

ПРО ШЛЯХИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ОПОР КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

УДК 621.332.3:621.315.66

Електрифіковані залізниці є системами, що складаються з великої кількості пристроїв електропостачання, серед яких найважливіше місце займає контактна мережа.

Одним із найважливіших напрямків розвитку транспортної стратегії України та Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року є «впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів», що здійснюватиметься за рахунок реконструйованих залізничних колій. При цьому змінюються умови роботи контактної мережі, зростають струмові та механічні навантаження. Ці навантаження впливають на утримуючі конструкції, до яких належать опори контактної мережі.

Одним з основних елементів контактної мережі є металеві та залізобетонні опори, які забезпечують задане положення контактної підвіски в плані і в профілі над залізничною колією, завдяки цьому реалізується передача електроенергії рухомому складу та надійність струмознімання. Опора контактної мережі — специфічна будівельна конструкція, відмова якої є загрозою для життя та здоров'я людей, призводить до великих матеріальних втрат та порушення безпеки руху поїздів. У процесі експлуатації до опор ставляться такі вимоги, як довговічність і надійність, оскільки це є важливими умовами безперебійної та ефективної експлуатації залізничного транспорту. Вихід із ладу навіть однієї опори може призвести до порушення руху потягів, аварії або катастрофи. Для забезпечення цих вимог опори в процесі експлуатації піддаються проведенню випробувань неруйнівними технічними методами діагностування та визначається їхня несуча здатність, придатність до подальшої експлуатації [1].

Наразі спостерігається ситуація масового закінчення нормативних строків служби опор контактної мережі. Відсутність серйозних обсягів реконструкції об'єктів електроенергетики впродовж останніх 10–15 років призвела до накопичення великих обсягів «відкладеного попиту» на таку реконструкцію. У результаті виникла вкрай серйозна проблема: з одного боку — існує величезна кількість об'єктів, що потребують негайної реконструкції, а з іншого — відсутність необхідних можливостей організацій для виконання реконструкції в потрібному обсязі. Отже, необхідно відмовитися від підходу «загальної реконструкції» на користь «адресно-відновлювального ремонту» та «адресної заміни» опорних конструкцій. Лише таким чином можна забезпечити економічно доцільний рівень покращення використання середнього ресурсу опор контактної мережі в умовах обмежених фінансових і технологічних ресурсів. Тобто старіння та знос контактних мереж на значній частині електрифікованих ділянок УЗ є головною причиною їх незадовільної експлуатаційної надійності [2];

Головною ланкою в реалізації «адресно-відновлювального ремонту» та «адресної заміни» опорних конструкцій є їх діагностування. Цим питанням було присвячено чимало публікацій як в Україні, так і за кордоном.

Проте методи діагностування, що застосовуються для виявлення дефектів, мають низку недоліків.

Для обстеження опори візуальним методом потрібно встановити тимча-

сові розпірки з відкопуванням опори на 1 м. Важко визначити дефекти, особливо на початковому етапі електричної корозії, тому на практиці намагаються знайти якісь інші ознаки корозії: наявність глухого звуку під час простукування; бурі плями на поверхні бетону. Така оцінка дуже умовна. Візуальний контроль має суб'єктивний характер, оскільки залежить тільки від професійної кваліфікації експерта, це може призвести до недооцінки небезпеки подальшої експлуатації або до передчасної заміни опори. Метод не дозволяє отримати кількісну оцінку розвитку дефектів і є містким як за часом, так і за витратами людино-годин.

Огляд надземної частини опори проводять по всій її висоті з виявленням пошкоджень, визначенням їх розмірів та оцінкою їх впливу на довговічність, несучу здатність і деформативність конструкції. Огляд і перевірку стану підземної частини залізобетонних опор проводять візуальним оглядом у процесі їх відкопування.

Переваги візуального методу: наявність результатів перевірки; невисока вартість засобів контролю. Недоліки візуального методу: великий обсяг ручних робіт; суб'єктивний характер візуального контролю (недооцінка небезпеки подальшої експлуатації або передчасна заміна опор); метод не забезпечує виявлення дефектів на ранній стадії; метод не дозволяє отримати кількісну оцінку розвитку дефектів; тривалість процесу контролю.

Сутність методу електрокорозійних діаграм полягає у визначенні

фактичних втрат сталі в бетоні в кожному вимірюваному місці, інтенсивність електрокорозії при цьому вимірюють у грамах з одиниці площі арматури за рік ($\text{г/см}^2 \cdot \text{рік}$). За результатами випробувань будують електрокорозійну діаграму, на якій вертикальною віссю є інтенсивність електрокорозії, а горизонтальною — координати установки датчиків. Отримана діаграма виявляє місця, що сильно схильні до електрокорозії, з урахуванням усіх основних руйнівних чинників. Вона виразно характеризує найбільшу інтенсивність корозії опор, коли опір ізоляції верхнього пояса опори дорівнює нулю і відсутні засоби захисту. За цією діаграмою вибирають місця для відкопування опор. Інтенсивність електрокорозії залежить від густини струму, що стікає з конструкції. Густина струму прямо пропорційна потенціалу «рейки – опора», обернено пропорційна опору кола протікання по опорі струму й площі поверхні арматури фундаментної частини. Але небезпека електрокорозії залежить не тільки від співвідношення потенціалу й опору, але й від кількості агресивних іонів у ґрунті, тривалості існування потенціалу.

Переваги методу електрокорозійних діаграм: враховує наявність агресивних іонів у ґрунті; отримані результати не залежать від поїзної ситуації на фідерній зоні, струмових навантажень потягів тощо; не потрібен висококваліфікований персонал для роботи; невисока вартість засобів контролю. Недоліки методу електрокорозійних діаграм: дозволяє вибрати лише аварійну зону, а не конкретну опору; тривалість процесу контролю; результати досліджень залежать від точності зважування й точної побудови електрокорозійних діаграм.

Капілярний метод діагностування базується на капілярному проникненні індикаторних рідин у поверхневі й внутрішні порожнини опори та реєстрації корозійних слідів, що утворюються. Він дозволяє знайти поверхневі дефекти значно швидше й чутливіше, ніж візуальний огляд. Оскільки цей метод контролю належить до кольорових, під час огляду опору обов'язкова наявність хоро-

шого освітлення. Результати контролю заносять у журнал і складають висновок щодо контролю. Переваги капілярного методу: простота — для виконання операцій контролю не потрібен висококваліфікований персонал; висока чутливість до тріщин; висока достовірність; наочність результатів перевірки. Недоліки капілярного методу: тривалість процесу контролю; виявляються дефекти з відкритою порожниною, що виходять на поверхню; результати залежать від таких суб'єктивних якостей контролера, як сумлінність та уважність; не виключає відкопування опор, що діагностуються.

Електрохімічний метод діагностування визначає корозійний стан підземної частини опор контактної мережі й залізобетонних фундаментів опор без їх відкопування з індикацією визначальних параметрів у цифровій формі. Переваги електрохімічного методу: наочність результатів перевірки (індикація визначальних параметрів у цифровій формі); не проводиться відкопування опор під час діагностування; виявляє корозію арматури на ранній стадії. Недоліки електрохімічного методу: необхідність під'єднання до арматури, що не завжди просто зробити; струм поляризації значний і джерело поляризації має велику масу (8–10 кг); не можна діагностувати опори, об'єднані груповим заземленням.

Індуктивний метод діагностування призначений для кількісного та якісного визначення величини корозійних пошкоджень. Принцип дії базується на вимірюванні індуктивності котушки під час внесення в неї сталевого осердя. Методика передбачає порівняння вимірів у перерізі з непошкодженою арматурою (над рівнем ґрунту) і в місці передбачуваного корозійного пошкодження. Оскільки по довжині опори закладена одна й та сама арматура, показники приладу над поверхнею землі й у місці відкопування повинні збігатися.

Переваги індуктивного методу: метод надійний і простий в експлуатації; безпосередньо порівнюється маса металу в надземній і підземній частинах опори; достовірність результатів перевірки; невелика маса

приладу. Недоліки індуктивного методу: необхідне відкопування опор, що діагностуються; стійко працює лише при температурах від 0 до +30 °С; має порівняно високу похибку; прилад ИДА-2 спотворює показання в разі нестійкості товщини захисного шару бетону й зсуву арматурного каркаса.

Ультразвуковий метод діагностування застосовують для оцінки міцності бетону й несучої здатності експлуатованих центрифугованих опор контактної мережі. Метод базується на залежності параметрів поширення звукових коливань від стану й структури бетону, наявності й накопичення в ньому тих або інших ушкоджень. Виходячи з конструктивних особливостей опор і характеру навантажень на них, зміна властивостей бетону у вертикальному й горизонтальному напрямках неоднакова: швидкість ультразвуку в горизонтальному напрямку з часом знижується швидше, що можна пояснити підвищенням концентрації мікротріщин із переважно поздовжньою орієнтацією. За зміною величини швидкості поширення ультразвуку у вертикальній і горизонтальній площині опори в процесі її експлуатації, а також за їх відношенням можна судити про величину втрати несучої здатності опори й приймати рішення про її заміну.

Переваги ультразвукового методу діагностування: малогабаритний автономний прилад для вимірювання; невеликий час процесу контролю; контроль проводиться в будь-яких місцях опори; проводиться діагностування опор при оцінці особливих дій (наприклад, термічний нагрів при коротких замиканнях); не потрібен висококваліфікований персонал для роботи. Недоліки ультразвукового методу діагностування: не можна проводити вимірювання після дощу й узимку; метод не поширюється на випадки оцінки несучої здатності, коли її зниження відбувається внаслідок корозії арматури конструкції; не виключає відкопування опор; результати залежать від суб'єктивних параметрів, як наприклад, уважність контролерів, що ведуть підрахунки.

Віброакустичний метод оцінки корозійного стану опори без відко-

пування базується на такому принципі. Якщо до опори короткочасно докласти механічне навантаження, то параметри коливального процесу, що при цьому виникне, істотно залежатимуть від наявності тріщин — поглиначів механічних коливань. Енергія швидше розсіюється при коливанні опор із тріщинами, тому амплітуда коливань у таких опор зменшується швидше.

Переваги віброакустичного методу: ефективний при значних пошкодженнях опор контактної мережі; при діагностуванні не проводиться відкопування опор; не потрібен висококваліфікований персонал для роботи. Недоліки віброакустичного методу: декремент коливань великою мірою залежить від параметрів ґрунту, способу закладення опори, відхилень технології виготовлення опори, якості бетону; помітний вплив корозії виявляється лише при значному її вияві; тривалість процесу збудження коливань в опорі; труднощі з діагностуванням опор жорсткої і гнучкої поперечини, анкерних опор [3].

Інші методи діагностування опор контактної мережі також мають як переваги, так і недоліки. Приладові вимірювання металевих опор виконують не вище позначки у два метри, а вище — виникають труднощі. Діагностування зварювальних швів, особливо на висоті, є тривалим за часом. Приладове вимірювання товщини стінки опори має суттєвий недолік: не завжди можливо знайти місце руйнування у внутрішній частині металеві опори. Для діагностування залізобетонних конструкцій пропонувався метод визначення власної частоти коливань при імпульсній дії на опору [4]. Однак він має один недолік: велика залежність власної частоти від місця жорсткого заземлення опори в ґрунті, завдання яке потрібно ще вирішити.

При впровадженні високошвидкісного руху з'явилися нові вимоги до несучих конструкцій контактної мережі, до яких належать опори. Загальні вимоги до них такі: опори контактної мережі повинні бути роздільними, переважно металевими відкритого профілю зі стійкими антикорозійними якостями на весь


термін служби. На опорах, що несуть контактну підвіску швидкісної і високошвидкісної магістралі, підвищуються тільки проводи системи тягового електропостачання. Інші проводи повинні розміщуватися на опорах, що стоять окремо. Конструктивні параметри елементів для швидкісного та високошвидкісного руху повинні забезпечувати термін служби опор і жорстких поперечин 70 років.

Аналіз застосування опор для швидкісного й високошвидкісного руху за кордоном показав, що з цією метою використовуються як залізобетонні, так і металеві стояки, які у свою чергу можуть бути конусними, неконусними з різним перерізом. Російські залізниці з цією метою використовують металеві опори з гнутого та гарячекатаного швелера, які застосовуються для проміжних, перехідних та анкерних консольних опор, для ділянок із підвищеним натягом проводів. В Україні розроблено типові технічні рішення для контактної мережі змінного струму, розрахованої на рух поїздів зі швидкістю до 200 км/год (проект КМ 200 25). Як опорні конструкції прийняті залізобетонні опори СС136.6 (136.7) на фундаментах типу ТС-100, ТС-120 [5].

Таким чином, технічне діагностування становить собою процес визначення технічного стану об'єкта діагностування з певною точністю. Завершенням процесу діагностування є встановлення виду технічного стану. Розрізняють такі види технічного стану: справність і несправність, працездатність і непрацездатність, правильне і неправильне функціонування. Завданням діагностування є своєчасне виявлення дефектів. В основі діагностичного забезпечення будь-якого об'єкта лежить організація його тестового або функціонального діагностування. З цього виходить, що до діагностування опор контактної мережі при високошвидкісному русі ставляться нові вимоги:

— це має бути системне діагностування;
— час процесу виконання діагностування необхідно мінімізувати за рахунок високих робочих швидкостей, мобільних засобів діагностування; комплексності діаг-

ностування і мінімізувати кількість обстежень за рахунок одноразового контролю більшості перевірених діагностичних параметрів для прийняття рішення; можливість діагностування в будь-яку пору року та погоду;

- застосування безконтактних методів діагностування та здобуття достовірності отриманих даних за рахунок точності вимірів;
- застосування нових діагностичних параметрів, технічного обладнання і технологій;
- використання вагона-лабораторії для діагностування опор контактної мережі. 

► Список літератури:

1. Вказівки з технічного обслуговування та ремонту опорних конструкцій контактної мережі. ЦЕ-0019 Затв. наказ Укрзалізниці 15.08.2007 р. № 405-Ц / М-во транспорту та зв'язку України, Держадміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця, Головне управління електрифікації та електропостачання. — К. Швидкий рух, 2007. — 131 с.
2. EN 50119:2009. Railway applications. Fixed installations. Electric traction overhead contact lines. — European Standard, CELENEC, 2009.
3. Полях О. М. Покращення використання середнього ресурсу опор контактної мережі електризованого транспорту постійного струму. Дисертація к. т. н. 2010 р.
4. Полях О. М. Визначення величини відсотка виносу металу в підземній частині залізобетонних опор / О. М. Полях // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. — 2007. — Вип. 15. — С. 36–40.
5. Божко В. В., Особливості конструкції контактної мережі змінного струму для швидкостей руху 160–200 км/год для залізниць України / В. В. Божко, О. О. Краснов, С. В. Демченко // Електрифікація транспорту. — Дніпропетровськ, № 9. — 2015. — С. 8–14.

Надійшло до редакції
25.04.2016 р.