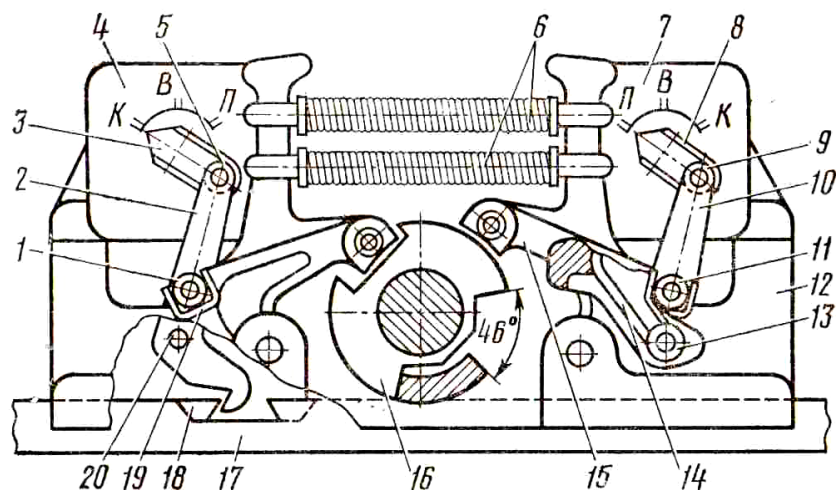


Рисунок 1.6 – Безконтактний автоперемикач

До складу безконтактного автоперемикача входять чавунна підставка 12, на якій встановлено лівий 4 і правий 7 датчики, контрольні 2, 10 і перемикаючі 19, 15 важелі, що стягують пружинами 6, підстава, що перемикає важелі, й пружини уніфіковані в порівнянні зі СП-3.

Контрольний важіль 2 являє собою оброблений сталевий виливок, що має Т-подібну форму й обертається на осі 20. Нижня частина важеля виконана у

формі зуба, що западає у вирізи на контрольних лінійках 17 й 18, а верхня закінчується роликом 5 (9), що перебуває в пазу повідця 3 (8). Крім того, на контрольному важелі є ролик 1 (11), що перебуває у виделкоподібній частині перемикаючого важеля 19 (15).

Під дією пружин 6, що стягають перемикаючі важелі 19 й 15, повідець 3 ліві датчики займає контрольне положення К, а повідець 8 правого датчика - початкове П. Після виконання переводу електропривода повідець 3 займе початкове положення П, а повідець 8 - контрольне К. При взрїзі електропривода під дією контрольних лінійок 18 й 17 контрольний важіль 2 (або 10) і повідець 3 (або 8) займуть середнє (вертикальне) положення В. Положення стрїлки контролюється зубами контрольних важелїв 2 й 10, що входять у вирізи контрольних лінійок 18 й 17 після запирання шибера, що перевіряється западанням голївок перемикаючих важелїв 19 й 15 у виріз шайби головного вала 16. Для зниження ударних навантажень при перемиканнях механїзму на осї 13 (або 20) передбаченї пружини, що амортизують, крутїння 14, що протидїють повороту контрольних важелїв 2 й 10 убік головного вала.

Безконтактний автоперемикач дїє при переводї стрїлки в такий спосїб. Електродвигун приводу через редуктор із фрикціоном обертає зубчасте колесо, вільно насаджене на головний вал 16. Після повороту колеса на  $46^\circ$  між його виступом і головним валом створюється тверде зачеплення. У процесї цього повороту через ролик колесо впливає на перемикаючий важіль 19 і виводить його голївку з вирізу шайби 16 головного вала. Перемикаючий важіль роликом 1 повертає контрольний важіль 2 й одночасно повідець 3 ротор - сектора лївого датчика. Ротор - сектор з положення контролю К переходить у початкове положення П, вихїдна напруга датчика при цьому зменшується й контрольне реле на постї централїзацї вимикається. Потїм колесо й головний вал обертаються спїльно, забезпечуючи відмикання, переведення і замикання стрїлки. Наприкінцї переводу пружини 6 автоперемикача впливають через

перемикаючий 15 і контрольний 10 важелі на повідця 8 ротор - сектора правого датчика, що переходить із початкового положення П у положення контролю К. За рахунок цього вихідна напруга зростає, контрольне реле переведеного положення стрілки спрацьовує, впливаючи на комутатор схеми керування, що виключає електродвигун приводу. Процес спрацьовування електропривода на цьому закінчується.

Розглянемо дію безконтактного автоперемикача при деяких ушкодженнях.

У випадку обриву робочої тяги контрольні лінійки переміщатися не будуть, тому що гостряки стрілки нерухомі. Наприкінці спрацьовування електропривода контрольний важіль упреться в поверхню контрольних лінійок і займе середнє положення. При обриві зв'язкової або контрольної тяги з один або двома гостряки будуть переміщати тільки одну контрольну лінійку. Отже, контрольні вирізи в лінійках будуть зміщені відносно один одного. Тому наприкінці спрацьовування електропривода контрольний важіль упреться в поверхню однієї з лінійок й аналогічно попередньому займе середнє положення. Ушкодження зв'язку контрольного й перемикаючого важелів приведе до того, що останній під дією пружини крутіння повернеться проти годинної стрілки. Повідець правого датчика займе положення П, при якому контроль буде виключений.

При обриві зв'язку контрольного важеля з повідцем правого датчика ротор-сектор датчика завдяки ексцентрично розташованій масі повернеться у бік нижніх полюсів статора, що також приведе до вимикання контролю.

При взрізі стрілки контрольні лінійки 18 й 17 (рис. 1.4), переміщувані гостряками, повертають контрольний важіль 2 і повідець 3 датчики в середнє положення. У результаті цього вихідна напруга зменшується, що приводить до вимикання контрольного реле на посту й включенню дзвінка взрізу. Для оцінки справності датчика на його передній кришці розташована табличка, на якій є шкала з оцінками кожного з положень повідця.

Наявність у безконтактному автоперемикачі двох датчиків дозволяє у випадку ушкодження одного з них мати контроль положення стрілки при розпуску складу або маневровій роботі.

В електроприводах типу СПГБ - 4М для уніфікації конструкцій використовується редуктор з убудованим фрикціоном, але з параметрами зубчастих пар наведених нижче.

Зубчасті пари першого каскаду:

- число зубів шестірні - 21;
- число зубів колеса - 61;
- модуль - 1,5;
- передаточне число каскаду - 2,9.

Зубчасті пари другого каскаду:

- число зубів шестірні - 16;
- число зубів колеса - 58;
- модуль - 2;
- передаточне число каскаду - 3,62.

Зубчасті пари третього каскаду:

- число зубів шестірні - 15;
- число зубів колеса - 51;
- модуль - 3;
- передаточне число каскаду - 3,4;

Зубчасті пари четвертого каскаду:

- число зубів шестірні - 7;
- число зубів шибера - 6;
- модуль - 7.

Загальне передаточне число для всіх каскадів - 35,7. Контрольні лінійки зі знімними вушками. Мається чотирьохконтактний блокувальний пристрій.

Електромеханічні характеристики гіркових стрілочних приводів наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1– Електромеханічні характеристики стрілочного електропривода  
типа СПГБ

Параметри	Значення характеристик в залежності від типа стрілки			
	Марка хрестовини 1/6 Тип рейок Р50		Марка хрестовини 1/9 Тип рейок Р50	
	тип електродвигуна			
	МСП-0,25	МСП-0,1	МСП-0,25	МСП-0,1
Час переводу , с	0,55	0,66	0,58	0,69
Робочий струм, А (середнє квадратичне значення)	3,7	3,5	3,9	3,7
Споживана потужність, Вт	740	700	780	740
Корисна потужність , Вт	450	306	484	361
Коефіцієнт корисної дії	0,607	0,437	0,619	0,488
Питома енергія , Вт·с/Н	0,74	0,84	0,532	0,60

В електроприводі типу СПГБ передбачене застосування електродвигунів типу МСП - 0,25 100/200 В. Характеристики приводів із двигуном МСП - 0,1 100 В наведені для довідки, тому, що на ряді сортувальних гірок їх використовують поряд із МСП - 0,25.

Електромеханічні характеристики електропривода типу СПГБ - 4 з електродвигунами МСП - 0,25 напругою 100/200 В и МСП - 0,1 напругою 100 В при напругах 200 В (див. табл.1.1) , отримані в результаті обробки безлічі

осцилограм [11]. Зі збільшенням напруги до 220 В час спрацьовування електропривода зменшується на 0,03 - 0,05 с.

#### **1.4. Критичний аналіз шляхів модернізації стрілочних електроприводів постійного струму**

Розвиток техніки автоматичного управління транспортними процесами і вдосконалення технологій її обслуговування значною мірою сприяють підвищенню безпеки руху поїздів і поліпшенню економічних показників діяльності залізниць. Особлива роль при цьому відводиться станційним системам автоматики та телемеханіки, так як основні технологічні операції з прийому та відправлення поїздів, а також їх переробці виконуються на станціях.

У загальний комплекс технічних засобів електричної централізації (ЕЦ) стрілок і світлофорів, гіркової автоматичної централізації (ГАЦ) входить ряд обов'язкових пристроїв підлогового технологічного обладнання, які є основою будь-якої системи дистанційного керування колійними об'єктами незалежно від розмірів станції, тяги поїздів, умов електропостачання, елементної основи, кліматичних чинників. Якість функціонування всіх систем ЕЦ і ГАЦ багато в чому визначається надійністю виконавчих елементів, важливе місце серед яких займають стрілочні електроприводи.

Досягнення сучасної науки і техніки, перспективи швидкісного і високошвидкісного руху, тривалий досвід експлуатації в різних умовах застосування електроприводів (ЕП) даного виду визначають напрями подальшого вдосконалення їх конструкції та технологій обслуговування з метою поліпшення показників безвідмовності та ремонту. придатності. Тим самим підвищується безпека руху, збільшуються міжремонтні терміни, зростає економічна ефективність транспортного процесу. При цьому високі кількісні характеристики експлуатаційної надійності стрілочних електроприводів

значною мірою забезпечуються побудовою і роботою принципів електричних схем управління стрілками. Сучасна елементна база з використанням релейно-контактних приладів IV покоління, електронних і мікропроцесорних модулів розширює комутаційні та функціональні можливості цих схем, підвищуючи їх захищеність від несвоєчасних і небезпечних для руху поїздів спрацьовувань.

Метою даної роботи є аналітичний огляд сучасного стану в конструктивному розвитку елементної бази стрілочних приводів і пошук нових рішень для впровадження на реконструйованих і знову проєктованих залізницях України.

Таким чином, тема роботи є актуальною, оскільки дозволяє підвищити безпеку на залізничному транспорті за рахунок впровадження сучасних пристроїв автоматики, які дозволять поліпшити показники безвідмовності та ремонтпридатності. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання: вивчити конструкцію стрілочних переводів і електроприводів, що застосовуються на магістралях України; скласти рівняння руху стрілочного електроприводу з метою опису фізичних процесів, що відбуваються при переводі стрілки, та підготовки наукового обґрунтування до рекомендації впровадження приводів нового типу на залізницях України; удосконалення двопровідної схеми управління стрілкою, що застосовується на залізницях України, обладнаних приводами постійного струму.

Від вищевказаних недоліків можна позбутися, застосовуючи принципово новий електродвигун для стрілочного приводу, що вирішує завдання підвищення надійності та зниження експлуатаційних витрат.

Огляд технічної та патентної інформації показав, що світовою тенденцією є впровадження безконтактних двигунів постійного чи змінного струму в усі галузі техніки як найперспективнішої електричної машини.

Перспективним є розробка безконтактного керованого електродвигун (БКЕ), який призначен для роботи у складі стрілочних електроприводів постійного струму. Технічні характеристики БКЕ дозволяють замінювати двигуни МСП-0,15, МСП-0,25 у стрілочних електроприводах типу СП-6 у всьому діапазоні навантажень.

БКЕ складається з двох частин: власне 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.

Основні переваги при впровадженні БКЕ:

- підвищення надійності роботи стрілочного електроприводу за рахунок виключення з конструкції електродвигуна ненадійного колекторно-щіткового вузла, виключення появи хибного 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 автоперемикача стрілочного приводу;
- конструктивне виконання БКЕ практично унеможливорює пробою обмоток, забезпечуючи його підвищену надійність;
- виключення можливості пробою обмоток при кліматичних та механічних впливах за рахунок конструктивних особливостей;
- встановлення БКЕ в електроприводи серії ВСП дозволяє використовувати наведений вище електропривод на лініях постійного струму;
- конструкція дозволяє перевести електродвигун на змінний струм, живлення від акумуляторних батарей.

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

### **1.5. Висновки за розділом**

Сучасна елементна база з використанням релейно-контактних приладів IV покоління, електронних і мікропроцесорних модулів розширює комутаційні та функціональні можливості цих схем, підвищуючи їх захищеність від несвоєчасних та небезпечних для руху поїздів спрацьовувань.

Головною метою даної роботи є аналітичний огляд шляхів модернізації і перспектив розвитку елементної бази стрілочних приводів та пошук нових рішень для впровадження на реконструйованих та заново спроектованих залізниць України. Дивлячись на це, можна сміливо сказати, що тема наукової роботи на здобуття ОКР «магістра» є актуальною, оскільки дозволяє підвищити безпеку на залізничному транспорті завдяки впровадженню сучасних пристроїв автоматики, які допоможуть поліпшити показники функціональної надійності та ремонтоздатності.

З виконаного огляду було поставлено такі задачі для подальшого дослідження з метою модернізації пристроїв залізничної автоматики:

- вивчити конструкцію станційних і гіркових стрілочних переводів та електроприводів, які використовуються на Укрзалізниці;
- скласти рівняння руху стрілочного електропривода для опису фізичних процесів, що відбуваються під час перемикання стрілки;
- дати наукове обґрунтування для рекомендацій щодо впровадження методики дослідження роботи стрілочних приводів постійного струму.

Об'єктом наукового дослідження обрано станійний і гірковий стрілочні привода постійного струму.

## **2. МЕТОДИКА КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ СТІЛОК ГІРКОВОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ**

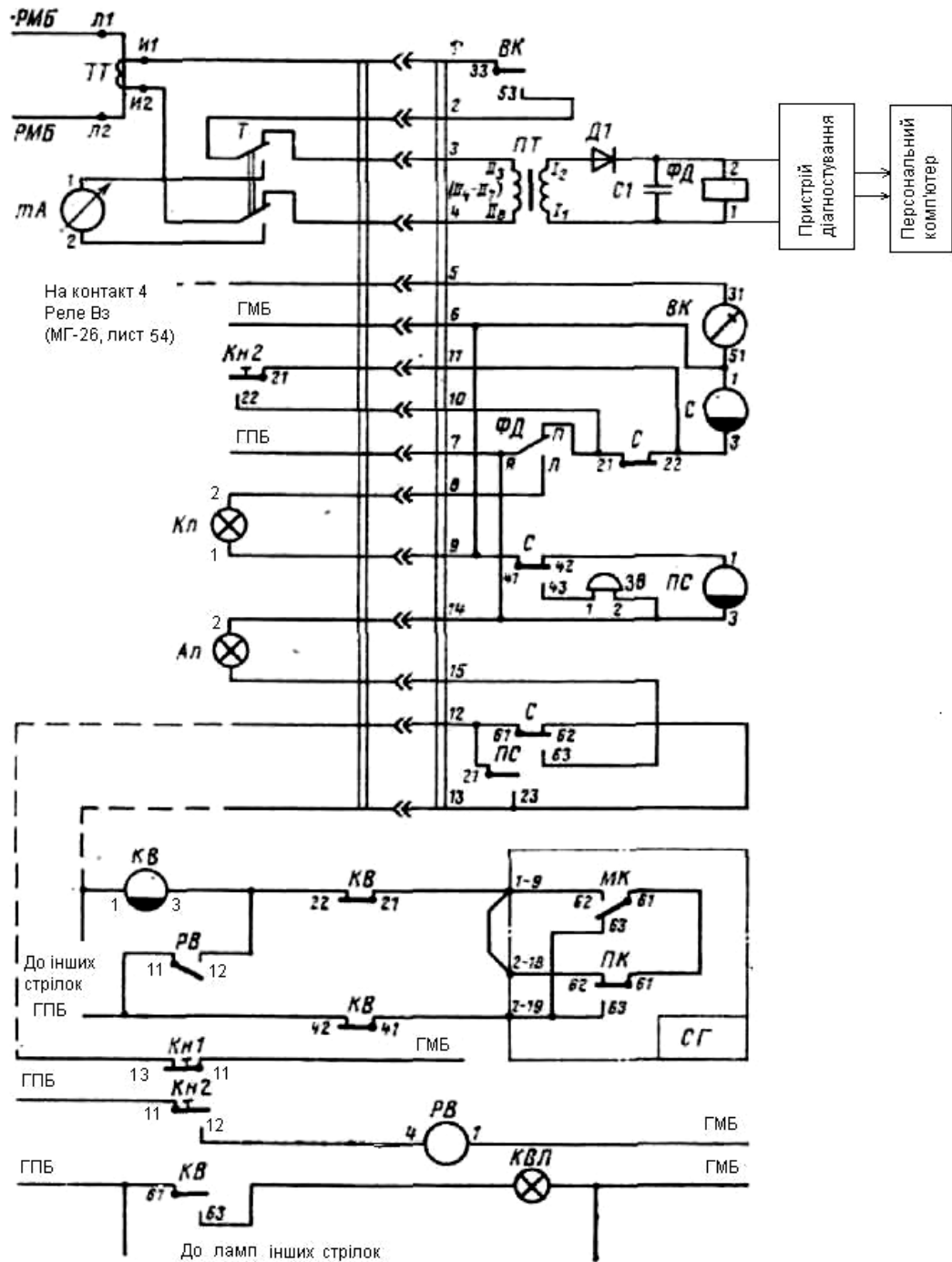
### **2.1. Схема пристрою діагностування гіркових стрілочних електроприводів постійного струму**

При переводі стрілки ГАЦ у деяких випадках може з'явитися така відмова, як зупинка гостряків у середнім положенні. Причинами відмови можуть бути міжвиткове замикання в обмотках якоря стрілочного електродвигуна, коротке замикання в робочому колі переводу стрілки, заклинювання редуктора або інших рухливих частин електропривода й ін. Слід зазначити, що такі відмови розвиваються в релаксаційному режимі, тому необхідно здійснювати контроль стрілок ГАЦ. Внаслідок короткочасності спрацьовувань гіркових електроприводів їхні характеристики зручно визначати за допомогою осцилографу.

Для запобігання подібного роду відмов запропоновано пристрій, який пройшов випробування на гірці станції Запоріжжя-Ліве і є модернізованою версією контрольного пристрою стрілок ГАЦ [12], оскільки дозволяє окрім візуальної фіксації появи несправності (включення світової та звукової сигналізації), виконувати осцилографування струму переводу стрілки і фіксувати її появу з визначення причини за амплітудою й частотою відмови. Робота пристрою (рис.2.1.) заснована на використанні ефекту утворення пульсуючого струму в робочому колі переводу стрілки в результаті проходження постійного струму через змінний колекторно-щітковий контакт електродвигуна.

В умовах експлуатації було встановлено, що значення пульсуючого струму (показника справності стрілки) збільшується відповідно ступеню несправності в робочому колі стрілки. Контроль здійснюється в ручному й автоматичному режимах роботи. У ручному режимі контролюється показник справності

стрілки вимірювальним приладом. Стан робочого кола визначається дистанційно, приблизно за 5 с. Автоматичний режим забезпечує подачу сигналу й вказівку номера стрілки ГАЦ, що переводилася, у робочому колі якої розвивається гострий дефект.



Риунок. 2.1 – Схема пристрою діагностування гіркових стрілок

Поставлені цілі досягаються тим, що в полюс робочої батареї - РМБ включається первинна обмотка Л1-Л2 трансформатори струму ТТ. Його вторинна обмотка И1-И2 через контакти тумблера Т и контакт 33-53 реле включення контролю ВК з'єднується із вхідною обмоткою П<sub>3</sub> – П<sub>8</sub> підвищувального трансформатора ПТ або з міліамперметром mA.

Навантаженням трансформатора ПТ є реле фіксації дефекту ФД й розроблений у п.2. пристрій для діагностування двигунів стрілочних приводів. Це реле включено паралельно з пристроєм діагностування й підключено до обмотки трансформатора I<sub>1</sub> – I<sub>2</sub> ПТ через коло, що складається з діода Д1 і конденсатора С1. Реле ВК включено паралельно реле взриву.

Для подачі сигналу в пристрій призначені контакти сигнального реле С. Це реле притягає якір по колу, що проходить через контакт реле ФД і контакт кнопки Кн2. Потім реле С самоблокується контактами 21-22.

Для вказівки номера несправної стрілки пристрій контролю сполучений з діючою схемою контролю часу переводу стрілок ГАЦ. Загальний мінус ГМБ схеми, що проходить через кнопку без фіксації Кн1, підключений до контакту 61 реле С и контакту 21 реле ПС (повторювача реле С). Уповільнення реле С и ПС на відпускання якоря становить 0,3 й 0,45 с відповідно.

Індикація контролю роботи пристрою здійснюється контрольною лампою КЛ. При наявності несправної стрілки загоряється аварійна лампа Ал, звуковий сигнал подає дзвінок Зв.

У ручному режимі контроль стрілок ГАЦ виконується у такому порядку. Тумблер Т підключають до міліамперметру mA змінного струму й переводять стрілку, що підлягає перевірці. При втраті нею контролю реле ВК відпускає якір і контактом 33-53 підключає міліамперметр до вторинної обмотки И1-И2 трансформаторі ТТ. По найбільшому відхиленню стрілки міліамперметра визначають показник справності контрольованої стрілки при переводі її в одне положення, а потім в інше. Всі стрілки ГАЦ перевіряють у такий же спосіб.

Показники їхньої справності фіксують у спеціальному журналі та електронній базі даних.

Таблиця залежності показника справності для даної гірки може бути складена шляхом практичних вимірів. Необхідно відзначити наступне. Іскріння щіток, обриви проводів в обмотках якоря, збільшення струму переводу стрілки до 6,0-6,5 А збільшують показник справності в 1,5-2,0 рази. У той же час такі відмови, як зниження ізоляції щіткотримача, міжвіткове замикання в обмотці якорі, коротке замикання в робочому колі, сприяють збільшенню цього показника в 6-7 разів. Остання обставина дозволяє фіксувати появу небезпечних дефектів в автоматичному режимі роботи пристрою контролю.

При переводі якої-небудь справної стрілки ГАЦ із вторинної обмотки И1-И2 трансформатори ТТ пульсуючий струм, збільшений трансформатором ПТ і згладжений ємністю С1, надходить на обмотку 1-2 реле ФД. При цьому він має загасаючий характер. Реле ФД відрегульовано на спрацьовування при піковій величині сигналу. При справній стрілці пульсуючий струм має загасаючий характер. Тому реле ФД тільки короткочасно збудиться й замкне свій контакт Л, Лампа КЛ мигне, забезпечивши індикацію нормальної роботи пристрою контролю. По закінченні переводу стрілки й одержанні результату її контролю реле ВК розмикає контакт 33-53. Схема залишається у вихідному положенні.

Аналогічно починає працювати пристрій контролю при переводі стрілки, що має гострий дефект. Але в цьому випадку сигнал на обмотці 1-2 реле ФД значно вище й не загасає до закінчення переводу стрілки. Тому контакти реле ФД обривають коло реле С на час, більше 0,3 с. Реле С відпускає якір, його контакти 21 - 22, 41-42 й 61-62 розмикаються. Зазначені контакти реле С відповідно виключають самоблокування, реле ПС і загальний мінус схеми контролю часу переводу стрілок. Одночасно контактами 41-43 й 61-63 реле С включаються дзвінок Зв і лампа Ал.

У цей момент усі реле контролю часу КВ, що мають уповільнення на відпускання якоря 0,65 с, будуть знеструмлені на 0,45 с (тобто на час уповільнення на відпускання реле ПС). Реле ПС, відпустивши якір і замкнувши контакти 21-23, відновлює живлення схеми контролю часу переводу стрілок. Однак реле КВ стрілки, що переводилася, на відміну від інших реле КВ додатково було знеструмлено на час більше 0,3 с, тому воно відпустить якір раніше, ніж реле ПС знеструмиться. На пульті електромеханіка лампа Ал й дзвінок Зв будуть сигналізувати про наявність несправної стрілки, номер якого висвітлює лампа КВЛ.

Для відновлення схеми пристроїв натискають кнопку Кн2, після чого реле С притягає якір і своїми контакти 41-42 замикає коло живлення реле ПС. Реле відновлення РВ, притягнувши якір, своїми контактами 11-12 включає реле КБ, що самоблокується. Після відпускання кнопки Кн2 реле відновлення РВ знеструмлюється. Пристрій контролю стрілок ГАЦ знову у вихідному положенні.

Використання розробленого аналого-цифрового пристрою для діагностування стрілочних двигунів і введення сигналу в комп'ютер дозволяє не тільки встановлювати факт наявності несправності, а й визначати її вид за частотою та амплітудою струму переводу стрілки: обрив обмоток, коротке замкнення в секціях якоря, погане притиснення щітко-колекторного механізму іскріння і т.п.

При випробуваннях пристрою контролю на гірці станції Запоріжжя-Ліве практично встановлено, що в більшості випадків після першого сигналу про появу гострого дефекту в даній стрілки другий може спостерігатися через кілька днів або навіть тижнів. Стабільність фіксації цього дефекту настає через місяць і більше.

При дефекті якоря електродвигун доцільно замінити після другого або третього сигналу пристрою контролю. Тут потрібно відзначити наступне.

Показник справності, при якому пристрій контролю стабільно спрацьовує, трохи більше половини показника справності, що відповідає замиканню двох обмоток якоря електродвигуна.

Використання пристрою контролю стрілок ГАЦ дозволяє спостерігати процес розвитку гострого дефекту, а це гарантує своєчасне прийняття необхідних дій для забезпечення безпеки розпуску складів з гірки.

У схемі пристрою використані реле ФД типу РП-7, ВК - ИМВШ-1700, С - НМШМ2-3000, ПС - НМШМ2-1750; трансформатор ТТ типу ТК-100/5, ПТ - ПТМ-А; конденсатор С1 ємністю 2 мкФ; кнопки Кн1 і Кн2 типи КДУ.

## **2.2. Схема управління гірковим стрілочним електроприводом**

Керування безконтактним електроприводом ведеться за допомогою тиристорного пускового блоку СГ-76М. Безконтактний автоперемикач має магнітну систему, що працює по трансформаторному принципі й утворює безконтактний датчик. У корпусі датчика розташовані триполюсний статор і ротор-сектор, що обертає повідцем, пов'язаним з важелем головного вала механічної частини автоперемикача. На полюсах розміщені живильна, компенсаційна й сигнальна обмотки. При переводі стрілки в плюсове або мінусове положення зміщається пасивний ротор-сектор відносно полюсів статора. При повному переводі стрілки ротор-сектор розміщається так, що перекриває полюса живильної і сигнальної обмоток статора й замикає магнітний коло між первинною (живильною) і вторинною (сигнальною) обмотками статора. У випадку точного розташування ротора-сектора проти полюсів статора в сигнальній обмотці індукуються напруга, під дією якої спрацьовує контрольне стрілочне реле ПК або МК, чим контролюється положення стрілки. Схема керування із блоком СГ-76 має сім проводів (рис.2.2): три проводи робочих кіл і чотири контрольних.

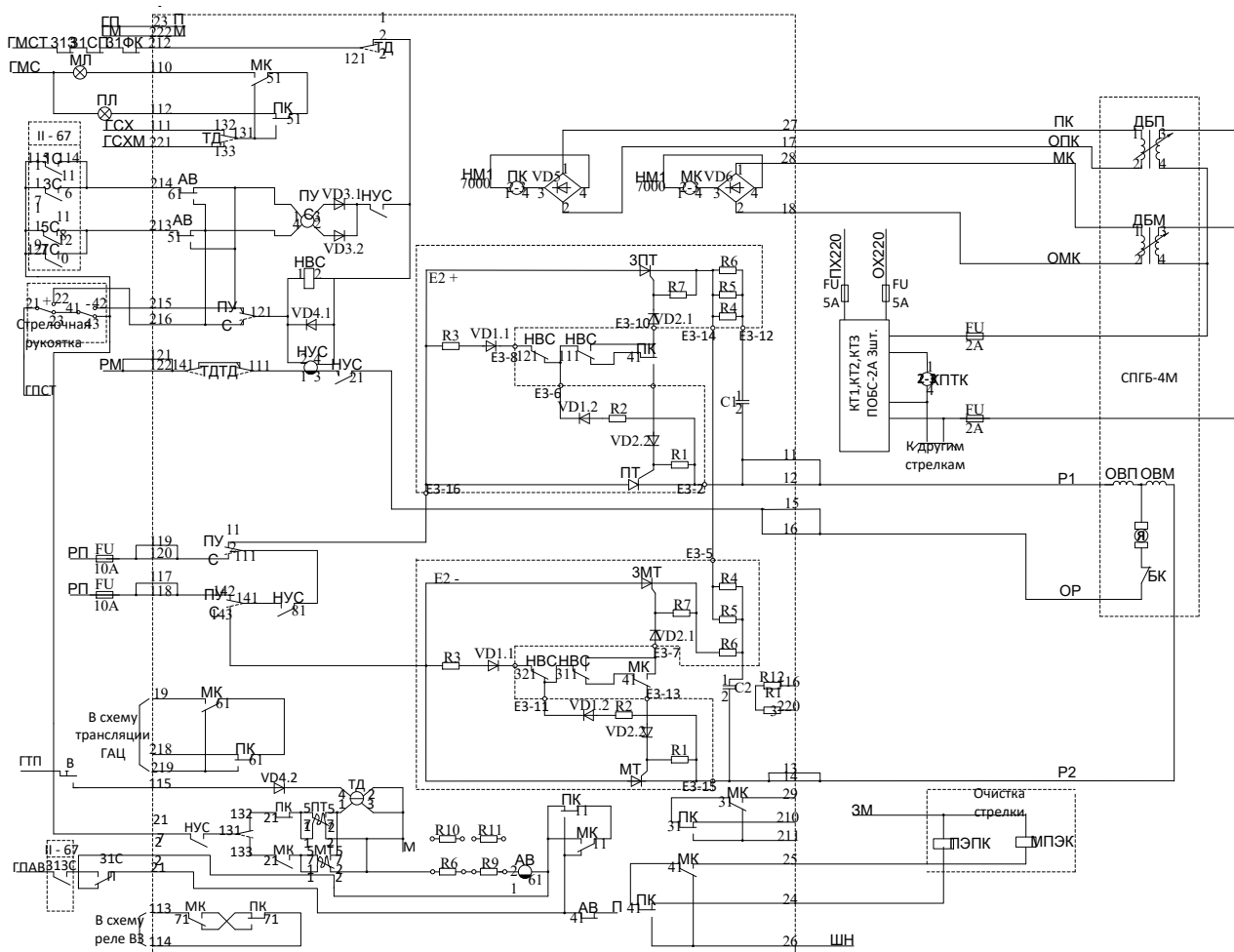


Рисунок 2.2 – Схема управління гірковим стрілочним електроприводом типу СПГБ-4 із блоком СГ-76

Коло керування працює від постійного струму напругою 24 В, робоча - від постійного струму напругою 220 В, контрольне - від змінного струму напругою 24 В. Пусковий блок містить реле: нейтральне НУС ( НМПЗ- 0.2/220 ); поляризоване керуюче реле ПУС ( НМПУ- 150/150 ); допоміжне НВС ( КДР1 ); автовозврату АВ ( АНМ2 - 380 ); технічної діагностики ТД ( ПМПУ - 150/150 ); контрольні ПК, МК (НМ1-7000).

Робоче коло керування: плюсова шина ПТ і мінусова - МТ ( Т- 25 ), силові тиристори, плюсової 3ПТ і мінусової 3МТ ( Т10 - 8 ) замикаючі тиристори, конденсатори С1 і С2 ( 10 мкФ ). Силові тиристори виконують бездугове включення й вимикання електропривода при переводі стрілки. Стрілкою

управляють по робочим проводам P1, P2, OP. Контролюють положення стрілки по контрольним проводам ПК, ОПК, МК, ОМК для включення контрольних реле ПК, МК. Крім кіл керування й контролю, передбачені кола обдування й обігріву електропривода.

Схема розрахована на два режими керування стрілкою: ручний за допомогою стрілочного комутатора й автоматичний за допомогою сортувальних реле. Стан кіл наведених на схемі відповідає плюсовому положенню стрілки й збудженому стану реле ПК й АВ. Інші реле й кола тиристорів виключені. Фронтними контактами реле ПК включена й горить контрольна лампочка ПЛ плюсового положення стрілки.

При автоматичному переводі стрілки в мінусове положення через фронтний контакт сортувального реле замикаються кола обмотки 2 - 4 реле пуску НУС, обмотки 1 - 2 реле НВС. У загальних колах цих реле контролюється вільність рейкового кола стрілки ( СП ), наявність змінного струму для живлення рейкових кіл 31 СП, наявність змінного струму для живлення рейкових кіл ПКПТ.

Фронтним контактом реле НУС замикається коло обмотки реле ПУС. Спрацьовуючи, реле ПУС перемикає поляризований якір у протилежне положення. Одночасно з перемиканням якоря реле ПУС вимикаються реле НУС і НВС, але за рахунок уповільнення на відпускання ці реле утримують якір в притягнутому положенні.

По закінченні уповільнення реле НВС відпускає якір і через його тильний контакт замикається керуюче коло (В - К) відкриття тиристора МТ, що проходить по колу заряду конденсатора С2.

На час заряду конденсатора С2 тиристор відкривається. Після відкриття тиристора по його анодному колу замикається коло робочого струму через електродвигун і послідовно з'єднану з ним обмотку реле НУС:

Стрілка переводиться в мінусове положення, реле НУС утримує якір притягнутим за рахунок робочого струму, що протікає через утримуючу обмотку 1 - 3. Керуюче коло тиристора МТ зберігається тільки на час заряду конденсатора С2, після чого тиристор залишається відкритим по анодному колу за рахунок робочого струму електродвигуна.

На весь час переведу стрілки датчики безконтактного автоперемикача ДБП і ДБМ закриті й реле ПК і МК виключені, контроль положення стрілки відсутній. По закінченні переведу стрілки в мінусове положення відкривається датчик ДБМ. На виході датчика з'являється напруга змінного струму, від якого після випрямлення мостом VD6 спрацьовує реле МК, включає лампу МЛ, що контролює мінусове положення стрілки.

Фронтними контактами реле МК замикаються кола відкриття тиристора ЗМТ і наступне закриття тиристора МТ:

Відкриття тиристора ЗМТ по керуючому колу відбувається по колах 1 й 2 повної схеми, після чого по колах 2 й 3 схеми утвориться анодне коло. Через анодне коло тиристора ЗМТ починається перезаряджати конденсатор С2 на анодне коло 4 тиристора МТ. Струм заряду спрямований назустріч робочому струму тиристора МТ, що приводить до його закриття й вимикання робочого кола електродвигуна. Через відкритий тиристор ЗМТ і реле НУС протікає струм, обмежений резисторами R14, R15, менший за струм утримання якоря реле НУС, і воно відпускає якір, роблячи двохполюсне відключення кола електродвигуна. У плюсове положення стрілки переводиться за допомогою тиристорів ПТ, ЗПТ, так само як у мінусове.

У схемі передбачений елемент технічної діагностики ТД, за допомогою якого виробляється перевірка справності тиристорних комутаторів ПТ, МТ, їхня здатність виключати робочий струм електродвигуна по закінченні переведу стрілки. В усіх випадках пробою тиристорів ПТ й ЗПТ, МТ й ЗМТ, короткого замикання або обриву конденсатора й резисторів коло не

вимикається, і реле НУС продовжує утримувати якір притягнутим за рахунок протікання робочого струму.

З моменту включення реле НУС його фронтним контактом включається термоелемент ТЭ, який після нагрівання через 15 - 18 с замикає коло обмотки 1 - 3 реле ТД. Спрацьовуючи по цій обмотці, реле ТД перемикає поляризований якір у протилежне положення, контактами цього якоря відключається робоче коло і виключається реле НУС. З появою несправності лампочка ПЛ ( МЛ ) на пульті контактами реле ТД перемикається з безперервного горіння на миготливе, що показує на необхідність усунути пошкодження.

Після усунення несправності натисканням групової кнопки ТДК по обмотці 2 - 4 включають реле ТД. Останнє перемикає поляризований якір у нормальне положення, чим відновлюється робоче коло керування стрілкою. За допомогою пробних пусків стрілки в одне й інше положення переконуються в справності всіх елементів схеми

У схемі передбачений автовозврат стрілки у випадках, коли нормальний перевод триває більше встановленої норми. Для цього застосовано реле АВ. Якщо перевод стрілки в мінусове положення триває довше часу вповільнення реле АВ, то це реле витримавши нормативне вповільнення, відпускає якір. Через тиловий контакт реле АВ по обмотці вимикається реле ПУ, а фронтним контактом вимикається коло обмотки реле МУ. Після спрацьовування реле ПУ за рахунок розряду конденсатора С2 по керуючому колі відкривається тиристор ПТ. Через відкритий тиристор замикається робоче (контрольне К) коло переводу стрілки в плюсове положення. Тиристор МТ закривається за рахунок перезаряду ємності С1, через яку зв'язані колекторні кола обох тиристорів. Робоче коло переводу стрілки в мінусове положення повністю розмикається, і стрілка переводиться у зворотнє плюсове положення. Після повного переводу стрілки в плюсове положення вимикається реле ПУ й тиловим контактом

виключається коло реле АВ. Після спрацьовування реле АВ відновлюються кола нормального керування стрілкою.

Автовозврат стрілки можливий тільки при вільності рейкового кола. При його занятті через фронтний контакт реле 31СП створюється коло незалежного живлення реле АВ, і автовозврат стрілки не відбувається. У схемі передбачене електрообігрівання електропривода й обдування стрілки.

### **2.3. Схема управління станційним стрілочним приводом**

Двопровідна схема управління стрілками (рис.2.3.) використовується в основному в релейних системах ЕЦ великих станцій, де в електроприводах використовуються електродвигуни постійного струму. На посту ЕЦ для управління кожної поодинокі або двома спареними стрілками встановлюється: пускове стрілочне реле ПС, загальне контрольне реле ОК, плюсове і мінусове контрольні реле ПК і МК. У стрілки в колійному ящику встановлюються реверсуючі реле Р, випрямлений діод VD1 і резистори R1 (1000 Ом) і R2 (12 кОм).

Двопровідна схема управління стрілкою (стани реле показані для плюсового положення стрілки) містять три кола (див. рис.2.3): пускове, робоче і контрольне. Пускове і робоче кола стрілки отримують живлення від робочої батареї напругою 220 В (постійний струм), а контрольний ланцюг від джерела змінного струму напругою 110 В.

У двопровідній схемі управління стрілкою використовується контрольне коло змінного струму з полярною вибірковістю (вентильне контрольне коло). Це дозволяє управляти стрілкою і контролювати її положення всього по двох дротах, використовуючи лінійні дроти одночасно для робочого і контрольного кіл.

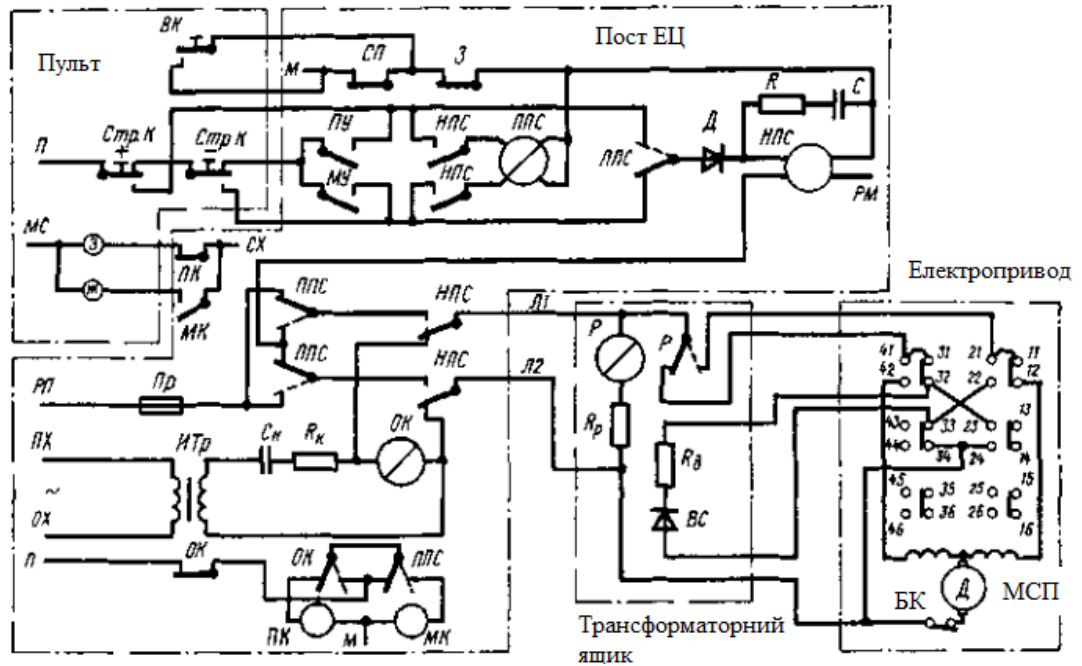


Рисунок 2.3 – Двохпровідна схема управління стрілочними приводами постійного струму з вигунами типу МСП

Контроль положення стрілки в двопровідній схемі здійснюють за допомогою комбінованого реле ОК, а також реле ПК і МК. Загальне контрольне реле ОК включене за спеціальною схемою, що здійснює роботу реле ОК від однієї позитивної або негативної півхвилі змінного струму. Якщо паралельно обмотці реле ОК включити діод VD1, то через реле пройдёт тільки одна півхвиля змінного струму від полюса ПХКС до полюса ОХКС. В цьому випадку поляризований яркір перемкнеться, наприклад, управо; якщо ж затиски випрямляча поміняти місцями, то через реле пройде інша півхвиля змінного струму, тоді яркір перемкнеться вліво. Полярність струму реле ОК визначається положенням контактів реверсуючого реле і автоперемикача електроприводу, що змінюють напрям струму через випрямний діод VD1[8].

Розглянемо режим нормальної роботи стрілки. При знаходженні стрілки в плюсовому положенні включені реле 18 ОК і 18 ПК, а на пульті горить зелена лампочка. Щоб перевести стрілку в мінусове положення, ДСП натискає кнопку МК (" - "), при цьому замикається пускове коло: СПБ - контакти стрілочного

комутатора ПК (41-43) - контакти стрілочного комутатора МК (21-22) - контакти реле 18 ППС (121-122) - діод VD2 - обмотка реле 18 НПС (2-4) - контакт реле 18 З - контакт реле 18 СП - СМБ. У цьому ланцюзі перевіряються умови безпеки : контактом замикаючого реле 18 З - відсутність на стрілці заданого маршруту; контактом стрілочного колійного реле СП - вільність рейкового ланцюга цієї ділянки.

Далі стає під струм реле 18 ППС по ланцюгу: СПБ - контакти стрілочного комутатора ПК (41-43) - контакти стрілочного комутатора МК (21-22) - контакти реле 18 НПС (41-42) - обмотка реле 18 ППС (1-3) - контакт реле 18 З - контакт реле 18 - СМБ.

Наступним спрацьовує робоче коло. Після перемикання контактів реле 18 ППС обмотка реле 18 НПС відключається від джерела живлення, але його контакти не розмикаються завдяки уповільненню на відпадання створюваному конденсатору С2. Це уповільнення потрібне для перемикання реверсуючого реле 18 Р: РПБ - контакти реле 18 ППС (111-113) - контакти реле 18 НПС (81-82) - лінійний дріт Л2 - R2 - реле 18 Р - лінійний дріт Л1 - контакти реле 18 НПС (21-22) - контакти реле ППС (141-143) - обмотка реле 18 НПС (1-3) – РМБ; замикання робочого ланцюга і наростання струму в обмотках двигуна, достатнього для утримання якоря реле 18 НПС по струмовій (1-3) обмотці по ланцюгу, : РПБ - контакти реле 18 ППС (111-113) - контакти реле 18 НПС (81-82) - лінійний дріт Л2 - БК - МСП - контакти АП (11-12) - контакти реле 18 Р - лінійний дріт Л1 - контакти реле 18 НПС (21-22) - контакти реле ППС (141-143) - обмотка реле 18 НПС (1-3) - РМБ.

У кінці переведення стрілки ланцюг електродвигуна розмикається контактами АП (11-12) і реле 18 НПС розмикає фронтові контакти.

Контрольне реле 18 ОК підключається до лінійних дротів ты-ловими контактами реле НПС, що забезпечує виключення усіх контрольних реле до качану переведення стрілки і їх включення лише після його завершення. Реле

18 ОК працює від постійної складової випрямленого вентилем змінного струму напругою 170 В, який підводиться до нього по ланцюгу, що проходить через контрольні контакти автоперемикача 21-22, 23-24 АП для мінусового і 31-32, 33-34 АП для плюсового положень).

Контрольне коло отримує живлення через ізолюючий трансформатор СКТ, у вторинну обмотку якого включені конденсатор С1 і захисний резистор R3. Конденсатор С1 виключає замкнення постійної складової через обмотки трансформатора СКТ, що має низький внутрішній опір, завдяки чому підвищується ККД однонапівперіодного випрямлення. Напрямок струму в обмотках реле 18 ОК залежить від положення контактів автоперемикача електроприводу, які змінюють підключення вентиля до схеми контрольного кола залежно від положення стрілки[8].

При взриві стрілка втрачає контроль положення, внаслідок чого контрольні реле 18 ОК, 18 ПК і 18 МК знеструмлюються і на табло ДСП спалахує червона лампочка. В цьому випадку ДСП повинен надіти на кнопку ковпачок червоного кольору, зробити запис в журналі СЦБ і сповістити електромеханіка. У разі помилкової зайнятості стрілочної ділянки (несправність схеми рейкового кола), пускове коло замикається при натисненні пускових і допоміжних кнопок ВК, розташованих на пульті. Кнопка ВК опломбована і при її використанні ДСП робить запис в журналі "Огляду колій, стрілок і пристроїв СЦБ".

Послідовно з вентилем включений резистор опором 1000 Ом, який запобігає пробую вентиля і короткого замкнення робочої батареї в початковий період пуску стрілочного електроприводу, коли напруга прикладається не лише до реле 18 Р, але і до паралельно включеного з ним випрямляча. Крім того, в цей же період резистор опором 1000 Ом виключає тривале блокування пускового реле 18 НПС через вентиль, що може статися, якщо не спрацює реверсуюче реле (зокрема через примерзання якоря) і не відключить його від робочої батареї. Резистор опором 1000 Ом в цьому випадку зменшує струм в

утримуючій обмотці реле 18 НПС до 0,24-0,2 А, внаслідок чого останнє відпускає якір. Цим усувається можливість переводу стрілки під складом при маршрутизованих переміщеннях по стрілці, коли через струси реле 18 Р може спрацювати.

У відповідальних схемах встановлені контрольні реле 18 ПК і 18 МК, в ланцюзі яких в результаті перевірки відповідності положення контактів контрольного 18 ОК і пускового реле 18 ППС здійснюється захист від помилкового контролю при неспрацьовуванні поляризованого якоря реле 18 ОК. Проте цей захист стає ефективним, якщо реле 18 НПС спрацьовує першим, а реле 18 ППС - другим. Інакше може виникнути ситуація, коли черговий, переводячи стрілку і не отримавши контролю її положення через заклинювання поляризованого якоря реле 18 ОК, натискає стрілочну кнопку для повернення стрілки в початкове положення, і реле 18 ППС, перемкнувши поляризований якір, замикає ланцюг раніше, ніж вимикається реле 18 ОК. Не виключено, що нейтральна система реле НПС до цього часу виявляється несправною і може виникнути не лише короткочасний, але і тривалий помилковий контроль.

Резистор опором 12 кОм, включений послідовно з реле 18 Р, усуває його перевантаження при пуску стрілки, внаслідок якого знижуються тягові зусилля реле через перекомпенсації потоку постійного магніту потоками електромагнітів, що може бути причиною залипання якоря реле при облідинні контактів (аналогічна ситуація виникає при старінні постійного магніту реле). Резистор R3 обмежує струм короткого замикання контрольного ланцюга і струми перехідних процесів, що виникають при знаходженні стрілки в проміжному положенні і вимкнених пускових реле. Діод запобігає розряду конденсатора місткістю 500 мкФ через обмотки реле ППС[8].

## 2.4. Методика проведення досліджень функціонування станційного стрілочного приводу

Для проведення досліджень на лабораторному стенді необхідно зробити підключення розробленого діагностичного пристрою для визначення стану двигунів за допомогою осцилографа (виводи осцилографа позначено на рис.2.3). Після підключення пристрою (осцилографа) необхідно зробити включення лабораторного стенда. Перші показання будуть зніматися при переводі стрілки з одного положення в інше.

Перевід стрілки здійснюється поворотом "стрілочної рукоятки", що перебувають на стенді у відповідному положенні. Якщо стрілка перебувала в плюсовому положенні, то повертаємо рукоятку в мінусове положення. Під час переводу знімаємо осцилограму.

Кнопка В використовується після усунення несправності. Вона є груповою. Після її натискання по обмотці 2-4 включаються реле ТД. Останнє перемикає поляризований якір у нормальне положення, чим відновлюється робочий коло керування стрілкою. За допомогою пробних пусків стрілки в одне й інше положення переконуються в справності всіх елементів схеми.

Контроль стрілочної секції здійснюється за допомогою перемикача контролю вільності й зайнятості, що контролює вільність і зайнятість стрілочної секції.

Контроль робочого струму переводу стрілки здійснюється за допомогою амперметра, що встановлюється на панелі схеми керування стрілочним електроприводом з безконтактним автоперемикачем.

Контроль струму фрікції здійснюється за допомогою амперметра, що контролює і робочий струм. Робота двигуна на фрікцію можлива при виникненні яких-небудь механічних завад при переводі гостряків і наприкінці переводу стрілки. На лабораторному стенді робота двигуна на фрікцію реалізується при

підключенні до приводу пружин з коефіцієнтом твердості, що відповідає силі не більше 6000 Н.

Контроль автовозврата стрілки здійснюється за допомогою реле АВ. Якщо перевод стрілки в мінусове положення триває довше часу вповільнення реле АВ, то це реле, витримавши нормативне вповільнення відпускає якір.

При роботі приводу на фрікцію в плинні 15-18 с включається схема автовозврата стрілки. Автовозврат можливий тільки в тому випадку, якщо стрілочна ділянка вільна. При зайнятості стрілочної секції автовозврата не відбудеться, тому що реле АВ одержує незалежне живлення через фронтний контакт реле СП. Перевод стрілки відбудеться в плинні 1с.

При нормальному функціонуванні стрілочного приводу й автовозвраті стрілки здійснюється вимір струму і його осцилографування, контролюється спрацьовування реле схеми.

Отримані дані обробляються й порівнюються з нормативними технічними характеристиками стрілочних приводів типу СПГБ.

Після проведення всіх вимірів, отримані дані можна обробляти, порівнювати й архівувати.

Можливість аналізу роботи схеми керування стрілочного приводу типу СПГБ і його схеми керування за допомогою описаної методики на лабораторному стенді дає можливість студентам й обслуговуючому персоналу ШЧ здобувати практичні навички по обслуговуванню систем автоматики. Впровадження лабораторного стенда схеми керування стрілочним електроприводом типу СПГБ підтверджується відповідним актом, наведеним у додатку.

#### **2.4.1. Перевод стрілки в крайнє положення ("плюс" - "мінус")**

При переводі стрілки в мінусове положення замикаються кола обмотки 1-3 збудження реле НУС, обмотки 1-2 реле НВС. У загальному колі цих реле

контролюється вільність рейкового кола стрілки (СП), наявність змінного струму для живлення рейкових кіл.

Фронтним контактом реле НУС замикається коло обмотки 1-3 реле ПУС. Спрацьовуючи, реле ПУС перемикає поляризований якір у протилежне положення. Одночасно з перемиканням якоря реле ПУС вимикаються реле НУС і НВС, але за рахунок уповільнення на відпускання ці реле втримують якорі в притягнутому положенні.

По закінченні вповільнення реле НВС відпускає якір і через його тиллий контакт замикається керуюче коло відкриття тиристора МТ, що проходить по колу заряду конденсатора С2. На час заряду конденсатора С2 тиристор відкривається.

Після відкриття тиристора по його анодному колу замикається робоче коло через електродвигун і послідовно з'єднану з ним обмотку 1-3 реле НУС. Стрілка переводиться в мінусове положення.

У плюсове положення стрільця переводиться за допомогою тиристорів ПТ, ЗПТ, аналогічно як у мінусове.

#### **2.4.2. Робота двигуна на фрікцію**

У схемі керування стрілкою передбачений автоматичний возврат стрілки у вихідне положення, якщо при переводі вона не доходить до кінцевого положення й не з'являється контроль її переводу. Автовозврат стрілки здійснює реле АВ з витримкою часу на відпускання якоря. Стан пускових і контрольних реле кіл схеми відповідає плюсовму положенню стрілки, збудженому стану реле ПК й АВ.

Для гіркового приводу встановлена така норма – привищення робочого струму двигуна стрілочного електроприводу на 40%. На відміну від станційних приводів, де струм на фракцію встановлюється із перевищенням 25 %.

### **2.4.3. Автоповернення стрілки**

Якщо перевод стрілки в мінусове положення затягується на час, більше за час уповільнення реле АВ, то це реле, витримавши вповільнення, відпускає якір. По колу, що проходить через тиловий контакт реле ППС, включається реле НПС. Фронтним контактом реле НПС включається обмотка 3-4 реле ППС.

Перемикаючи поляризований якір у нормальне положення, реле ППС замикає лінійний коло Л1-Л2 робочого струму електродвигуна для переводу стрілки в плюсове положення. Після повернення стрілки в плюсове положення й спрацьовування реле ПК знову включається АВ і відновлюються кола нормального керування стрілкою. Автоматичне повернення стрілки можливе за умови, якщо рейкове коло вільне. Якщо рейкове коло зайняте, то через фронтний контакт реле СП замикається коло незалежного живлення реле АВ, і автовозврат не відбувається.

### **2.4.4. Перевірка спрацьовування реле технічної діагностики**

У схемі передбачений елемент технічної діагностики ТД, за допомогою якого виконується перевірка справності тиристорних комутаторів, ПТ МТ, їхня здатність виключати робочий струм двигуна по закінченні переводу стрілки. В усіх випадках пробою тиристорів ПТ й ЗПТ, МТ й ЗМТ, короткого замикання або обриву конденсатора й резисторів робоче коло не вимикається, і реле НУС продовжує утримувати якір притягнутим за рахунок протікання робочого струму.

З моменту збудження реле НУС його фронтними контактами вимикається термоелемент ТЕ, що після нагрівання через 15-18 секунд замикає коло обмотки реле ТД. Спрацьовуючи по цій обмотці, реле ТД перемикає поляризований якір у протилежне положення, контактами цього якоря відключає робоче коло і виключається реле НУС.

При появі несправності лампочка ПЛ (МЛ) на пульті контактом реле ТД перемикається зі змінного горіння на миготливе, що вказує на необхідність усунути пошкодження після усунення несправності натисканням групової кнопки В включають реле ТД. Останнє перемикає поляризований якір у нормальне положення, чим відновлюється робоче коло керування стрілкою. За допомогою пробних пусків стрілки в одне й інше положення переконуються в справності всіх елементів схеми.

## **2.5. Висновки за розділом**

Розроблено методику визначення стану гіркового стрілочного приводу за допомогою осцилографування кривої робочого струму в режимах переведення приводу в плюсове/мінусове положення стрілки й при роботі його на фрікцію.

Дана методика дозволяє прогнозувати виведення елементів стрілочного переводу з ладу й попереджати відмови.

### 3. РІВНЯННЯ РУХУ СТРІЛОЧНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

#### 3.1. Одномасова схема стрілочного електропривода

У механічному русі електроприводу (ЕП) бере участь рухома частина електродвигуна, елементи передавального пристрою (редуктор), виконавчий орган або шибер. Кінематична схема стрілочного приводу наведено на рис. 3.1, де показані двигун 1, вал якого обертається з кутовою швидкістю  $\omega_1$ ,  $I_{g1}$  - момент інерції на валу двигуна,  $I_1$  - обертальний момент на валу двигуна 2. Сполучна муфта 3, суміщена з фрикцією, на виході розвивається момент інерції  $I_1$ , вал обертається з кутовою швидкістю  $\omega_1$ . Також на схемі зображені редуктор 4, мала і велика шестірні редуктора 5, 6, головний вал 7, який обертається з кутовою швидкістю  $\omega_2$  і розвивається момент інерції  $I_2$ , шиберна шестірня 8, - виконавчий орган 9 з приєднаною робочою тягою і дотепники 10, які здійснюють поступальне рух зі швидкістю, км / год.

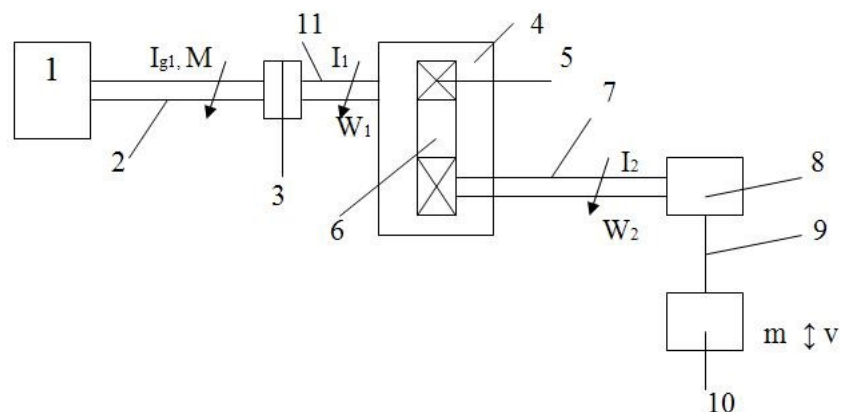


Рисунок 3.1– Кінематична схема стрілочного електроприводу:

1 - двигун, 2 - вал двигуна, 3 - сполучна муфта і фрикція, 4 - редуктор, 5, 6 - мала і велика шестірні редуктора відповідно. 7 - головний вал, 8 - шиберна шестірня, 9 - виконавчий орган з приєднаною робочою тягою, 10 – гостряки

Стрілочному приводу характерно виконання двох видів руху: поступальний, який здійснюють дотепники і шибер стрілки, і обертальний.

$$\sum F = m \frac{dv}{dt} + v \frac{dm}{dt}, \quad (3.1)$$

де  $v \frac{dm}{dt}$  - сила, що характеризує інерційність системи,  $m \frac{dv}{dt}$  - сила, прикладена до дотепників,  $m$  - маса тіла ( гостряка),  $v$  - швидкість поступального руху тіла.

Обертальний рух у стрілочному приводі характеризується виразом

$$\sum M = I \frac{d\omega}{dt} + \omega \frac{dI}{dt}, \quad (3.2)$$

де  $I$  - момент інерції,  $\omega$  - кутова частота обертання рухомих частин в стрілковому приводі (вал двигуна, редуктора, головний вал) при приведенні системи до однієї маси. При встановленому русі  $\sum F = 0$ ,  $\sum M = 0$ .

У загальному випадку механічна частина електроприводу включає в себе механічну частину електромеханічного перетворювача (ротор або якір електродвигуна), перетворювач механічної енергії (редуктор або механічну передачу) і виконавчий орган (ВО) робочої машини (РМ). Оскільки наше завдання – це приведення в рух ВО РМ, основними для вибору та розрахунку електроприводу є характеристики робочої машини та особливості її механічної частини.

На цю складну механічну систему (рис. 3.1) діють різні за напрямом і величиною зовнішні моменти і сили, які, у свою чергу, часто залежать від часу, кута повороту механізму, швидкості руху та інших факторів. Оскільки ця механічна система є невід'ємною частиною ЕП, необхідно знати її характеристики і мати достатньо точний для інженерних розрахунків математичний опис.

Отже, механічна частина електроприводу являє собою складну механічну систему, що складається з декількох обертючих і поступально рухаються з

різними швидкостями ланок, що мають різні маси і моменти інерції, з'єднані пружними зв'язками (малої або кінцевої жорсткості).

Механічна частина стрілочного електроприводу складається з ланок великої жорсткості з жорсткими зв'язками, зазори в якій ми прагнемо звести до нуля. В результаті виникає можливість представити розрахункову схему механічної частини як одномасову систему (рис. 3.2), при цьому ми нехтуємо пружністю механічних зв'язків і зазорами в передачі. Така модель широко застосовується для інженерних розрахунків.

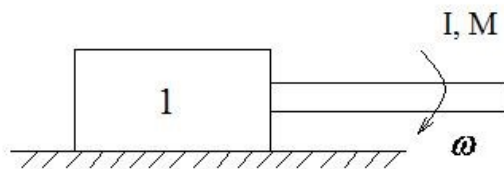


Рисунок 3.2 – Одномасова схема стрілочного електроприводу

Для аналізу руху механічної частини стрілочного електроприводу здійснюється перехід від реальної кінематичної схеми до розрахункової, в якій маси та моменти інерції рухомих елементів їх жорсткості, а також сили та моменти, що діють на ці елементи, замінені еквівалентними величинами, наведеними до однієї і тієї ж швидкості (найчастіше до швидкості обертання валу електродвигуна). Умовою відповідності одержаної розрахункової схеми реальної механічної частини стрілочного електроприводу є виконання закону збереження енергії.

Наведений момент інерції, що виникає на валу одномасової схеми, можна визначити з виразу:

$$\frac{I\omega^2}{2} = \frac{I_0\omega^2}{2} + \frac{I_1\omega^2}{2} + \frac{I_2\omega_2^2}{2} + \frac{mv^2}{2}. \quad (3.3)$$

Відомо, що передатне число редуктора дорівнює

$$i = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{\omega}{\omega_2}, \quad (3.4)$$

де  $Z_1, Z_2$  – число зубців на малій і великій шестерні редуктора 4 відповідно,  $\omega, \omega_2$  – кутова швидкість обертання на валах 2 і 7 відповідно (див. рис. 6).

Рівняння (3) можна переписати, використовуючи вираз (4) у вигляді:

$$\frac{I\omega^2}{2} = \frac{I_\partial\omega^2}{2} + \frac{I_1\omega^2}{2} + \frac{I_2\omega^2}{2i^2} + \frac{mv^2\omega^2}{2\omega^2}, \quad (3.5)$$

$$I = I_\partial + I_1 + \frac{I_2}{i^2} + \frac{mv^2}{\omega^2}, \quad (3.6)$$

$$I = I_\partial + I_1 + \frac{I_2}{i^2} + m\rho^2, \quad (3.7)$$

де  $\rho = \frac{v^2}{\omega^2}$  – радіус приведення поступово рухається і елемента до валу двигуна.

### **3.2. Спосіб дистанційної діагностики стану механічної частини стрілочного переводу з електроприводом постійного струму**

Дослідження впливу погіршення ізоляції лінійних проводів Л1, Л2 схему управління стрілочними приводами на роботу реле ОК

У вентильному контрольному ланцюзі використовується контрольне комбіноване реле ОК (рис.). Коло обтікається змінним струмом незалежно від положення стрілки, у зв'язку з чим умова її застосування

$$U_2 < U_{ко}, \quad (3.8)$$

де  $U_2$  - Напруга на вторинній обмотці контрольного трансформатора;  $U_{ко}$  – напруга відпустки контрольного реле ОК змінного струму при максимальній напрузі джерела живлення.

Конденсатор у схемі реле ОК виключає замикання постійної складової випрямленого струму через низькоомну обмотку контрольного трансформатора і резистор, що значно підвищує ККД схеми. Резистор обмежує струм в обмотках контрольного трансформатора при короткому замиканні лінійних приводів і виключає помилкові спрацьовування контрольного реле ОК від струмів перехідних процесів, що виникають в контрольному ланцюгу при знаходженні стрілки в проміжному положенні. Перехідні процеси можуть виникнути в результаті нещільного прилягання контактів автоперемикача і щіток електродвигуна, ослаблення затискачів, комутації контрольного ланцюга контактами пускових реле і т. д. Для контрольного ланцюга, поєднаного з робочим, такий режим небезпечний, коли лінійні проводи замкнуті через контакти автоперемикача і колектор електродвигуна, перехідний опір яких від струсу може змінюватися в широких межах. У цьому випадку при розмиканні лінійних проводів залишковий заряд на конденсаторі викликає в контурі, утвореному обмотками контрольного реле ОК, трансформатором і резистором, перехідний струм:

$$i \approx (U_m \sin(\psi + \varphi_1 - \frac{\pi}{2})) e^{-(R+R_k)/L_k t} \sin \frac{\omega_0 t}{\omega L_k \omega_0 C Z_1}, \quad (3.9)$$

де  $U_m$  – напруга у контрольному колі;  $\psi$  – початкова фаза напруги;  $\varphi_1$  – зсув фаз між струмом і напругою;  $R_k$  – активний опір реле;  $L_k$  - індуктивність контрольного реле;  $\omega_0$  – кутова астота власних коливань у контурі;  $Z_1$  – повний опір кола до його розмикання,  $C$  – ємність у ланцюгу реле ОК,  $t$  – поточний час,  $\omega$  – кутова частота.

Частота коливань перехідного струму в цьому контурі обчислюється кількома Герц (до 10 Гц), тому тривалість напівперіодів таких коливань близька до тривалості спрацьовування реле при постійному струмі, а амплітуда може набагато перевищувати струм повного підйому якоря реле, оскільки до контрольного ланцюга значне напруження змінного струму (170 В в ланцюгу реле КМ-3000, що спрацьовує при постійному напруженні 40 В). Найбільшу небезпеку представляє перший період коливань переходного струму, що має найбільшу амплітуду при  $t = \frac{\pi}{2\omega_0}$

$$I_m'' = U_m e^{(R+R_k)/l_k} \sin \frac{\omega_0 \frac{\pi}{2\omega_0}}{\omega L_k \omega_0 C Z_1} = U_m e^{(R+R_k)/l_k} \sin \frac{\pi}{2\omega L_k \omega_0 C Z_1}. \quad (3.10)$$

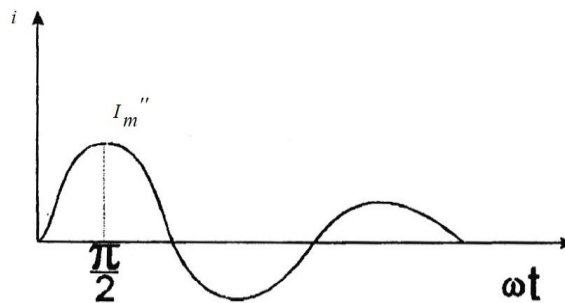


Рисунок 3.3 – Графік перехідного струму в контрольному колі

Таким чином, чим нижче напруга джерела живлення контрольного кола і вище її активні опори до і після розмикання ( $R$  і  $R_k$ ), а також менше ємнісний опір ланцюга, тим нижче амплітуда перехідного струму. Тому при побудові вентильного контрольного кола необхідно підвищувати ККД випрямлення збільшення захисного опору (або зменшення напруги).

Якщо ж зазор незмінний (немає струсів) і в ньому виникає іскріння, то за певних умов з'являється стійкий випрямний процес, що призводить до

помилкового спрацьовування контрольного реле ОК. Це можливо за таких умов:

- міжконтактний зазор повинен бути достатньо малим і складати десяти частки міліметра. Колекторний пил, що знаходиться в такому зазорі, домішки лужно-земельних елементів або пари вуглецю активізують газовий розряд у формі іскрового пробою, так як мають низьку роботу виходу електрона і створюють міжконтактний поверхневий шар, що забезпечує емісію електронів. іонізатора, електричного поля, при відносно невеликому прикладеному напрузі;
- іскрові пробої повинні розвиватися і переходити в дугу, але тільки в позитивних або негативних напівперіод змінного струму.

Дуга в міжконтактному зазорі може виникнути, якщо напруга джерела живлення і струм в електричному колі перевищують деякі мінімальні (критичні) для кожного контактного матеріалу значення. При менших значеннях струму або напруги газовий розряд у зазорі носить форму іскри, яка є швидкозагасаючим дуговим процесом. Наприклад, для мідного (чистого) контакту, що не брало участі в окислювальних процесах, критичний струм дуги в ланцюгу постійного струму становить 0,43 А, для вугільного - 0,03 А. Тому, якщо зазор в колі змінного струму утворений електродами з різнорідних матеріалів (вугільна щітка і мідна пластина колектора) або однорідних з різним ступенем забрудненості, то при певних параметрах кола в тому напівперіоді, коли катодом стає електрод з матеріалу з меншим критичним струмом, іскровою пробою викликає горіння дуги.

Опір зазору при дузі близько до нуля, а при іскрових пробоях може становити десятки і сотні Ом (це залежить від частоти повторних пробойів протягом напівперіоду, тобто від частоти власних коливань короткозамкнутого контролюючого кола, викликані проскакуванням іскри), тому Струм у ланцюгу носить форму імпульсів різної полярності та різної амплітуди і містить постійну складову. Найбільшого значення постійна складова набуває при появі

пробоїв тільки в одному напівперіоді змінного струму, при певному налаштуванні зазору відбувається внаслідок різної напруги запалювання дуги контактних матеріалів.

Максимальне значення постійної складової перехідного струму приблизно може бути обчислено за відомою мінімальною напругою пробною і критичним струмом дуги, час провідності контактного зазору при дузі протягом кожного напівперіоду (кут відсічки):

$$\frac{1}{2}\theta = \pi - \arcsin \frac{U}{U_m} - \arcsin \frac{I_0}{I_m} - \varphi, \quad (3.11)$$

де  $I_0$  - критичне значення струму дуги;  $\varphi$  - зсув фаз струму і напруги в колі.

Обчислений кут відсічення ланцюга з реле КМ-3000 становить  $\theta = 60^\circ$ , вимірний за осцилограмою  $\theta = -56^\circ$ . Використовуючи функцію Берга, отримано:

$$U = (\sin \theta - \theta \cos \theta) \frac{U}{\pi} (1 - \cos \theta). \quad (3.12)$$

Максимальна напруга постійної складової на контрольному реле при іскріння на колекторі складала  $U_0 = 0.24U_m$ .

Помилкове спрацьовування контрольного ланцюга при іскрових розрядах можна запобігти декількома способами. Один з них полягає в обмеженні струму в колі до значення нижче критичного тільки збільшенням активного опору  $R$ . Оскільки зростання ємнісного опору ланцюга, знижуючи стійке значення струму, не зменшує імпульси перехідного струму, що виникають як результат іскрового пробною. Амплітуда цих імпульсів може в кілька разів перевищувати амплітуду струму режиму, що встановився. Захисний опір  $R$  за абсолютним значенням повинен задовольняти умові

$$R \geq 2\sqrt{\frac{L_k}{C}} \geq \left| \frac{U}{0.03} \right|. \quad (3.13)$$

де  $L_k$  – індуктивність короткозамкнутого контрольного кола;  $U$  - значення напруги джерела живлення, що діє в контрольному ланцюгу; 0,03 А – мінімальне значення струму короткого замикання контактної зазору, при якому можливе утворення дуги.

Такий спосіб захисту реалізований у схемі з блоком БКСМШ. Для того, щоб даний захист був ефективним, в контрольному ланцюгу слід встановлювати індивідуальний ізолюючий трансформатор. При загальному трансформаторі захисні резистори однієї схеми можуть шунтуватися захисними резисторами іншої схеми через ємнісний опір жил кабелю.

У відповідальних двопровідних схемах управління стрілкою встановлені контрольні реле ПК і МК, в ланцюзі яких в результаті перевірки відповідності положення контактів контрольного реле ОК і пускового реле ППС здійснюється захист від помилкового контролю при неспрацьовуванні поляризованого якоря реле ОК. Проте цей захист стає ефективним, якщо реле ППС спрацьовує першим, а реле ППС – другим.

Для дослідження впливу погіршення ізоляції лінійних проводів працювати контрольного реле ОК типів КШ1-800, КШ1-1000 скористаємося схемою, представленою на рис. 3.4.

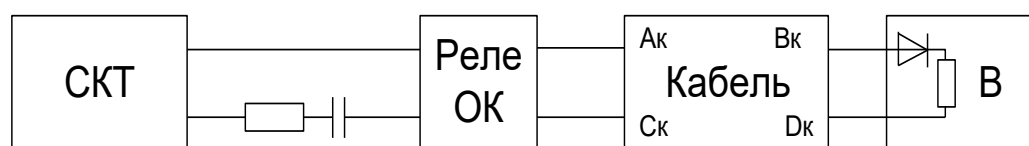


Рисунок 3.4 – Схема заміщення контрольного кола схеми керування стрілкою

Характеристики реле КШ1-800 та КШ1-1000 наведені в табл. 3, де  $U_{от}$  – напруга відпускання якоря,  $U_{cp}$  – напруга спрацьовування реле,  $U_{перегрів}$  – напруга перегрівання контактів реле,  $U_{перел}$  – напруга перельоту якоря,  $w$  – кількість витків однієї котушки;  $d$  – Діаметр провідника котушки;  $m$  – маса реле.

Таблиця 3.1 – Характеристики реле КШ1-800 и КШ1-1000

Тип реле	$U_{от}$ , В	$U_{cp}$ , В	$U_{перегрів}$ , В	$U_{перел}$ , В	$d$ , мм	$w$	$m$ , кг
КШ1-800	2,5	11	30	3,5-6,5	0,27	10000	3,86
КШ1-1000	2	10	32	3,5-5,5	0,25	11000	3,8

Визначити індукцію в котушці можна за формулою

$$B = \mu\mu_0 IN / l_k, \quad (3.14)$$

де  $N$  - кількість витків на одиницю довжини,  $l$ ;  $N = \frac{w}{l}$ ;  $I$  – струм у котушці;

Магнітний потік можна визначити так:

$$\Phi = NBS = LI. \quad (3.15)$$

Звідки,

$$L = \frac{BS}{I} = \mu\mu_0 INS / l_k = \mu\mu_0 w^2 S / l_k. \quad (3.16)$$

Оскільки  $l_k = 2\pi d_k$ ,  $S = \frac{\pi d^2}{4}$ , то

$$L = \mu\mu_0 w^2 d^2 / (8d_k), \quad (3.17)$$

де  $d_k$  – діаметр котушки, мм.

За результатами розрахунку:

-для реле КШ1-800 індуктивність дорівнює  $L = 2,147 \cdot 10^{-3}$  Гн,

-для реле КШ1-1000 індуктивність дорівнює  $L = 2,227 \cdot 10^{-3}$  Гн.

Струм навантаження буде визначатися величиною опору, включеного послідовно зі своїм контрольним діодом: для мінусового положення – 1,3 кОм, для плюсового на порядок менше – 130 Ом.

Визначимо параметри кабельної лінії живлення та контролю стрілочних приводів довжиною  $l$  при частоті мережі живлення  $f = 50$  Гц:

- ємнісний опір кабельної лінії

$$X_k = \frac{1}{2\pi f C_k}, \quad (3.18)$$

- вторинні параметри (хвильовий опір і кілометровий коефіцієнт поширення хвилі)

$$Z_{ек} = \sqrt{X_c R_k}, \quad \gamma_k = \sqrt{\frac{R_k}{X_c}}, \quad (3.19)$$

де  $R_k$  – активний опір кабелю.

Коефіцієнти чотириполюсника кабельної лінії відповідно до схеми заміщення, наведеної на рис. 3.4:

$$\begin{aligned} A_k &= D_k = \cosh(\gamma_k l), \\ C_k &= \frac{1}{Z_{ек}} \sinh(\gamma_k l), \\ D_k &= Z_{ек} \sinh(\gamma_k l), \end{aligned} \quad (3.20)$$

де  $C_k$  – коефіцієнт можна знайти наступним чином

$$C_k = \frac{k\varepsilon 10^{-6}}{36 \ln\left(\frac{2a}{d_0}\psi\right)}. \quad (3.21)$$

де  $k$  – коефіцієнт укрутки;  $\psi$  – поправочний коефіцієнт  $\psi = 0,644$ ;  $\varepsilon$  – діелектрична проникність ізоляції;  $d_0$  – діаметр жили,  $d_0 = 1,5d$ ,  $a$  – Середня довжина ізоляції жили.

Для кабелю з діаметром жили  $d = 1$  мм  $R_k = 47$  Ом/км;  $C_k = 50$  нФ/км,

для кабелю з діаметром жили  $d = 0,9$  мм  $R_k = 59$  Ом/км;  $C_k = 50,003$  нФ/км,

для кабелю з діаметром жили  $d = 0,8$  мм  $R_k = 90$  Ом/км;  $C_k = 50,003$  нФ/км.

Визначимо оптимальне значення опору реле ОК з умовою чутливості до пробою ізоляції.

Найменше значення критичного опір передачі буде при пошкодженні ізоляції. Таким чином, опір у кінцях будуть рівними.

За цих умов отримаємо оптимальне значення опору ізоляції при якій реле ОК буде без струму

$$r_{изкр} = \left( \frac{(R_p + r_{cn} + 0.375R_k l)}{2} \times (R_0 + 0.375R_k l) \right)^{0,5}, \quad (3.22)$$

де  $R_p + r_{cn} = R = R_0$  залежить від розташування стрілки.

Опір передачі кабельної лінії при нормальному режимі  $Z_{np}$  при всіх значеннях  $r_{cn}$  залишається величиною постійної,  $r_{cn} = 1300$  Ом.

$$Z_{np} = 2A_{кл}R + C_{кл}R^2 + B_{кл}, \quad (3.23)$$

де  $A_{кл}$ ,  $B_{кл}$ ,  $C_{кл}$  – коефіцієнти чотириполіусника кабельної лінії при погіршенні ізоляції.

Знайдемо відношення опору передачі  $Z_{np}$  до опору  $Z_{нкп}$

$$\frac{Z_{np}}{Z_{нкп}} = \frac{2A_{кл}R + C_{кл}R^2 + B_{кл}}{11,64(R + 0,375R_k l)} = f(R), \quad (3.24)$$

Отже, захисний опір можна визначати так

$$R = -0,375R_k l + \sqrt{0,1 + R_k^2 l^2 + \frac{B_{кл}}{C_{кл}} - 0,75 \frac{A_{кл}}{C_{кл}} R_k l}, \quad (3.25)$$

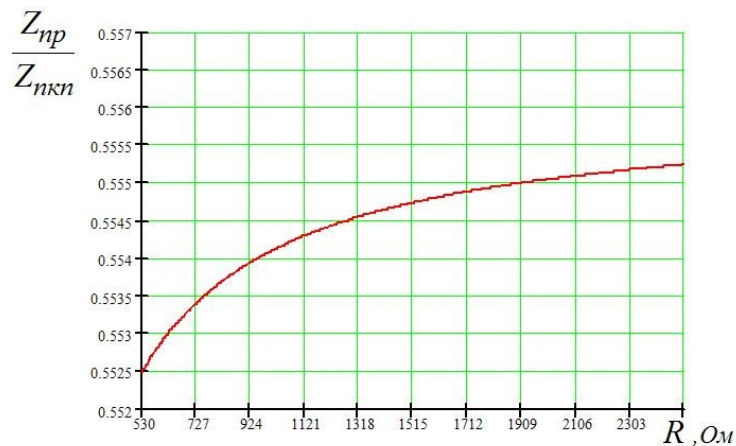


Рисунок 3.5 – Залежність відносного опору передачі від захисного опору  $R$

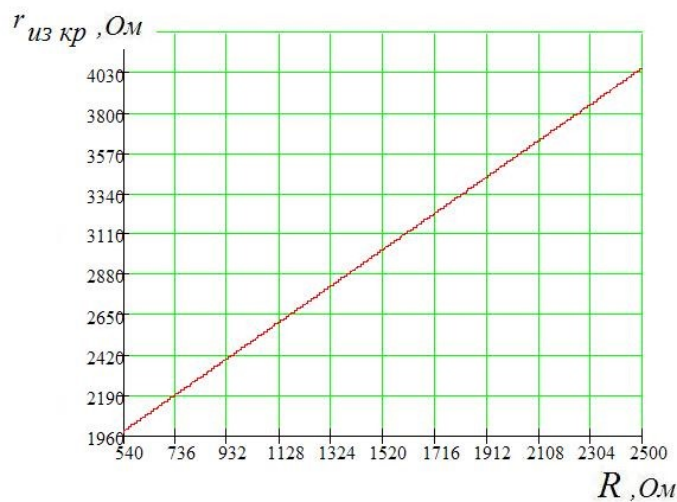


Рисунок 3.6 – Залежність величини оптимальне значення опору ізоляції, при якій реле ОК буде без струму від величини захисного опору

Знайдений опір буде оптимальним при вибраних початкових умовах.

$$\begin{aligned}
 A_{kl} &= D_{kl} = \operatorname{ch}(\varphi l_{kp}) + \sqrt{1 + 2p} \operatorname{sh}(\varphi l_{kp}) \times \operatorname{cth}(\varphi l_{kp}) \sqrt{\frac{1}{4 + 8p}}, \\
 B_{kl} &= \frac{Z_{\text{ск}} l}{\varphi l_{kp}} \operatorname{sh}(\varphi l_{kp}) + \sqrt{1 + 2p} \operatorname{ch}(\varphi l_{kp} + 1) \times \operatorname{cth}(\varphi l_{kp}) \sqrt{\frac{1}{4 + 8p}}, \\
 C_{kl} &= \frac{\varphi l_{kp}}{Z_{\text{ск}} l} \operatorname{sh}(\varphi l_{kp}) + \sqrt{1 + 2p} \times \operatorname{ch}(\varphi l_{kp} - 1) \times \operatorname{cth}(\varphi l_{kp}) \sqrt{\frac{1}{4 + 8p}}
 \end{aligned} \quad (3.26)$$

Параметр  $p$  характеризує стан ізоляції між лінійними проводами та визначається за формулою:

$$p = \frac{R_{uz1} + R_{uz2}}{R_{uz1(2)}}, \quad (3.27)$$

де  $R_{uz1}, R_{uz2}$  – опір ізоляції лінійних проводів Л1, Л2,  $R_{uz1(2)}$  – опір ізоляції між проводами.  $R_{uz1} = R_{uz2} = 25$  МОм.

Для розрахунків приймемо, що параметр  $p$ , що характеризує зміну опору ізоляції змінюється в межах  $p = 0 \dots 10$ . Зменшення параметра  $p$  відповідає погіршенню ізоляції між проводами. При нормі ізоляції в 25 МОм параметр приймається рівним  $p = 2$ , а при погіршенні ізоляції одного з лінійних проводів він зменшується до  $p = 1$ .

Отже, напруга, те й потужність на реле залежно від опору ізоляції, тобто. від параметра  $p$ , визначаються виразом

$$U_p(p) = A_{kl}(p)U_n + B_{kl}(p)I_n, \quad (3.28)$$

$$I_p(p) = C_{kl}(p)U_n + D_{kl}(p)I_n, \quad (3.29)$$

$$P_p(p) = U_p(p)I_p(p) \times \cos(\arg(I_p(p)) - \arg(U_p(p))). \quad (3.30)$$

Залежність, представлена на рис. 3.7 – 3.9 відповідно. Як видно з графіка при нормальному опорі ізоляції проводів  $R_{uz1} = R_{uz2} = 25$  МОм напруга на реле дорівнює  $U_p = 62,3$  В, струм  $I_p = 0,42$  А, а потужність  $P_p = 27$  Вт.

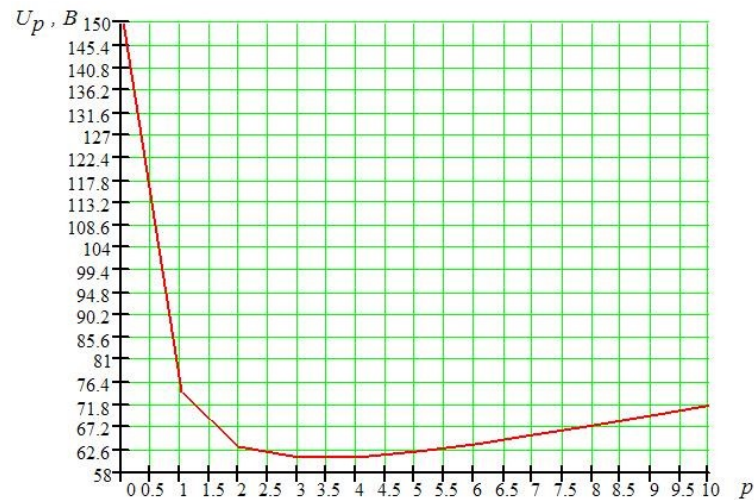


Рисунок 3.7 – Графік залежності напруги на реле від параметра

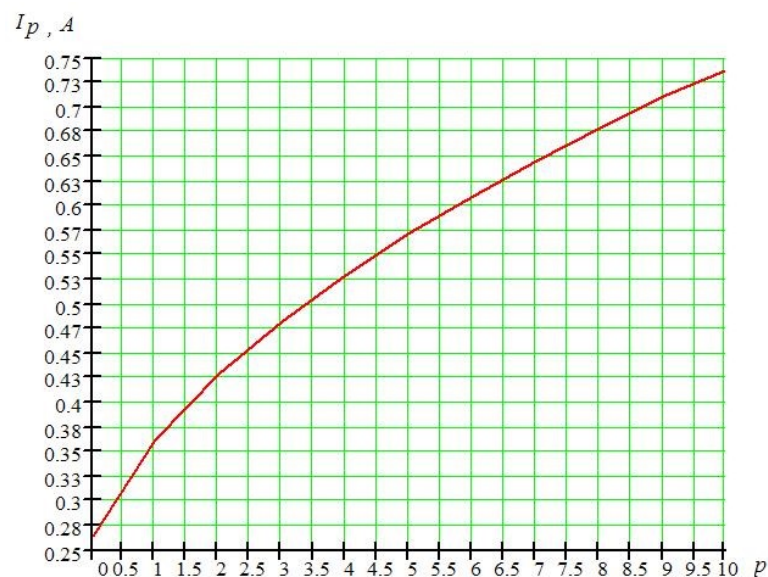


Рисунок 3.8 – Графік залежності струму реле від параметра

За результатами досліджень було встановлено, що реле ОК залишається під током у той час, коли ізоляція одного з лінійних проводів погіршується. Цей висновок був зроблений на підставі аналізу залежності потужності реле  $P_p$  від параметра  $p$ , що характеризує стан ізоляції між лінійними проводами (див. рис.

3.9). При потужність на реле змінюється незначно, що веде до того що реле ОК залишається під струмом.

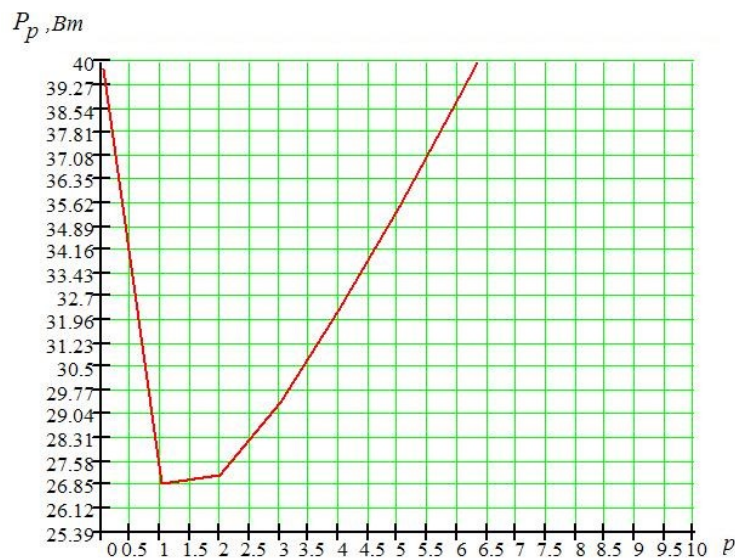


Рисунок 3.9 – Графік залежності потужності реле від параметра

Аналіз кривих  $U_p(p)$  і  $I_p(p)$  показав, що величина напруга на реле ОК не є визначальною, оскільки навіть при  $U_p = 62,6 \dots 72$  В реле залишалося під струмом, який змінювався в межах  $0,4 \dots 0,75$  А (див. рис 3.7, 3.8).

Критичним є значення параметра  $p = 0 \dots 1$ , що відповідає погіршенню ізоляції між проводами. При цьому можлива втрата контролю стрілки або хибний контроль її положення.

### 3.3. Висновки за розділом

Для виключення несправності виду «занижений опір ізоляції лінійних проводів Л1, Л2» контролю опору ізоляції проводів можна скоригувати періодичність перевірки, впроваджувати сучасні методи діагностики та (або) поєднати дані вимірювання з проведенням профілактичних випробувань кабелів автоблокування (АБ).

## ВИСНОВКИ

Таким чином, у цій науково-дослідній кваліфікаційній роботі на здобуття освітнього ступеня «магістр» виконано аналітичний огляд сучасного стану конструктивного розвитку стрілочних електроприводів. Авторами рекомендується розробляти і впроваджувати стрілочні приводи подібні до УПС, в яких використовується єдина координатна база (порожнистий металевий брус) для взаємопов'язаного розташування виконавчого модуля, стрілочної гарнітури та елементів монтажу до стрілочного переключача, рамної рейки та дотепника, що забезпечує точність положення гостряка щодо рамної рейки; зниження в 5 ... 7 разів рівня динамічних навантажень від рухомого складу внаслідок інерційності і високої жорсткості несучого елемента, пропорційно знижує ризик відмови в механізмах і електричних комунікаціях з причин зносу і руйнувань виробів; виключає засмічення у місці розташування стрілочної гарнітури; запобігає механічним пошкодженням стрілочної гарнітури сторонніми предметами та вандалськими діями; виключає технічне обслуговування фрикційної муфти та редуктора, і, отже, вплив суб'єктивного чинника на їхню працездатність; у вузлі електрокомутації автоперемикача виключено ризик відмов [4]. Такі приводи є аналогами зарубіжних розробок і є кращими до встановлення на новопроекттованих швидкісних залізницях України.

Зменшення числа відмов у вузлах стрілочних приводів дозволить підвищити функціональну безпеку на залізничному транспорті за рахунок впровадження сучасної елементної бази залізничної автоматики. Це дозволить поліпшити показники безвідмовності та ремонтпридатності.

Крім вивчення конструкції стрілочних переводів і електроприводів, що застосовуються на Укрзалізниці, було дано наукове обґрунтування до впровадження методики дослідження функціонування стрілочних приводів

постійного струму; складено рівняння руху стрілочного електроприводу з метою опису фізичних процесів, що відбуваються при переведенні стрілки; складена одномасова схема ЕП та отримано рівняння приведенного моменту.

Завдяки виконаному аналізу видів несправностей у стрілочних приводах та переводах, з'ясовано що однією з найпоширеніших несправностей в них є зниження ізоляції лінійних проводів Л1, Л2 схеми керування.

За результатами експериментальних та розрахункових досліджень було встановлено, що реле ОК залишається під струмом у той час, коли ізоляція одного з лінійних дротів погіршується. Цей висновок було зроблено виходячи з аналізу залежності потужності реле від параметра  $p$ , що характеризує стан ізоляції між лінійними проводами. При потужність на реле змінюється трохи і реле ОК залишається під струмом. У цьому величина напруги на реле ОК перестав бути визначальним, оскільки навіть за напрузі на реле 62,6 ... 72 В реле залишалося під струмом, який змінювався не більше 0,4...0,75 А.

Критичним є значення параметра  $p$ , що відповідає значному погіршенню ізоляції між проводами і може призвести до втрати і або помилкового контролю її положення.

Для виключення несправності виду «занижений опір ізоляції лінійних проводів Л1, Л2» пропонується вдосконалити технологію обслуговування стрілочних приводів, шляхом впровадження нових методів дистанційної діагностики та виконання спільних профілактичних випробувань кабелів автоблокування та ЕЦ.

Шляхи подальших наукових досліджень: розробка та впровадження безконтактних двигунів постійного струму в гірковий стрілочний електропривод, модернізація схеми керування.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Масленников, Є. В. Стрілочні привода швидкісних залізничних магістралей / Є. В. Масленников, П. Е. Горб, Т. Н. Сердюк, О. В. Іванов // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2013. – Ном. 5. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2013. – С. 63–82.
2. Призначення та класифікація стрілочних електродвигунів URL: [https://studme.org/404095/tehnika/naznachenie\\_klassifikatsiya\\_strelochnyh\\_privodov](https://studme.org/404095/tehnika/naznachenie_klassifikatsiya_strelochnyh_privodov)
3. Дубинець, Л. В. Електричні машини. Трансформатори. Асинхронні машини: [Текст] / Л. В. Дубинець, О. І. Момот, О. Л. Маренич – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 208 с.
4. Дорохін, Б. П. Впровадження нових типів двигунів стрілочних електродвигунів / Б. П. Дорохін, Т. М. Сердюк // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2013. – Ном. 6. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2013. – С. 71–84
5. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування [Текст]. – Київ, 2006. – 433с.
6. Корнійчук, М. П., Липовець Н.В., Шамрай Д.О. Технологія галузі і технічні засоби залізничного транспорту [Текст] / М. П. Корнійчук, Н. В. Липовець, Д. О. Шамрай – К.: Дельта, 2006. – 500 с.
7. Електродвигун стрілочний з внутрішнім замикачем типу ВСП-150. URL: <http://scbist.com/postovoe-i-napolnoe-oborudovanie/704-elektroprivod-strelochnyi-s-vnutrennim-smykaniem-tipa-vsp-150-a.html>
8. Електродвигун СП-12У. URL: <http://www.signador.org/catalogue/ctl-priv.html> Режим доступа:

9. Електроприводи стрілочні невзрізні. URL: [http://www.aemz.elteza.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=420&Itemid=40](http://www.aemz.elteza.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=420&Itemid=40)

10. Парфенов, В. И., Руденко А. Б. Спосіб дистанційної діагностики стану механічної частини стрілочного перекладу з електроприводом постійного струму / В. И. Парфенов, А. Б. Руденко – Д. П. України № 8573, В61L7/08, опубл. 15.08.2005, бюл. № 8

11. Лагута В. В., Сердюк Т. М. Моделювання ефективної системи діагностування тягового електродвигуна з урахуванням вибору варіантів комплектації елементів. Транспортні системи та технології перевезень. 2017. № 13. С. 52–58.

12. Губаревич О.В. Надійність і діагностика електрообладнання. Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 248 с.; табл. 6, іл. 20, бібліогр. 44 найм.

13. Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, О. Б. Мокін. Математичні методи ідентифікації динамічних систем. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 260 с.