

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

УДК 625.151-047.36

С. Ю. БУРЯК^{1*}, В. І. ГАВРИЛЮК², О. О. ГОЛОЛОБОВА³

^{1*}Каф. «Автоматика, телемеханіка та зв'язок», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта bsyur@mail.ru, ORCID 0000-0002-8251-785X

²Каф. «Автоматика, телемеханіка та зв'язок», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта gvi_dp@mail.ru, ORCID 0000-0001-9954-4478

³Каф. «Автоматика, телемеханіка та зв'язок», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта golobova_oksana@i.ua, ORCID 0000-0003-1857-8196

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ

Мета. В дослідженні необхідно: 1) з'ясувати причини появи несправностей стрілочних переводів для того, щоб визначити діагностичні ознаки відмов; 2) розглянути вимоги, устрій, призначення складових частин стрілочних переводів, роботу та технологію їх обслуговування для побудови системи з ведення господарської діяльності, пов'язаної із утриманням стрілочних переводів; 3) обґрунтувати можливість, необхідність та перспективи впровадження системи автоматизованого діагностування стрілочних переводів; 4) розробити дослідний зразок автоматизованого апаратно-програмного комплексу для контролю параметрів стрілочних переводів та виконання їх діагностування. **Методика.** Авторами було наведено можливі несправності стрілочного переводу і розглянуто їх прояви та вплив на роботу. За існуючою технологією виконання робіт проведено аналіз процесу технічного обслуговування стрілочних переводів, визначено основні операції, які виконувались при обстеженні зовнішнього вигляду, перевірці параметрів та ремонті чи заміні деталей та вузлів. На підставі проведеного аналізу причин виникнення несправностей стрілочних переводів та способів їх усунення систематизовано види пошкоджень та способи боротьби з ними, створено інформаційну схему пошуку несправностей, визначено можливості й межі автоматизації процесу діагностування та зроблено порівняння з існуючою методикою виконання робіт із утримання стрілочних переводів. Створено структурну схему системи діагностування, розроблено алгоритм її роботи та закладено основні опорні принципи функціонування. Дослідниками застосовано програмно-апаратний комплекс для визначення стану стрілочних переводів із урахуванням виконання діагностування стрілок, що знаходяться в експлуатації. **Результати.** Завдяки отриманим результатам створено метод автоматизованого діагностування стану стрілочних переводів із електроприводами змінного струму, управління якими здійснюється централізовано. Отримано результати роботи автоматизованого апаратно-програмного комплексу для контролю параметрів стрілочних переводів та виконання їх діагностування. **Наукова новизна.** У ході експерименту авторами розроблено метод визначення стану стрілочного переводу за кривою струму та його спектральним складом у колі стрілочного електродвигуна. Розроблено також апаратно-програмний комплекс діагностування централізованих стрілок. **Практична значимість.** Завдяки отриманим результатам підвищується безпека

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

виконання робіт через зменшення часу перебування працівників у зоні руху потягів та усувається людський фактор під час виконання вимірювань. Приховання та замовчування фактів порушень у роботі стрілочних переводів стає неможливим.

Ключові слова: електропривід; стрілочний перевід; аналіз сигналу; діагностування; часова залежність; спектральний склад; контроль стану; алгоритм роботи; крива струму

Вступ

Залізнична колія з точки зору охорони праці є небезпечною для життя і здоров'я людини діяльною територією, час перебування на якій пов'язано з небезпекою наїзду рухомого складу. Тому, чим менше час перебування співробітників залізничного транспорту в зоні руху поїздів, тим менше ймовірність виникнення нещасного випадку. У зв'язку з цим впровадження системи автоматизованого діагностування має на меті створення умов для роботи працівників, за яких зменшиться час їх перебування в межах руху потягів.

За діючою методикою планово-попереджувальних заходів з усунення та випередження появи несправностей передбачено періодичне обстеження, яке виконується за заздалегідь складеним графіком. До процесу технічного обслуговування входить контроль основних параметрів апаратури та її регулювання в умовах експлуатації або в ремонтно-технологічній дільниці дистанції сигналізації та зв'язку. До недоліків існуючої технології обслуговування стрілочних переводів можна віднести, в першу чергу, значні затрати часу, виконання операцій вручну та великий вплив людського фактора. При цьому відсутність безперервного контролю унеможливорює своєчасне виявлення несправностей. Негативним фактором під час перевірки стану стрілочних переводів є недостатня кількість параметрів, які перевіряються, та візуальне сприйняття працівником показань під час вимірювання робочого струму і струму роботи стрілки на фрикцію.

Удосконалення технології обслуговування стрілочних переводів можливе шляхом автоматизації діагностування їх технічного стану, яке має забезпечити безперервну перевірку і аналіз технічного стану стрілочних переводів, а у разі виявлення несправності – визначати її автоматично і відразу сповіщати про це працівників.

Таким чином, удосконалення технології обслуговування стрілочних переводів шляхом автоматизації діагностування їх стану дозво-

лить підвищити рівень ефективності технічного обслуговування централізованих стрілок.

Мета

Визначити основні несправності та недоліки в роботі елементів стрілки, а також їх вплив на стан стрілочних переводів.

Систематизувати вимоги, устрій, роботу, технологію обслуговування стрілочних переводів та призначення його складових частин, щоб виділити.

З'ясувати основні характеристичні ознаки стану стрілочних переводів та сформулювати принципи, за якими буде виконуватись діагностування.

Розробити інформаційну схему пошуку несправностей стрілочного переводу з п'ятипровідною схемою керування.

Для того щоб здійснювати діагностування поточного стану стрілочних переводів, необхідно постійно виконувати вимірювання і аналіз отриманих результатів, тому необхідно розробити методи та засоби безперервного автоматизованого контролю та діагностування стрілочних переводів та методи автоматичної обробки результатів вимірів параметрів стрілочного переводу, що контролюються.

Розробити дослідний зразок автоматизованого апаратно-програмного комплексу для контролю параметрів стрілочних переводів та виконання діагностування за ними.

Виконати вимірювання із застосуванням розробленого автоматизованого діагностичного комплексу.

Методика

Для того щоб мати уявлення про ознаки несправностей стрілочних електроприводів, розглянемо причини відмов у їх роботі. Найбільш характерними причинами відмов у роботі електропривода є: пошкодження редуктора; порушення роботи фрикційного зчеплення; заклинювання шибера з робочою шестернею; розрегулювання контрольних тяг; підгар або пору-

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

шення регулювання контактів автоперемикача; індивіювання або обмерзання контактів автоперемикача; злам контактів автоперемикача; злам шліфта і випадання валика; інші відмови.

Злам контактних колодок і/або порушення контакту автоперемикача відбувається через неправильне регулювання врубів ножів, які розбивають колодки. Неправильне регулювання пружин контактних колодок стає наслідком недотримання відстаней між контактними пружинами колодок і недостатньої глибини врубів ножів.

Неправильне регулювання, що призводить до відмов електроприводів, є наслідком неякісного виконання графіка технологічного процесу обслуговуючим персоналом.

Найбільша кількість відмов припадає на втрату контакту в автоперемикачі взимку і пов'язана з індивіюванням контактів. Для запобігання таких випадків передбачені різні захисні заходи (графітове мастило, змащення гліцерином, обігрів, спеціальні насічки на ножах, закриття оргсклом та ін.).

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

Злам колодочки автоперемикача відбувається зазвичай через неправильне регулювання врубів ножів. Замкнуті кінці контактних пружин повинні знаходитися на одній прямій без перегинів. Злам може відбутися також зважаючи на часте регулювання контактної губки.

Причинами недостатнього врубів ножів автоперемикача можуть бути такі несправності: палець повзуна, на який спирається замикаючий важіль, знаходиться нижче поверхні барабана через ослаблення кріплення болтів або порушень його розмірів; кулачок автоперемикача впирається в контрольну лінійку внаслідок неправильного її регулювання, що можна виявити шляхом натиснення на контрольну тягу, що викличе переміщення ножів автоперемикача контрольною лінійкою, що перешко-

джає западанню кулачка.

Кожен вид несправності має власні особливі ознаки, за якими й можна їх визначати. Для прикладу наведемо можливі причини, які можуть призвести до збільшення часу переводу стрілки і які можуть бути визначені як несправності: люфт муфти з'єднання двигуна з редуктором; нещільне притиснення зубців в роботі редуктора та шибера (зношення зубів щеплення шестерні); понаднормовий люфт вузла Гука; люфт в шарнірних з'єднаннях 1-ї зв'язної тяги з робочою тягою та понаднормовий люфт в з'єднаннях 1-ї зв'язної тяги з сергами; довге дотиснення гостряка до рамної рейки (викривлення гостряка); понаднормова кількість прокладок між сергою та гостряком 1-ї зв'язної тяги, що зумовлено встановленням нетипових прокладок без роз'єднання гостряків, що може призвести до втрати контролю та не прилягання гостряка при підвищенні температури.

Централізована стрілка включає в себе власне стрілочний перевід, електропривод і схему управління ним. Несправності стрілочного переводу зазвичай пов'язані з його неякісним обслуговуванням працівниками колії (табл. 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. 2).

Нормальним переводом стрілки у справному стані вважається такий, при якому обертання вхідного вала редуктора рукояткою ручного переводу не має поштовхів і заїдань шестерень і коліс. У зібраному електроприводі при пересуванні шибера з одного крайнього положення в інше пружини автоперемикача повинні забезпечувати одночасне розмикання ножів з пружинами контактних колодок.

Розглянемо вимоги, устрій, роботу, технологію обслуговування стрілочного переводу та призначення його складових частин.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Таблиця 1

Table 1

Найбільш характерні відмови на стрілочному переводі, усунення яких покладено на працівників колії**The most typical turnout's failure, the removal of which is assigned to track workers**

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 2. Викантовка гостряків через ослаблення кореневого кріплення 3. Відбій рамної рейки внаслідок слабкого його кріплення 4. Викривлення гостряка 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 2. Накат на гостряку або рамній рейці 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 переказу не закінчує (працює на фрикцію)	1. Напресування снігу або бруду між гостряком і рамною рейкою або в кореновому кріпленні 2. Викривлення гостряка 3. Надмірно затягнуті кореневі болти 4. Упорні болти упираються в гостряк 5. Забруднені і не змащені башмаки стрілки. Гостряки лежать на малій кількості башмаків
При переводі стрілка не рушає з місця, електродвигун працює на фрикцію, ток фрикції в нормі або ж стрілка переводиться важко, електродвигун споживає підвищений струм	1. Притиснутий гостряк затиснутий накатом рамної рейки 2. Стрілка сильно забруднена 3. Угон гостряка 4. Сильно затягнуті кореневі болти 5. Розгорнулися упорні болти

Таблиця 2

Table 2

Характерні несправності в роботі електропривода**Typical electric drive malfunction**

Несправність	Імовірна причина	Спосіб усунення
Нестабільна робота фрикції	Перекіс тертьових поверхонь один відносно одного дисків й відсутність мастильного матеріалу на поверхнях фрикційних дисків	Усунути перекіс і змазати фрикційні диски

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Закінчення табл. 2

End of Table 2

Несправність	Імовірна причина	Спосіб усунення
Стрілка не переводиться, струм менше номінального струму переводу	Ослабнуло фрикційне зчеплення Відсутність мастильного матеріалу на запірних зубах шибєрної шестірні й шибєру й відсутність зазору між гостряком і рамною рейкою, що дає можливість забезпечити замикаання стрілки при закладці шаблона товщиною 2 мм. Завищена напруга на електродвигуні	Відрегулювати фрикційне зчеплення до номінального струму Шестірня (шестірні) головного вала повинна бути густо змазана мастилом; забезпечити замикаання стрілки при закладці між гостряком і рамною рейкою шаблона товщиною 2 мм. 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 втоми в пружинах кручення автоперемикачів, контактне натискання між губками й ножами вище норми Несиметричне урубвання ножів автоперемикача між контактними пружинами	Замінити пружини кручення, відрегулювати контактне натискання 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 врубвання ножів відбувається з великою силою	Відрегулювати контактне натискання підгинанням ресорних пружин
Втрата контролю положення стрілки при проходженні по ній 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
На затискачі електродвигуна робоча напруга надходить, але якір не обертається	Обрив обмотки якоря або обмотки збудження	Перевірити омметром справність обмотки якоря й обмотки збудження

Врубвання ножів в контактні пружини має бути на глибину не менше 9 мм. При врубванні ножів ресорні пружини контактних колодок повинні віджиматися в межах 0,5–1,4 мм. Віджим пружин повинен бути рівномірним. При взрізі стрілки або зближенні гостряка (внаслідок

деформації тяг від ударів і т.п.) важелі з колодками контактних ножів в електроприводі, спираючись на верхню площину контрольних лінійок, повинні зайняти середнє положення і розімкнути контакти. При цьому зазор з кожного боку між ножами та контактними

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

пружинами повинен бути не менше 2,5 мм.

При повороті заслінки вниз контактні ножі блок-контактів повинні повністю розімкнути блокувальні контакти. При повороті заслінки вгору після натискання на блокувальну собачку контактні ножі повинні врубуватися в блокувальні контакти. Відтиснення контактних пружин при цьому має бути рівномірним.

Відстань між відкритими струмоведами частинами і будь-якою неізолюваною деталлю електропривода не повинна бути менше 6 мм. Електропривод має ущільнення по контуру кришки, в місцях виходу шибер, контрольних лінійок і отворів, що перекриваються заслінкою (під ключ і курбель). Кришка електропривода замикається замком, який при впливі поперечних зусиль не більше 300 Н і вертикальних не більше 400 Н не повинен відпиратися.

Електропривод повинен забезпечувати втрату контролю положення стрілки: при роз'єднанні однієї з контрольних тяг з гостряком і наступному переводі стрілки, а також повернення стрілки у вихідне положення; при витягуванні контрольної лінійки ближнього гостряка з корпусу електропривода на величину 10-210 мм; при вигині контрольної тяги дальнього гостряка і витягуванні при цьому лінійки дальнього гостряка з корпусу електропривода на 25-110 мм незалежно від положення лінійки ближнього гостряка і на величину 25-210 мм, якщо при цьому одночасно витягується лінійка ближнього гостряка з корпусу електропривода на величину 10-210 мм. При переводі в останньому випадку стрілки в інше крайнє положення (шибер висунутий) контроль положення стрілки повинен бути відсутнім, якщо сумарне витягування лінійки дальнього гостряка з корпусу становить 185–360 мм.

Електропривод в положенні «шибер висунутий» повинен забезпечувати втрату контролю положення стрілки при частковому втягуванні (вштовхуванні) лінійки дальнього гостряка в корпус на величину 10 мм і більше – до упору вушка лінійки в направляючу плиту електропривода.

Електропривод повинен забезпечувати втрату контролю положення стрілки при зближенні гостряків (внаслідок деформації тяг від ударів і т.д.). Величина переміщення контрольної лінійки від моменту упору її в задню поверхню

зуба контрольного важеля до розмикання контактів повинна бути не більше 14 мм.

Електропривод СП повинен забезпечувати цілодобову роботу і бути ремонтпридатним при експлуатації до граничного стану, тобто до напруження назначеного ресурсу.

Електричний опір ізоляції між струмоведами частинами, з'єднаними між собою і корпусом електропривода, не повинне бути менше 100 МОм в нормальних кліматичних умовах і 0,5 МОм – при температурі +30 °С і відносній вологості повітря 98 %. Електрична міцність ізоляції електропривода в нормальних кліматичних умовах повинна витримувати протягом (60±5) с дію випробувальної напруги змінного струму частотою 50 Гц від джерела потужністю не менше 0,5 кВА, прикладеного між клемми електродвигуна, контактними колодками, з'єднаними між собою, і корпусом електропривода без пробою і явищ поверхневого перекриття 1 500 В.

З метою забезпечення надійної роботи систем регулювання рухом поїздів, передбачено виконання періодичного контролю параметрів апаратури залізничної автоматики безпосередньо під час її експлуатації [106]. Технологія обслуговування централізованих стрілок включає в себе зовнішню перевірку стану приводів і стрілочних гарнітур централізованих стрілок, яку виконують два рази на тиждень на стрілках, що беруть участь в маршрутах приймання та відправлення, і не рідше одного разу на тиждень на інших стрілках [14, 15, 16].

При цьому перевіряють: щільність притиснення гостряка до рамної рейки без переведення стрілки; надійність і правильність кріплення приводу, гарнітур, контрольних і робочих тяг; відсутність видимих тріщин і вм'ятин на корпусі приводу, фундаментних і кріпильних косинцях, поздовжній зв'язковій смузі, робочих і контрольних тягах; шплінтах і закрутках в болтах і валиках; відсутність перешкоди в шпальному ящику для руху тяг. Особливу увагу звертають на наявність і справність стопорних планок. При огляді необхідно звертати увагу на недоліки стрілочного переводу, які можуть порушити нормальну роботу електропривода.

Щільність притиснення гостряка до рамної рейки, стрілок при закладці шаблону товщиною 4 мм і замикання стрілок при закладці шаблону 2 мм перевіряють один раз на тиждень на стрі-

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

лках, що входять у маршрути приймання і відправлення, і один раз в два тижні на інших стрілках. При закладці шаблону товщиною 4 мм між гострьком і рамною рейкою стрілка не повинна замикатися і давати контроль закінчення переводу, тобто електропривод повинен продовжувати працювати на фрикцію; при закладці шаблону товщиною 2 мм стрілка повинна переводитися і давати контроль закінчення переводу, при цьому шибєр не повинен заклинюватися.

Під час внутрішньої перевірки електропривода з переведенням стрілки, виконуваної один раз в чотири тижні, перевіряють: стан і кріплення внутрішніх частин приводу; стан монтажу і його кріплення; правильність регулювання контрольних тяг; рівень масла в редукторі електропривода СП; ущільнення приводу; роботу блокувальної заслінки і дію замка; стан контактів і врубвання ножів автоперемикача; взаємодія частин електропривода і роботу автоперемикача.

Під час внутрішньої перевірки стрілочної коробки і муфти УПМ, виконуваної один раз в три місяці, перевіряють: монтаж; стан і дію контакту місцевого управління, корпусу шланга; ущільнення.

Перевіряючи струми, споживані електродвигуном при нормальному переводі стрілки і роботі електродвигуна на фрикцію, визначають значення струмів, що нормуються залежно від хрестовини стрілочного переводу, рейок, електропривода, електродвигуна і робочої напруги на електродвигуні. Регулювання фрикційного зчеплення електроприводів СП виконують із застосуванням спеціального пристрою, що містить динамометр ДОСМ-3-1, максимальне вимірюване зусилля якого дорівнює 9800 Н. Цей пристрій дозволяє встановлювати і утримувати динамометр між рамною рейкою і гострьком стрілки. Для вимірювання зусилля переведення стрілки необхідно фрикційне зчеплення відпустити до стану, при якому забезпечується вільний проворот фрикційного пристрою двигуном електропривода без переведення стрілки. Потім фрикційне зчеплення потрібно затиснути до стану, при якому стрілка починає переводитися, і виміряти динамометром встановлене зусилля, яке і буде зусиллям переведення стрілки. Зусилля замикаання стріл-

ки може бути більшим порівняно із зусиллям переводу. У цьому випадку фрикційне зчеплення необхідно затягнути до стану, при якому замикається стрілка, і виміряти зусилля замикаання. При регулюванні фрикційне зчеплення затягують з необхідним зусиллям, встановленим для цього типу стрілочного переводу, яке вимірюють динамометром [17, 55].

Недоліком існуючої технології обслуговування пристроїв є значні затрати ручної праці та часу, неможливість своєчасного попередження відмов стрілки. Крім цього виявлення тієї чи іншої відмови обслуговуючий персонал фіксує візуально, що не дає необхідної точності та достовірності. Це зумовлює необхідність розробки систем автоматичного діагностування та контролю пристроїв залізничної автоматики. Навіть в системах нового покоління диспетчерської централізації рішення про відмови приймається оператором [107, 108, 109].

Як видно з наведеної вище технології обслуговування і налаштування стрілочних приводів і комунікацій, які до них відносяться, процес перевірки їх стану і тривалість усунення пошкоджень, включаючи профілактичний огляд, займає багато часу і ґрунтується більшою мірою на навичках працівників служби сигналізації та зв'язку у виконанні різних операцій з метою забезпечення справного, або працездатного стану системи. Під час технічного обслуговування та виконанні ремонтних або відновлювальних робіт співробітник опирається на власні знання, сприйняття і розуміння взаємних залежностей і процесів, що відбуваються. У кожному конкретному випадку визначення несправності того або іншого вузла стрілочного переводу або всієї системи в цілому службовцю доводиться витрачати багато часу на пошук причини відмови, який, як правило, займає половину часу, а іноді й більшу його частину, потрібного на усунення пошкодження [56, 57]. У зв'язку з цим існує гостра необхідність оновлення пристроїв забезпечення руху поїздів, оскільки існуючі системи морально і технічно застаріли, а методика планово-попереджувального ремонту зжила себе, як один з основних видів ведення господарської діяльності, що відноситься до періоду початку розвитку і впровадження технічних засобів вирішення промислових завдань. До того ж по-

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

трібно виконувати не тільки перехід на принципово нові технології та системи, але й усунення підходів, закладених в методах планово-попереджувально-го ремонту.

З підвищенням швидкостей руху поїздів у обслуговуючого персоналу залишається значно менше часу на усунення пошкоджень. У зв'язку з тим, що цей час можна розділити на проміжок часу від моменту появи несправності до моменту інформування про нього відповідного співробітника, час прибуття, пошук пошкодження і власне його усунення, то, зменшивши хоч одну з складових, є можливість скоротити загальну його тривалість. Оскільки вплинути на час необхідний для прибуття співробітника на місце пошкодження складно, а повна заміна обладнання потребує значних капіталовкладень, що не завжди відповідає можливостям і є раціональним підходом, то залишається можливість виграти час на етапі встановлення факту появи пошкодження і скоротити час пошуку пошкодження, яке стало причиною відмови. Зробити це можна за допомогою автоматизації системи контролю та діагностування стрілочних переводів. Автоматизована система контролю та діагностування крім того, що дозволить в режимі реального часу збирати дані про стан об'єктів, які знаходяться на віддаленні від поста електричної централізації, і у разі зміни значень відповідних показників видавати повідомлення про відмовний або передвідмовний стан, запобігаючи тим самим затримки поїздів з вини ушкоджень стрілочного переводу, але також і зможе забезпечити усунення часового проміжку від появи несправності до надходження про неї інформації до компетентних співробітників. А закладені в цю систему основні типи відмов і причини їх появи дадуть можливість здійснення ідентифікації. При появі пошкодження така система не тільки зможе його визначити, але й видати рекомендації щодо способу його усунення, інструменту, деталям і вимірювальним приладам, які потрібно взяти з собою, висуваючись на об'єкт з пошкодженням, а також автоматично виконувати запис в електронному журналі про виконання робіт [36].

Автоматизація методу дистанційної діагностики стрілочного переводу зводиться до визначення ознак його справного і несправного ста-

нів для подальшого порівняння в процесі експлуатації даних, одержуваних з працюючих стрілок і показників еталонних сигналів, узятих як зразок і записаних зі справної стрілки. При цьому виконується порівняння значень за кількома показниками струмової кривої робочого кола, обраного як зразок електродвигуна і досліджуваного. Серед таких показників особливе значення мають амплітуда і тривалість переводу, за якими можна встановити наявність перешкод руху гостряків внаслідок потрапляння сторонніх предметів між гостряком і рамною рейкою або підвищений опір руху через забруднення стрілки, ускладнень в механічній передачі зусилля переведення стрілки, а також люфтів в місцях з'єднання і неправильного регулювання вузлів в місцях кріплення. На часових діаграмах можна також чітко виділити такі основні моменти, як: пусковий струм електродвигуна – струм, який протікає в колі електродвигуна на початку руху; момент надання контролю автоперемикачем (іскріння ножів автоперемикача); залишкове обертове магнітне поле на статорі двигуна – за якими також можна виконувати дослідження стану стрілочного переводу.

Незважаючи на відмінності, кожен стрілочний електропривод має одні й ті ж функціональні вузли, серед яких: джерело механічної енергії – електродвигун; підсилювач крутного моменту електродвигуна і перетворювач його обертального руху в поступальний рух перекладних тяг – редуктор; фрикційне зчеплення (фрикціон) – гальмо, яке забезпечує захист електродвигуна від перевантажень і гальмування обертових частин привода в кінці переведення стрілки; блок контролю положення стрілки і підготовки ланцюга реверсування приводу і включення приводу спареної стрілки – автоперемикач. Тому встановлені діагностичні ознаки для одного типу стрілочного переводу, на якому встановлений конкретний тип стрілочного електропривода, будуть справедливими і для інших випадків [100, 101, 102, 103].

Для реалізації методу технічної діагностики стрілочних обирається стрілочний перевід конкретного типу, технічний стан якого відповідає вимогам щодо утримання напільних пристроїв даного типу відповідно до інструкцій з експлуатації. При цьому встановлений на ньому

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

електропривод також не повинен мати будь-яких відхилень від норм всіх технічних показників, що визначаються проектною документацією та інструкціями з утримання. Крім цього ні стрілочний перевід, ні стрілочний електропривод не повинні містити нетипових елементів, пристроїв і пристосувань. Башмаки повинні бути змащені, а основа гостряків щільно прилягати до них по всій довжині, в редукторі залито масло до необхідного рівня, корінь гостряків не повинен мати щільного затиснення, а сам електропривод належним чином розміщений і закріплений на стрілочному переводі, допустима товщина прокладок між сережкою зв'язкової тяги і гостряком стрілочного переводу не перевищувати 7 мм, і містити не більше 3 прокладок, з яких одна ізоляційна, товщиною 4 мм і дві металеві, загальною товщиною не більше 3 мм. Для високої достовірності виконаних вимірювань стан всіх частин, вузлів і устаткування стрілочного переводу повинні в точності відповідати всім вимогам інструкцій, а також правилам виконання всіх умов технічної експлуатації.

Розглянемо можливості діагностування стрілочних переводів. Автоматизація діагностування стрілочного переводу є актуальною задачею [112]. Під час експлуатації для контролю параметрів стрілок використовується вимірювання струму стрілочного електропривода при переведенні стрілки. За результатами вимірювань можна здійснювати контроль визначених нормативною документацією параметрів, таких як робочий струм переводу і час переведення стрілки, а також додаткові параметри, що дозволять провести діагностування стрілочного приводу та прогнозувати його подальший стан.

Для діагностування стану стрілочного переводу використовують часові та частотні залежності струму переводу стрілки. Часова залежність струму переводу стрілки має складну форму, на яку впливає значна кількість як заздалегідь відомих факторів, таких як тип стрілочного переводу та тип електродвигуна, так і випадкових факторів, викликаних погодними умовами, забрудненнями і т.д., а також через можливі дефекти стрілочного переводу.

Визначення характеристичних точок на кривій струму переводу стрілки, параметри яких можна прийняти за діагностичні ознаки, є важливою задачею, вирішення якої дозволить в подальшому автоматизувати процес діагно-

стування стрілочних переводів [110].

Разом з несправностями стрілочного переводу в експлуатації можуть мати місце і відмови в схемі керування стрілкою [82, 85]. На відміну від несправностей самого електропривода і переводу відмови електричної схеми потребують для свого відшукування попереднього аналізу схеми. Такий аналіз зручно виконувати, використовуючи інформаційну схему пошуку несправностей (рис. 1).

За даною схемою і має функціонувати система діагностування стрілочних переводів, що розроблюється. В цьому випадку вона може використовуватись і як порадник для електромеханіка, і як фіксуюча і аналізуюча автоматизована система. Це дозволить сповіщати відповідального співробітника про дійсний поточний стан та своєчасно інформувати його про раптово виникаючі відмови та їх поступове утворення.

При використанні алгоритму роботи наведеної інформаційної схеми, деякі несправності система може знаходити та визначати сама. При виникненні раптової відмови електромеханік не завжди може зорієнтуватися в причинах виходу з ладу стрілки і правильно провести пошук та усунення несправності, що в свою чергу призводить до збільшення тривалості пошуку несправності. Скориставшись порадами системи діагностування, електромеханік зможе набагато швидше відновлювати працездатність системи.

Таким чином, система діагностування стрілочних переводів при використанні її як порадника для електромеханіка та автоматизованого електронного журналу є досить актуальним питанням, оскільки зараз струм переведення стрілки та струм фрикції при переведенні в обидва боки записуються електромеханіком в Журнал технічної перевірки пристроїв сигналізації, централізації та блокування форми ШУ-64 вручну. Впровадження такої системи дозволить вести електронну документацію, куди в автоматичному режимі будуть записуватися дані про всі стрілки конкретного поста електричної централізації. Це дозволить об'єктивно відстежувати дані про роботу стрілочних переводів шляхом централізованого збору, обробки та аналізу інформації з коректними даними про пошкодження, оскільки унеможливить їх приховання співробітниками.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

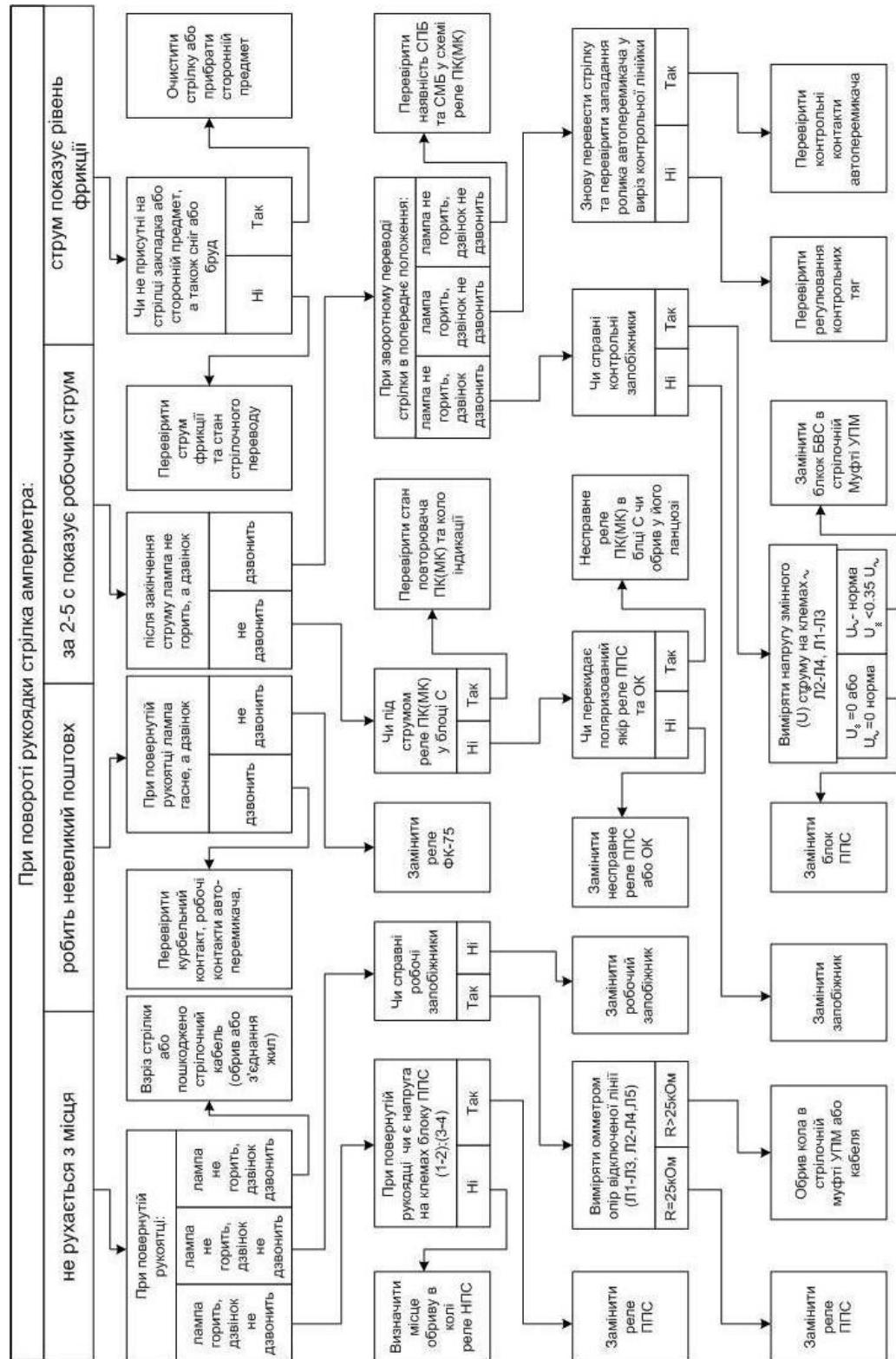


Рис. 1. Інформаційна схема пошуку несправностей в стрілочному переводі з п'ятипроводною схемою керування

Fig. 1. Information scheme of the turnouts fault, fivewire scheme of control

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Система дистанційного діагностування і контролю параметрів стрілочних переводів здатна виконувати вимірювання значень струмів в робочих колах електроприводів за допомогою лише одного під'єднання до вимірювального шунта ТТ в панелі живлення стрілочних приводів (рис. 2).

В ручному режимі керування стрілками на малих станціях перевід стрілки починається з повороту стрілочного комутатора, який під'єднується до системи автоматизованої діагностики стрілочного переводу, що і є керуючим сигналом початку запису кривої струму переведення стрілки. При застосуванні системи в електричній централізації великих станцій, керування на яких відбувається за допомогою системи блочної маршрутно-релейної централізації або іншої системи, яка працює за принципом задавання маршруту за допомогою натиснення двох кнопок, принцип функціонування системи діагностування та контролю стрілочних переводів відрізняється.

При маршрутному наборі, на відміну від ручного, стрілки по встановленому маршруту переводяться автоматично за допомогою керуючих реле плюсового та мінусового положення, і відповідно стрілочні комутатори не використовуються. Для початку запису необхідно зафіксувати натискання поїзних та маневрових кнопок черговим по станції. Після реєстрації натискання кнопок початку та кінця маршруту, ця інформація через блок узгодження та реєстрації потрапляє в обчислювальну машину, де за натиснутими кнопками на підставі таблиці істинності визначають, які саме

стрілки зараз будуть переводитися, в якій послідовності і до яких з них віднести і зберегти виконаний аналіз.

Комутатор підключений до блоку узгодження рівнів сигналів, з виходу якого сигнал подається до блоку реєстрації початку переведення стрілок. За індивідуального переведення кожної окремої стрілки при встановленні маршруту та при перевірці стрілок на щільність прилягання перевід стрілки фіксуватиметься по алгоритму, який використовується для електричної централізації малих станцій.

При переведенні декількох стрілок одночасно фіксується значення загального струму на вимірювальному шунті. Залежно від того, як налаштована на станції система живлення стрілочних електроприводів, запис буде містити або окремі криві струму переведення стрілок при почерговому маршрутному переведенні, або сумарний сигнал, отриманий при одночасному живленні відразу декількох стрілок, що має місце на великих станціях. При цьому за часовою залежністю визначення стану стрілочних переводів буде практично неможливим, через поєднання амплітудних значень струму усіх стрілок, що перевелися одночасно, і перекриття часу переведення всіх стрілок часом найдовшого переведення. За спектральним же аналізом визначення стану стрілочних переводів залишиться можливим лише без прив'язки до конкретної стрілки. У разі появи в спектрі діагностичних ознак порушень справної роботи їх можна буде без ускладнень виявити і віднести за тими стрілками, які переводилися одночасно.



Рис. 2. Структурна схема системи діагностування та контролю стрілочних переводів

Fig. 2. Block diagram of turnout's system diagnostics

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Робота системи виконується таким чином. Після спрацювання поляризованого пускового реле по шунту починає протікати робочий струм, падіння напруги на якому подається на АЦП і в цифровому вигляді потрапляє до персонального комп'ютера. В комп'ютері крива струму порівнюється з зразковою кривою і по результатах цього порівняння виносяться рішення про стан стрілочного переводу на даний момент часу. Криві зберігаються в пам'яті комп'ютера протягом встановленої кількості днів, що дає змогу відстежувати розвиток поступових відмов та на їх підставі робити висновки про працездатність чи непрацездатність, а також прогнозувати час досягнення відмовою критичного значення.

Для кожного типу стрілочного електропривода з конкретним типом електродвигуна, встановленого на стрілці з визначеною маркою хрестовини, існують завчасно визначені технічні показники, відповідність яким підтверджує справність стану [3].

Процес визначення несправностей елементів стрілочних переводів є алгоритмом (рис. 3), в основі якого закладено три основні ознаки кривої струму переведення стрілок: час переведення стрілки, амплітуда та спектральний склад струмової кривої. Розглянемо принцип функціонування системи пошуку несправностей, опираючись на розглянуті раніше ознаки дефектів. Якщо час, за який переводиться стрілка, відповідає нормативним показникам для даного типу стрілочного електропривода з даним електродвигуном, встановленому на ньому, то можна зробити попередній висновок, що умови утримання стрілочного переводу відповідають технічним вимогам [17, 18, 55], він налаштований та відрегульований правильно і знаходиться у справному стані. Відповідно, якщо час переведення стрілки збільшився з будь-яких причин, то це свідчить про наявність недоліків в роботі стрілочного переводу.

Аналіз кривої струму виконується для всієї кривої струму, у разі потреби – окремо для кожної з трьох ділянок. Прийняття рішення про відсутність чи наявність недоліків в роботі стрілочного переводу відбувається на підставі порівняння отриманих даних при переводі стрілки спочатку для усієї часової залежності з нормованим значенням, а потім, у випадку

знаходження розбіжностей, стосовно кожного етапу переводу окремо.

Порядок роботи алгоритму з перевірки стану стрілочних переводів за часом переведення наступний. Якщо загальний час переведення стрілки відповідає встановленим нормативним значенням, тоді немає необхідності перевіряти криву струму по частинам і виконується перехід до наступного блоку аналізу стану стрілочного переводу за струмом. В іншому випадку крива струму розбивається на ділянки і відповідності до робочого ходу і аналізується по частинам. Діагностування проходить у порядку почергового аналізу починаючи з першої пускової ділянки, яка продовжується від моменту подачі живлення на електродвигун на початку переводу і триває до розмикання стрілки. Для цього етапу переводу характерним є зрушення з місця електродвигуном механізму передачі руху до шибера.

На другому етапі перевірки аналізується тривалість переводу стрілки під час переведення гостряків, який починається амплітудним сплеском струму після розмикання стрілки і закінчується різким зменшенням струму наприкінці переводу при розмиканні контактів автоперемикача. В цей проміжок часу електродвигун приводить в рух гостряки з одного крайнього положення в інше, а тому до сигналу кривої струму додаються складові, які вносять вузли кріплення та рух гостряків по башмаках. Для цього інтервалу часу характерна присутність в кінці переводу залишкового обертового електромагнітного поля від збуджених обмоток електродвигуна.

Після проведення перевірки на відповідність часу переведення стрілки нормативному значенню слід перейти до визначення відповідності амплітудних величин кривої струму до нормативних значень еталонного сигналу. Встановлення відповідності нормативним значенням кривої струму буде виконуватись шляхом визначення ступеня наближення досліджуваного сигналу до еталонного і прийняття рішення на підставі значень величин відхилень між ними на кожній з трьох часових ділянок. Перевірка відбувається за тими ж принципами, що і для визначення відповідності часу переводу нормативним значенням. Спочатку аналізується весь сигнал повністю і, якщо в амплітуді

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

струму переведення немає істотних відхилень від еталонних значень, то поетапне діагностування стану стрілочних переводів за струмом не виконується, а відразу за алгоритмом відбувається перехід на спектральний аналіз.

Наступним етапом перевірки стану стрілочного переводу є аналіз спектру струмової кривої, за яким визначення відбувається по всій довжині спектральної характеристики кривої струму переведення стрілки. У випадку відсутності різниці між спектрами зразкової кривої струму і кривої струму переводу стрілки, яка досліджується, алгоритм завершується, а об'єкт перевірки вважається таким, що не має несправностей за спектральним складом.

Стрілочний перевід вважається справним, якщо під час перевірки його стану за алгоритмом діагностування (рис. 3) відбувалися лише переходи по гілках відсутності відхилень від норм та показників еталонного сигналу.

Слід зауважити, що у випадку фіксації часових і амплітудних показників, менших за нормовані значення, застосування діагностичних ознак виконується у тому ж порядку, що і у випадку перевищення їх.

Перейдемо до створення програмного комплексу системи автоматизованого технічного діагностування поточного стану стрілочних переводів з електроприводами змінного струму.

Вікно програмного комплексу технічного діагностування та контролю поточного стану стрілочних переводів (рис. 4) складається з 5 закладок і 6 функціональних кнопок, вікон поточного відображення кривої струму і її спектрального складу, вікон визначення номера стрілки, що переводилася, значення струму переводу при запуску її в хід і в робочому режимі, часу переводу, та складеної за цими показниками інформації визначення поточного стану стрілочного переводу, полів виведення повідомлень про відсутність чи наявність пошкоджень з визначенням його виду та поради щодо усунення знайдених несправностей. В самому низу вікна розташоване інформаційне поле виведення повідомлень в хронологічному порядку їх формування про здійсненні переведення стрілок з результатами діагностування їх стану.

Система технічного діагностування стрілочних переводів обладнана календарем та годинником для формування повідомлень з зазна-

ченням дати та часу виконання вимірювань при переведенні стрілки.

Розглянемо призначення закладок і функціональних кнопок. До закладок відносяться «Файл», «Екран», «Допомога», «Журнал» і «Довідка», які призначені для надання користувачу можливості користуватися усіма функціями системи. Закладка «Файл» призначена для розміщення основного ділового меню користувача і складається з таких операцій, як реєстрація чергового працівника під своїм логіном і паролем, збереження або відкриття раніше збережених файлів запису кривої струму переведення стрілок, друку файлу, меню налаштувань та виходу.

Закладка «Екран» дозволяє працювати безпосередньо з графічним зображенням кривої переводу стрілки. Серед пунктів даного меню знаходиться збільшення і зменшення як окремо по кожній з осей, так і одночасно в усіх вимірах, розгортка на весь екран монітору, вмикання/вимикання міток і маркерів у вікні виведення кривої струму.

Закладка «Допомога» надає користувачу інформацію про алгоритм проведення визначення поточного стану, порядку дій з діагностування та функції, які виконує програма. В закладці «Журнал» зберігаються електронні протоколи виконання робіт на стрілочних переводах з можливістю внесення коментарів користувачем в чітко визначене поле кожного окремого випадку. До закладки «Довідка» входить інформація про рік розробки та версії програмного комплексу діагностування стрілочних переводів, авторів проекту та іншої побічної інформації.

За допомогою кнопки «Форма/Спектр» у вікні «Часова/частотна залежність струму переводу» виконується побудова форми кривої струму переводу стрілки або виводиться її спектральний склад. Кнопку «Архів» призначено для виклику збережених кривих струму переводу, де вони зберігаються за часом та датою створення. Натискання кнопки «Статистика» призведе до появи контекстного меню з можливістю обрати вид сортування накопичених статистичних показників, серед яких кількість переводів за день, кількість порушень справної роботи стрілочних переводів, вид несправностей та частота їх повторення з зазначенням номерів стрілок, за якими вони визначені.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

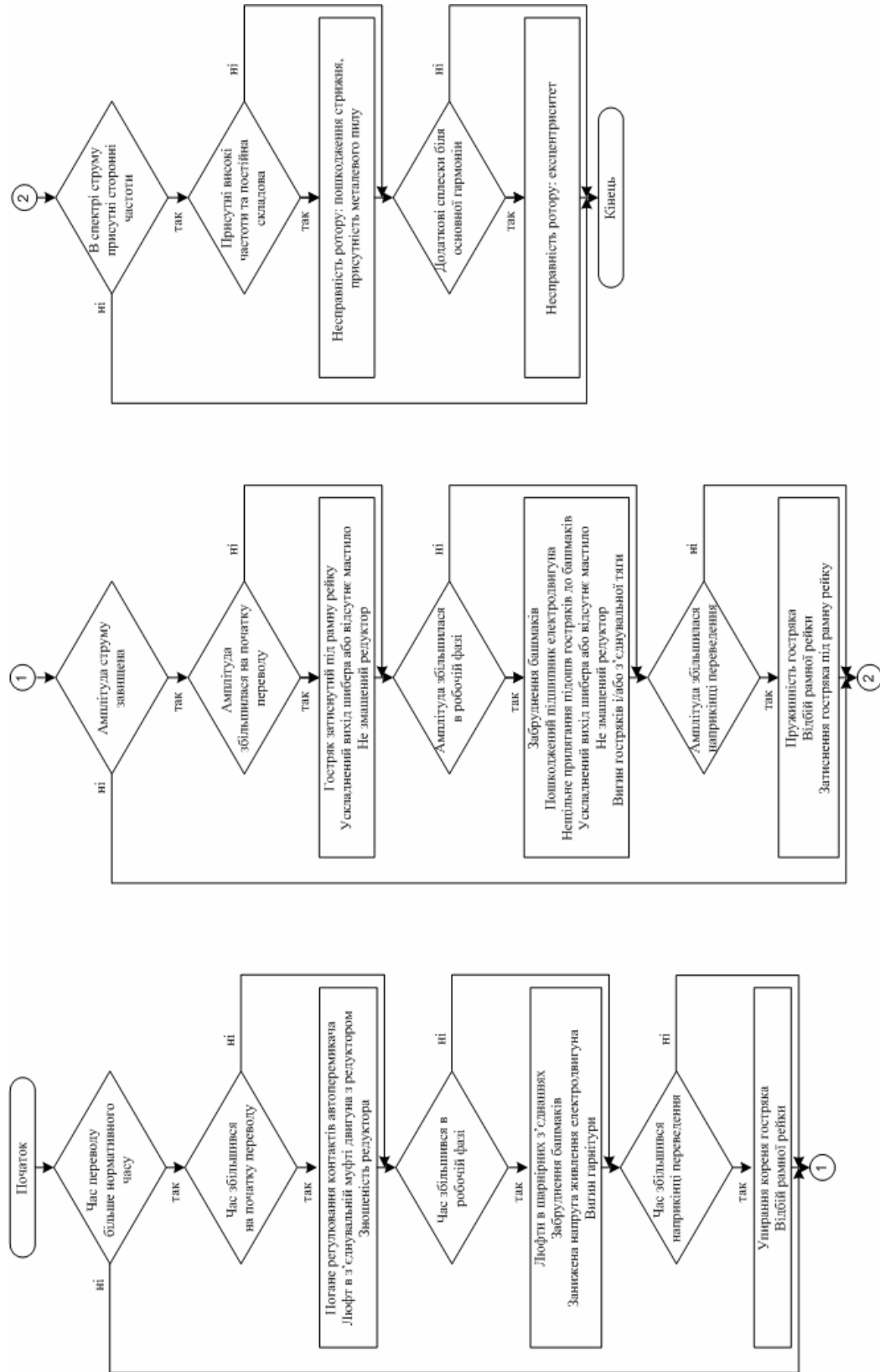


Рис. 3. Послідовність перевірки струмової кривої при пошуку пошкоджень

Fig. 3. The sequence of checking current curve on damages

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

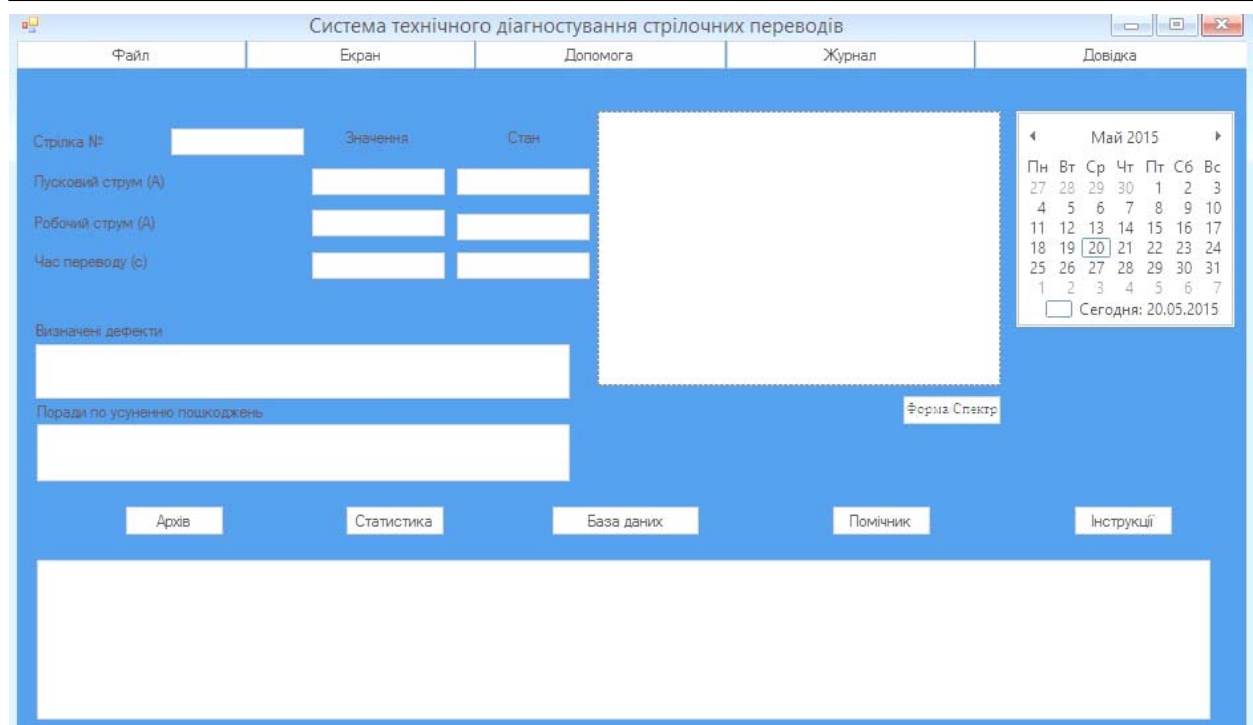


Рис. 4. Вікно системи технічного діагностування стрілочних переводів при роботі стрілки на фракцію

Fig. 4. Window of turnout's technical diagnostics system at switch work on fraction

За кнопкою «База даних» приховано перелік усіх стрілочних переводів із зазначенням їх типів, на яких стрілках вони встановлені, які типи електродвигунів використовуються, дата їх побудови, дата останньої заміни елементів та виконання технічного огляду і обслуговування. Дані до цього меню вносяться працівником самостійно і мають автоматично формовані посилання на записи системи про всі види маніпуляцій зі стрілочним переводом, серед яких відкривання і переведення. Внесена інформація про виконання перевірок редагуванню з даного меню не підлягає і зберігається в архіві кнопки «База даних».

Кнопка «Підказувач» є розширеною версією інформаційних полів «Визначені дефекти» і «Поради по усуненню пошкоджень» програмного вікна. Вона слугує для видачі детальних пояснень у разі визначення несправностей стрілочного переводу щодо місця його виникнення, порядку дій працівника, засобів, необхідних для усунення несправності та посилання на пункти інструкцій з приведенням норм параметрів, які вийшли за межі. У випадку відсутності відмов користувач все одно має можливість ознайомитися з усіма видами не-

справностей і шляху їх подолання, які описані у даному меню.

Кнопка «Інструкції» викликає електронні версії інструкцій з технічними нормами і вимогами з утримання і обслуговування стрілочних переводів.

Також на робоче вікно програми виводиться номер стрілки, значення її пускового струму, робочого струму і часу переводу стрілки з обов'язковою характеристикою стану за всіма трьома показниками, який може бути трьох типів: справний, невідомий, пошкодження.

Окрім інформаційних полів «Визначені дефекти» і «Поради по усуненню пошкоджень», на яких виводяться повідомлення про відсутність дефектів, можливість їх присутності чи вказується вид несправності і поради щодо боротьби з ними, програмне вікно має поле виведення подій з результатами виконаного аналізу у скороченій формі за їх хронологічним настанням.

Система функціонує таким чином. При переведенні стрілки струмова крива знімається з вимірювального шунта в панелі живлення стрілок за допомогою АЦП і записується до пам'яті комп'ютера. Програмне забезпечення

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

в автоматичному режимі виконує аналіз отриманих даних в часовій та частотній площинах і виводить зображення кривої струму у відповідне поле робочого вікна програми. За результатами виконаного аналізу у відповідних полях робочого вікна з'являються числові значення вимірюваних параметрів та смислові підсумкові повідомлення про стан стрілочного переводу. Над цими даними виконується статистична обробка, вони додаються в архів, формується електронний журнал і ставляться відповідні відмітки в полі меню кнопки «База даних».

Результати

Приклад застосування автоматизованої системи технічного діагностування стану стрілочних переводів під час роботи стрілочного двигуна на фрикцію (рис. 5) показав, що при навмисному послабленні стопорного гвинта фрикційного зчеплення програмно-апаратний комплекс вірно визначив пошкодження та надав рекомендації щодо його усунення.

При переведенні стрілки між гостряком і рамною рейкою було закладено шаблон товщиною 4 мм, при якому стрілочний електропривод не має замикатися, оскільки стрілка вважається недоведеною, через що стрілочний електродвигун почав працювати на фрикційний механізм.

Послаблення стопорного гвинта призвело до зменшення натиснення рухомих дисків, жорстко закріплених до корпусу фрикціону, відносно жорстко закріплених сталевих дисків до осі вихідного валу-шестерні редуктора. Тому при зупинці руху вихідного валу-шестерні редуктора, коли гостряк дійшов до шаблону, для провертання дисків фрикційної муфти один відносно одного електродвигуну знадобилося розвивати менше зусилля порівняно з нормованим значенням струму в колі живлення при роботі на фрикцію.

Одночасно з цим у спеціально відведених полях вікна програми з'явилося повідомлення з відповідним змістом (див. рис. 5) вимірюваних параметрів та знайденою і визначеною невідповідністю нормальному переводу. Також програма надала рекомендацію зі способу усунення виявленого недоліку в роботі у полі «Поради по усуненню пошкоджень».

В нижньому вікні, інформаційному полі, збережені два попередніх результати дослідів, в яких відображено дату і час виконаних вимірювань, номер стрілочного переводу, основні параметри кривої струму, стан, якому вони відповідають і вид пошкодження, якщо воно присутнє.

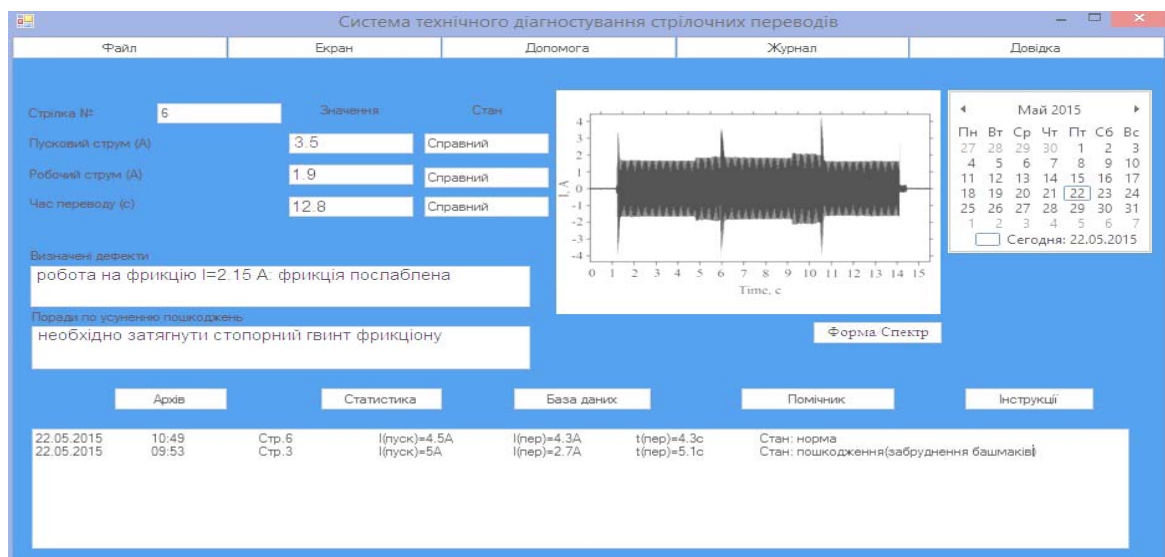


Рис. 5. Програмний комплекс технічного діагностування та контролю поточного стану стрілочних переводів

Fig. 5. Program complex of technical diagnosing and the turnout's current state

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Наукова новизна і практична значимість

Здобуті результати дозволили розробити новий автоматичний метод діагностування технічного стану стрілочних переводів без вимкнення стрілок з експлуатації, який може використовуватись в системах електричної централізації, гіркової централізації, систем диспетчерського керування і контролю.

Вперше:

– виконано наукове обґрунтування розробленого методу автоматизованого діагностування стрілочних переводів, що знаходяться в експлуатації, на основі аналізу функції струму переведення стрілки в часовій та частотній області з використанням запропонованої процедури оцінки абсолютного відхилення струму від граничних значень та апарату штучних нейронних мереж;

– створено програму технічного діагностування стану стрілочного переводу з електроприводом змінного струму, яка в автоматичному режимі виконує функціональне діагностування стану стрілочного переводу і повідомляє значення вимірних параметрів кривої струму з аналізом їх відповідності одному з можливих станів, а також видає рекомендації з усунення недоліків в роботі стрілочного переводу у випадку їх визначення.

Висновки

Створено метод автоматизованого діагностування стану стрілочних переводів з електроприводами змінного струму, управління якими здійснюється централізовано, в основу якого покладено аналіз часової залежності та спектрального складу струмової кривої, що окрім підвищення надійності експлуатації, дозволяє покращити безпеку руху поїздів, оскільки з'являється можливість завчасно приймати міри з усунення поступово виникаючих пошкоджень, а час знаходження обслуговуючого персоналу в зоні руху потягів скорочується.

Розроблена система автоматизованого діагностування стрілочних переводів, яка дозволяє об'єктивно оцінювати їх стан в реальному часі і оперативно реагувати на відмови, що дозволить крім зменшення кількості затриманих поїздів з причини некерованості стрілок, усува-

ти передвимо́вний стан, встановлений на підставі аналізу змін власних робочих характеристик, а також часових і амплітудних показників струму електродвигуна при переводі стрілки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Буряк, С. Ю. Исследование временной зависимости и спектрального состава сигнала в цепи стрелочных электродвигателей переменного тока / С. Ю. Буряк, В. И. Гаврилюк, О. А. Гололобова // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2014. – № 6 (54). – С. 7–22. doi: 10.15802/stp-2014/33-035.
2. Дистанционное диагностирование состояния стрелочных переводов по временной характеристике и спектральному составу токовой кривой / С. Ю. Буряк, В. И. Гаврилюк, О. А. Гололобова, М. А. Ковригин // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2015. – № 2 (56). – С. 39–57. doi: 10.15802/stp2015/42159.
3. Исследование диагностических признаков стрелочных электроприводов переменного тока / С. Ю. Буряк, В. И. Гаврилюк, О. А. Гололобова, А. М. Безнарытний // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2014. – № 4 (52). – С. 7–22. doi: 10.15802/stp2014/27324.
4. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування. ЦШЕОТ 0012. – Київ : Укрзалізниця, 1998. – 72 с.
5. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. ЦШ 0042. – Київ : Укрзалізниця, 2006. – 461 с.
6. Резников, Ю. М. Электроприводы железнодорожной автоматики и телемеханики / Ю. М. Резников. – Москва : Транспорт, 1985. – 288 с.
7. Albahari, J. C# 5.0 in a Nutshell: The Definitive Reference / J. Albahari, B. Albahari. – Highway North : Sebastopol, 2012. – 1049 p.
8. Chaparro, L. F. Signals and Systems Using MATLAB / L. F. Chaparro // Department of Electrical and Computer Engineering University of Pittsburgh. – Oxford : Elsevier, 2011. – 752 p.
9. Leis, J. W. Digital Signal Processing Using MATLAB for Students and Researchers / J. W. Leis // Univ. of Southern Queensland. – New Jersey : John Wiley & Sons, 2011. – 382 p. doi: 10.1002/9781118033623.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

- | | |
|--|--|
| 10. Lyon, R. H. Machinery Noise and Diagnostics, Butterworth Publishers / R. H. Lyon. – USA, 1987. – 299 p.
11. Tervo, R. J. Practical Signals Theory with MATLAB Applications / R. J. Tervo. – Hoboken, New Jersey : Wiley, 2014. – 486 p. | 12. The C# Programming Language / A. Hejlsberg, M. Torgersen, Sc. Wiltamuth, P. Goide. – Addison Wesley, 2008. – 350 p.
13. Troelsen, A. Pro C# 5.0 and the NET 4.5 Framework / A. Troelsen. – New-York : ApresAugust 21, 2012. – 1560 p. |
|--|--|

С. Ю. БУРЯК^{1*}, В. И. ГАВРИЛЮК², О. А. ГОЛОЛОВОВА³

^{1*}Каф. «Автоматика, телемеханика и связь», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, эл. почта bsyur@mail.ru, ORCID 0000-0002-8251-785X

²Каф. «Автоматика, телемеханика и связь», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, эл. почта gvi_dp@mail.ru, ORCID 0000-0001-9954-4478

³Каф. «Автоматика, телемеханика и связь», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, эл. почта gololobova_oksana@i.ua, ORCID 0000-0003-1857-8196

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

Цель. В исследовании необходимо: 1) выяснить причины появления неисправностей стрелочных переводов для того, чтобы определить диагностические признаки отказов; 2) рассмотреть требования, устройство, назначение составных частей стрелочных переводов, работу и технологию их обслуживания для построения системы ведения хозяйственной деятельности, связанной с содержанием стрелочных переводов; 3) обосновать возможность, необходимость и перспективы внедрения системы автоматизированного диагностирования стрелочных переводов; 4) разработать опытный образец автоматизированного аппаратно-программного комплекса для контроля параметров стрелочных переводов и выполнения их диагностирования. **Методика.** В работе были показаны возможные неисправности стрелочного перевода и рассмотрены их проявления и влияние на работу. По существующей технологии выполнения работ был проведен анализ процесса технического обслуживания стрелочных переводов, определены основные операции, которые выполнялись при обследовании внешнего вида, проверки параметров и ремонте или замене деталей и узлов. На основании проведенного анализа причин возникновения неисправностей стрелочных переводов и способов их устранения систематизированы виды повреждений и способы борьбы с ними, создана информационная схема поиска неисправностей, определены возможности и границы автоматизации процесса диагностирования и проведено сравнение с существующей методикой выполнения работ по содержанию стрелочных переводов. Создана структурная схема системы диагностирования, разработан алгоритм ее работы и заложены основные опорные принципы функционирования. Применен программно-аппаратный комплекс для определения состояния стрелочных переводов с учетом выполнения диагностирования стрелок, находящихся в эксплуатации. **Результаты.** В ходе эксперимента создан метод автоматизированного диагностирования состояния стрелочных переводов с электроприводами переменного тока, управление которыми осуществляется централизованно. Получены результаты работы автоматизированного аппаратно-программного комплекса для контроля параметров стрелочных переводов и выполнения диагностики. **Научная новизна.** Авторами разработан метод определения состояния стрелочного перевода по кривой тока и его спектральному составу в цепи стрелочного электродвигателя. Разработан и аппаратно-программный комплекс диагностирования централизованных стрелок. **Практическая значимость.** Благодаря полученным результатам повышается безопасность выполнения работ из-за уменьшения времени пребывания работников в зоне движения поездов, устраняется человеческий фактор при выполнении измерений. Скрытие и замалчивание фактов нарушений в работе стрелочных переводов становится невозможным.

Ключевые слова: электропривод; стрелочный перевод; анализ сигнала; диагностирование; временная зависимость; спектральный состав; контроль состояния; алгоритм работы; кривая тока

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

S. YU. BURIYAK^{1*}, V. I. HAVRYLIUK², O. O. HOLOBOVA³^{1*}Dep. «Automation, Telemechanics and Communications», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 04, e-mail bsyur@mail.ru, ORCID 0000-0002-8251-785X²Dep. «Automation, Telemechanics and Communications», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 04, e-mail gvi_dp@mail.ru, ORCID 0000-0001-9954-4478³Dep. «Automation, Telemechanics and Communications», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 04, e-mail gololobova_oksana@i.ua, ORCID 0000-0003-1857-8196

IMPLEMENTATION OF TURNOUTS TECHNICAL DIAGNOSTICS SYSTEMS

Purpose. In the paper it is necessary to: 1) find out the causes of turnout faults to determine diagnostic features failures; 2) consider the requirements structure, purpose components of turnouts, work and technology of their maintenance to determine the construction of the economic activities related to system to the turnout's maintenance; 3) substantiate the possibility, necessity and prospects of automated diagnostics turnout's implementation; 4) elaborate a prototype of an automated hardware and software system for the turnouts control parameters and perform diagnostics on them. **Methodology.** In the paper possible turnout faults were presented and manifestations and influence on its work were shown. According to the current technology works the process analyze of turnout's maintenance was conducted, were defined the basic performed operations during the examination of appearance, parameters and check the repair or replacement of parts and assemblies. Based on the analysis of reasons of turnout malfunctioning and their fixes were systematized types of damages and ways to deal with them, an information scheme of troubleshooting were created, opportunities and limits of automating the process of diagnostics were identified and compared with the existing method of turnout maintenance. A diagnostics system block diagram was created, an algorithm of its work was developed and established main basic principles of operation. Software and hardware to determine the turnout's state considering diagnostic performance of points in use were applied. **Findings.** During the experiment was created a method of automated turnout's diagnostics with AC electric drives, managed centrally. The results of automated hardware and software system make it possible to control turnout's parameters and perform diagnostics on them. **Originality.** Authors created the method of turnout's state determination by current curve and its spectral composition in the circle of turnout electric motor. The de hardware and software centralized point's diagnostics complex was developed. **Practical value.** Thanks to the obtained results the operation safety due to a time workers decrease in the area of train's movement is increased. The human factor in the performance of measurements is eliminated. Hiding and concealment the facts of turnout malfunction are not possible.

Keywords: electric switch; turnout; signal analysis; diagnosis; time dependence; spectral composition; condition control; operation algorithm; current curve

REFERENCES

1. Buriyak S.Yu., Gavriluk V.I., Gololobova O.A. Issledovaniye vremennoy zavisimosti i spektralnogo sostava signala v tsepi strelochnykh elektrodvigately peremennogo toka [Study of time dependence and spectral composition of the signal in circuit of AC electric point motors]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2014, no. 6 (54), pp. 7-22. doi: 10.15802/stp2014/33035.
2. Buriyak S.Yu., Gavriluk V.I., Gololobova O.A., Kovrigin M.A. Dstantsionnoye diagnostirovaniye sostoyaniya strelochnykh perevodov po vremennoy kharakteristike i spektralnemu sostavu tokovoy krivoy [Remote diagnostics of turnout state on timing and spectral composition in current curve]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transport – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2015, no. 2 (56), pp. 7-24. doi: 10.15802/stp2015/42159.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

3. Buryak S.Yu., Gavrylyuk V.I., Gololobova O.A., Beznarytnyy A.M. Issledovaniye diagnosticheskikh priznakov stroichnykh elektropriwodov peremennogo toka [Diagnostic features research of AC electric point motors]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2014, no. 4 (52), pp. 7-22. doi: 10.15802/stp2014/27324.
4. *Instruktsiia z tekhnichnoho obsluhovuvannia prystroiv syhnalizatsii, tsentralizatsii ta blokuvannia. TSSHEOT 0012* [Signaling, centralization and blocking manual maintenance]. Kyiv, Ukrzaliznytsia Publ., 1988. 75 p.
5. *Prystroi syhnalizatsii, tsentralizatsii ta blokuvannia. Tekhnolohiia obsluhovuvannia. TSSH 0042* [Signaling, centralization and blocking devices. Maintenance technology]. Kyiv, Ukrzaliznytsia Publ., 2006. 461 p.
6. Reznikov Yu.M. *Elektroprirody zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki* [Electric drives of railway automatics and remote control]. Moscow, Transport Publ., 1985. 288 p.
7. Albahari J., Albahari B. C# 5.0 in a Nutshell: The Definitive Reference. Highway North, Sebastopol Publ., 2012. 1049 p.
8. Chaparro L. F. Signals and Systems Using MATLAB. Department of Electrical and Computer Engineering University of Pittsburgh. Oxford, Elsevier Publ., 2011. 752 p.
9. Leis J.W. Digital Signal Processing Using MATLAB for Students and Researchers. University of Southern Queensland. New Jersey, John Wiley & Sons Publ., 2011. 382 p. doi : 10.1002/9781118033623.
10. Lyon R. H. Machinery Noise and Diagnostics, Butterworth Publishers. USA, 1987. 299 p.
11. Tervo R.J. Practical Signals Theory with MATLAB Applications. Hoboken, New Jersey, Wiley Publ., 2014. 486 p.
12. Hejlsberg A., Torgersen M., Wiltamuth S., Goide P. The C# Programming Language 3rd Edition, Addison Wesley, 2008. 350 p.
13. Troelsen A. Pro C# 5.0 and the NET 4.5 Framework. New-York, ApresAugust 21, 2012, 1560 p.

Стаття рекомендована до публікації д.фіз.-мат.н., проф. О. В. Коваленком (Україна);
д.т.н., проф. В. В. Скалозубом (Україна); д.т.н., проф. І. В. Жуковицьким (Україна)

Надійшла до редколегії 12.03.2015

Прийнята до друку 11.06.2015