

|              |             |                 |               |             |                    |      |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------|------|
|              |             |                 |               |             | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
|              |             |                 |               |             |                    | 5    |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                    |      |

## 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 1.1. Дані статистики відмов об'єктів залізничної автоматики

Для того, щоб мати уявлення про кількість випадків транспортних подій та загальне число несправної роботи залізничних об'єктів, розглянемо найголовніші статистичні показники за останні п'ять років, які фіксувалися на всіх шести залізницях України .

Розглянемо для прикладу транспортні події, які сталися у період з 2010 р. по 2014 р. і віднесені за господарствами сигналізації та зв'язку. З вини дистанцій сигналізації та зв'язку з 55 транспортних подій допущено 25 транспортних подій або 45,5% від загальної кількості. Причини, які привели до виникнення транспортних подій:

- порушення технології виконання робіт (недотримання вимог технологічних карт та керівництв з експлуатації) при технічному обслуговуванні та ремонті пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) - допущено 15 інцидентів, або 27,3% транспортних подій;
- невиконання робіт, передбачених планами технічного обслуговування пристроїв СЦБ, інструкціями та керівними вказівками УЗ - допущено 10 інцидентів, або 18,2% транспортних подій;
- інші причини, серед яких: розкрадання, навмисне пошкодження пристроїв - 5 серйозних інциденти і 15 інцидентів (разом 20), або 35,4 %;
- конструктивно-заводський недолік - 2 інциденти або 18,2%.

За цей період, найчастіше допускалися випадки транспортних подій з таких причин:

- сходження рухомого складу залізничного транспорту під час виконання маневрів - 15 інцидентів або 27,3% від загальної кількості;
- через відмови в роботі електричної централізації, автоблокування на перегонах, що не усунені протягом восьми годин і більше, а пристроїв на залізничних переїздах протягом чотирьох годин і більше з відліком часу від проходження першого поїзда 10 інцидентів або 18,2% від загальної кількості;

|       |      |          |        |      |                    |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|       |      |          |        |      | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
|       |      |          |        |      |                    | 6    |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

- через переведення стрілки або рухомого осердя хрестовини, що входять до поїзного маршруту, перед або під поїздом - 5 серйозних інцидентів або 9,1 % від загальної кількості;
- з причини переходу на інші засоби сигналізації і зв'язку для організації руху поїздів на вісім годин і більше через несправність технічних засобів з відліком часу від проходження першого поїзда - 5 інцидентів або 9,1 % від загальної кількості;
- через невірні дії працівників, що призвели до затримки поїзда на одну годину і більше - 5 інцидентів або 9,1 % від загальної кількості;
- через виникнення несправності пристроїв сигналізації, централізації та блокування, зв'язку, які призвели до затримки поїзда на перегоні чи станції на дві години і більше понад час, встановлений графіком руху - 10 інцидентів або 18,2%;
- з причини невидачі попереджень на поїзди, коли необхідно зменшити швидкість або зупинитися, та/або у разі не огороження сигналами небезпечного місця для руху поїздів під час виконання робіт - 5 інцидентів або 9,1 % від загальної кількості.

Якщо порушити питання надійності роботи пристроїв СЦБ, то загальна кількість їх відмов 5 останніх роки склала 24450 випадків, а середній час усунення відмов пристроїв СЦБ, віднесених за дистанціями сигналізації та зв'язку, склав 1 годину 22 хвилини.

Загальна кількість затриманих пасажирських поїздів з вини господарств сигналізації та зв'язку склала 1030 поїздів із загальним обсягом затримки на 399 годин 0 хвилин.

Загальна кількість затриманих вантажних поїздів з вини господарств сигналізації та зв'язку склала 1950 поїздів із загальним обсягом затримки на 1160 години.

Аналіз відмов пристроїв СЦБ, віднесених за господарством сигналізації та зв'язку показує, що основними об'єктами відмов пристроїв СЦБ є (рис. 1.2):

|       |      |          |        |      |                    |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|       |      |          |        |      | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
|       |      |          |        |      |                    | 7    |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

- вихід з ладу реле, блоків, трансформаторів, випрямлячів, безконтактної апаратури, пристроїв захисту - 1955 відмов або 32,7 %. Основні причини відмов апаратури - обрив обмоток та монтажних проводів в приладах, вихід з ладу напівпровідникових елементів;
- несправність в релейних шафах, на стативах, в колійних коробках - 1090 відмов або 18,2%. Основні причини відмов - несправність штепсельних плат, клем, роз'ємів, монтажу;
- порушення роботи рейкових кіл - 740 відмов або 12,4%. Основні причини відмов в рейкових колах - обрив дросельних перемичок, обрив або відсутність стрілочних з'єднувачів, а також закорочення рейкового кола;
- порушення роботи кабельних ліній - 720 відмови або 12,0%. Основні причини відмов кабельних ліній - внутрішній обрив жил, неякісна пайка, пошкодження кабелів при виконанні робіт, зниження опору ізоляції;
- несправність світлофорів - 525 відмов або 8,8%;
- несправність стрілочних електроприводів, гарнітури, замків Мелентьєва - 455 відмова або 7,6%.

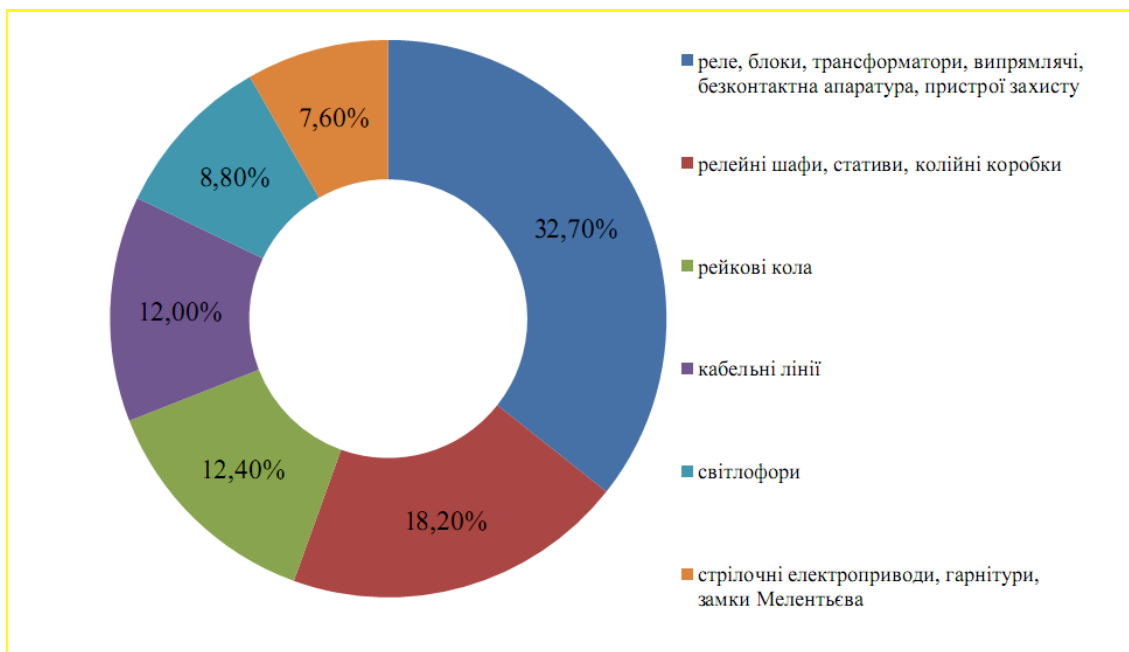


Рис. 1.1 Основні об'єкти відмов пристроїв СЦБ

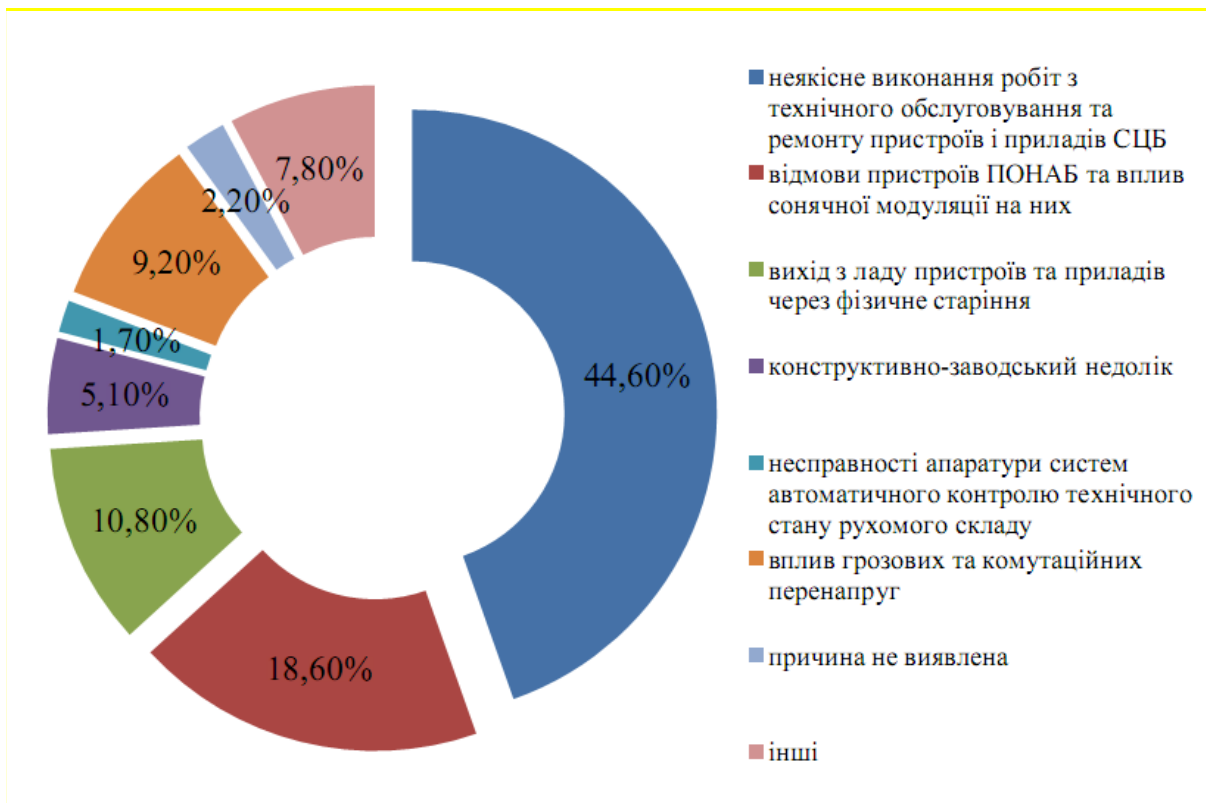


Рис. 1.2 Основні причини відмов пристроїв СЦБ та зв'язку, що призвели до затримки поїздів

Основними причинами відмов пристроїв СЦБ є експлуатаційні, на долю яких припадає 4840 відмов або 80,9%, та інші, частка яких складає 1220 відмови або 20,4%.

З розподілу відмов по службі Ш за типами систем та об'єктами (рис. 1.3) можна зробити висновок, що відмови стрілочних переводів хоч і не мають найвищих показників, але займають по своїй позиції вагоме місце серед усіх відмов пристроїв. Крім того, вони мають позитивну динаміку, що свідчить про загальне погіршення стану в експлуатації стрілочних переводів.

З аналізу відмов стрілочних електроприводів (рис. 1.4), який представлено для електроприводів типів СП, видно, що найбільш уразливим до пошкоджень є автоперемикач, після якого з досить вагомим значенням слідує порушення роботи електродвигуна і з зовсім невеликим показником відмов - несправна механічна передача.

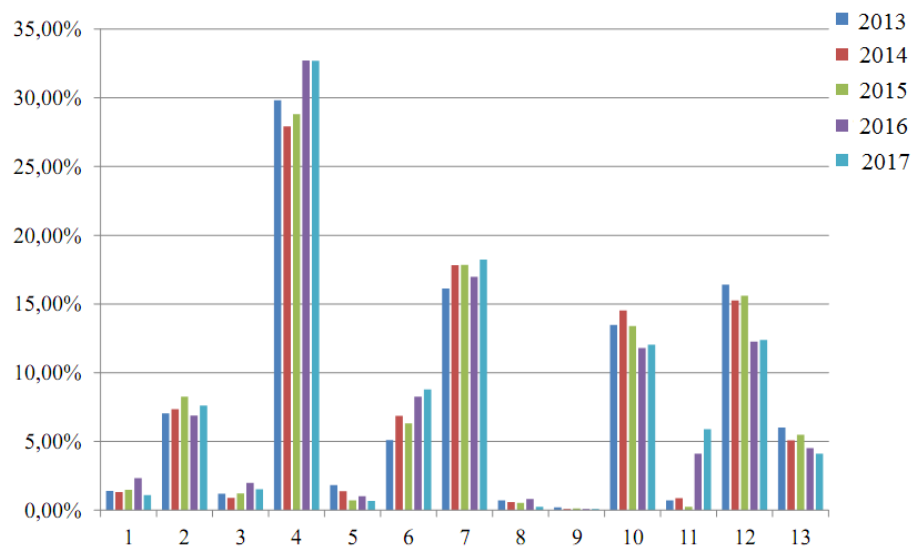
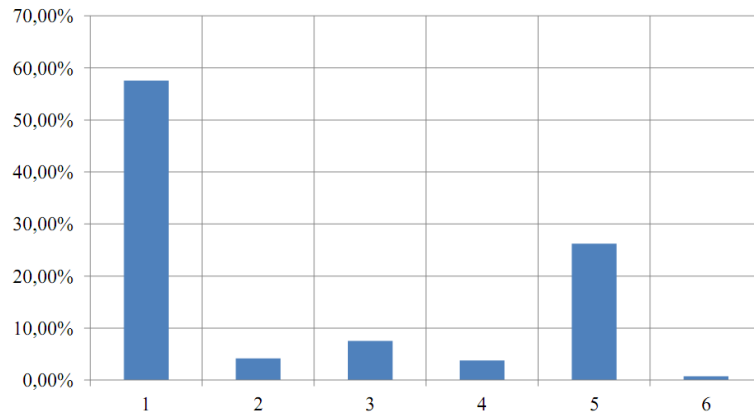


Рис. 1.3 Розподіл відмов по службі Ш за типами систем та об'єктами  
 1 – пульти, табло, апарати управління; 2 – стативи, релейні шафи, колійні коробки; 3 – електроживильні установки; 4 – реле, блоки, трансформатори, випрямлячі, безконтактна апаратура, пристрої захисту; 5 – акумулятори; 6 – світлофори; 7 – стрілочні електроприводи, гарнітура, замки Мелентьєва; 8 – електроприводи автошлагбаумів; 9 – пристрої механізованих та автоматизованих сортувальних гірок; 10 – кабельні лінії; 11 – повітряні лінії; 12 – рейкові кола; 13 – інші.

Найбільш поширені несправності асинхронних електродвигунів. Серед несправностей особливе місце займає перевантаження або перегрів статора електродвигуна, так як на нього припадає близько 31% від загального числа появи несправностей. Частка міжвиткового замикання при цьому більш ніж в два рази менше даного значення і складає всього близько 15%.

Несправності від пошкодження підшипників, а також з вини пошкодження обмоток статора або ізоляції знаходяться приблизно на одному і тому ж рівні і становлять 12% і 11% відповідно. Також мало відрізняються за своїми показниками частина несправностей, що відноситься до нерівномірного повітряного зазору між статором і ротором, яка складає близько 9%, і робота електродвигуна на двох фазах в кількості 8%.

|       |      |          |        |      |
|-------|------|----------|--------|------|
|       |      |          |        |      |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |



**Рис. 1.4 Розподіл відмов елементів стрілочних електроприводів**  
 1 – порушення контакту автоперемикача; 2 – заклинювання шибера;  
 3 – несправність механічної передачі; 4 – порушення контакту блокувального пристрою; 5 – порушення роботи електродвигуна; 6 – інші.

## **1.2. Стрілочний електропривод змінного струму.**

### **1.2.1. Вимоги до стрілочних переводів та стрілочних електроприводів**

Згідно з вимогами Правил технічної експлуатації (ПТЕ) [24] стрілочні переводи повинні забезпечувати: щільне прилягання притиснутого гостряка до рамної рейки при крайніх положеннях стрілки; замикання стрілки при зазорі 4 мм і більше між притиснутим гостряком і рамною рейкою; відвід гостряка від рамної рейки на відстань не менше 125 мм; переводити стрілку з одного положення в інше з ходом гостряків 154 мм; механічне запирання гостряків стрілки для запобігання їх відводу при проходженні поїзда; захист від перевантаження двигуна і відтиснення рамної рейки при потраплянні стороннього предмету між гостряком і рамною рейкою; можливість переведення стрілки вручну (рукояткою).

Стрілочні приводи призначені для переводу, замикання й контролю чотирьох положень гостряків стрілочного переводу - нормального (плюсове), переведеного (мінусове), проміжного (середнє) і взрізу.

|       |      |          |        |      |                    |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|       |      |          |        |      | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 11   |

Забезпечення прилягання притиснутого гостряка в крайніх положеннях стрілки при її справному стані і нормальній ширині колії, передусім, залежить від точності відпрацюванням приводом робочого ходу стрілки. Тому привід повинен забезпечувати необхідну точність робочого ходу стрілки, щоб проміжок між притиснутим гостряком і рамною рейкою був менше 4 мм. При такому зазорі виключається удар у пері гостряка бандажем колеса рухливої одиниці, а також протишерстний взріз стрілки. При проходженні рухомого складу по стрілці на її гостряки впливають вертикальні і горизонтальні сили. Внаслідок виникаючих при цьому вібрацій можливі відхід притиснутого гостряка від рамної рейки і попадання гребенів коліс вагонів в простір між притиснутим гостряком і рамною рейкою, що веде до аварії. Тому надійне замикання гостряків, і особливо притиснутого, є важливою вимогою до стрілочних приводів.

Найважливішою умовою дистанційного керування стрілками є наявність контролю їх положення на посту управління. Тому стрілочні приводи мають обладнуватися датчиком контролю (автоперемикачем), для забезпечення контролю положення стрілки шляхом перетворення цієї інформації в електричну величину і дистанційної передачі її в орган управління.

Стрілочні приводи, окрім дистанційного, повинні допускати переведення стрілки вручну. При цьому, а також при відкритті приводу електричне живлення повинне відключатися автоматично.

Конструкції стрілочних електроприводів повинні забезпечувати можливість швидкої заміни несправних частин та потребувати мінімум обслуговування.

### **1.2.2. Причини виникнення та види несправностей стрілочних електроприводів**

Для того, щоб мати уявлення про ознаки несправностей стрілочних електроприводів, розглянемо причини відмов у їх роботі. Найбільш

|       |      |          |        |      |                    |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|       |      |          |        |      | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 12   |



характерними причинами відмов у роботі електропривода є: пошкодження редуктора; порушення роботи фрикційного зчеплення; заклинювання шибера з робочою шестернею; розрегулювання контрольних тяг; підгар або порушення регулювання контактів автоперемикача; індивіння або обмерзання контактів автоперемикача; злам контактів автоперемикача; злам шліфта і випадання валика; інші відмови .

Відмови електроприводів в основному обумовлені порушенням контакту автоперемикача, несправностями механічної частини та електродвигуна. Порушення контакту автоперемикача є наслідком неправильного регулювання, зламу контактних колодок, важелів, контактів; індивіння контактів; забруднення контактів та ін.

Неправильне регулювання, що призводить до відмов електроприводів, є наслідком неякісного виконання графіка технологічного процесу обслуговуючим персоналом. Злам контактних колодок відбувається через неправильну регулювання врубання ножів, розбиваючих колодки. Однією з основних причин порушення контакту автоперемикача є неправильне регулювання пружин контактних колодок, що є наслідком недотримання відстаней між контактними пружинами колодок і недостатньою глибиною врубання ножів.

Найбільше число відмов припадає на втрату контакту в автоперемикачі взимку і пов'язане з індивінням контактів. Для запобігання таких випадків передбачено застосування різних захисних заходів, таких як графітове мастило, змащення гліцерином, обігрів, спеціальні насічки на ножах, закриття оргсклом та ін.

Якщо контактне натискання автоперемикача більше норми, при розмиканні контактів це створить дугоутворення при розриві робочих контактів і їх підгар. Якщо ж контактне натискання менше норми, то можливе порушення електричного кола, особливо в період індивіння.

Злам колодочки автоперемикача відбувається зазвичай через неправильне регулювання врубання ножів, які розбивають колодочки.

|       |      |          |        |      |                    |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|       |      |          |        |      | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 13   |

Злам контакту автоперемикача може бути через неправильне регулювання контактів при загинанні кінців контактних пружин, оскільки вони повинні знаходитися на одній прямій без перегинів.

Кожен вид несправності має власні особливі ознаки, за якими й можна їх визначати. Несправності стрілочного переводу зазвичай пов'язані з його неякісним обслуговуванням працівниками колії (табл. 1.1). В першу чергу сюди відноситься брудний стан стрілки, несвоєчасне очищення її від снігу, провисання гостряків стрілки, наявність накату на рамних рейках, невідповідність розмірів нормам утримання і т.д. Поряд з перерахованими відмовами в роботі електропривода зустрічаються й інші несправності (табл. 1.2)

Таблиця 1.1

Найбільш характерні відмови на стрілочному переводі.

| Ознака відмови  | Найбільш вірогідна причина відмови  |
|---|---|
| При перевірці стрілки на щільність притиснення гостряків стрілка замикається при шаблоні товщиною 4 мм  | 1. Розширення колії у гостряків стрілки;<br>2. Викантовка гостряків через ослаблення кореневого кріплення;<br>3. Відбій рамної рейки внаслідок слабкого його кріплення;<br>4. Викривлення гостряка;<br>5. Неправильне регулювання тяг   |
| При переводі стрілки зазор між гостряком і рамною рейкою менше 4 мм, але стрілка переводу не закінчує   | 1. Звуження колії у гостряків стрілки;<br>2. Накат на гостряку або рамній рейці;<br>3. Регулювання приводу без допуску, в результаті чого при зміні температури відбувається недохід стрілки при нормальному зазорі   |
| При переводі стрілки зазор між гостряком і рамною рейкою більше допустимого, але стрілка переводу не закінчує (працює на фрикцію)                                       | 1. Напресування снігу або бруду між гостряком і рамною рейкою або в кореновому кріпленні;<br>2. Викривлення гостряка;<br>3. Надмірно затягнуті кореневі болти;<br>4. Завзяті болти упираються в гостряк;<br>5. Забруднені і не змащені башмаки стрілки<br>6. Гостряки лежать на малому числі башмаків |
| При переводі стрілка не рушає з місця, електродвигун працює на фрикцію, струм фрикції в нормі або ж стрілка переводиться важко, електродвигун споживає підвищений струм | 1. Притиснутий гостряк затиснутий накатом рамної рейки;<br>2. Стрілка сильно забруднена;<br>3. Угон гостряка;<br>4. Сильно затягнуті кореневі болти;<br>5. Розгорнулися упорні болти  |

## Характерні несправності в роботі електропривода

| Несправність  | Імовірна причина   | Спосіб усунення   |
|---|--|---|
| Нестабільна робота фрикції  | Перекіс третьових поверхонь один відносно одного дисків й відсутність мастильного матеріалу на поверхнях фрикційних дисків   | Усунути перекіс і змазати фрикційні диски   |
| Стрілка не переводиться, струм менше номінального струму переводу                             | Ослабло фрикційне зчеплення<br>Відсутність мастильного матеріалу на заірних зубах шиберної шестерні й шибери й відсутність зазору між гостряком і рамною рейкою, що дає можливість забезпечити замикання стрілки при закладці шаблона товщиною 2 мм.<br>Завищена напруга на електродвигуні | Відрегулювати фрикційне зчеплення до номінального струму<br>Шестерня (шестерні) головного вала повинна бути густо змазана мастилом;<br>забезпечити замикання стрілки при закладці між гостряком і рамною рейкою шаблона товщиною 2 мм.<br>Відрегулювати напругу на електродвигуні |
| При переводі стрілки відбувається вихід ножів з контактних губок (пружин) із втратою контролю | Сильно затягнуте фрикційне зчеплення й завищена напруга на електродвигуні  | Відрегулювати фрикційне зчеплення до номінального струму роботи на фрикцію, але не більше 20-25% номінального струму переводу   |
| На робочих контактах автоперемикачів відбувається дугоутворення з підгорянням контактів       | Наприкінці переводу стрілки відбувається повільне перекидання ножів. Наявність утоми в пружинах кручення автоперемикачів, контактне натискання між губками й ножами вище норми<br>Несиметричне урубвання ножів автоперемикача між контактними пружинами                                    | Замінити пружини кручення, відрегулювати контактне натискання<br>Контактні колодки встановити симетрично відносно врублених у них ножів   |
| Злам текстолітових колодок автоперемикача   | Контактне натискання між контактними пружинами (губками) і ножами менше 4 – 5 Н та врубання ножів відбувається з великою силою   | Відрегулювати контактне натискання підгинанням ресорних пружин  |
| Втрата контролю положення стрілки при проходженні по ній<br>Поїзда                            | Контрольні тяги не відрегульовані по Т-подібній пластині на зазор 1 – 3 мм між зубом ножового важеля й робочою бічною поверхнею вирізу в контрольній лінійці   | Відрегулювати зазор у межах 1 – 3 мм між зубом ножового важеля й робочою бічною поверхнею вирізу в контрольній лінійці  |

|       |      |          |        |      |
|-------|------|----------|--------|------|
|       |      |          |        |      |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

|   |   |  |
|---|---|--|
| На затискачі електродвигуна робоча напруга надходить, але якір не обертається | Обрив обмотки якоря або обмотки збудження | Перевірити омметром справність обмотки якоря й обмотки збудження |
|---|---|--|

З метою забезпечення надійної роботи систем регулювання рухом поїздів, передбачено проведення періодичного контролю параметрів апаратури залізничної автоматики безпосередньо під час її експлуатації [15]. Недоліком існуючої технології обслуговування пристроїв є значні затрати ручної праці та часу, неможливість своєчасного попередження відмов стрілки. Крім цього виявлення тієї чи іншої відмови фіксує обслуговуючий персонал візуальним оглядом, що не дає необхідної точності та достовірності.

### 1.3. Сучасні способи діагностування стрілочних переводів

#### 1.3.1. Порядок технічного нагляду стану об'єктів на залізниці

Стрілочний перевід є складною системою взаємозалежних зв'язків механічних та електричних параметрів, оскільки до його устрою входять власні елементи стрілки та електропривод, який в свою чергу складається з електродвигуна та механічної передачі. Методи дослідження та аналізу стану стрілочних переводів мають розрізняти види несправностей та причини, що їх викликають. Розглянемо детальніше існуючі системи технічного діагностування стану стрілочних переводів, які проводяться за існуючими методиками [11, 19].

На залізницях широко застосовуються системи контролю і управління, істотним недоліком яких є показання лише справного чи несправного стану об'єкта контролю. Наприклад, система диспетчерської централізації «Каскад» [5] містить підсистему контролю станційних пристроїв, але контроль колійних пристроїв в системі «Каскад» виконаний на рівні контролю тільки працездатного стану об'єкту. В системі «Каскад» контролюється тільки положення стрілок та замикання їх в маршруті, а також контролюється

|       |      |          |        |      |                    |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|       |      |          |        |      | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 16   |

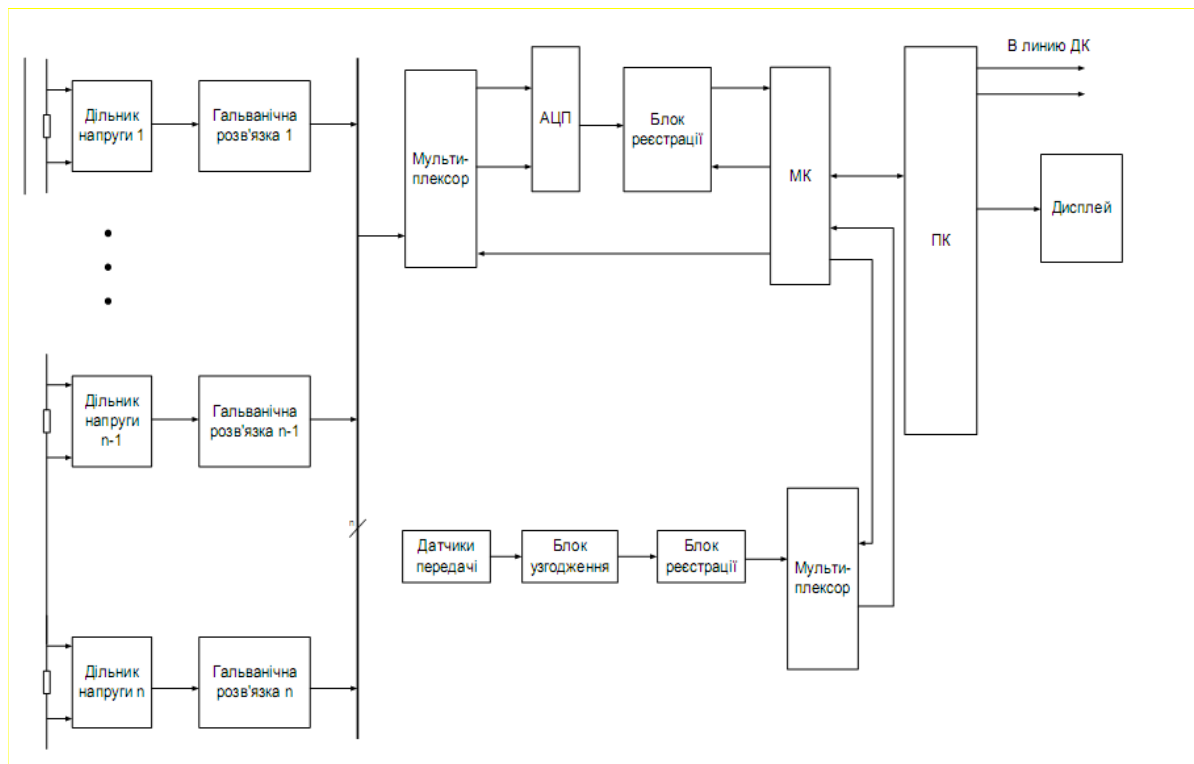
максимально допустимий рівень струму при переведенні стрілки. Серед недоліків даної системи необхідно відмітити відсутність контролю всіх вузлів та параметрів стрілочного переводу та відсутність фіксації величини та форми струмової кривої переведення в амперах, яка могла б дати можливість діагностувати стан стрілочного переводу та прогнозувати відмови.

Що стосується конкретно перевірки стрілочних переводів з електроприводами змінного струму, то одним з останніх видів перевірки стану стрілочних переводів є спосіб дистанційної діагностики стрілочного переводу з електроприводом змінного струму [20]. Суть способу дистанційної діагностики стану стрілочного переводу з електроприводом змінного струму полягає в тому, що виділяють тільки активну і миттєву потужність в колі навантаження електропривода, наприклад, за допомогою датчика Холла, а потім детектують і осцилографують криву навантаження і по характеру зміни її гармонік роблять висновок про стан стрілочного переводу.

### **1.3.2. Автоматизоване контролювання характеристик стрілочних переводів**

Система діагностування стрілочного електродвигуна та стрілочного переводу функціонує без додаткових датчиків і без перешкод для нормального функціонування електричної централізації [12]. Винести рішення про справність і працездатність двигуна можна за допомогою аналізу кривої часової та частотної залежності струму. Для реєстрації струму, необхідно створити наступну підсистему діагностування (рис. 1.5).

|       |      |          |        |      |                    |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|       |      |          |        |      | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 17   |



**Рис. 1.5 Структурна схема системи діагностики стрілочних двигунів та переводів**

В основі функціонування даної системи закладено наступний принцип. При переключенні стрілочного комутатора датчик переводу реєструє команду на переведення стрілки. Після цього сигнал потрапляє до блоку узгодження рівнів сигналів і подається до блоку реєстрації початку переводу стрілок.

Структура системи, яка реалізується для малих станцій з відсутнім маршрутним, набором наступна. Мікроконтролер циклічно підключає вихід блоку реєстрації на вхід мультиплексора і постійно перевіряє присутність сигналу на всіх його входах. Отримавши сигнал на вході мультиплексора, мікроконтролер визначає номер стрілки, яка буде зараз переводитись, і подає сигнал на другий мультиплексор, через який відбувається з'єднання стрілки, яка переводиться з відповідним входом аналогово-цифрового перетворювача. Цей процес відбувається за дуже короткий інтервал часу і мікроконтролер встигає підключитись на прийом сигналу від аналогово-цифрового перетворювача за час, який проходить між включенням нейтрального та

поляризованого пускових стрілочних реле схеми керування стрілкою. Момент спрацьовування поляризованого реле вже записується в мікроконтролер.

У разі використання системи на електричній централізації великих станцій, де застосована система з маршрутним набором, який виконується за принципом натискання двох кнопок, принцип функціонування системи діагностування та контролю стрілочних переводів буде наступний. При маршрутному наборі стрілки по встановленому маршруту переводяться автоматично за допомогою плюсового та мінусового керуючих реле, а стрілочні комутатори не використовуються. Оскільки датчики реєстрації переводу стрілки фіксують завдання переводу стрілки від стрілочних комутаторів, то при маршрутному наборі працювати вони не будуть. Тому необхідне встановлення додаткових датчики на реєстрацію натискання поїзних та маневрових кнопок. Після реєстрації датчиками натискання кнопок початку та кінця маршруту інформація надійде через блок узгодження, блок реєстрації, мультиплексор та мікроконтролер в обчислювальну машину. Комп'ютер визначить по натиснутих кнопках початку і кінця маршруту до якої стрілки необхідно підключати аналогово-цифровий перетворювач.

Побудована система надає додаткову можливість підключитись для фіксації кривої струму до тієї стрілки в маршруті, яка перевірялась найдавніше. В разі встановлення черговим по станції маршруту індивідуальним переводом кожної стрілки, або при перевірці стрілок на щільність прилягання перевід стрілки фіксуватиметься по алгоритму, який використовується для електричної централізації малих станцій. При одночасному переводі декількох стрілок можна проводити запис тільки однієї кривої струму (в іншому випадку система значно ускладнюється), тому комп'ютер визначає яка стрілка переводилась раніше і підключає її на запис кривої часової залежності струму.

|       |      |          |        |      |                    |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|       |      |          |        |      | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 19   |

Після спрацьовування пускового поляризованого реле по резистору починає протікати робочий струм, падіння напруги через перетворювач попадає до блоку гальванічної розв'язки і через відкритий мультиплексор проходить на аналого - цифровий перетворювач, в якому оцифровується і в цифровій формі передається на реєстр-замикач з якого циклічно зчитується мікроконтролером. Оцифрована форма кривої струму електродвигуна стрілочного переводу записується в пам'ять мікроконтролера і потім передається в персональний комп'ютер. В персональному комп'ютері виконується порівняння кривої струму зі зразковою кривою і за результатами виносяться рішення про стан стрілочного переводу. Криві зберігаються в масиві на протязі заданого часу, що дає змогу відстежувати розвиток поступових відмов та прогнозувати час досягнення відмовою критичного значення.

### **1.3.3. Розвиток процесу використання електродвигунів засобами інтелектуальних систем**

Для автоматизації процесів експлуатації парку електричних двигунів в якості базових обрані процедури моніторингу станів технічних систем, а також їх діагностики. Метою процедур моніторингу є збір оперативних даних про кожну технічну систему, що на практиці має виконуватися при знятті кривих струму електродвигунів в релейній кімнаті. Отримані при цьому дані піддаються перетворенню і первинному аналізу, а потім передаються в інформаційні бази даних і використовуються для аналізу, моделювання, діагностики, а також вирішення інших завдань експлуатації парку електричних двигунів.

При діагностиці встановлюються чотири класи технічного стану електродвигуна: справний, коротке замикання обмотки, коротке замикання пластин колектора, обрив секції якоря.

|       |      |          |        |      |                    |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|       |      |          |        |      | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 20   |



Автоматизована система експлуатації парків електродвигунів залізничних стрілочних переводів заснована на аналізі значень достовірності несправностей, які обчислюються модулем діагностування електродвигунів. Модуль моніторингу електродвигунів здійснює постійний контроль технічного стану електродвигунів. Постійний контроль в даному випадку реалізується наступним чином. Кожен електродвигун має відповідну йому індивідуальну модель двигуна, яка зберігає спектральні характеристики справного стану двигуна. Спектральні характеристики справного стану електродвигуна отримують після установки справного двигуна в стрілочний привід і запуску електродвигуна на переведення стрілки в умовах робочого навантаження. Модуль моніторингу порівнює спектр робочого струму електродвигуна зі спектром справного стану. При цьому оцінка поточного технічного стану електродвигуна відбувається без його вилучення з стрілочного приводу (оцінка за поточним станом). При виявленні істотних відмінностей між спектром справного стану і поточним спектром робочого струму електродвигуна модуль моніторингу передає спектральні характеристики аналізованого електродвигуна в модуль діагностування.

Технологія експлуатації парків електродвигунів залізничних стрілочних переводів за поточним технічним станом заснована на використанні моделі парку двигунів та індивідуальних моделей двигунів. Модель парку електродвигунів дозволяє визначати поточний технічний стан двигунів, виявляти приховані в них несправності і отримувати оцінку вартості ремонту електродвигуна. Індивідуальні моделі електродвигунів дозволяють передбачити технічний стан двигунів і отримувати оцінку прогнозованої вартості ремонту електродвигуна.

|       |      |          |        |      |                    |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|       |      |          |        |      | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 21   |

### 1.3.4. Варіанти проведення технічного діагностування електроприводів та електродвигунів змінного струму

Альтернативні методи включають моніторинг вібрації, аналіз спектра струмів, контроль електромагнітного поля, тепловізійні дослідження та аналіз акустичного шуму, створюваного при роботі двигуна. Вібраційний моніторинг та аналіз спектра струмів набули найбільшого поширення з огляду з відносної простоти реалізації вимірювань, високої точності та надійності. Okремо можна виділити багато різних методів виявлення несправностей асинхронних електродвигунів, які можна розділити на дві групи: контактні і безконтактні.

Для контролю технічного стану стрілочних електроприводів і їх елементів ефективний метод акустичної емісії, заснований на аналізі параметрів акустичного випромінювання від працюючих вузлів. Застосувати цей метод дозволяє система акустичного контролю й діагностики (САКП).

САКП призначена як для заводського контролю, здійснюваного при виробництві електроприводів, так і для періодичних планових перевірок, проведених на місцях установки обладнань. Система акустико-емісійного (АЕ) контролю дозволяє відслідковувати технічний стан основних вузлів (двигуна, редуктора, перемикача) стрілочного електропривода в реальному робочому режимі. Шляхом аналізу основних параметрів АЕ-випромінювання від елементів електропривода оцінюється ступінь деградації контрольованого вузла і його залишковий ресурс. При цьому необхідність планових ремонтів електропривода відпадає, заміна й ремонт здійснюються виходячи з фактичного стану елементів.

Результати вимірів потоку акустичних імпульсів по кожному каналу виводяться у вигляді відповідних графіків на дисплей. Реєстрація й вимір параметрів АЕ сигналу починається з перетворення акустичних (ультразвукових) коливань об'єкта контролю в електричні сигнали за допомогою п'єзоелектричного перетворювача, потім вони підсилюються й

|       |      |          |        |      |                    |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|       |      |          |        |      | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 22   |

відфільтровуються попередніми підсилювачами й по кабельних лініях надходять на відповідні входи цифрових блоків реєстрації АЕ. При порівнянні акустичного образу еталонних елементів нового приводу з акустичним образом реального елемента оцінюється ступінь деградації контрольованого вузла.

Акустичні датчики вимірювальної системи розташовуються на основних вузлах електропривода. Рішення про технічний стан контрольованого вузла ухвалює старший технік дистанції дороги відповідно до даних, зазначених у таблиці.

Таким чином, сукупність параметрів потоку акустичних імпульсів у процесі роботи стрілочного електропривода може служити критерієм ступеня зношування контрольованого вузла й залишкового ресурсу механізму.

Що стосується електродвигунів, то для їх діагностування застосовується багато методів, серед яких найбільшого поширення знайшли: діагностичні апаратно- програмні комплекси; спосіб функціональної діагностики асинхронних електродвигунів; вібродіагностичний метод; автоматична та автоматизована система діагностики електродвигунів; вейвлет-аналіз; вібродіагностика асинхронних двигунів за допомогою фазових портретів (траєкторій коливань); кепстральний аналіз; ультразвукова дефектоскопія і акустична діагностика; статистичні методи обробки сигналів вібрації; діагностика на основі нейронних мереж.

Найбільш вдалим методом є використання програмно-апаратного комплексу, що складається з комп'ютера і цифрового пристрою-посередника, який провадить необхідні вимірювання і передає їх у комп'ютер. В якості вимірюваних електричних величин можуть бути струм, споживана потужність і т.д. Програма, що виконується на комп'ютері, повинна, у свою чергу, певним чином обробити вхідну інформацію і визначити найбільш ймовірний вид пошкодження працюючого електродвигуна або зробити висновок про його справність. Цей метод найбільш ефективний, оскільки дозволяє зберігати на комп'ютері великі бази даних з інформацією про

|       |      |          |        |      |                    |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|       |      |          |        |      | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 23   |

відслідковується динаміці ушкоджень електродвигуна з подальшим прогнозуванням виходу його з ладу.

Також поширеним методом діагностики електродвигунів в даний час є вібродіагностика, заснована на вимірюванні та аналізі вібрацій корпусу двигуна. Комплекс параметрів вібрації практично повністю характеризує технічний стан працюючого агрегату і дозволяє прогнозувати виникнення несправностей і аварій АД і електромеханічного устаткування. Критерії, за допомогою яких оцінюється ефективність застосування тих чи інших методів вібродіагностики, а також опис найбільш поширених груп методів вібродіагностики АД.

Незважаючи на розвиненість технічних засобів вимірювання вібрацій і методів їх аналізу, вібродіагностика має ряд недоліків, обумовлених контактним способом кріплення датчиків до об'єкту. Додаткову інформацію про технічний стан об'єкта можна отримати на основі вимірів тимчасових і спектральних характеристик фазних струмів і полів розсіяння, що існують поза корпусу двигуна. Дані методи діагностики є безконтактними, що є безсумнівним їх перевагою перед вібродіагностика.

|       |      |          |        |      |                    |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|       |      |          |        |      | РКБ.ТЛЗ-241.001.ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 24   |