

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

ПАТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

СХІДНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
ТРАНСПОРТНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ (ВАРШАВА)

ТОВ «ЕЛЕКТРОТЯГОВІ СИСТЕМИ»

ТЕЗИ

**VII Міжнародної науково-практичної конференції
«БЕЗПЕКА ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ»
(S&EMC)**

ТЕЗИСЫ

**VII Международной научно-практической конференции
«БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ
СОВМЕСТИМОСТЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ
ТРАНСПОРТЕ»
(S&EMC)**

PROCEEDINGS

**of The VII International Scientific and Practical
Conference
"SAFETY AND ELECTROMAGNETIC
COMPATIBILITY ON RAILWAY TRANSPORT"
(S&EMC)**

16.02.2016 – 19.02.2016

Розлуч
2016

УДК 656.2

Безпека та електромагнітна сумісність на залізничному транспорті: тези VII Міжнар. науково-практичної конф., 16-19 лютого 2016 р., с. Розлуч. – Д.: ДПТ, 2016. – 92 с.

В збірнику представлені тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції «Безпека та електромагнітна сумісність на залізничному транспорті», організованої Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Конференція відбулась в готельно-ресторанному комплексі «Собінь» (Львівська обл., Турківський район, с. Розлуч) 16-19 лютого 2016 р.

Збірник призначений для науково-технічних працівників залізниць, підприємств транспорту, викладачів вищих навчальних закладів, докторантів, аспірантів та студентів.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Гаврилюк В. І. – д.ф.-м.н., проф., зав. каф. «Автоматика, телемеханіка та зв'язок» ДНУЗТ;
Сиченко В. Г. – д.т.н., проф., зав. каф. «Електропостачання залізниць» ДНУЗТ;
Рибалка Р. В. – к.т.н., доц. каф. «Автоматика, телемеханіка та зв'язок» ДНУЗТ.

ISBN 978-966-8471-86-5

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова:

Гаврилюк В. І. – д.ф.-м.н., проф., зав. каф. «Автоматика, телемеханіка та зв'язок» ДНУЗТ.

Заступник голови:

Сиченко В. Г. – д.т.н., проф., зав. каф. «Електропостачання залізниць» ДНУЗТ.

Члени комітету:

Бадьор М. П. – д.т.н., проф. (МІІТ, Росія);

Баскар А. – проф. факультету Інженерія і довкілля (Саутгемптонський університет, Великобританія);

Бойнік А. Б. – д.т.н., проф. (УкрДУЗТ, Україна);

Бочков К. А. – д.т.н., проф., проректор з наукової роботи (БілДУТ, Білорусь);

Бялонь А. – к.т.н. (інститут зал. транспорту, Польща);

Денисюк С. П. – д.т.н., проф. (НТУУ КПІ, Україна);

Загарій Г. І. – д.т.н., проф. (Німеччина);

Мелешко В. В. – заст. ЦШ, Укрзалізниця;

Мікульський Є. – д.т.н., проф. (Силезький технологічний університет, Польща);

Омарбеков А. К. – д.т.н. (Казахстан темір жоли);

Попов В. І. – д.ф.-м.н., проф. (Ризький технічний університет, Латвія);

Приходько С. І. – д.т.н., проф., проректор з наукової роботи (УкрДУЗТ, Україна);

Саєнко Ю. Л. – д.т.н., проф. (ПДТУ, Україна);

Скалозуб В. В. – д.т.н., проф., декан факультету «Технічна кібернетика» (ДНУЗТ, Україна).

METODYKA POMIARÓW WPŁYWU ZAKŁÓCEŃ NA LICZNIKI OSI

Adamski D., Białoń A., Furman J.
Instytut Kolejnictwa, Warszawa

Jedną z podstawowych funkcji realizowanych przez urządzenia sterowania ruchem kolejowym jest stwierdzanie niezajętości toru określonej części sieci linii kolejowych. Może to być całość lub fragment (odcinek) toru szlakowego lub stacyjnego, strefa określonej zwrotnicy czy inny wydzielony obszar, którego stan zajętości musi być kontrolowany dla realizacji procesu sterowania ruchem z zapewnieniem bezpieczeństwa prowadzonych operacji ruchowych taboru kolejowego. W przeszłości funkcja ta była realizowana przeważnie przez różnego rodzaju obwody torowe, których podstawową zasadą działania było stwierdzanie elektrycznego (galwanicznego) zwarcia toków szynowych przez każdy zestaw kołowy taboru. Takie obwody torowe stwierdzają stan niezajętości toru w sposób ciągły na całym kontrolowanym odcinku toru. Dla prawidłowego działania obwodów torowych konieczne było zapewnienie właściwej izolacji elektrycznej pomiędzy tokami szynowymi toru. Dodatkowo wykorzystywany bywał efekt uboczny stosowanej metody działania obwodów torowych, polegający na stwierdzaniu powstania braku ciągłości elektrycznej toków szynowych, co umożliwiało niejednokrotnie wykrywanie pęknięć szyn. Trudności występujące przy stosowaniu obwodów torowych, a przede wszystkim konieczność utrzymania niezbędnych parametrów technicznych torów i podtorza przyczyniły się do rozwinięcia alternatywnej metody stwierdzania niezajętości określonego odcinka, polegającej na stosowaniu tak zwanych licznikowych systemów stwierdzania niezajętości torów. Często urządzenia te nazywane są skrótowo, choć nieprawidłowo, obwodami licznikowymi. Do ich działania wykorzystywane są czujniki szynowe, zwane czujnikami koła lub osi, stwierdzające fakt i kierunek przejazdu koła (osi) taboru kolejowego przez miejsce ich instalacji, czyli punkt oddziaływania, gdyż czujniki szynowe z zasady swego działania są urządzeniami oddziaływania punktowego. Czujniki koła stanowią urządzenie wejściowe licznika osi, wykorzystywanego w licznikowym systemie stwierdzania niezajętości określonego odcinka toru przez obliczanie bilansu liczby osi wjeżdżających i wyjeżdżających z tego kontrolowanego odcinka, ograniczonego parą czujników koła. Dla poprawy niezawodności systemy licznikowe konstruowane są zwykle jako urządzenia co najmniej dwukanałowe, ze zdublowanymi czujnikami szynowymi, instalowanymi na obu tokach szynowych punktu oddziaływania.

Poszczególne koleje, a właściwie zarządcy infrastruktury kolejowej, coraz częściej i na coraz większej części podlegającej im sieci linii kolejowych zmieniają urządzenia stwierdzania niezajętości toru odchodząc od wykorzystywania różnego rodzaju obwodów torowych z oddziaływaniem ciągłym na rzecz systemów licznikowych. W miarę dostępności coraz lepszych rozwiązań licznikowych systemów stwierdzania niezajętości torów, w ciągu ostatnich kilkunastu lat zarządcy infrastruktury kolejowej wymienili wiele obwodów torowych na systemy licznikowe, w tym zwłaszcza na liniach głównych o zasadniczym znaczeniu dla całości systemu transportowego. Wiąże się to bezpośrednio z zagadnieniem zapewnienia prawidłowego działania systemów licznikowych przy oddziaływaniu zakłóceń wytwarzanych przez tabor kolejowy, szczególnie trakcyjny. Czujnik szynowy systemu licznikowego musi spełniać wymagania odnośnie czułości, aby w sposób niezawodny wykrywać fakt przejazdu koła (osi) taboru przez punkt oddziaływania, nie dopuszczając możliwości nie wykrycia wjazdu taboru na odcinek, którego stan niezajętości jest kontrolowany przez ten system licznikowy. Czułość ta musi być jednak równocześnie ograniczona, gdyż konieczne jest zapewnienie określonej odporności czujnika szynowego na zakłócenia zewnętrzne, które mogą powodować błędne, nadmiarowe zliczenie osi pomimo braku przejazdu taboru przez punkt oddziaływania.

W analizie czułości i niezawodności czujnika szynowego pod uwagę brane są dwa zasadnicze źródła zakłóceń:

– wyposażenie elektryczne taboru kolejowego, przede wszystkim urządzenia trakcji elektrycznej, które wytwarzają pole elektromagnetyczne oddziałujące bezstykowo na czujnik szynowy sprzęgając się z jego obwodami, przy czym zgodnie z terminologią stosowaną w dokumentach związanych z tym zagadnieniem, w dalszym ciągu artykułu mowa będzie o zakłócającym polu magnetycznym,

– pole wytwarzane przez powrotny prąd trakcyjny płynący tokami szynowymi.

Zapewnienie wymaganej niezawodności zliczania osi przez czujnik szynowy przy zapewnieniu jego niezbędnej czułości, powoduje konieczność zachowania ograniczonej wielkości pól zakłócających, pochodzących od eksploatowanego taboru kolejowego, szczególnie pojazdów trakcji elektrycznej. Zagadnienie to jest określane mianem zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej (EMC, od ang. *Electromagnetic Compatibility*) taboru kolejowego i urządzeń stwierdzania niezajętości toru, w tym przypadku czujników szynowych systemów liczników osi. Na kolejach europejskich stosowanych jest szereg różnych typów licznikowych systemów stwierdzania niezajętości toru, eksploatowanych przez tylko jednego lub przez kilku zarządców infrastruktury, natomiast tabor kolejowy jest zwykle przygotowywany i dopuszczany do eksploatacji na większym obszarze europejskiej sieci kolejowej, co powoduje znaczną złożoność problemu zapewnienia kompatybilności. Ustalenie dopuszczalnych poziomów zakłóceń dla poszczególnych częstotliwości w pasmie pracy czujników szynowych jest przedmiotem tak zwanego procesu zarządzania częstotliwościami i zostało ono zdefiniowane w specyfikacji technicznej TS 50238-3.

АНАЛІЗ ПОШКОДЖУВАНOSTІ СТРУМОПРИЙМАЧІВ ШВИДКІСНИХ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ

Антонов А. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Пристроями, які забезпечують передачу електричної енергії від тягових підстанцій до електрорухомого складу є контактна мережа та струмоприймач. Процес передачі електричної енергії здійснюється безпосередньо через контактну підвіску, шляхом створення сильнострумового ковзного контакту між контактним проводом та струмознімальними елементами струмоприймача, який супроводжується зношуванням обох контактуючих поверхонь. Контактний провід є одним з головних елементів контактної мережі, від його працездатності залежить надійність роботи електрифікованих залізниць, але при розгляді процесу струмознімання необхідно також враховувати вплив матеріалу струмознімальних елементів.

Так, за час експлуатації електропоїздів Hyundai Rotem HRCS2 в 2014 році допущено 207 випадків пошкоджень струмоприймачів, 64 з яких зі спрацюванням системи автоматичного опускання струмоприймачів.

На електропоїздах Hyundai Rotem HRCS2 та Shkoda EJ 675 використовуються струмоприймачі виробництва компанії «Faveley-Lekov» (Франція – Чехія), серії AX-NG, які повністю відповідають міждержавним технічним вимогам ОСЖД Р-668 та призначені для експлуатації на ділянках зі швидкістю руху до 250 км/год. Їх робоча висота становить 2 600 мм, статичний натиск може регулюватися за допомогою системи управління натиску в межах від 50 до 120 Н. Струмоприймачі такої серії призначені для експлуатації на ділянках як змінного, так і постійного струму, їх навантажувальна здатність заявлена виробником становить 2 500 А (DC), при використанні відповідних струмознімальних елементів.

В процесі експлуатації надійність роботи струмоприймачів Hyundai Rotem HRCS2 виявилась суттєво нижчою ніж у струмоприймачів Shkoda EJ 675, про це свідчать звіти локомотивного господарства та господарства електропостачання. Така ситуація викликана

конструктивною відмінністю цих струмоприймачів: струмоприймач електропоїзду Hyundai Rotem HRCS2 має два полози, які жорстко закріплені між собою на підресореній каретці, в той час на струмоприймачі електропоїзду Shkoda EJ 675 на рухомій каретці встановлені два полози, які мають незалежне один від одного підресорювання та не з'єднані жорстко між собою.

В ході експлуатації встановлено, що стійкість полозу струмоприймача електропоїзду Hyundai Rotem HRCS2 при проходженні жорстких точок, дещо нижча ніж струмоприймача електропоїзду Shkoda EJ 675, через що він більше схильний до пошкодження струмознімальних елементів (поява тріщин, сколів, відшарування від несучого профілю).

Відома аналогічна ситуація, яка склалася при експлуатації струмоприймача ТП-250 електропоїзду «Сокол», на якому встановлювались два підресорених полози, які повинні були мати можливість працювати незалежно один від одного, але через помилкове рішення експлуатаційників полози цього струмоприймача були жорстко з'єднані між собою, що призвело до передчасного виходу з ладу вуглецевих струмознімальних елементів типу «С», які на ньому встановлювались. Після виправлення допущеної помилки, проблема самоліквідувалась.

На електропоїздах Hyundai Rotem HRCS2 та Shkoda EJ 675 встановлюються струмознімальні елементи марки RH83M6 та RH85M6 відповідно, вони виробляються німецькою компанією «PanTrac» і представляють собою монолітні частини довжиною 1150 мм з вуглецево-мідного композиційного матеріалу з просоченим оловом. Технічні характеристики матеріалів приводяться в документації виробника, обидва матеріали володіють достатньо низьким питомим електричним опором – 7 та 4 мкОм·м відповідно, мають однакові міцнісні характеристики, але матеріал марки RH85M6 володіє дещо більшою густиною. При аналізі струмознімальних елементів встановлена нерівномірність розподілення мідної складової по довжині полозу. Виявлені включення можуть призвести до появи абразивного зношування контактних проводів.

Для підвищення надійності роботи струмоприймачів електропоїзду Hyundai Rotem HRCS2 доцільно довести їх конструктив до струмоприймачів електропоїзду Shkoda EJ 675. Необхідно провести додаткові стендові дослідження на інтенсивність зношування контактного проводу струмознімальними елементами марки RH83M6.

АНАЛІЗ РОБОТИ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ПІСЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКІСНИХ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ

Антонов А. В., Омельчук М. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Підвищення швидкості руху електрорухомого складу вимагає підвищення надійності роботи системи електропостачання і, головним чином, забезпечення безперервного струмоміання.

На сьогодні, стан контактної мережі електрифікованих залізниць України не відповідає вимогам, які пред'являються для забезпечення надійної роботи швидкісних поїздів. Питома пошкоджувальність на 100 км розгорнутої довжини контактної мережі в цілому по господарству, за станом на 2014 рік, в порівнянні з 2004 роком, збільшилась на 54,2 % і становить 1,68 проти 0,91. Головними причинами відмов в роботі пристроїв контактної мережі є: низька якість обслуговування; механічні руйнування, обриви; розрегулювання; перепали проводів і тросів, особливо під живлячими і з'єднувальними затискачами; перекриття та руйнування ізоляції; бракована арматура контактної мережі; зношеність та старіння проводів і тросів.

Найбільша частка пошкоджень контактної мережі за період з 2004 по 2014 рік припадає на проводи та троси. Головна причина пошкоджень контактних проводів – перепали. В порівнянні з 2004 роком їх кількість зросла в 4 рази, частково це зв'язано з появою

на залізницях України швидкісних електропоїздів Hyundai Rotem HRCS2. Під час експлуатації яких, тільки 2014 рік допущено 207 випадків пошкоджень струмоприймачів, 64 з яких зі спрацюванням системи захисту АДД. В ході проведеного аналізу виявлено, що пошкодження струмознімальних елементів, в більшості випадків, викликані незадовільним станом контактної мережі та частково конструктивними особливостями струмоприймачів.

Велике занепокоєння викликає «обвальне» старіння контактної мережі. В період з 1998 по 2014 рік експлуатаційна довжина електрифікованих колій, які знаходяться в експлуатації понад 40 років, збільшилась в 25 разів і складає 23,2 % від їх загальної довжини.

Враховуючи, що в першу чергу проводилась електрифікація залізниць на головних напрямках руху поїздів, питання капітального ремонту контактної мережі цих ділянок стає ще більше актуальним.

Наряду з технічними причинами, до головних причин, які призвели до чисельних пошкоджень, можна виділити вкрай низький рівень виконавчої та технічної дисципліни працівників господарства електропостачання. Халатне відношення яких, до проведення ремонтів та оглядів контактної мережі призводить до появи значної кількості пошкоджень контактної мережі та струмоприймачів і, як результат, до появи аварійних ситуацій.

Для забезпечення необхідного рівня якості контактної мережі необхідно збільшити обсяги капітальних ремонтів, а при проектуванні нових ділянок контактної мережі та їх модернізації передбачати повну заміну напівкомпенсованих контактних підвісок компенсованими, з роздільною компенсацією контактних проводів та несучих тросів.

ВПЛИВ КОНТАКТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУМОПРИЙМАЧІВ ЕЛЕКТРОВОЗІВ НА БЕЗПЕКУ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНУ СУМІСНІСТЬ

Баб'як М. О., Горобець В. Л.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Електрифікації залізниць, а також безпечній роботі раніше електрифікованих ділянок приділяється велика увага. У зв'язку з цим, постійно ведуться роботи з удосконалення і підвищення надійності різних електричних контактів, що беруть участь у забезпеченні передачі електричної енергії з контактної мережі на електрорухомий склад.

Електричний струм через сильнострумовий ковзний контакт знімається з контактної дроту струмоз'ємними елементами полозів струмоприймачів і надходить у силове коло електрорухомого складу, коло допоміжних машин, де здійснюється незчисленна кількість комутацій. У колах живлення приладів, системах контролю і автоматики електрорухомого складу електричний струм проходить крізь різні контакти, які у свою чергу теж викликають зміни величин струму.

Безпечна, а значить надійна робота сильнострумового ковзного контакту, комутаційних контактів, що здійснюють розмикання і замикання електричних схем, а також нерухомих контактів визначається перш за все елементами, що забезпечують безперешкодне проходження струму. Специфіка роботи вказаних контактів обумовлена дією численних чинників, залежних від конструкції і матеріалів контактів, умов експлуатації і впливу зовнішнього середовища.

Всі чинники, що впливають на працездатність сильнострумових ковзних контактів, можна розділити на три групи: конструктивні (профіль перетину дроту, число струмоз'ємних елементів на полозі, тип підвіски, тип арматури підвіски), металознавчі (матеріал контактів, застосування змащення) і експлуатаційні (швидкість ковзання, сили, що діють на контакти, струм, вплив зовнішнього середовища).

На надійність контактів впливають чинники звичайного пошкодження і руйнування їх поверхонь тертя. Кліматичні умови сприяють покриттю контактів ожеледдю і паморозом, внаслідок чого відбувається утворення дуги і пов'язані з цим інтенсивне ерозійне по-

шкодження і знос контактів. При підвищеній вологості зовнішнє мастило з полоза змивається, змащуюча здатність його зменшується, що призводить до утворення задирів на металевих контактах, а отже, до їх інтенсивного механічного та електричного зносу.

Тільки частина з наведеного вище може бути проконтрольована у локомотивних депо при підготовці електрорухомого складу до експлуатації при проведенні поточних ремонтів. Ще менше можливостей усунення негативного впливу цих факторів є при виконанні технічного обслуговування. Жоден слюсар чи технолог не зможе вплинути на утворення мікротріщин, задирів, сколів, нерівностей, а тим паче на шорсткість поверхні ковзного контакту.

Особливо це стосується ділянок залізниць, на яких електрорухомий склад експлуатується з різними видами накладок (вставок) струмоприймачів - вугільні, мідні, металокерамічні, тощо. Кожен виробник контактних матеріалів старається збільшити ресурс накладок, проте не завжди враховується шкода, яка заподіюється контактному дроту, що у свою чергу негативно відбивається на стані його контактної поверхні, зміні контактного і перехідного опору як самого дроту і накладки, так і утворення дуги через непостійний контакт, або і взагалі відрив струмоприймача від контактної мережі.

Відриви, іскріння, вібрація, комутація, зміна величини опору контакту, незадовільний стан контактних накладок, підгоряння і задири – постійні причини утворення радіотехнічних завод. Для електрорухомого складу характерним є наявність великої кількості різноманітних індуктивностей та ємностей, що у свою чергу також залежать від стану контактних поверхонь, чистоти і якості контактів, задовільного натискання у зоні контакту та його зміни в залежності від зносу контактних елементів у експлуатації та впливу зовнішніх чинників. Зміна полоза струмоприймача, заміна окремої накладки чи цілого їх ряду вимагають регулювання характеристик струмоприймача, що, нажаль не завжди виконується.

Фахівцями Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна проводяться дослідження, пов'язані з порівнянням основних характеристик струмоз'ємних елементів різних українських виробників. Для досягнення вказаної мети виконуються: теоретичні дослідження технічної документації та наукових публікацій; аналіз досвіду експлуатації струмоз'ємних елементів різних виробників; аналіз мікроструктури наданих для дослідження зразків; лабораторні порівняльні випробування зразків накладок на механічне стирання; прискорені порівняльні експлуатаційні випробування комплектів накладок. За одержаними результатами здійснюється порівняльна оцінка якості досліджених струмоз'ємних елементів та розроблені технічні рішення.

Авторами пропонується до розширеної дослідної експлуатації у якості накладок струмоприймачів електровозів новий матеріал Бр3Г. Пластина, яка виготовлена з порошків металів (основа мідь, залізо і графіт) з наступним змішуванням, пресуванням і спіканням в захищеній атмосфері може мати пористість від 20 до 40 % об., в залежності від технологічних умов. Дослідна експлуатація розроблених накладок Бр3Г на вантажних магістральних електровозах ВЛ10 і ВЛ11 показала, що на контактних поверхнях контактної мережі і струмоприймача утворюється шар "політури". В утвореній на поверхні політурі вміст графіту становить близько 30 % об.

Розрахунок параметрів надійності після стендових порівняльних випробувань розроблених накладок Бр3Г з накладками інших видів, які використовуються в локомотивному депо «Львів-Захід» показали, що знос накладок з розробленого матеріалу Бр3Г в 1,5–2,5 рази менше, ніж знос накладок з відомих матеріалів, наприклад, російських ВЖ - ЗП і словацького виробництва МГ-487.

Сподіваємося, що запровадження нового контактного матеріалу дозволить підвищити рівень безпеки та зменшити негативний вплив контактних елементів струмоприймачів електровозів на електромагнітну сумісність.

СПОСОБИ ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ОПЕРАТОРАМИ ТРАНСПОРТНИХ КОМПАНІЙ

Бех П. В., Лашков О. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Основною проблемою, яку необхідно розв'язати спеціалістам з моніторингу, є отримання повної, достовірної і своєчасної інформації про місцезнаходження і стан вантажу незалежно від географічного і часового факторів.

Висока вартість послуг систем GPS/ГЛОНАСС не дозволяє перевізникам отримувати необхідну інформацію в реальному режимі часу. Однак, закордонні підприємства автомобільного транспорту мають в своєму розпорядженні декілька систем інформаційного спостереження:

У наш час у світі експлуатується близько 170 видів систем спостереження і диспетчеризації транспорту, причому більше половини з них для визначення місця розташування транспортних засобів використовують датчики супутникової навігаційної системи GPS NAVSTAR, що забезпечує високоточне визначення координат, курсу та швидкості об'єкта із визначенням точного часу в практично будь-якому місці земної кулі цілодобово. Можливості системи дозволяють визначити місце розташування об'єкта з точністю не більше 100 м, а при відносних вимірах – до 2-5 м.

Принцип роботи програмних комплексів для керування парком транспортних засобів (FMS - Fleet Management System) полягає в наступному. Для передачі радіочастотного сигналу використовуються технічні і інформаційні можливості Міжнародної Супутникової Системи Мобільного зв'язку Inmarsat-C, або Європейської Супутникової Системи Мобільного зв'язку Euteltracs, навігаційної системи GPS/Navstar, низькоорбітальної системи GLOBALSTAR, що працює за принципом «трубка-трубка», або середньорбітальної системи ICO Global. Приймач сигналів GPS, розташований на транспортному засобі (ТЗ), дозволяє визначати його координати і швидкість. Швидкість надходження інформації про кожний ТЗ така, що диспетчер контролює обстановку практично в реальному режимі часу.

Найпоширенішими в Європі системами моніторингу транспортних потоків є:

PC VTRAK призначена для роботи з растровими картами і здатна відображати в режимі реального часу до 35 одиниць транспортних засобів у вигляді умовних значків.

GPS/AVL SUBSYSTEM розроблена для роботи як з растровими, так і з векторними картами і має можливості відображення різних інформаційних верств (дороги, квартали, будинки, тощо).

BLACK BOX, за допомогою якої можна планувати маршрут, проводити облік показників роботи водія, обмінюватися електронними повідомленнями і попередніми документами з митницею, підтримувати зв'язок із централізованою БД, розпізнавати місце розташування ТЗ, здійснювати двосторонню передачу даних, у т.ч. і через супутник.

LOGIQ DISPATCH підтримує оперативний зв'язок із ТЗ, контролює його місце розташування на електронній карті, контролює стан автомобіля і вантажу за даними із сенсорних датчиків, установлених на транспортному засобі.

EUTEL-TRACS забезпечує регулярне автоматичне визначення місця розташування всіх об'єктів моніторингу, автоматичне одержання і зберігання інформації навіть під час відсутності диспетчера, можливість радіо і телефонного зв'язку із ТЗ, можливість текстового зв'язку, дистанційний контроль параметрів ТЗ і вантажу, подачу і прийом сигналу тривоги в надзвичайній ситуації.

АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС РЕЄСТРАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ЛОКОМОТИВА

Боднар Б. Є., Капіца М. І., Кислий Д. М.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Підвищення рівня автоматизації управління в даний час – один з напрямків розвитку залізничного транспорту, який відноситься до різних компонентів залізничних автоматизованих систем як в нашій країні, так і за кордоном. При цьому серед актуальних задач є удосконалення бортових систем управління локомотивами для підвищення безпеки руху, підвищення ефективності керування локомотивом, поліпшення умов праці локомотивної бригади та ін.

Апаратно-програмний комплекс (АПК) має забезпечувати збирання та обробку інформації, яка надходить від первинних датчиків, встановлених на локомотиві. В програмно-відстежуючих системах автоведення та в системах реєстрації режимів роботи локомотива визначення сили тяги відбувається безперервно (дискретно) вимірюванням параметрів: струму, напруги, зусилля на автозчепі тощо. Однією із задач АПК є визначення тягових зусиль локомотива.

Як аналогові, так і цифрові сигнали можуть поширюватися у відповідних передавальних середовищах. У будь-якому середовищі аналоговий сигнал відчуває загасання (послаблюється). Для того, щоб сигнал можна було передавати на великі відстані, в аналогові передавальні системи вводяться підсилювачі, які підвищують енергію сигналу. Цифрова передача даних в меншій мірі обмежена ступенем послаблення сигналу. З врахуванням того, що тяговий рухомий склад є зоною підвищених магнітних полів, які негативно впливають на передачу сигналів, то типом сигналів обрано цифровий.

За основні сигнали, на підставі яких можна визначити потужність локомотива обрано наступні: струм тягових електродвигунів I_a ; напругу тягових електродвигунів U_a ; струм збудження ТЕД I_z .

Дослідження показали, що безконтактні вимірювання струму в умовах магнітонапруженого середовища не дають високої точності вимірів. Тому, за умови вимірювань струму з необхідною точністю, струм тягових електродвигунів I_a та струм збудження I_z доцільно вимірювати контактним методом на струмопровідних шунтах. Струмопровідний шунт 75 мВ підключений до операційного підсилювача МСР607, який підсилює напругу шунта. Підсилена напруга подається на вхід мультивібратора NE555. Мультивібратор формує прямокутні імпульси, частота яких залежить від вхідної напруги. Вихід мультивібратора під'єднаний до цифрової оптопари РС814, яка виконує роль гальванічної розв'язки.

Визначення напруги передбачає безпосередньо контактні вимірювання. Вимірювальна напруга підводиться до діністора DB3 через струмообмежувальний резистор. Після зарядки конденсатора ємністю 10μF та підвищення напруги на діністорі до значення 32 В, останній переходить в режим пробою. По закінченні розрядки конденсатора діністор закривається. Таким чином формується пилоподібний імпульс на оптроні з тригером TLP2200.

Збирання, обробку та передачу інформації по Bluetooth каналу виконує мікроконтролер АТmega328 за допомогою модуля HC-05.

Таким чином, апаратно-програмний комплекс дозволяє визначити потужність локомотива з достатньою точністю та передавати отриману інформацію з високою частотою на бортову ЕОМ по бездротовому каналу.

ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЛОКОМОТИВІВ

Боднар Б. Є., Очкасов О. Б.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Любка В. С.

ДП Придніпровська залізниця

Важливим елементом підвищення рівня безпеки руху є створення систем, що забезпечують контроль технічного стану вузлів локомотивів. Локомотивний парк Укрзалізниці поступово оновлюється локомотивами які насичені сучасними електронними системами управління та діагностування. Найбільш ефективними з точки зору повноти контролю за технічним станом локомотива можна вважати бортові системи діагностування. Ці системи виконують безперервний контроль технічного стану вузлів локомотивів, і забезпечують можливість контролю умов експлуатації локомотива в будь яких режимах його роботи. Впровадження моніторингу безпеки локомотивів передбачає безперервний аналіз порушень умов нормальної експлуатації. Будь яке порушення відповідає виходу діагностичного параметру за межі допуску, кожне порушення несе певну інформацію про рівень безпеки. Аналіз накопичених даних з урахуванням досвіду експлуатації локомотивів однієї серії дозволить визначити прогнозований рейтинг відмов.

Одним з призначень засобів діагностування, які встановлені на локомотивах, є видача інформації локомотивній бригаді про порушення нормативних умов експлуатації того чи іншого вузла та формування сигналів тривоги після виходу параметрів за критичні пороги. Такий принцип роботи засобів діагностування не є оптимальним для довготривалого спостереження, але забезпечує можливість контролю технічного стану вузлів локомотива в процесі руху. Існуючий принцип не відповідає сучасним тенденціям розвитку систем управління парком локомотивів, він зменшує можливості додаткового контролю та прогнозування ризиків виникнення аварійних ситуацій.

Найбільш складними задачами технічної діагностики є задачі прогнозування зміни технічного стану об'єкту діагностування в майбутньому та визначення в якому стані знаходився об'єкт діагностування в минулому. Це задачі прогнозування розвитку аварійної ситуації та визначення причини виникнення аварійної ситуації, їх вирішення необхідно при проведенні експертних досліджень транспортних пригод. Також при проведенні експертних досліджень виникає задача визначення порушень умов експлуатації локомотивів. Будь яке порушення умов експлуатації необхідно розцінювати з точки зору імовірності можливого його переходу до стану аварії. Чим більша ця імовірність, тим складніші наслідки можливої відмови, і тим нижче безпека руху. Порушення що виникають в експлуатації локомотивів з найбільшими значеннями рейтингу (найбільшою імовірністю переходу порушення в аварію) за певний проміжок експлуатації є передвісниками аварій.

Для підвищення безпеки перевезень та надійності локомотивів в цілому необхідно створення системи оперативного управління безпекою локомотивів на стадії їх експлуатації. Створення системи передбачає розробку та впровадження методів визначення передвісників аварій, створення контрольних карт (електронних паспортів) локомотивів, системний аналіз цих даних по серіях локомотивів, безперервний моніторинг технічного стану локомотивів з використанням бортових систем діагностування.

На сьогодні на мережі залізниць не впроваджено єдину технологію, та відсутня нормативна база для систематизації і аналізу результатів діагностування. Можливості систем діагностування використовуються лише частково. В зв'язку з цим необхідно активізувати дії направлені на усунення вказаних недоліків організаційного характеру, а також розробляти методи спільного аналізу результатів діагностування та фактичної інформації про технічний стан локомотивів.

ЕКСПЕРТНА ПРОФІЛАКТИКА ЗАЛІЗНИЧНО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Болжеларський Я.

Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна; Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз (за сумісництвом)

Забезпечення безпеки руху є безумовною вимогою виконання основних обов'язків працівників залізничного транспорту, які визначені у Правилах технічної експлуатації залізниць України. Незважаючи на це на залізницях України трапляється значна кількість залізнично-транспортних пригод. Згідно досліджень, ймовірність того що на Львівській залізниці за місяць відбудеться 7–20 сходів рухомого складу з рейок становить 0,972. Виходом з вказаної ситуації може бути впровадження заходів з підвищення ефективності профілактичної діяльності. Експертно-профілактичні завдання перебувають у переліку основних завдань, які поставлені перед співробітниками експертних установ Міністерства юстиції України.

Профілактичне значення судової залізнично-транспортної експертизи полягає у виявленні причин і умов, що сприяли реалізації механізму залізнично-транспортної пригоди та розробці пропозицій, спрямованих на їх усунення.

На сучасному етапі розвитку судової експертизи експертній профілактиці приділяється недостатня увага. Так 73 % експертів не аналізують з профілактичною метою матеріали, подані на дослідження. У повній мірі це стосується і залізнично-транспортної експертизи. Слід відзначити, що теоретичні засади експертної профілактики розроблені на достатньому рівні.

Для залізнично-транспортної експертизи прийнятними є дві форми профілактичної діяльності експерта: процесуальна та непроцесуальна. При процесуальній формі, яка полягає у проведенні судової експертизи, експерт має право указувати у висновку експерта на обставини, що сприяли (могли сприяти) вчиненню правопорушення. Непроцесуальна форма передбачає довідково-консультативну діяльність; узагальнення й аналіз експертної практики; проведення теоретичних та експериментальних досліджень.

Якщо профілактика здійснюється у процесуальній формі, доцільно викладати виявлені обставини у висновку експерта. Дані, виявлені експертом під час профілактичної роботи у непроцесуальній формі, фіксуються у повідомленні чи листі.

Пропозиції з попередження залізнично-транспортних пригод можуть бути висловлені не тільки окремим спеціалістом, але й спрямовані від імені експертної установи.

Під час проведення судових залізнично-транспортних експертиз та узагальнення експертної практики виявляються наступні обставини, що сприяють реалізації механізму залізнично-транспортної пригоди: технічні несправності та дефекти об'єктів залізничного транспорту; недосконалість організації процесу перевезень; дії посадових осіб, які відповідають за технічний стан об'єктів та організацію руху.

Напрямки підвищення ефективності експертної профілактики залізнично-транспортних пригод не відрізняються від загальноприйнятих у експертній практиці.

АНАЛІЗ ГАРМОНІЙНИХ СПОТВОРЕНЬ ПЕРВИННИХ СТРУМІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ЗМІННОГО СТРУМУ НА ОСНОВІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Босий Д. О.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Протікання електромагнітних процесів в системі електричної тяги змінного струму має свої особливості. Інтерес науковців при дослідженні якості електричної енергії в електроенергетиці у контексті електромагнітної сумісності свого часу призвів до переосмислення електромагнітних процесів в колах з несинусоїдними величинами та нелінійними параметрами.

В загальному випадку в складних розгалужених колах, що містять джерела та споживачі електроенергії, мають місце два відмінні один від одного енергетичні процеси: 1) безповоротне перетворення енергії джерел живлення в теплову та/або інші види енергії; 2) накопичення енергії у формі магнітного та електричного поля.

Тому, для побудови статистичних моделей, можливе отримання миттєвих характеристик для будь-якого споживача, в тому числі і для електрорухомого складу. Миттєві характеристики електровозів чи плечей навантаження в системі електропостачання змінного струму можуть визначатись за вимірними миттєвим напругами і струмами з використанням чисельно розрахованих похідних цих залежностей.

На кафедрі Електропостачання залізниць з 2008 року виконувались дослідження з детальним осцилографуванням миттєвих струмів та напруг безпосередньо в силових колах електровозів змінного струму. Таким чином, було накопичено значний масив осцилограм струму і напруги як електровозів радянської епохи ВЛ80Т, так і електровозів нового типу – ДСЗ (НВО «ДЕВЗ», Siemens, м. Дніпропетровськ) та 2ЕС5К «Єрмак» (ТОВ «НЕВЗ», м. Новочеркаськ). Виконуючи вимірювання на приєднаннях нетягових споживачів, які кондуктивно пов'язані з тяговими мережами, були також зафіксовані в окремих режимах гармонійні впливи і сучасного електрорухомого складу Інтерсіті+ HRCS2 (Hyundai Rotem, Південна Корея) та ЕКр1 «Тарпан» (Крюківський вагонобудівний завод, м. Кременчук).

Отримання найбільш повної інформації для подальших досліджень та розрахунків стало б можливим, якщо при визначенні миттєвого опору необхідно було б виконати перетворення Фур'є для переходу від часового до частотного уявлення. Проте виникає проблема, оскільки функція миттєвого опору має стрибки, тобто не є неперервною і не відповідає умові Діріхле. Тому, робимо висновок, що отримання характеристик опору навантаження в частотній області за миттєвими значеннями напруги і струму неможливий, оскільки ці осцилограми визначають характеристики навантаження при фіксованому наборі частотних збурень.

В доповіді представлені результати та умови отримання гармонійних спотворень різних типів електрорухомого складу, проведено їх кількісне порівняння та розраховані узагальнюючі показники.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Бочков К. А., Буй П. М.

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», Республика Беларусь, г. Гомель

Мировые тенденции развития аппаратно-программных комплексов встраиваемых компьютерных систем оказывают существенное влияние на использование современных систем автоматики и телемеханики на базе микропроцессорной техники. Такие компьютерные системы принято относить к особому классу «ответственных встраиваемых систем».

Микропроцессорные системы управления на железнодорожном транспорте относятся к так называемым системам управления нижнего уровня, которые непосредственно связаны с управлением и обеспечением безопасности движения поездов. В настоящее время для таких систем управления на железнодорожном транспорте неизбежным становится вопрос аттестации на соответствие требованиям по защите информации. В целом, это касается любых информационных систем железнодорожного транспорта, оперирующих в процессе своей работы информацией, распространение и/или предоставление которой ограничено. При этом должны обеспечиваться конфиденциальность, целостность и доступность такой информации, т.е. обеспечиваться ее информационная безопасность.

С позиции информационной безопасности ИТ-технологии на железнодорожном транспорте можно разделить на два класса. К первому классу относятся информационные системы, не участвующие непосредственно в обеспечении безопасности движения поездов, но использующие информационный контент, являющийся конфиденциальным или содержащий коммерческую тайну. Ко второму классу относятся системы управления движением поездов, использующие современные ИТ-технологии.

Особенностью систем управления нижнего уровня на железнодорожном транспорте является то, что в них практически отсутствует конфиденциальная информация. Поэтому обеспечение конфиденциальности информации приобретает второстепенное значение, а наиболее важными становятся целостность и доступность информации. Целостность предполагает надежное и безопасное управление за счет сохранения контроля над структурой управляющих воздействий, а доступность – над их авторизацией и временем появления. Все эти вопросы касаются безопасности функционирования системы управления. Таким образом, системы управления на нижнем уровне должны отвечать требованиям, предъявляемым с точки зрения функциональной безопасности. Функциональная безопасность – это совокупность таких условий функционирования системы управления, при которых предотвращаются или минимизируются последствия от внешних или внутренних деструктивных информационных воздействий, приводящих к нарушению процесса штатного функционирования системы.

Таким образом, с точки зрения законодательства для микропроцессорных систем управления на железнодорожном транспорте приоритетными являются вопросы информационной безопасности, а с точки зрения обеспечения безопасности движения поездов – функциональной. В итоге необходимо комплексно оценивать безопасность систем управления нижнего уровня.

К сожалению, существующие технологии и методы оценки информационной безопасности предполагают анализ технологического программного обеспечения на отсутствие несанкционированного доступа за счет методов аутентификации и идентификации в отрыве от функциональной безопасности и анализа системы в целом с ее аппаратной частью, операционной системой, драйверами устройств и интерфейсами.

В последнее время в литературе все чаще встречается понятие кибербезопасности. Кибербезопасность – это совокупность политик и действий, которые должны быть приняты для защиты критически важных объектов от деструктивных информационных воздействий (например, несанкционированный доступ, компьютерная атака, программно-аппаратные закладки, недеklarированные возможности, искажение, кража, уничтожение информации), направленных на нарушение штатного функционирования этих систем. Таким образом, понятие кибербезопасности объединяет понятия информационной и функциональной безопасности.

В большинстве современных систем управления движением поездов используются аппаратные средства (промышленные компьютеры, микроконтроллеры) и системное программное обеспечение (операционные системы, драйверы и т.п.) западных производителей. Вместе с тем, литературные источники и практика использования указывают на наличие как программных, так и аппаратных закладок (документированных и недокументированных), позволяющих осуществить несанкционированный доступ с целью получения информации или удаленного вмешательства в работу системы (блокирование, нарушение санкционированной доступности и т. п.). Такие аппаратные и программные закладки поставляются вместе с аппаратно-программным комплексом и носят скрытый характер. Зачастую стандартными средствами администрирования обнаружить такие закладки невозможно. Но, помимо специально внедренных закладок, в аппаратно-программных комплексах неизбежно присутствуют ошибки как в логике работы микросхем, так и в исполняемом программном коде, которые могут привести к не менее опасным последствиям.

Вместе с тем, в Республике Беларусь Указом Президента Республики Беларусь № 486 «О некоторых мерах по обеспечению безопасности критически важных объектов информатизации» введено понятие критически важного объекта информатизации (КВОИ), который, согласно определения, обеспечивает функционирование экологически опасных и (или) социально значимых производств и (или) технологических процессов, нарушение штатного режима которых может привести к чрезвычайной ситуации техногенного характера. В настоящее время микропроцессорные системы управления на железнодорожном транспорте не отнесены к КВОИ, однако точку в этом вопросе ставить еще преждевременно, т.к. по своей сути данные системы полностью соответствуют приведенному выше определению, а последствия кибератак могут нанести катастрофический ущерб национальным интересам Республики Беларусь в экономической, социальной и экологической сферах.

Все перечисленное выше указывает на то, что при использовании информационных систем в процессе обеспечения безопасности движения поездов задача оценки их кибербезопасности становится одной из важнейших. Целесообразно организовать выявление во встраиваемых компьютерных системах для автоматизации процессов управления железнодорожным транспортом уязвимых мест закладок и возможных ошибок, действие которых может привести к наихудшим последствиям. Такое выявление может производиться с помощью группы экспертов, пытающихся встать на место злоумышленников, внедряющих закладки. Помимо этого, система защиты должна быть организована таким образом, чтобы кибербезопасность системы автоматизации процессов управления железнодорожным транспортом не нарушалась при появлении ошибки или внедрении закладки. Развитие информационных технологий не стоит на месте. Поэтому необходимо разрабатывать и использовать четкие адаптивные регламентированные действия по контролю ответственных команд, поступающих на систему автоматики и телемеханики. При этом любое возможное удаленное воздействие на систему управления или запрос информации с нее могут быть произведены только после подтверждения ответственного работника в оперативном режиме.

ОЦЕНКА ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ ЧЕРЕЗ НЕОДНОРОДНОСТИ КОРПУСА ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

Бочков К. А., Казаков А. С., Комнатный Д. В.
Белорусский государственный университет транспорта

Высокие требования к функциональной безопасности микропроцессорных централизаций стрелок и сигналов обуславливаются, в том числе, и широким диапазоном внешних электромагнитных помех, воздействующих на аппаратуру этих систем. Во многих случаях соответствие указанной аппаратуры требованиям нормативно-технической документации зависит от качества экранирования электромагнитных помех. В свою очередь, эффективность экранирования определяется свойствами апертур и проходных отверстий в корпусе экрана. Кроме этого, на неоднородности экранов непосредственно воздействуют электростатические разряды, как при эксплуатации, так и при испытаниях систем централизации. Следовательно, для проектирования удовлетворяющих требованиям безопасности систем необходимы методы расчета и анализа помехового излучения от неоднородностей корпусов-экранов электронного оборудования, подверженного действию электромагнитных помех.

Электронное оборудование микропроцессорной централизации представляет собой сложную электродинамическую систему. Точный и детальный анализ электромагнитного поля в таких системах обычно выполняется численными методами, которые хорошо исследованы теоретически и реализованы в компьютерном программном обеспечении. Но эти методы требуют больших вычислительных ресурсов, чувствительны к погрешностям исходных данных. Аналитические модели отличаются более простым математическим аппаратом, вычислительной эффективностью, простотой реализации, отсутствием вычислительных трудностей.

Поэтому в докладе рассматривается аналитическая модель излучения электромагнитных помех тонкой щелью в корпусе-экране. На щель воздействует биэкспоненциальный импульс. Используемый импульс описывает протекание таких видов помех, как электростатический разряд и электромагнитный импульс преднамеренного воздействия. Расчет характеристик излучаемого электромагнитного поля базируется на известном решении для поля излучения щели в бесконечном проводящем экране.

Авторами выполнен расчет спектра напряженности электрической составляющей электромагнитного поля в точке, расположенной внутри корпуса блока сигнализации микропроцессорной централизации «іпуть», которая разработана в Белорусском государственном университете транспорта. Указанные расчеты были осуществлены на основе аналитической модели и численным методом конечного интегрирования, который реализован в программе Microwave Studio.

Результаты расчета показывают. Спектр, полученный численно, имеет ярко выраженные резонансы и убывает с ростом частоты. Спектр, рассчитанный по аналитической модели гладкий, убывает с ростом частоты и расположен в области, выше спектра, полученного численно. Такая оценка спектра помехи в научно-технической периодике называется пессимистической.

Сравнение спектров позволяет сделать вывод, что анализ помехоустойчивости аппаратуры микропроцессорной централизации по пессимистической оценке обеспечивает достоверные заключения о последствиях воздействия помех на указанные технические средства. Следовательно, такой анализ может применяться на ранних этапах конструирования систем обеспечения безопасности движения поездов и может быть подтвержден при проведении испытаний.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ КОЛЕС ВО ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ

Буряк С. Ю., Гололобова О. О.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

Наиболее развитый в Украине железнодорожный транспорт. Он играет решающую роль в единой транспортной системе страны, значительно влияя на экономические связи между производителями и потребителями продукции, областями и экономическими районами Украины, а также с зарубежными странами.

В силу своей надежности, регулярности, возможности перевозки грузов и пассажиров независимо от времени года и погодных условий, малой степени воздействия на окружающую среду (по сравнению с другими видами транспорта), небольшой энергоемкости перевозочной работы (потребление энергии на железнодорожном транспорте в 6 раз меньше, чем в авиации, и в 3 раза меньше, чем на автотранспорте) железнодорожный транспорт широко используется как во внутренних, так и в международных связях.

С вхождением Украины в европейское экономическое пространство, с увеличением в связи с этим объемов грузовых и пассажирских перевозок, значение железнодорожного транспорта продолжает возрастать, а использование нового подвижного состава позволяет увеличить скорость передвижения поездов. В связи с этим возрастает и нагрузка на взаимодействующие во время движения путь и подвижной состав.

Эксплуатация новых транспортных средств требует особых новых навыков ведения поездов от локомотивных бригад, поскольку неправильное ведение поезда приводит не только к пережиганию электроэнергии и излишнему торможению, но и становится причиной появления повреждений на поверхности катания колес вследствие перенагревания металла в зоне контакта колеса и тормозной колодки.

Работа подвижного состава в системе колесо – рельс связана со значительным износом обоих компонентов, однако в особой степени это относится к колесам. В ходе эксплуатации ухудшаются геометрия колеса, качество его материала и состояние поверхности катания, растут напряжения, снижаются плавность хода и уровень безопасности движения.

Контроль колес с целью обнаружения некруглостей и ползунов является основным условием обеспечения безопасности движения, особенно для высокоскоростных поездов. Некруглость колеса может стать причиной повреждений пути или ходовой части подвижного состава, снижения плавности хода и увеличения опасности схода с рельсов.

До сих пор износ измеряют вручную. Значительные затраты на эти работы, а также простой подвижного состава при выполнении измерений вынуждают проводить эти работы с большими интервалами времени. Автоматизация позволит выполнять эти измерения за несколько минут. При этом обеспечивается повышенная точность измерений и возможность планирования технического обслуживания.

Автоматизация процесса определения дефектов поверхности катания колеса возможна путем применения акустического метода, направленного на программную обработку полученного сигнала во время движения поезда. Датчиком в этом случае выступает микрофон, который передает полученный сигнал на электронный носитель с последующим анализом при помощи компьютера. Наиболее подходящим местом установки микрофона является второй участок приближения к станции, поскольку при вхождении поезда на станцию информация о состоянии поверхности катания колесных пар будет получена и обработана.

В процессе определения дефектов поверхности колес заложен принцип поиска периодически повторяющихся сигналов, которые могут свидетельствовать о возможном наличии неисправности. Для этого определяется скорость движения поезда, после чего устанавливается допустимый интервал времени между периодичными составляющими анализируемого сигнала с учетом скорости вращения колеса и его диаметра. Далее, при помощи программного обеспечения проверяется наличие в сигнале повышенный уровень звукового давления, периодичность появления которых соответствовала бы рассчитанному для данной скорости интервалу времени. В случае определения периодичных сигналов, промежутки между которыми соответствуют установленным для данной скорости движения, производится определение вида неисправности и степени развития путем измерения его амплитудного значения.

Таким образом, автоматизация процесса диагностирования поверхности катания колеса позволит сократить время на технический осмотр поездов на станции, повысить качество их обслуживания и безопасность движения поездов.

ВЛИЯНИЕ РЕЗОНАНСОВ В КОНТАКТНОЙ СЕТИ НА ДОПУСКАЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОМЕХ

Białoń A., Adamski D., Furman J.
Instytut Kolejnictwa, Warszawa

Оценивая уровень тяговых помех в рельсовых цепях должны быть приняты во внимание не только помехи, вызванные постоянной составляющей тягового тока, а также вызванные переменной составляющей. Переменный компонент стал играть более важную роль в случае внедрения на тяговых поездах импульсного управления мощностью и скоростью поезда. Уровень помех в системе тяговая подстанция – тяговой поезд – тяговая подстанция зависит в первую очередь от удельных параметров контактной сети, конфигурации контактной сети, параметров тяговой подстанции и тягового поезда. Тяговой поезд и тяговая подстанция являются источниками помех, а их уровень зависит также от расстояния между ними.

В определенных ситуациях железнодорожного движения, в определенных расстояний между тяговой подстанцией и тяговым поездом, а также расстояниями между тяговыми поездами может происходить увеличение уровня помех. Это обусловлено существованием резонансов в контактной сети.

Резонансы в контактной сети влияют на уровень помех в рельсовых цепях, работающих на частотах выше 1 кГц. Существование резонансов влияет также на приемлемые величины параметров помех для рельсовых цепей и определения расстояния помех от рабочих сигналов рельсовых цепей.

Резонансные явления в контактной сети должны быть приняты во внимание при определении допустимых параметров помех для тяговых поездов и рельсовых цепей. Кроме того, в строительстве новых типов рельсовых цепей должны быть, при выборе частоты их работы, включены явление резонанса в тяговой сети.

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Василишин Д. О.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Залізничні переїзди є місцем сполучення двох транспортних потоків. Взаємна безпека рухомих одиниць на переїзді забезпечується завдяки надійному функціонуванню засобів регулювання рухом і дотриманню принципу абсолютного пріоритету залізничних транспортних засобів по відношенню до автодорожнього транспорту. Щорічне зростання кількості транспортних засобів і, як наслідок, неухильне збільшення обсягу вантажних і пасажирських перевезень автомобільним транспортом призвело до підвищення інтенсивності руху на переїздах залізниць України та світу.

На залізницях України експлуатується 5 259 залізничних переїздів, з них обладнано автоматичною переїзною сигналізацією 4 055. З черговим працівником – 1 458 залізничних переїздів, з яких додатково обладнані автоматикою 1 429 залізничних переїздів. Всього без чергового працівника експлуатується 3 801 залізничний переїзд. Із найбільш інтенсивним рухом автотранспорту – 403 переїзди, обладнані додатковими шлагбаумами, які перекривають всю ширину проїзної частини автомобільної дороги. Разом з тим обстановка на залізничних переїздах у плані забезпечення безпеки руху продовжує залишатися неблагополучною. Щорічно реєструється більше 90 ДТП за участю залізничного рухомого складу, в яких гинуть і отримують травми понад 100 осіб. Абсолютна більшість ДТП реєструється на переїздах без чергового працівника.

В даній роботі пропонується використання на залізничних переїздах без чергового працівника системи комп'ютерного зору, що контролює зону переїзду. В разі виявлення сторонніх об'єктів в зоні контролю під час наближення рухомого складу до переїзду, відбувається передача відповідної команди на локомотив для завчасної його зупинки перед переїздом.

Комп'ютерний зір – один з найбільш перспективних методів автоматизації дій із застосуванням комп'ютерних технологій. У загальному вигляді системи комп'ютерного зору передбачають перетворення даних, що надходять з пристроїв захоплення зображення, з виконанням подальших операцій на основі цих даних. Однією з найбільш складних задач у комп'ютерному зорі є розпізнавання, що включає в себе виявлення та ідентифікацію об'єктів. Зокрема, рішення цієї задачі дозволяють виконати оцінку стану об'єкта щодо пристрою захоплення зображення і його наявності в кадрі. В даній роботі запропоновано алгоритм (реалізовано за допомогою мови програмування Python та бібліотеки комп'ютерного зору OpenCV) виявлення рухомих та нерухомих транспортних засобів в зоні залізничного переїзду на основі аналізу відеозображення, який враховує стан переїздної сигналізації.

Одержання і подальша обробка даних з використанням пасивних пристроїв захоплення зображення (камера) є перспективним напрямом розвитку комп'ютерного зору. На відміну від застосування різних датчиків, такий метод впритул наближає роботу системи машинного зору (особливо, при використанні стереозору) до тієї, що використовує людина для вирішення зорових завдань. Включення в розробку комп'ютерних систем відеоспостереження алгоритмів, що відповідають за отримання високорівневої інформації з відео, безсумнівно, просуне ці системи далеко вперед так як аналіз зображення класифікує дані пікселі, тобто дозволяє ідентифікувати не тільки ознаки, а й характер руху, а також однозначність типу об'єкта, який з цих пікселів складається.

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ ЗА РАХУНОК КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ ЇХ ПЕРЕТИНУ АВТОДОРОЖНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ

Возняк О. М.

Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз (за сумісництвом)

Значне та неухильне зростання кількості транспортних засобів на мережі доріг, підвищення їх вантажопідйомності, швидкісних показників сприяє значному збільшенню інтенсивності руху на залізничних переїздах, що спричиняє збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Це, у свою чергу, висуває нові вимоги до облаштування місць перетину автомобільних доріг та залізничних колій, їх утримання, застосування додаткових заходів щодо підвищення безпеки руху, застосування профілактичних заходів щодо зміцнення дорожньої дисципліни водіїв.

Проблема забезпечення безпеки на залізничних переїздах актуальна у цілому світі та реальний стан у сфері забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах постійно вимагає нових підходів та рішень, адже статистика показує, що, хоча на залізничних переїздах відбувається тільки біля 4,5 % від загальної кількості ДТП на мережі автодоріг, їх наслідки (як людські, так і матеріальні втрати) значно важчі. В Україні у середньому, на залізничних переїздах, з летальним наслідком кожна третя – п'ята ДТП (на мережі автодоріг 1 загиблий на 30 ДТП).

Тому існує нагальна потреба у пристроях, які контролюватимуть процес перетину меж залізничного переїзду автодорожніми транспортними засобами під час руху поїзда ділянкою наближення. З метою розробки такої системи було здійснено аналіз датчиків, які використовуються на залізничному та автодорожньому транспортах.

Серед датчиків, які використовуються залізничному транспорті прийнятними для такої системи є тільки лазерні датчики, мікрохвильові радары та процесори зображення.

У сучасних системах управління рухом на мережі автомобільних доріг поширення отримали магнітometri, магнітні датчики, процесори зображення, мікрохвильові та лазерні радарні датчики, ультразвукові, акустичні та пасивні інфрачервоні датчики.

Однак перерахованим датчикам властиві недоліки, які обмежують їх використання. Тому найбільше поширення отримав детектор у виді індуктивної петлі. Це пов'язано із основними його перевагами: гнучкий дизайн для задоволення різноманітних потреб; легко узгоджуються із будь-якими технологіями (у тому числі і новітніми); значний досвід експлуатації; забезпечує визначення основних параметрів автотранспорту (наприклад, розміри, наявність у зоні дії датчика, розміщення у просторі, швидкість та напрям руху тощо); нечутливість до атмосферних впливів (дощ, туман, сніг тощо); забезпечує кращу точність підрахунку даних у порівнянні з іншими методами; моделі із високочастотним збудженням забезпечують можливість класифікації транспортних засобів.

Розглянувши основні переваги і недоліки датчиків, які використовуються на залізничному та автомобільному транспорті, можна стверджувати, що для визначення стану залізничного переїзду у момент знаходження поїзда на ділянці наближення, найдоцільніше використовувати індуктивний датчик. Таке застосування у поєднанні зі способом, описаним у патенті №93602 МПК В61L 29/00, дасть можливість запобігати загрозі безпеки руху на переїздах залізничного транспорту за рахунок додаткового контролю переміщення транспортних засобів через залізничний переїзд та створення можливості впливу на ситуацію у його межах.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ

Гаврилюк В. И., Возняк О. М.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

Обеспечение безопасности движения на железнодорожных переездах является одной из наиболее острых задач общей проблемы безопасности на железнодорожном транспорте. Анализ ДТП на железнодорожных переездах показывает, что значительное их количество вызвано нарушением правил проезда переездов водителями, и одной из причин этого является необоснованно завышенное время ожидания проезда поезда после подачи оповестительного сигнала на переезде, которое может составлять в некоторых случаях 15 и более минут. На перегонах с автоблокировкой, в зависимости от расчетных длин участков приближения и от расположения переезда относительно светофоров, в участок приближения включают рельсовые цепи одного или двух блок участков. При этом фактическая длина участка приближения, как правило, превышает расчетную длину, и извещение о приближении поезда к переезду будет подаваться преждевременно. Для компенсации этого превышения в электрических схемах переездной сигнализации предусмотрено схемное замедление включения сигнализации после вступления поезда на участок приближения.

Для компенсации времени ожидания на переезде были предложены различные устройства с контролем координаты и скорости поезда. Контроль координаты предложено осуществлять путем размещения различных типов датчиков, дополнительно к рельсовым цепям или путем обработки информации о непрерывно изменяющихся параметрах рельсовой цепи, на участке приближения к переезду. Контроль скорости предложено осуществлять также путем измерения времени прохождения пути между датчиками на измерительном участке. Недостатками предложенных систем является значительное усложнение и удорожанию АПС, а также снижение уровня безопасности системы при применении дополнительных устройств (точечных датчиков, электронных устройств обработки данных о приближающемся поезде и т.д.).

Способ контроля координаты и скорости поезда путем измерения входного тока, напряжения или импеданса на питающем конце рельсовой цепи (РЦ) описан в [1]. Недостатком предложенного способа является погрешность измерения при изменении сопротивления изоляции балласта, что снижает точность контроля параметров движения поезда, а, следовательно, и безопасность на переездах.

Целью настоящей работы является повышение безопасности устройств переездной сигнализации с контролем координаты и скорости поезда путем интеллектуальной обработки результатов измерений параметров рельсовых цепей при движении поезда на участке приближения.

Для этого в работе разработана математическая модель контроля параметров движения поезда на участках приближения, оборудованных тональными рельсовыми цепями (ТРЦ). На основе моделирования системы при вариации первичных параметров рельсовой линии получена оценка погрешности определения координаты и скорости поезда и выбраны условия, позволяющие с наибольшей достоверностью рассчитывать контролируемые параметры. Рассмотрена задача принятия решения о закрытии переезда в условиях неполной информации о первичных параметрах системы.

Литература

1. Пат. 2169678. Российская Федерация, МПК В61L23/18, В61L29/22. устройство для переездной сигнализации / Тарасов Е. М., Белоногов А. С., Мохонько В. П., Куров М. Б., Гуменников В. Б., Тарасова Е. В.; заявитель и патентообладатель Самарский институт инженеров железнодорожного транспорта. – № 2000115969/28; заявл. 16.06.2000; опубл. 27.06.2001, Бюл. № 23.

ДІАГНОСТУВАННЯ РЕЛЕЙНОЇ АПАРАТУРИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Гаврилюк В. І., Дуб В. Ю.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Удосконалювання методів діагностування релейної апаратури залізничної автоматики є важливим і актуальним завданням, спрямованим на підвищення експлуатаційної надійності систем, що забезпечують безпеку руху поїздів. Технологія перевірки зазначених пристроїв в умовах ремонтно-технологічної дільниці з ряду причин не задовольняє сучасним вимогам. Існуючі засоби вимірювання й контролю параметрів на даний час фізично і морально застаріли. Сучасний рівень розвитку вимірювальної техніки та інформаційних технологій забезпечує можливість автоматизації майже всіх ручних операцій, пов'язаних з процесом вимірювання параметрів апаратури та її діагностування.

Процес діагностування релейно-контактної схеми, як об'єкта діагностування (ОД) з дискретними входами і виходами, являє собою послідовність елементарних операцій, що називаються перевірками, кожна з яких передбачає подачу на входи блоку деякого впливу й визначення на виходах реакції на цей вплив. Кількість можливих комбінацій вхідних сигналів N пов'язане із числом виводів n , прийнятих у якості вхідних: $N=2^n$. Це значення визначає максимальну довжину тривіального не оптимізованого тесту для комбінаційних дискретних блоків. Завдання діагностування ускладнюється, якщо схема об'єкта містить зворотні зв'язки, тобто є багатотактною. При збільшенні числа вхідних виводів блоку до декількох десятків, застосування для пошуку несправності тривіальних тестів стає малоефективним. Дану проблему можна частково розв'язати шляхом мінімізації тесту, що саме по собі є трудомістким завданням. Іншим способом скорочення довжини тесту є застосування умовних алгоритмів діагностування. Загальний недолік зазначених методів – значні витрати праці при складанні тестів.

У зв'язку із цим виникає задача розробки більш ефективної методики технічного контролю й діагностування, що дозволила б з мінімальними витратами визначати технічний стан пристрою, використовуючи тільки його зовнішні виводи.

Сучасні розробки в галузі штучних нейронних мереж (ШНМ) дозволяють автоматизувати обробку діагностичної інформації, знаходити приховані залежності між несправністю й вихідними сигналами на виводах пристрою, приймати рішення в умовах неповної інформації, автоматично класифікувати образи вихідних аналогових або дискретних сигналів.

Метою даної роботи є аналіз та наукове обґрунтування методів діагностування пристроїв залізничної автоматики з використанням штучних нейронних мереж, а також структурний синтез систем тестового й функціонального діагностування аналогових і дискретних пристроїв, що входять до складу систем залізничної автоматики (СЗА).

Аналіз перехідних процесів в електричному колі живлення ОД за допомогою ШНМ дозволяє виявляти (непрямим методом) відхилення його параметрів від норми і наявність прихованих дефектів. У процесі діагностування реєструється цифровий образ перехідного струму, що потім використовується як вхідний вектор першого шару ШНМ. У процесі навчання нейронна мережа встановлює залежність форми перехідного струму від стану реле.

В даній роботі виконано аналіз та наукове обґрунтування методів діагностування пристроїв залізничної автоматики з використанням ШНМ, а також синтезовано структури систем тестового й функціонального діагностування аналогових і дискретних пристроїв залізничної автоматики. Аналогові пристрої можна діагностувати за допомогою аналізу форми кривої струму в колі їх живлення при їх роботі.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ
АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ОБЪЕКТОВ С ОЦЕНКОЙ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ**

Гаврилюк В. И.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта

имени академика В. Лазаряна

Завгородний А. В.

ПАО «Укрзалізниця»

Железнодорожный транспорт является базовой отраслью национальной экономики Украины и основой ее транспортной системы. Он занимает 80 % рынка от всех видов грузовых перевозок и более 50 % пассажирских перевозок. Эффективное функционирование железнодорожного транспорта играет важную роль в создании условий для перехода на инновационный путь развития и устойчивого роста национальной экономики. Но сегодня резервы технических мощностей железнодорожного транспорта, его провозной способности практически исчерпаны. Проблема технического содержания инфраструктуры железнодорожного транспорта с обеспечением безопасности перевозочного процесса в условиях ограниченных ресурсов требует новых подходов к ее решению. Существующее планирование ремонтных работ порождает противоречие между коммерческим интересом, направленным на интенсификацию эксплуатации инфраструктуры и необходимостью поддержания требуемых уровней надежности и безопасности. Введенная с использованием метода экспертных оценок периодичность технического обслуживания и ремонта без серьезного научного обоснования, недостаточно учитывает реальный расход ресурса систем, что приводит к росту эксплуатационных расходов и повышенному отрицательному влиянию «человеческого фактора» на надежность и безопасность объектов инфраструктуры.

Целью работы является проведения анализа подходов к техническому содержанию инфраструктуры железнодорожного транспорта на основе разработки автоматизированной системы сбора, анализа и обработки данных об отказах объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта с оценкой возможных рисков возникновения транспортных происшествий. Такой подход базируется на системе показателей надежности, безопасности, стоимости жизненного цикла объектов железнодорожного транспорта с учетом объема выполненной эксплуатационной работы. Применение автоматизированной системы позволит повысить объективность планирования ремонтных работ с переходом в дальнейшем на непрерывный мониторинг и техническое обслуживание по фактическому состоянию. Функциональная безопасность объектов железнодорожного транспорта рассмотрены в стандартах IEC 61508, IEC 62278, IEC 62279, IEC 62280, EN 50126 (RAMS), EN 50128, EN 50129, EN 50156 и др. При решении комплексных вопросов безопасности в развитых странах широко применяется методология процесса управления риском, основу которой составляет определение частоты (вероятности) и последствий нежелательных событий. На основе анализа исследований в области управления рисками, методология управления рисками должна отвечать следующим основным принципам: решение, связанное с риском, должно быть экономически грамотным и не должно оказывать негативного воздействия на результаты финансово-хозяйственной деятельности организации железнодорожного транспорта; в управлении рисками принимаемые решения должны базироваться на необходимом объеме достоверной информации; при управлении рисками принимаемые решения должны учитывать объективные характеристики среды и носить системный характер.

TESTING OF MODERN TYPES OF THE ROLLING STOCK ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY WITH RAILWAY SIGNALIZATION SYSTEMS

Havryliuk V. I.

Dnipropetrovsk National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazaryan

Zavgorodnij O. V., Meleshko V. V.

Public joint stock company "Ukrainian Railway"

The electrified railways are the spatially distributed sources of power electromagnetic noise. Problem of their electromagnetic compatibility with railway signalization systems attracted much attention last years following the development of new types of the rolling stock with an asynchronous traction motors and pulse width modulation, that jeopardizes normal functioning of rail circuits and can cause failures of railway signalization systems operation.

To eliminate these failures the new samples of rolling stocks are usually subject to the electromagnetic emission tests including measurements of the disturbance current in rail lines in the vicinity of the testing sample.

Tests execute according to country specific rules and have to be repeated in various countries due to the great diversity of rolling stock, power supply and return current systems, and train detection systems installed in Europe.

The Electromagnetic Compatibility (EMC) Directive 2004/108/EC applies to a vast range of equipment encompassing electrical and electronic appliances, systems and installations.

The main objective of the Directive is to guarantee the free movement of apparatus and to create an acceptable electromagnetic environment in the Community. Trains must fulfill the requirements in the railway EMC standard EN 50121, divided into six parts:

- EN50121-1 "General";
 - EN50121-2 "Emission of the whole railway system to the outside world";
 - EN50121-3-1 "Rolling stock – train and complete vehicle";
 - EN50121-3-2 "Rolling stock – Apparatus onboard the vehicle";
 - EN50121-4 "Emission and immunity of the signaling and telecommunications apparatus";
 - EN50121-5 "Emission and immunity of fixed power supply installation and apparatus".
- Also trains should comply with EN 50238 "Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems" and additional customer specification.

But measuring the interference and influence in the rails generated electrical rolling stock is often not sufficient for proper EMC test results.

For correct proof the EMC of the rolling stock with environment and the signalization systems it is need accurate analysis and modeling of test cases. The simulation allows to analyze the behaviour of the system in the worst conditions.

The aim of this work is to carry out theoretical and an experimental investigation of electromagnetic influence of modern type of the rolling stock on railway signalization systems. To achieve the aim the following tasks were solved:

- the mathematical model described traction current harmonics propagation in a rails and its computer realization in MatLab were developed;
- statistical analyses of traction current harmonics parameters were carried out for experimental data obtained during electromagnetic tests of modern types of rolling stocks with pulse-width modulation.

Obtained results allow improve safety and reliability of the modern types train movements.

ИСПЫТАНИЯ НОВЫХ ТИПОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ С УСТРОЙСТВАМИ СИГНАЛИЗАЦИИ И СВЯЗИ

Гаврилюк В. И., Щека В. И.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

Мелешко В. В.

ПАО «Укрзалізниця»

Электромагнитной совместимостью (ЭМС) технических средств называется способность их функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех (ЭМП) другим техническим средствам.

Электрифицированные железные дороги (ЭЖД) являются мощным пространственно распределенным источником электромагнитных помех.

Большое разнообразие систем электроснабжения, сигнализации и связи в европейских странах вызывает необходимость проведения испытаний в каждой стране отдельно, с учетом особенностей, используемых в ней систем, что значительно увеличивает стоимость внедрения новых типов подвижного состава.

Национальными нормативными документами определены предельно допустимые нормы электромагнитных помех, создаваемых ЭПС. В условиях расширения кооперации украинских железных дорог в плане модернизации подвижного состава с использованием асинхронного тягового привода на ЭПС необходимо совершенствование национальной нормативной базы путем гармонизации с европейскими стандартами.

В последнее время в рамках Евросоюза разрабатываются общеевропейские нормы на электромагнитные помехи, генерируемые ЭПС. Несмотря на то, что нормативные значения допустимых по условиям безопасности помех разработаны с достаточным запасом, на отдельных участках железной дороги наблюдаются сбои в работе систем сигнализации и связи при проезде новых типов подвижного состава. Особенно это проявляется в случае экстремальных условий работы железнодорожных систем.

Целью работы является проведение анализа норм и методов измерений электромагнитных помех, создаваемых электрооборудованием новых типов подвижного состава при электротяге переменного и постоянного тока, определенных нормативными документами Евросоюза и Украины, а также разработка на этой основе метода измерений тока помех в рельсовой линии, генерируемых электрооборудованием ЭПС.

В процессе испытаний новых типов ПС на электромагнитную совместимость с устройствами сигнализации и связи проводят измерения следующих параметров: уровень мешающего и опасного влияния электрооборудования ПС на рельсовые цепи, путевые устройства сигнализации; уровень мешающего напряжения, наведенного в контрольной цепи связи; уровень напряженности поля радиопомех от оборудования ПС; уровень радиопомех, создаваемых на частотах технологической радиосвязи и передачи данных.

В работе проведен анализ норм и методов измерений электромагнитных помех, создаваемых электрооборудованием новых типов подвижного состава при электротяге переменного и постоянного тока в соответствии с нормативными документами, принятыми в Украине и Евросоюзе.

Разработан метод и методика испытаний подвижного состава на электромагнитную совместимость с рельсовыми цепями.

Предложенная методика апробирована при испытаниях новых типов ЭПС с асинхронным тяговым двигателем.

ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ РЕЙКОВИХ КІЛ В УМОВАХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВПЛИВУ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

Гаврилюк В. І., Щека В. І.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Порушення нормальної роботи пристроїв автоматики та телемеханіки є значною проблемою під час функціонування залізничного транспорту, що може призводити до зниження безпеки руху поїздів, збільшення кількості зупинок, зростання витрат енергетичних ресурсів при здійсненні перевезень і, відповідно, погіршення конкурентоспроможності залізничного транспорту. Однією з причин відмов пристроїв СЦБ на лініях, що електрифіковані змінним струмом, є порушення електромагнітної сумісності контактної мережі та рейкових кіл (РК). Особливої актуальності ця проблема набуває у зв'язку з впровадженням на мережі залізниць електрорухомого складу з асинхронним тяговим приводом.

Метою роботи є розробка заходів щодо зменшення впливу електромагнітних завад на роботу РК, що дозволить підвищити їх функціональну безпеку.

Одним з відомих способів зниження електромагнітного впливу контактної мережі на суміжні лінії є використання системи з екрануючим та підсилюючим проводами. Проте така система не враховує реальний рівень та спектр завад в суміжних лініях, внаслідок чого захист не є ефективним, оскільки існує велика ймовірність недокомпенсації, або перекомпенсації завади в лініях. Враховуючи переваги та недоліки такого способу, в роботі запропоновано використання системи захисту з активним екрануючим проводом (АЕП), яка передбачає пропуск зворотного тягового струму через АЕП за допомогою додаткових регулюючих пристроїв, що дозволяє збільшити ефективність захисту та, як наслідок, підвищити безпеку функціонування РК. Задача системи захисту РК від електромагнітних завад полягає у забезпеченні рівнів завад в діапазоні всіх робочих частот РК в припустимих межах, визначених нормативними документами.

Для досягнення мети було розроблено математичну модель впливу тягової мережі з АЕП на РК, що дозволило розробити і науково обґрунтувати метод селективної компенсації завад в РК, суть якого полягає в зменшенні тільки тих завад, частоти яких знаходяться у смугах роботи колійних приймачів РК. Запропонований метод селективної компенсації завад в РК заснований на використанні АЕП, під'єданого до рейок через елемент регулювання, що контролює відгалуження зворотного тягового струму з рейок в АЕП за допомогою сигналів з блоку керування. Забезпечення максимального захисту РК досягається шляхом визначення струму в АЕП виходячи з умови мінімуму електромагнітних завад в РК.

При проведенні моделювання рейкова лінія вважається двопровідною, що дає можливість досліджувати різницю наведених ЕРС та індукованих струмів, а також враховувати поздовжню та поперечну асиметрію опорів рейкових ліній. Розповсюдження зворотного тягового струму в рейках описано за допомогою системи диференціальних рівнянь для ділянки колії довжиною dx . При визначенні струмів в рейках враховано індукований струм від контактної та екрануючої проводу, екрануючу дію рейок суміжної колії та вплив АЕП.

Впровадження запропонованого методу селективної компенсації завад в РК дозволяє значно зменшити електроспоживання та потужність компенсуючих пристроїв, а також знижує інтенсивність відмов РК з причин порушення електромагнітної сумісності на 21 %, що зумовлює підвищення функціональної безпеки роботи РК.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ ЛОКАЛЬНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Голуб Г. М.

Державний економіко-технологічний університет транспорту

Залізничний транспорт є ключовою ланкою в транспортній інфраструктурі України і має важливе економічне і стратегічне значення. Основна його функція полягає в забезпеченні заданих обсягів вантажо- і пасажироперевезень по мережі залізниць. Система тягового електропостачання як структурний елемент електрофікованої залізниці спрямована на забезпечення надійного та безперебійного електропостачання тягових і стаціонарних (нетягових) споживачів для підтримки безперервного перевізного процесу.

Сьогодення показує, що процес реформування залізничної галузі, який відбувається на залізниці висуває нові вимоги до системи електропостачання, і саме за рахунок застосування новітніх технологій, принципів організації і сучасних методів керування відкривається можливість наповнювати електроенергетику залізниць новими «знаннями», що дозволяє різко підвищити ефективність функціонування мереж постачання електроенергії на тягу. Якісно новий рівень в ефективності енергоспоживання на тягу став передумовою розвитку нового виду залізничної енергетики – інтелектуальної.

Інтелектуальна електроенергетична система залізниць представляє собою якісно нову сукупність взаємно-інтегрованих електричних тягових мереж і розподілених комп'ютерних засобів та технологій керування ними, споживачів, генеруючих потужностей та засобів захисту і може бути реалізована шляхом формування технологічного базису, тобто необхідної сукупності інтелектуальних технологій. Дана система вимагає, в першу чергу, відмови від традиційних ієрархічних архітектур систем автоматизації електропостачання та переходу до розподілених комп'ютерних обчислень та мережевих і інформаційних технологій, в яких інтелектуальні компоненти і пристрої керування взаємодіють як на горизонтальному, так і на вертикальному рівнях, а також характеризуються наявністю елементів штучного інтелекту завдяки чому дозволяється певна автономність при прийнятті рішень.

В доповіді розглядається одна з таких систем – централізована, ієрархічно розподілена, багаторівнева автоматизована система диспетчерського управління режимами роботи локальних і технологічних електричних мереж залізниць України, яка має можливість підвищити надійність диспетчерського керування режимами роботи локальних та технологічних електричних мереж залізниць України, підвищити якість управління в умовах ліквідації аварій, порушень режиму і наслідків стихійних лих, підвищити безпеку праці персоналу і безаварійність експлуатації обладнання, забезпечити відповідний рівень автоматизації оперативно-технологічних та виробничо-технічних бізнес-процесів організаційної структури та концепції реформування централізованої диспетчерської системи оперативно-технологічного управління режимами роботи локальних та технологічних електричних мереж залізниць України. А також відкриває можливість організації віддаленого керування, контролю і «ковзкого» моніторингу функціонування електромережі дистанції, часткової автоматизацією зміни її структури для забезпечення оптимального електропостачання, самовідновлення та самодіагностики силового електричного обладнання.

Основними цілями впровадження даної системи є забезпечення функціонування та розвитку залізничного транспорту як єдиного виробничо-технологічного комплексу, безпечної одночасної роботи в системі великої кількості користувачів, гнучкого розподілу прав відповідно з організаційною структурою оперативно-технологічного управління, в тому числі обмеження, або розширення прав оперативного управління телеуправління в

екстрених випадках, готовності програмно - апаратних засобів системи до впровадження інноваційних технологій на будь-якому рівні, до різкого збільшення кількості контрольованих параметрів на будь-яких вузлах телемеханічної мережі, застосуванню сучасних каналів зв'язку, підтримки відкритих міжнародних протоколів, приведення системи енергодиспетчерського управління до нормативної бази електроенергетики України, можливості обміну інформацією з системою, енергопостачальними підприємствами України на всіх рівнях ієрархії, відповідність по функціональності, надійності, архітектурі, синхронізації оперативних даних міжнародним стандартам електроенергетики.

По мірі впровадження і розвитку сучасних каналів зв'язку, систем телемеханіки, контролю технічного стану, автоматичної діагностики та моніторингу технологічного устаткування, систем релейного захисту та протиаварійної автоматики, систем вимірювання якості електроенергії, збільшення телемеханізованих підстанцій та кількості контрольованих параметрів перспективна інтелектуальна автоматизована система диспетчерського управління режимами роботи локальних і технологічних електричних мереж повинна підвищити:

- якість та оперативність аналізу протікання технологічного процесу;
- надійність і економічність транспортування і розподілу електричної енергії;
- стійкість і безаварійність роботи, ефективність експлуатації електричних мереж.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧКОВОГО КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ З ЛОКОМОТИВОМ

Гончаров К. В., Бурковський Ю. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Для забезпечення безпеки руху поїзда застосовуються різні локомотивні системи: автоматична локомотивна сигналізація, пристрої контролю пильності машиніста та контролю швидкості поїзда, система автоматичного керування гальмуванням та інші. На сьогоднішній день в Україні головним локомотивним засобом забезпечення безпеки є автоматична локомотивна сигналізація безперервної дії з числовим кодуванням АЛСН. В такій системі для передачі на локомотив інформації про сигнали колійних світлофорів використовуються три кодових сигнали: код З, код Ж та код КЖ. Система АЛСН має цілий ряд недоліків: низьку інформативність, високу інерційність, низьку надійність, застосування застарілої елементної бази, обмежені функціональні можливості. На швидкісних та високошвидкісних магістралях система АЛСН не дозволяє машиністу отримати достатню інформацію про поточну поїзну ситуації. Окрім показань колійних світлофорів необхідно передавати на локомотив інформацію про кількість вільних попереду блок-ділянок, постійні та тимчасові обмеження швидкості, профіль колії, поточну координату, маршрут руху по станції та інше.

Один із шляхів удосконалення засобів забезпечення безпеки руху поїзда пов'язаний із застосуванням додаткового точкового каналу зв'язку для передачі інформації з колії на локомотив. Такий канал утворюється між колійними прийомо-відповідачами (балізами) та локомотивним опромінювачем-приймачем. Балізи поділяються на керовані (активні) та некеровані (пасивні). Керовані балізи пов'язані з колійними пристроями залізничної автоматики та призначені для передачі на локомотив сигнальної інформації. Некеровані балізи працюють автономно та забезпечують передачу на локомотив фіксованих повідомлень (інформацію про поточну координату, профіль колії та постійне обмеження швидкості). Обидва типи баліз працюють без власного джерела живлення. При проїзді локомотива над балізою локомотивна антена випромінює високочастотне електромагнітне поле, завдяки

чому у колійній антені наводиться змінна високочастотна напруга, яка після випрямлення та стабілізації використовуються для живлення електронних пристроїв балізи. Після цього формується зворотній модульований електромагнітний сигнал, за допомогою якого відбувається передача інформації від балізи на локомотив.

Точковий канал зв'язку з локомотивом достатньо широко застосовується в закордонних системах забезпечення безпеки руху поїзда. Наприклад, балізи входять до складу Європейської системи керування перевезеннями ERTMS / ETCS, використовуються в Німеччині, Франції, Іспанії, Польщі, Китаї, Росії та інших країнах. В Україні досвід використання точкових колійних прийомо-відповідачів поки що відсутній.

В рамках даної роботи була розроблена математична модель точкового каналу зв'язку з локомотивом. Дана модель дозволяє дослідити розподілення електромагнітного поля локомотивної антени, визначити взаємну індуктивність між локомотивною та колійною антенами, розрахувати рівень високочастотної напруги, яка наводиться в колійній антені, а також визначити рівень зворотного сигналу. В результаті досліджень були отримані значення геометричних параметрів та кількості витків локомотивної та колійної антен, при яких спостерігається найбільший взаємний зв'язок та передача максимальної енергії між антенами, була розрахована зона чутливості колійного прийомо-відповідача. Розроблена модель також може бути корисною при дослідженні точкового каналу зв'язку з локомотивом на електромагнітну сумісність.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНФИГУРАЦИИ РЕАЛЬНОЙ РАЗВЕТВЛЁННОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ С ЦЕЛЮ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ

Горпинич А. В.

Приазовский государственный технический университет

Халил Селим Т. М.

Saudi Electricity Company (Саудовская Аравия)

В большинстве случаев конфигурация распределительных сетей (РС) имеет радиальную структуру, а для резервирования электроснабжения (ЭС) потребителей используются шиносоединительные коммутационные аппараты между отдельными участками сети. Процесс реконфигурации (оптимизации конфигурации) РС – это процесс изменения топологии РС путём выполнения коммутационных операций с целью оптимизации её параметров. При возникновении устойчивых отказов элементов РС мероприятия по реконфигурации выполняются с помощью коммутационных операций, позволяющих минимизировать количество участков сети, оказавшихся без ЭЭ, и сохранить ЭС как можно большего числа потребителей. В нормальных условиях эксплуатации реконфигурация РС осуществляется путём проведения переключений в определённых местах схемы, обеспечивая тем самым снижение потерь электроэнергии (ЭЭ) за счёт перераспределения её потоков по линиям, симметрирование нагрузки и улучшение качества напряжения в узлах схемы.

Использование реконфигурации в реальных разветвлённых РС с большим количеством узлов приводит к проблеме сложной многокритериальной частично целочисленной комбинаторной нелинейной оптимизации с заданными ограничениями в виде равенств и неравенств. В настоящее время для её решения чаще всего применяют эвристические методы и методы искусственного интеллекта.

Для оптимизации конфигурации действующей схемы электроснабжения Орджоникидзевского участка МРЭС г. Мариуполя, содержащей 3 подстанции, 37 фидеров, 274 узла нагрузки, 284 ветви и 11 нормально разомкнутых коммутационных аппаратов, авторами

предложен «селективный» метод роя частиц (СМРЧ), представляющий собой простую модификацию бинарного МРЧ, которая может быть использована в инженерной практике для поиска оптимальных вариантов в случаях, когда пространство решений состоит из специфических величин. В отличие от классического МРЧ, в котором пространство поиска состоит из действительных чисел, и бинарного МРЧ, в котором пространство поиска состоит только из значений 0 или 1, в СМРЧ пространство поиска представляет набор выбранных переменных, причём оно может отличаться между многомерными векторами.

Для реализации СМРЧ была разработана специальная программа в среде MATLAB R2010a. На примере действующей схемы электроснабжения Орджоникидзевского участка МРЭС г. Мариуполя показано, что применение СМРЧ для реконфигурации исследуемой схемы позволяет снизить потери мощности с 7,4 % до 6,2 %, а потери ЭЭ – с 5 % до 4,2 %, что эквивалентно годовой экономии в 211 356,7 \$ или в 15,8 % от суммарной стоимости потерь мощности и ЭЭ до реконфигурации. Кроме того, после реконфигурации улучшается качество напряжения в узлах нагрузки (в режиме максимальных нагрузок минимальное значение напряжения в узлах составило 0,88 о.е., в то время как до реконфигурации оно составляло 0,79 о.е.).

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСУ ВІДКЛЮЧЕННЯ ШВИДКОДІЮЧОГО ВИМИКАЧА АБ-2/4

Данилов О. А.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Основним захистом фідерів контактної мережі постійного струму є повітряні швидкодіючі вимикачі з дугогасійними камерами. Тягова мережа постійного струму характеризується великими робочими і аварійними струмами. Короткі замикання біля підстанції, з виникненням дуги, можуть перепалити контактний провід за час менший 0,1 секунди. Тому швидкодії вимикачів приділяється велике значення. Сучасні вимикачі мають власний час відключення менший 10 мілісекунд.

При використанні зовнішніх датчиків аварій, таких як реле РДШ, мікропроцесорні захисти, відключення відбувається розмиканням утримуючої котушки вимикача. Утримуюча котушка має велику кількість витків, тому, під час відключення, струм в ній зменшується відносно повільно. Існують декілька способів прискорення перехідного процесу в утримуючій котушці. В вимикачах АБ-2/4 і ВАБ-43 використовують шунтування кінців котушки активним резистором, в вимикачах ВАБ-28, ВАБ-49, ВАБ-206 до утримуючої котушки послідовно підключають конденсатор. Існують і інші схеми прискорення, наприклад паралельне підключення попередньо зарядженого конденсатора протилежної полярності.

Час відключення в вимикачах, які мають «розмагнічуючий» виток, залежить від робочого струму. Тому були проведені експериментальні дослідження для визначення часу відключення швидкодіючого вимикача в залежності від струму уставки і струму, який протікає через головні контакти. Були проведені виміри для струмів уставки 2300, 2100 і 1 850 ампер. Для завдання струму використовувалася установка УВМР-4000-75. На рис. 1 зображені залежності часу відключення вимикача АБ-2/4 від струму уставки і від робочого струму.

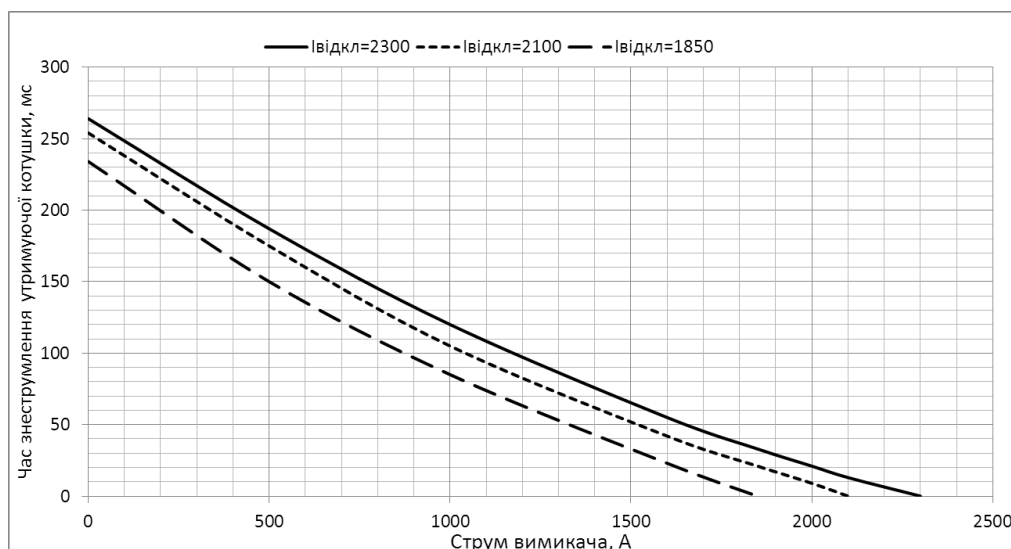


Рис. 1. Залежність часу відключення вимикача АБ-2/4 від робочого струму

Для виміру часу використовувався мікропроцесорний пристрій зі здатністю виміру часу 1 мс. Виміри були зроблені при зменшеній напрузі оперативного живлення на 10 %. Струм утримуючої котушки при цьому дорівнював 0,35 А. З графіку видно, що при збільшенні струму уставки, збільшується час відключення. Це пояснюється тим, що при збільшенні уставки, збільшується магнітний опір системи вимикача.

АДАПТИВНА АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА БАЗІ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Денисюк С. П., Горенко Д. С.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Основною тенденцій розвитку світової електроенергетики є перехід до інноваційного перетворення галузі на основі концепції Smart Grid. Сучасні методи розробки систем енергетичного менеджменту, силового обладнання енергетичної системи та інформаційно-комунікаційного забезпечення, згідно даної концепції, дозволяє широко використовувати мультиагентні системи керування (МАСК). Складовою МАСК, що здійснює управління генераторами електроенергії.

Задачею, яка ставиться в даній роботі – керування рівнем навантаженням зі сторони генерації, тобто розробка алгоритмів управління генеруючими потужностями, таким чином, щоб забезпечити споживача лише необхідним об'ємом енергії.

На сьогодні розглядаючи впровадженні технології Smart Grid, можна стверджувати, що дані технології повинні підвищувати якість послуг, що надаються споживачу, і забезпечувати розумне використання енергоресурсів та обладнання. Отже адаптивна система спеціальної автоматики керування генераторів (САКГ), системи акумулювання енергії або системи переключення джерела живлення відноситься до елементів технології Smart Grid.

Метою відновлювальної енергетики є: збільшення продуктивності вітрогенераторів (тобто потужності в МВт) для зниження сукупної вартості володіння, а також скорочення витрат на експлуатацію та техобслуговування на кожен мегават, може бути стримуючим фактором для всіх нових проектів будівництва вітропарків. Як тільки вдасться скоротити ці витрати, з'явиться більше можливостей для розвитку цієї галузі, і вона стане грати ключову роль у галузі вироблення електроенергії. На жаль, відновлювана енергетика в цілому і вітроенергетика, зокрема, страждають від непостійності свого основного джерела енергії

та його непередбачуваності: вітру. Це спонукає до розробки нових, резервних технологій, таких як більш продуктивні віртуальні електростанції virtual power plant (VPP).

Віртуальні електростанції можуть генерувати ЕЕ, розподіляти і регулювати її потоки споживачам. Вони пов'язані з регіональними мережами і через них з Єдиною національною електричною мережею.

Можна виділити два основних призначення VPP:

1. технічне (регулювання частоти і напруги);
2. комерційне (продаж електроенергії на оптовий ринок).

Технології мікромереж можуть вирішити багато проблем регіональної електроенергетики. Але для отримання максимального ефекту від VPP необхідно:

1. вибрати оптимальну з позиції комерційних операцій модель функціонування Ви-ЭС;
2. розвивати інтелектуальну інфраструктуру.

Система автоматичного регулювання висоти підйому/опускання осі ротора дозволить регулювати вихідну потужність вітрогенератора. За проведеними розрахунками можна зробити висновок, що регулювання висоти башти вітряка в діапазоні з 18 до 28 метрів дозволяє збільшувати вихідну потужність вітрогенератора в 1,56 рази. В залежності від місцевості (гірська місцевість, малозаселені райони або поля) ефективність такого впровадження при низьких швидкостях вітру невисока, а при $v < 5 \text{ м/с}$ не ефективно.

THE SIMULATION OF ELECTROMECHANICAL PROCESSES IN A SYSTEM OF MUTUAL LOADING OF TRACTION ELECTRIC MACHINES

Drubetskiy A. E.

Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician
V. Lazaryan

The simulation modeling in MATLAB Simulink was done for an overall assessment of the processes occurring in the system of mutual loading of traction electric machines.

Performance of the chosen scheme of mutual load in conjunction with automatic control system given current anchors is tested machines estimated in the modeling process. The simulation was performed in various modes with various circuits and a power supply circuit.

As a result, it was revealed that the chosen scheme of the system of mutual loading cannot work without the automatic maintenance of a given current; the manual control is not possible in view of the relatively rapid transient operation in the system. However, even when only the automatic current control channel, the system is stable throughout the operating range. In this form, the system allows you to manually set the speed of test machines, which is permissible under laboratory conditions, but for the needs of production requires additional channel of automatic maintenance of a given speed.

Simulations with detailed diagram of a power supply available in the library SimPowerSystems were done in order to more fully assess the nature of the processes in real physical devices, of systems of mutual loading, conducted. The character of changes in key variables showed that a qualitative assessment is acceptable to use processes idealized power supplies. The reason for this is the presence of powerful energy buffer between the source and directly by the electric machines. This fact can significantly accelerate the process of simulation, without resorting to unnecessary complication of the model. However, to assess the impact of the system on the mains supply, as well as simulation of emergency operation requires the introduction of detailed schemes of power sources.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В СТЕНДЕ ИСПЫТАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ ТЕПЛОВОЗА

Жуковицкий И. В., Ключник И. А.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

В Украине на сегодня для выполнения испытаний гидropердач в частности на тепловозоремонтных и заводах по ремонту военной техники, где применяются гидравлические передачи, применяются морально устаревшие стенды, разработанные еще во времена СССР. Такие стенды не позволяют регистрировать во время испытаний динамику изменения контрольных параметров, уменьшает достоверность определения технического состояния гидравлической передачи.

На первом этапе разработки в соответствии с заводской программы испытаний были выбраны наиболее необходимые и критические 13 технологических параметров, к которым относятся: температура масла в кругу циркуляции первого и второго гидротрансформаторов; давление масла в кругу циркуляции первого и второго гидротрансформаторов; частота вращения турбинного вала гидравлической передачи, приводного электродвигателя и генератора; ток и напряжение приводного электродвигателя нагрузочного генератора.

В данный момент разработан первый (базовый) вариант системы который прошел успешные испытания на тепловозоремонтном заводе ДЗРТ «Промтепловоз» при испытаниях гидравлических передач типа УГП 750-1200. Накоплено достаточно большое количество данных испытаний гидropердач.

На основании полученных данных испытаний и после их анализа было обнаружено следующее: частота опроса всех датчиков технологических параметров довольно низкая (измерения выполняются при помощи промышленных индикаторов МиКРА И3, МиКРА И4) – 2,5 Гц, что не достаточно для анализа переходных процессов токов и напряжений, а также выделения спектра для построения фильтра помех; частота опроса датчиков частоты вращения хоть и достаточна, но применение устаревших тахометрических генераторов переменного тока вводит существенные ограничения на диапазон и точность измерений.

Было решено отказаться от использования промышленных индикаторов МиКРА И3, МиКРА И4 в пользу проектирования собственного устройства измерения и фиксации технологических параметров, которое совместило бы в себе также измерение частоты вращения вала (вместо тахометрических генераторов было решено использовать инкрементальный энкодер ХСС 1506PS с избыточной точностью – 2 500 импульсов/оборот). Таким образом, для проведения опытных испытаний было спроектировано устройство на базе микроконтроллера фирмы ATMEL, позволяющее измерять показания одного энкодера с частотой ~100 Гц (ведутся работы по увеличению частоты). В данный момент на базе лаборатории тепловозов кафедры «Локомотивы» ДНУЖТа проводятся калибровка и испытания данного устройства на базе тягового двигателя электровоза, где измеряются частота вращения и напряжения потребляемого двигателем.

Дальнейшие испытания позволят оценить и убедиться в целесообразности увеличения частоты опроса технологических параметров при испытаниях гидравлических передач тепловоза. А также авторами рассматривается возможность с целью фильтрации помех разработать программный фильтр и применить его в будущей системе диагностики гидравлических передач путем реализации его непосредственно в ПЛИС или в более производительном микроконтроллере, например, ARM-архитектуры.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК ПУТЕМ МОНИТОРИНГА ДИСЛОКАЦИИ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ

Иванов И. А.

«Caddiesoft», Днепропетровск, Украина

Чередниченко М. С.

«ДП ПКТЬ ИТ», Киев, Украина

В последнее время задача обеспечения организации безопасного перевозочного процесса крайне актуальна. К сожалению, существующие системы железнодорожной автоматизации, эксплуатируемые в ПАТ УЗ, не позволяют достичь заданной цели, по причине того, что они основаны на ручном вводе данных и точность времени совершения операции может колебаться в диапазоне до 30 минут. Такие расхождения частично приводят к наложению ниток графика ведения поездов, что в конечном результате может способствовать транспортным катастрофам. С учетом активного развития бортовых интеллектуальных систем на сегодняшний день ПАТ УЗ имеет возможность создания и внедрения автоматизированной системы мониторинга за дислокацией подвижных единиц, основанной на достоверных оперативных данных и способствующей повышению безопасности организации перевозочного процесса.

В докладе рассматриваются готовые существующие решения, а также предлагается проект системы мониторинга дислокации ТПС (тягового подвижного состава). Система предполагает оборудование подвижных единиц бортовыми информационными комплексами, обеспечивающими приём и предварительную обработку данных от систем GPS и данных от различных измерительных локомотивных устройств, их дальнейшую передачу на центральный сервер по каналам GPRS/GSM связи. Данные о дислокации и состоянии подвижных единиц поступают на сервер в виде AVL пакетов по зашифрованному протоколу HTTPS. Для обеспечения необходимого уровня безопасности информация передается на проксирующий сервер мобильного оператора, а далее на центральный сервер системы, который находится в детерминированной зоне локальной сети ПАТ УЗ. После приема информационного пакета сервер производит процедуры проверки целостности данных и в случае отсутствия ошибок передает его в центральную БД (базу данных) системы и отправляет ответный пакет на устройство с подтверждением о приеме. Таким образом, достигается необходимая надежность в передаче информационных пакетов. В случае отсутствия связи бортовой комплекс накапливает информационные пакеты до момента восстановления подключения. База данных системы должна быть организована в локальной среде ПАТ УЗ и обеспечивать хранение и доступ к архивным данным о передвижении локомотивов.

Для автоматизации задачи управления перевозочным процессом отдельный поток сервера обеспечивает непрерывную обработку поступивших данных с целью выделения информационно важных событий движения. Для работы пользователей с системой предоставляется специализированное ПО (программное обеспечение), которое предоставляет доступ к архивным и оперативным данным системы.

Внедрение подобной системы в информационную среду АСК ВП УЗ-Е (автоматизированный системный комплекс управления грузовыми перевозками) обеспечит информирование диспетчерского персонала, ответственного за организацию и безопасность перевозочного процесса, достоверной информацией о дислокации подвижных единиц в режиме реального времени, а также автоматизирует процесс ведения учетных сообщений о работе подвижных единиц. Также при дальнейшем развитии данной системы появляется возможность моделирования и прогнозирования работы железнодорожных станций в автоматическом режиме.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЯ РАДИОПОМЕХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ТАРЕЛЬЧАТЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Ким Ен Дар
УИПА

Линейные изоляторы являются одним из источников помех в системе высокочастотной коммуникации, осуществляемой по проводам воздушной линии электропередачи. Из ранних исследований радиопомех от высоковольтных изоляторов тарельчатого типа известно, что:

- источником радиопомех является высокочастотные электромагнитные излучения, обусловленные электрическими разрядами в воздухе – коронными разрядами у торца шапки и на стороне стержня в зоне контактов с армирующей цементно-песчаной связкой;
- при относительно невысоких напряжениях измеряемые помехи определяются процессами коронирования на стороне шапки изолятора, однако по мере увеличения напряжения уровни радиопомех практически коррелируются только с интенсивностью коронирования со стороны заделки стержня по границе связка – стекло – воздух;
- уровни радиопомех от изоляторов носят статистический характер, причем наибольшее влияние на измеряемые величины оказывает относительная влажность воздуха окружающей среды.

Как показывает существующая практика исследования резконеоднородных полей, каким является электрическое поле изолятора, на распределение напряженности поля в области наибольших значений существенное влияние оказывает особенности конструктивного исполнения рассматриваемого объекта данной области. В случае высоковольтных изоляторов областями максимумов напряженности поля в открытой части являются край шапки и граница связка-диэлектрик в зоне заделки стержня.

В работе даны рекомендации по снижению уровней высокочастотных помех, которые несложно могут быть реализованы при производстве изоляторов. Рекомендации основаны на результатах детального анализа электрического поля изоляторов с использованием современных расчетных программ и технических возможностей, позволяющих учитывать комплексные электрофизические характеристики составных элементов изолятора и его конструктивные особенности.

Основываясь на причинно-следственную связь между напряженностью поля изолятора и уровнем радиопомех можно сделать следующие рекомендации:

- целесообразно использовать связующий материал с удельным сопротивлением в пределах $10^{7,5}-10^8$ (Ом.м) в затвердевшем состоянии;
- поскольку удельное сопротивление применяемой цементно-песчаной связки существенно зависит от содержания свободной влаги, то с целью увеличения этого параметра до требуемой величины следует предусмотреть технологические меры по удалению избыточной влаги, например, наносить гидроизолирующее покрытие на цементные швы после вылежки изоляторов в сухих складских помещениях;
- ограничить глубину незаполненной связкой части до уровня не более $h = 2 \div 4$ мм в зоне армирования стержня;
- незначительный равномерный заплыв связки высотой не более до 1 мм вдоль поверхности стекла в зоне заделки стержня в некоторой степени демпфирует кривизну электрического поля, таким образом, нет необходимости полного удаления излишек связки;
- предусмотреть дополнительное покрытие на открытых участках армирования стержня и шапки вдоль границы связка – изоляционная деталь – воздух диэлектрическим материалом, например, силиконом холодного отверждения.

RATIONING CONSUMPTION OF FUEL - ENERGY RESOURCES FOR ELECTRIC TRANSPORT CONSUMERS

Kirilyuk T. I., Karook V. O., Karook O. O.

Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after
academician V. Lazaryan

The control of power consumption on Ukrzaliznytsia is done by means rationing consumption of fuel – energy resources, instrumental and methodical means. Rationing energy consumption in social production Ukraine is carried out to the rational use and energy savings and is the basis for imposing economic sanctions on their irrational use and implements economic incentives promoting energy efficiency.

Rationing of energy consumption is carried out according to the Law of Ukraine "On energy saving", the Cabinet of Ministers of Ukraine of 15 July 1997 № 786 "On the procedure of setting norms fuel – energy resources in social production" and others.

Theoretical basis and methods of establishing norms unit cost of electricity have been developed in 30 - '40 of last century. One of the first papers in this area have been studies V. I. Weitz, who first established the relationship between power and technological parameters studied form of communication and presented in the energy characteristics of aggregates and industrial – objects as a whole.

Theory and practice of rationing of electricity consumption in industry is got further developed through the works of A. A. Thais and V. I. Hoffmann. The aforementioned scientists examined the processes of power consumption of the determined point of view that was certainly deficiency of the proposed methods, because the process of power consumption has complex dynamic character. These circumstances is forced to begin to consider the power consumption as a random process that required a probabilistic approach to the rationing the unit cost of electricity.

Energy characteristics as multidimensional statistics depends were considered firstly by Avilov-Karnaukhov. He developed the method of rationing the unit cost of electricity based on using of mathematical statistics and probability theory.

In rail transport require such rationing system that would not only take into account energy consumption, but also would have a stimulating character. Such rationing system includes three components. There are calculation of the norms, accounting of actual energy consumption and stimulation. The first component determines the choice of the method by which this rate is calculated.

Depending on the method used can be estimated accuracy of the calculation norms and determine the error, which makes the method. Accounting for the actual power consumption allows determining how to direct energy consumption; useful work is perfect and improves the level of technical equipment.

The main indicator of the quality the entire system of planning and saving energy consumption for rail transport is the norm. This is planned measure energy consumption for transport of the execution units, that is 10^4 tons km. gross.

The system of norms should be periodically reviewed depending on changes in terms of operational work, recent advances scientific - technological progress. Defining standards we should consider that their implementation is financially motivating factor in the struggle for saving energy resources, mobilize internal resources for railway transport.

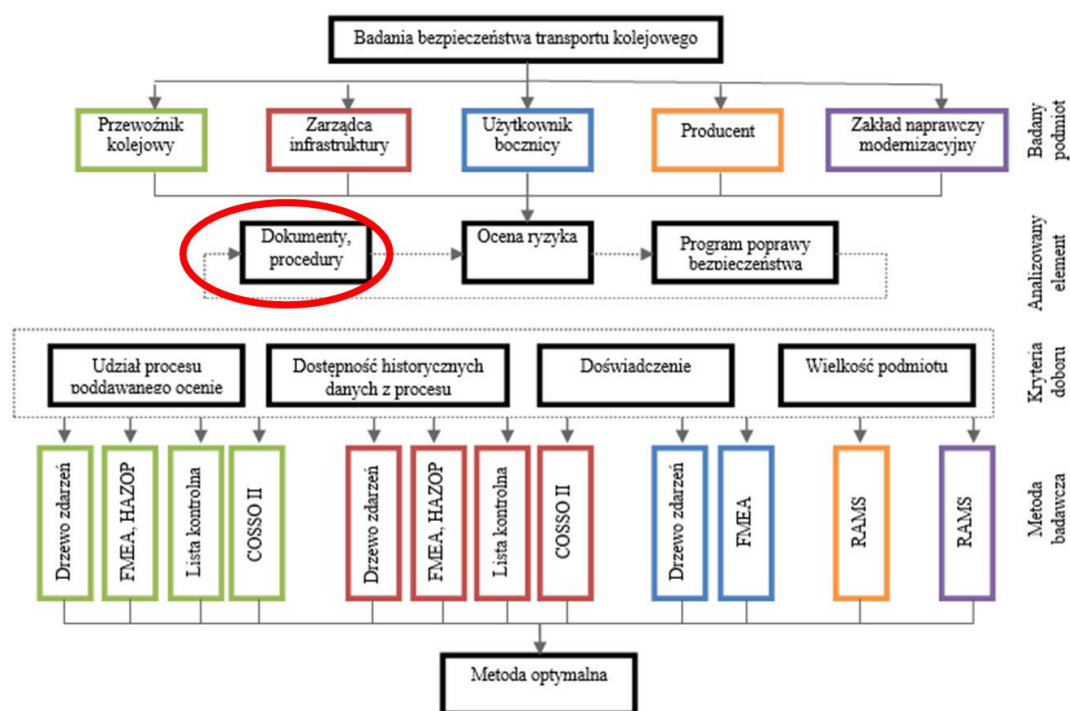
Analysis of depending of power consumption on traction of trains and stationary consumers of the volume of tone-kilometer is showed that the consumption of electricity for traction trains largely depends on tone-kilometer work with a correlation coefficient, which ranges from 0.55 to 0.84 and stationary consumers is not statistically significant.

DOKUMENTACJA SYSTEMÓW SRK A ICH BEZPIECZEŃSTWO

Kycko M.

Instytut Kolejnictwa, Warszawa

Podstawą transportu kolejowego oraz systemów srk jest bezpieczeństwo. Analiza ryzyka stanowi kluczowy element systemu zarządzania bezpieczeństwem w transporcie szynowym. Od zastosowanej metody, dobrych praktyk, rzeczowego i sumiennego podejścia do analizy ryzyka w znacznej mierze zależy skuteczność działań i efektywność środków asygnowanych na rzecz poprawy bezpieczeństwa na kolei. Znaczenie bezpieczeństwa może być analizowane w szerokim zakresie czynników.



Rys. 1. Składniki bezpieczeństwa i metody badań bezpieczeństwa transportu kolejowego

Z rysunku 1 wynika, że istotnym elementem składników bezpieczeństwa jest dokumentacja. W systemach srk bezpieczeństwo jest najważniejszym czynnikiem, który kwalifikuje dany system do dopuszczenia do eksploatacji. W związku z wejściem Polski do struktur unijnych w obszarze bezpieczeństwa obowiązujące stały się normy oznaczone odpowiednio: PN-EN 50126, PN-EN 50128 oraz PN-EN 50129. W normie PN-EN 50126 określono niezawodność, gotowość, dostępność i bezpieczeństwo (RAMS – ang. Reliability, Availability, Maintainability and Safety), jako proces oparty o cykl życia systemu (ang. system life-cycle). W procesie tym zdefiniowano poszczególne etapy systemu i procedury związane z zatwierdzaniem przed przejściem do następnego etapu (specyfikacja wymagań, projekt., implementacja, itp.). Norma PN-EN 50128 określa procedury i wymagania techniczne do projektowania oprogramowania bezpiecznego systemu elektronicznego sterowania i zabezpieczenia na kolei. Należy stwierdzić, że norma ta nie jest w pełni obligatoryjna. Norma PN-EN 50129 definiuje wymagania dotyczące projektowania, testowania, odbioru i zatwierdzania elektronicznych systemów, podsystemów i urządzeń sygnalizacji związanych z bezpieczeństwem w zastosowaniach kolejowych.

Wprowadzanie w transporcie kolejowym elektronicznych systemów w zakresie sterowania ruchem kolejowym wymagało zdefiniowania zasad, które zastąpiłyby lub uzupełniły zasadę fail-safe. W tym właśnie celu zdefiniowano poziomy integralności bezpieczeństwa (Safety Integrity Levels – SIL). Ich stosowanie oznacza, że zasadę fail-safe stosuje się na poziomie funkcji lub

modułów systemu, a na poziomie sprzętowym prowadzi się analizę zabezpieczeń przed uszkodzeniami losowymi i systematycznymi, przy czym występowanie uszkodzeń losowych związane jest z uszkodzeniami pamięci, procesorów itp. a występowanie uszkodzeń systematycznych związane jest z błędami ludzkimi w całym cyklu życia systemu, a więc między innymi w zakresie jego projektowania czy utrzymania.

Ani zasada fail-safe ani wysoki poziom SIL, z reguły SIL4, które są interpretowane jako gwarancja pełnego bezpieczeństwa, nie zapewniają całkowitego wyeliminowania wypadków i wydarzeń w transporcie kolejowym. Według prawa wspólnotowego bezpieczeństwo oznacza brak niedopuszczalnego ryzyka (czyli brak zagrożeń). W celu osiągnięcia bezpieczeństwa, według aktualnie obowiązującego podejścia, zgodnie z prawem wspólnotowym, konieczne jest zarządzanie bezpieczeństwem obejmujące monitorowanie bezpieczeństwa oraz poprzedzające to monitorowanie zarządzania ryzykiem. Zarządzanie ryzykiem to planowe stosowanie polityki, procedur i praktyk zarządczych w zakresie analizy ryzyka, wyceny ryzyka oraz rejestrowania zagrożeń przez zarządców infrastruktury i przewoźników kolejowych. Monitorowanie bezpieczeństwa to planowe stosowanie strategii, priorytetów i planów zarządczych przez tych samych zarządców i przewoźników w celu utrzymania bezpieczeństwa.

Proces projektowania, produkcji, wdrażania i eksploatacji komputerowych systemów srk ze względu na złożoność oraz spełnianie warunków bezpieczeństwa przy zachowaniu warunków integralności struktury sprzętu i oprogramowania SIL 4 wymaga stosowania szczególnych zasad i procedur. W obszarze wiedzy odnoszącej się do tego procesu istnieje szereg różnych standardów wypracowanych przez poszczególne ośrodki, środowiska naukowe i przemysłowe, które tworzą własne standardy i nie spełniają wzajemnych warunków kompatybilności. Niezależnie od indywidualnie wypracowanych metod proces budowy systemu srk może przebiegać metodycznie w oparciu o zalecany schemat zwany cyklem V z uwzględnieniem założeń analizy RAMS.

ЗАСТОСУВАННЯ ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ В СИСТЕМІ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Косарев Є. М., Хань К. О.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Система тягового електропостачання (СТЕ) електрифікованої ділянки залізниці являється сукупністю територіально розосереджених і паралельно працюючих електроенергетичних пунктів – тягових підстанцій, постів секціонування, пунктів паралельного з'єднання та пристроїв контактної мережі і ліній електропередачі між ними, об'єднаних спільною метою та призначених для переробки і передачі електроенергії необхідної якості електрорухомому складу (ЕРС). Пристрої тягового електропостачання не повинні обмежувати максимальні швидкості руху нижче прийнятого експлуатаційними умовами рівня і забезпечувати надійність та безперебійність живлення, стійкість до непередбачуваних впливів і високу енергоефективність. Крім цього, вони повинні бути електромагнітносумісними з навколишнім середовищем на всіх рівнях передачі, перетворення і споживання електричної енергії. Одним з основних показників якості електричної енергії, що передається, є рівень напруги на струмоприймачах електровозів. На даному етапі впровадження швидкісного руху та збільшення вагових норм поїздів СТЕ постійного струму нерідко вносить обмеження за пристроями електропостачання. До числа таких обмежень відносяться зниження напруги на струмоприймачах електровозів нижче допустимого рівня.

Для забезпечення заданого рівня напруги на струмоприймачах ЕРС розробляються технічні заходи з підсилення системи електропостачання. Одним з таких заходів є встановлення на міжпідстанційній зоні керованих пунктів підсилення. Даний пункт представляє

собою джерело живлення, силова частина якого складається з керованого перетворювального агрегату. В залежності від роду струму лінії (лінія змінного струму 10-35 кВ, лінія постійного струму 6-24 кВ), яка живить підсилюючий пункт, перетворювальний агрегат може бути керованим випрямлячем або DC/DC перетворювачем як з ланкою змінного струму, так і без неї.

В якості перетворювального агрегату DC/DC пропонується використання широтно-імпульсного перетворювача (ШІП). ШІП перетворює постійну напругу в імпульсну постійну, середнє значення якої (тобто її постійну складову) можна регулювати. Вихідна напруга цих перетворювачів має форму однополярних або двополярних імпульсів постійного струму. Їх частота обмежується динамічними властивостями вентилів, що використовуються. Потужні ШІП нині найчастіше виконуються на основі біполярних транзисторів з ізольованим затвором (IGBT), які можуть комутувати струми до 1800 А і напруги до 4,5 кВ, а частота перемикачів сягає десятків кілогерц. Крім цього, існують варіанти перетворювачів з використанням резонансних LC-контурів, з керованим обміном енергії реактивних елементів і з дозованою передачею енергії в навантаження. До того ж, застосування схеми реверсивного за струмом ШІП дозволить отримати двоквadrантні зовнішні характеристики. Останнє дає можливість використовувати перетворювач при роботі навантаження в тяговому і рекуперацівному режимах. Однією з найголовніших переваг ШІП є низьке значення питомих масогабаритних показників.

Недоліки використання ШІП у якості перетворювального агрегату підсилюючого пункту, які необхідно додатково досліджувати:

- значні рівні високочастотних електромагнітних перешкод, що генеруються великими швидкостями зміни струмів і напруг вентилів;
- широкополосний спектр перетворених напруг і струмів на виході ШІП.

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ СПЕКТРОВ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА ТЯГОВО-РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОКА ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Костин Н. А.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

В задачах анализа электромагнитной совместимости подсистем электрического транспорта тяговый ток любого типа электроподвижного состава (ЭПС) считается чаще всего стационарным случайным процессом и его спектр $S(\omega)$, в лучшем случае, определяется формулой прямого преобразования Фурье (интегралом Фурье) как спектр всей реализации $I(t)$ длительностью T . По нашему мнению, такой подход является некорректным и даже ошибочным.

Действительно, как известно, режим работы любой единицы ЭПС, содержит фазы нагрузки (тяги), выбега, рекуперации (и «механического» торможения). В результате любая реализация тягово-рекуперацівного (далее, тягового) тока $I(t)$ не является непрерывным процессом, а представляет собой непериодический импульсный случайный процесс (случайную последовательность), в котором формы и длительности «импульсов» тока тяги и выбегов являются случайными величинами. Поэтому применение интеграла Фурье с бесконечными пределами $(-\infty, +\infty)$ для определения спектральной функции $S(\omega)$ по всей реализации $I(t)$ неправомерно.

Изложенное побуждает ввести новое понятие спектра, который определялся бы как спектр только импульса тока. Кроме этого, практика и расчёты показывают, что основные колебания тягового тока происходят при наборе (возрастании) и сбросе (уменьшении, перед выбегом) нагрузки. Это значит, что целесообразно оценивать спектр только части импульса тока, т.е. только его фронта и спада. Поэтому при определении спектральной

функції в інтегралі Фур'є необхідно інтегрувати не в бесконечних переделах, а в некотором конечном интервалі Δt : например, если определяется спектр фрон-та, то такими пределами должны быть t_0 (время начала импульса) и t (текущее время конца фрон-та). Найденный таким образом спектр назовём текущим спектром, точнее, спектральной функцией $S_t(\omega)$, т.к. она зависит от частоты ω и времени t . Расчёты показывают, что «обычный» (по всей реализации $I(t)$) и текущий спектры существенно различны. Например, для тока электровоза ВЛ 8 частоты гармоник текущего спектра на 2 порядка выше, чем в «обычном» спектре. То же самое касается и амплитуд гармоник: они вдвое превышают амплитуды «обычного» спектра.

Кроме понятия текущего введём ещё одно понятие спектра – мгновенный спектр $S_T(\omega)$, определяемый как спектр отрезка импульса длительностью T , который непосредственно предшествует данному моменту времени t . Понятие мгновенного спектра, во-первых, сближает частотную и временную точки зрения описания импульса. Во-вторых, облегчает оценку функции $S_T(\omega)$ для спада импульса. Наконец, мгновенный спектр для мощности, введённый Пейджем, позволяет определять мгновенную мощность.

Так как импульсы тока являются случайными последовательностями, то и спектры, текущий и мгновенный, являются случайными функциями частоты и времени. Кроме этого, необходимо учитывать, что оба типа спектра являются сплошными, а для решения задач электромагнитной совместимости используется дискретный спектр. Это значит, что требуется определять диапазон частот сплошного спектра, в котором сосредоточена преобладающая часть энергии импульса тока. Этот диапазон называют «эффективной шириной спектра» или просто – «шириной спектра» ($\Delta\omega$, Δf). Можно доказать, что произведение наименьшей длительности импульса Δt на наименьшую ширину спектра Δf является величиной постоянной: $\Delta t \cdot \Delta f \leq 0,046$. Это выражение играет роль рабочей формулы нахождения искомой ширины спектра при заданной величине Δt .

Введённые понятия текущего и мгновенных спектров в полной мере применимы при спектральном анализе импульсов переходных величин, исследуемых в аварийных режимах систем.

ВПЛИВ РЕЖИМІВ СИСТЕМИ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕКУПЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПОЇЗДІВ

Кузнецов В. Г., Саблін О. І, Губський П. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Одним з варіантів розв'язання проблеми використання режимів рекуперації в системі тяги постійного струму є передача надлишкової рекуперативної енергії електротранспорту до живлячої енергосистеми. В такому разі у періоди дефіциту тягового навантаження реверсивні тягові підстанції (ТП) постійного струму перемикаються з випрямляючого режиму на інверторний. При цьому забезпечується обмеження напруги в тяговій мережі і на струмоприймачі рекуперативного навантаження в допустимих межах згідно ГОСТ 6962-75 та EN 50163-1996. Однак такий підхід до розв'язання зазначеної проблеми володіє і певними недоліками, а саме:

- ускладнення обладнання ТП;
- короткочасний характер генерованої потужності (особливо на міському електротранспорті і метрополітенах);
- перетік енергії по тяговій мережі при нерівності напруг на шинах суміжних ТП;
- низька якість енергії на виході інверторів;

- погіршення режимів живлення нетягових споживачів;
- підвищення напруги в тяговій мережі.

Для забезпечення якості енергії рекуперації згідно вимог ГОСТ 13109-97 необхідно значне вдосконалення і ускладнення обладнання ТП, що виконує прийом і передачу енергії в первинну енергосистему.

Режим рекуперації в системі електричної тяги супроводжується збільшенням напруги на струмоприймачі рекуперативного поїзда і в тяговій мережі, що особливо проявляється в умовах обмеженого тягового електроспоживання в зоні рекуперації. При наявності інверторів на ТП постійного струму режим напруги в тяговій мережі може бути поліпшено за рахунок передачі енергії гальмування в мережу середньої (високої) напруги за умови, що її прийом узгоджений як в технічному так і комерційному аспектах, таких як:

- максимально допустима короткочасна потужність, що приймається мережею;
- прийнятні гармоніки;
- готовність обленерго до рефінансування.

Проведені експериментальні дослідження на ділянках електричної тяги постійного струму Львівської залізниці з інвертуючими ТП виявили, що значний вплив на можливість перетікання енергії рекуперації з тягової мережі (3,3 кВ) у живлячу мережу (35 кВ) здійснюють режими роботи (завантаження) живлячої мережі в точках приєднання ТП залізниці. В умовах промислового спаду, коли енергосистема країни є недовантаженою, відсутність споживачів в живлячій мережі призводить до граничного підвищення напруги на вводах ТП в режимі рекуперації та припинення передачі енергії з тягової мережі (відключення інверторів ТП). В результаті експериментальних досліджень на ділянках з інверторними ТП зафіксовані відключення рекуперації поїздів за умови максимально-допустимого рівня напруги на їх струмоприймачах.

Також, експериментально встановлено, що при підключенні суміжних ТП з інверторами до ліній різного класу напруги (35, 110, 220 кВ) рекуперація поїзда поблизу однієї ТП не призводить до її переходу в інверторний режим, а передача всієї енергії йде через віддалену ТП (що перейшла в інверторний режим), тобто має місце нерівномірний розподіл завантаження суміжних ТП в режимі рекуперації. Це призводить до збільшення втрат генерованої енергії в тягових мережах.

Підвищення ефективності споживання надлишкової енергії рекуперації системою зовнішнього електропостачання залізниці може бути виконано за рахунок оптимізації режимів роботи інверторів ТП.

МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ

Кузнецов В. Г., Саблин О. И, Губский П. В., Колыхаев Е. Г.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

В задачах оптимизации режимов систем тягового электроснабжения необходим выбор модели электрической системы электротранспорта, которая должна с достаточной точностью отражать энергетические процессы в рассматриваемой системе. Питание электрифицированного транспорта происходит от общей энергосистемы, при этом уровни напряжения на вводах системы тягового электроснабжения (СТЭ) отличаются, от 6-10 кВ для городского транспорта и метрополитена, до 35-220 кВ для железнодорожного. Все процессы в электроэнергетической системе происходят практически одновременно, поэтому анализ и расчеты режимов невозможны без моделирования взаимного влияния режимов систем тягового и внешнего электроснабжения.

Все величины, входящие в математическую модель, условно можно разбить на три группы:

- исходные данные;
- параметры модели;
- искомые величины.

При этом необходимы, в каком либо виде, зависимости между исходными данными и искомыми величинами. Составляющими модели являются схема замещения элементов СТЭ; выражения связывающие параметры режимов тяговых нагрузок и СТЭ; алгоритмы расчета мгновенных схем СТЭ.

Для расчета режимов СТЭ используются детерминированные и случайные графики движения поездов. Для определения пропускной способности применяются детерминированные графики движения. К статистическому моделированию обращаются при проектировании систем тягового электроснабжения и определении потерь электроэнергии в элементах СТЭ.

Следует отметить, что на сегодняшний день существует множество публикаций по данной проблематике. Однако предлагаемые модели применимы преимущественно для классических СТЭ. В условиях быстрого развития высокоэффективных силовых полупроводниковых преобразователей и быстродействующих систем их управления открываются широкие возможности создания альтернативных СТЭ, интегрированных в возобновляемую энергетику, содержащих накопители энергии и регуляторы режимов. Для оптимизации работы таких СТЭ необходимо построение моделей с достаточной степенью точности на несколько иных принципах, учитывающих возможности регулируемости режимов тягового электроснабжения. В ряде работ и публикаций уже были предложены подходы к моделированию неклассических СТЭ, однако не было создано общих принципов построения модели, позволяющих имитировать процессы происходящие в неклассических СТЭ и с достаточной точностью определить перспективность (целесообразность) внедрения данной системы. В первую очередь, необходимо определить отображение элементов (вольтдобавочные преобразователи, накопители, вставки постоянного тока, возобновляемые источники энергии и т.д.) неклассических СТЭ на схемах замещения, определение их параметров и регулирующих свойств для моделирования процессов. Нельзя оставить без внимания, электромагнитное влияние отдельных элементов на релейную защиту, устройства СЦБ и систему внешнего электроснабжения. Создание общей модели позволит учитывать и прогнозировать множество влияющих факторов и сделать определенный скачок в развитии и усовершенствовании систем тягового электроснабжения.

В данном докладе проанализирована текущее состояние и проблематика комплексного моделирования систем тягового электроснабжения с неклассической архитектурой.

МЕТОД ВЕКТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЯГОВИХ РОЗРАХУНКІВ ДЛЯ ДВОХ ПОКАЗНИКІВ

Лагута В. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Одним з радикальних способів, що забезпечує стійкість на ринку надання транспортних послуг є економія енергоресурсів. Проблемі економії енергоресурсів приділяється постійна і пильна увага у всіх галузях промисловості і не тільки на транспорті.

Метою роботи була розробка чисельного методу векторної оптимізації тягових розрахунків для двох показників (*енергія, час*) з використанням обчислювальної техніки.

Одним з способів що дозволяє раціонально зіставити витрати енергії та часу є створення компромісно-оптимальних режимів тяги поїздів відносно показників споживання

енергії та часу доставки вантажу. Вартісні показники ефективності руху поїздів вимагають нових підходів до розробки методів оптимального розрахунку режимних карт. Для аналізу доцільності переходу на режими руху, оптимальні за вартістю електроенергії, виконано дослідження компромісно-оптимальних рішень, ефективних для вектора показників: витрати електроенергії, витрати часу.

Компромісно-оптимальні режими представляють набір умовно-оптимальних режимів руху (або ж дільничних швидкостей), які застосовуються залежно від заданої переваги характеристик векторної цільової функції.

За основу взято задачу, яка змістовно відома як задача оптимальних тягових розрахунків. Величини $f(s)$, $t(s)$ – показники, що відображають перевізний процес і являють собою витрати енергоресурсів (електроенергія, паливо) і часу на доставку вантажу відповідно, s – координата колії. Поїзд розглядається як тверде тіло з розподіленою масою. Рівняння руху потягу враховуються як в Правилах тягових розрахунків.

Задача про оптимальний рух поїзда з мінімальними витратами енергоресурсів є канонічною задачею про розподіл ресурсу. Для її рішення використовується схема методу динамічного програмування.

Метод динамічного програмування модифіковано для дискретної моделі задачі векторної оптимізації

$$\min \left\{ \begin{array}{l} F = \sum_{i=1}^j f_i(v_i) \\ T = \sum_{i=1}^j t_i(v_i) \end{array} \right\}, \quad j = 1, \dots, N,$$

N – кількість елементарних ділянок $\{[s_{j-1}, s_j]\}$, $j = 1, \dots, N$ ділянки колії $0 \leq s \leq l$, s – координата колії. У точках розбиття s_j швидкість $v = v(s_j)$ може приймати кінцеву множину значень V_j , $j = 1, \dots, N$, $V_j = \{v_i(s_j)\}$, $i = 1 \dots m_j$, m_j – кількість елементів у множині V_j . Величина m_j визначається обмеженнями на швидкість руху в точці s_j та у спосіб дискретизації $v(s_j)$. Сукупність паретовських точок для кожної стадії методу позначимо через S_j . Множина S_j містить всю необхідну інформацію про функції в мінімальному обсязі. Множини S_j , $j = 1, \dots, N$, перераховуються по кроках і складаються з пар (енергія, час) = (F, T) .

В алгоритмі використано таку властивість рішення: перспективні пари (F, T) утворюють множину Парето, а всі інші можна видалити. У реальній реалізації алгоритму попередньо виділяються для кожного значення індексу $j = 1, \dots, N$ паретовські точки множини $\{f_j(v_j), t_j(v_j), v_j \in V_j\}$ і використовуються в розрахунках тільки вони.

На кожній стадії прийняття рішень точки траєкторії (відповідна швидкість) відбирають оптимальними за Парето, в результаті отримуються оптимальні за Парето траєкторії руху. У найбільш сприятливому випадку серед множини паретовських пар можна вибрати найбільш підходящі до умов графіку руху за витратами часу та енергоресурсів.

Для створення компромісно-оптимальних режимів тяги поїздів відносно показників споживання енергії та часу доставки вантажу модифіковано метод динамічного програмування пошуку траєкторій на сукупності паретовських точок множини пар $(F, T) = (\text{енергія}, \text{час})$. Траєкторія надається як сукупність швидкостей що відповідають кожній

елементарній ділянці руху. На множині рішень по Парето вибирається одне найбільш підходяще по компромісу щодо організації перевізного процесу для даної ділянки.

СОКРАЩЕНИЕ ВАРИАНТОВ ВЫБОРА ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ВЕКТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТЯГОВЫХ РАСЧЕТОВ

Лагута В. В.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

При использовании векторной оптимизации в тяговых расчетах получают несколько альтернативных режимов (траекторий) движения. В процессе формирования вариантов траекторий используются условия возможности и допустимости альтернатив, которые определяются конкретными ограничениями. Стоит задача о выборе (принятии решения) одной траектории движения или уменьшения построенного множества траекторий. В данном случае принятие решения о выборе предпочтительных траекторий – это выбор альтернативных элементов исходного множества траекторий, которые одновременно удовлетворяли бы нескольким показателям характеризующих некоторые качества траекторий движения.

В тяговых расчетах распространение получила модель поезда, которая с точки зрения регулирования представляет собой апериодическое звено. Важной величиной данного объекта является отклонение скорости движения от равновесной. Поезд способен самопроизвольно приходить к новому установившемуся состоянию (равновесной скорости) при ступенчатом изменении равнодействующей касательной силы тяги.

Пусть уже построено множество альтернативных вариантов траекторий движения поезда, полученных в процессе векторной оптимизации тяговых расчетов. Требуется выделить из него некоторое подмножество траекторий, а в благоприятных случаях один вариант (что желаемо), удовлетворяющих установленным показателям качества.

Принятие решения о выделении требуемых вариантов предлагается производить на основе представления об устойчивости движения поезда и принципа оптимальности Парето для двух введенных показателей качества траектории: количество участков движения поезда с постоянной скоростью и длина наибольшего такого участка. Другими словами, каждой траектории ставится в соответствие пара (n_k, l_k) , $k = \overline{1, N}$, где N – количество траекторий в исходном множестве; n_k – количество участков с постоянной скоростью движения поезда; l_k – максимальная длина участка с постоянной скоростью движения; k – индекс траектории.

После того как построено множество $\Omega = \{(n_k, l_k)\}_{k=\overline{1, N}}$ выбор предпочтительных траекторий осуществляется из паретовского подмножества P множества Ω , $(P \subseteq \Omega)$, исходя из критериев показателей качества: «количество участков с постоянной скоростью движения» должно быть минимальным, а «длина участка с постоянной скоростью движения» должна быть как можно большей, т.е. частичный порядок для пар множества P вводится следующим образом

$$(x, y) \prec (z, v) \Leftrightarrow x < z, y > v: (x, y) \in P, (z, v) \in P.$$

Совокупность точек множества P , выбранных в соответствии с указанным частичным порядком из множества Ω , составят искомое подмножество альтернатив, которое и образует предпочтительные варианты для принятия конечного решения.

Предлагаемый алгоритм выбора альтернатив применим в том случае, когда имеется три и более траектории движения поезда.

КОМП'ЮТЕРНЕ ТА ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОДНОФАЗНОГО РЕЗОНАНСНОГО НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА З ФАЗОВИМ СПОСОБОМ КЕРУВАННЯ

Лобко А. В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Активне впровадження відновлюваної енергетики в усі галузі господарювання має також хороший потенціал для широкого поширення на залізничному транспорті. Брак енергоресурсів підштовхнув світову наукову спільноту не тільки до пошуку нових джерел енергії, але й до оптимізації її використання. Розвиток сучасних інформаційних технологій дозволяє пришвидшити цей процес. Проте відновлювані джерела енергії мають свої особливості, що не дозволяє їх швидко інтегрувати в існуючі енергосистеми. Без спеціальної силової перетворювальної техніки вони не можуть бути приєднані до існуючих електромереж.

Поява нових потужних напівпровідникових приладів відкрила нові можливості в силовій електроніці. Це разом з новими досягненнями в інформаційних технологіях сприяло появі нових систем інтелектуальних мереж, які називають Smart Grid. Вони дозволяють не тільки більш ефективно розподіляти електроенергію між споживачами, але ще й підключати до мережі генератори відновлюваної електроенергії. Впродовж останніх років ці системи мали активний розвиток, наприклад система FREEDM, та досягли значних успіхів, про те є й досі деякі питання, які потребують глибокого вивчення. Серед таких є проблеми енергоефективності перетворювачів, що забезпечують роботу системи, їх надійності та вартості. В цих системах зазначені проблеми вирішуються шляхом мінімізації масогабаритних показників за рахунок підвищення частоти перемикання перетворювачів. Це дозволяє знизити їх вартість, проте залишається відкритим питання поліпшення енергетичних показників. З енергетичної точки зору представляється ефективним використання перетворювачів з м'якою комутацією шляхом використання резонансного фільтра на стороні змінного струму, що дозволить знизити комутаційні втрати і поліпшити використання напівпровідникових ключів. Тому було запропоновано фазовий спосіб керування оборотними резонансними перетворювачами з м'якою комутацією на основній частоті, який заснований на симетричному розлаштуванні резонансу з введенням регульованого фазового зсуву між напругами на вході силового напівпровідникового комутатора і мережі живлення змінного струму.

За допомогою створеної методики визначення основних параметрів були отримані необхідні дані для виконання комп'ютерного моделювання основних режимів роботи та проведено дослідження однофазних, трифазних шестипульсних та трифазних дванадцятипульсних схем напівпровідникових резонансних перетворювачів з фазовим способом керування. Моделювання показало, що можна отримати використовуючи ці схеми к.к.д. 98.95 %, 99.55 %, 99.45 % відповідно, а THD струму мережі 8.92 %, 2.27 %, 0.62 % відповідно для зазначених схем.

Також була розроблена і створена фізична модель однофазного резонансного перетворювача та його система керування з фазовим способом. За побудованим алгоритмом роботи написана програма для мікропроцесора мікропроцесорної системи керування. Комп'ютерне та фізичне моделювання підтвердило адекватність запропонованих аналітичних виразів для визначення основних параметрів однофазного резонансного перетворювача з фазовим способом керування, що дає підстави рекомендувати їх при розрахунку потужних перетворювачів. Підтверджено, що фазовий спосіб керування однофазним резонансним перетворювачем дозволяє підтримувати незмінною напругу на навантаженні при коливанні напруги в мережі в діапазоні $\pm 15\%$ та опору навантаження в діапазоні $\pm 10\%$, проте при відхиленні напруги в мережі м'яка комутація втрачається.

ПРИСКОРЕННЯ ПОШУКУ ВІДМОВ В ПОСТОВИХ ПРИСТРОЯХ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ

Маловічко В. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

На даний час на залізницях України, затримки в русі потягів, пов'язані з відмовою пристроїв автоматики привертають до себе все більшу увагу. На станціях, основним засобом регулювання руху є система електричної централізації (ЕЦ). Відмова одного або декількох елементів ЕЦ викликає значне відхилення від графіку руху потягів і значні затримки в поїздній та маневровій роботі на самій станції.

По статистичних даних, більшість відмов ЕЦ доводиться на колійні пристрої (рейкові кола, стрілочні переводи, сигнали і т.д.). Кількість відмов постових пристроїв електричної централізації значно нижча. Але пошук відмов на посту електричної централізації процес більш складний ніж пошук несправностей в колійних пристроях і потребує більш глибоких знань роботи системи від обслуговуючого персоналу. Крім цього, обслуговуючий персонал може знаходитись за межами поста електричної централізації і час усунення відмови збільшується за рахунок інтервалу часу, необхідного для прибуття на пост кваліфікованого спеціаліста, який зможе знайти місце пошкодження.

На залізницях України найбільш поширенішою для великих станцій є система блочної маршрутної релейної централізації (БМРЦ). Система БМРЦ має низку недоліків, такі як застаріла елементна база, велике споживання енергії, великі габарити постових пристроїв і т.д. Також більшість постів електричної централізації експлуатуються вже досить тривалий час (30 років і більше) що збільшує кількість відмов постових пристроїв системи за рахунок фізичного старіння. У найближчий час масової заміни систем на більш сучасну елементну базу не планується в зв'язку з складною економічною ситуацією на залізниці, тому для більш ефективного їх використання та скорочення часу на пошук несправностей актуально використовувати додаткові системи контролю.

Автором пропонується створити систему контролю стану постової апаратури в системі БМРЦ для прискорення пошуку відмови шляхом локалізації місця пошкодження. Система БМРЦ у своєму складі має 4 кола між блочних з'єднань набірної, та 8 кіл виконавчої груп. Кожне з них будується згідно колійного розвитку станції та таблиці маршрутів. Підсистема контролю дозволить звузити коло пошуку несправностей, за рахунок перевірки правильності спрацювання кожного з кіл міжблочних з'єднань по розробленому алгоритму. При виявленні, в якому колі не відбулося замикання, далі перевіряється які контакти реле в колі на цей час повинні бути замкнені та розімкнені і чи так це насправді. В системах електричної централізації не блочного типу, для визначення стану реле пропонується системою контролювати замикання та розмикання вільних контактних груп відповідних реле та їх повторювачів. Однак при створенні такої системи контролю для системи БМРЦ виникає значна проблема: в системі значна частина реле знаходяться в закритих блоках та контролювати їх безпосередньо неможливо. Єдиною можливістю зчитування інформації є під'єднання до штепсельних розеток монтажу. Таким чином, безпосередньо контролювати стан реле проблематично і пропонується автором застосовувати особливий алгоритм перевірки з використанням нечітких множин які дозволяють формально визначити нечіткі та багатозначні явища. Така система визначає в якій групі пристроїв виникає відмова і дозволяє її локалізувати. Заміну апаратури яка відмовила в цьому випадку може виконати будь який працівник дистанції сигналізації та зв'язку який знаходиться на посту в даний час і таким чином значно скоротиться час існування відмови. Якщо обслуговуючий персонал на посту відсутній, то час існування відмови також скорочується, так як при прибутті електромеханіка, система вказує вже визначене місце пошкодження.

АВТОМАТИЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ В СИСТЕМАХ АВТОБЛОКУВАННЯ З ТОНАЛЬНИМИ РЕЙКОВИМИ КОЛАМИ

Маловічко Н. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

При обладнанні перегонів системою автоблокування з тональними рейковими колами з централізованим розміщенням апаратури (АБТЦ), яка є найбільш сучасною для залізниць України на даний час, зв'язок між апаратурою рейкових кіл, яка знаходиться на станції та рейковою лінією на перегоні виконаний також по кабельних лініях. В зв'язку з тим, що кабельні лінії в основному експлуатуються досить довгий час, і для їх заміни потрібні значні вливання капіталу, виникає все більше відмов пов'язаних з виходом з ладу кабелів.

Для системи АБТЦ вихід з ладу кабельної лінії означає часткову або повну відмову системи автоматики на перегоні, і відповідно значні затримки у русі потягів. Процес пошуку місця відмови складає основну проблему при відновленні працездатності кабельної мережі. При чому відмови кабелю можуть бути як поступовими так і раптовими, виникнення яких спрогнозувати неможливо. Для пошуку несправностей в кабельних мережах на залізничному транспорті в Україні широко використовуються рефлектометри Р5-10, але ці пристрої часто не задовольняють сучасним вимогам по роздільній здатності, точності вимірювань, мають відносно велику вагу (10 кг), малий час роботи від акумуляторів, у них відсутня пам'ять для зберігання рефлектограм і зв'язок з комп'ютером для автоматизації зберігання даних. В деяких дистанціях сигналізації та зв'язку для пошуку місця пошкодження кабельної лінії користуються новими цифровими рефлектометрами типу «РЕЙС-305», «РЕЙС-205», «ИСКРА-3» і подібні їм по функціям. Ці пристрої для пошуку місця пошкодження використовують методи імпульсної рефлектометрії, методи коливального розряду, та імпульсно-дугові методи. Використання таких приладів дозволяє з високою точністю виявляти місце пошкодження кабелю, при виникненні усіх основних типів відмов кабельних ліній з досить низькою інструментальною похибкою (близько 0,2 %) та зберігати в комп'ютері результати вимірювань. Але і при використанні сучасних цифрових пристроїв необхідно затрачувати час обслуговуючого персоналу на те щоб дістатися до пошкодженої лінії та підключити до неї рефлектометр і відповідно час пошуку несправності все рівно залишається досить значним.

Автором пропонується використання на станції системи автоматизованого контролю та діагностування, яка буде постійно з заданою періодичністю перевіряти стан кожного з кабелів котрі підключені до апаратури тональних рейкових кіл, що дозволить значно зменшити час пошуку місця відмови в кабельній мережі. Конструктивно така система може складатися з мультиплексорів, через які відбувається з'єднання діагностичного комплексу з кабельною мережею, пристроїв узгодження та захисту, рефлектометра та контролера який керує порядком перевірки кабелів та передає отримані данні на автоматизоване робоче місце електромеханіка, або змінному інженеру дистанції сигналізації та зв'язку. Використання такої системи дозволить перевіряти стан кабелів без відключення їх від навантаження і не витратити час обслуговуючого персоналу на підключення вимірювальних пристроїв до кабельної лінії. Крім цього при використанні автоматизованого комплексу зникає необхідність в періодичній перевірці стану кабелів по графіку технологічного процесу, так як система буде виконувати такі вимірювання в автоматичному режимі. Також значно спрощується пошук «мерехтливих» відмов, за рахунок періодичних вимірів, збільшується завадостійкість вимірювання за рахунок цифрової фільтрації, з'являється можливість прогнозувати розвиток відмов за даними періодичних вимірювань.

ОБ'ЄДНАННЯ СИСТЕМ НАПІВАВТОМАТИЧНОГО БЛОКУВАННЯ ТА СИСТЕМ КОНТРОЛЮ НАГРІВУ БУКСОВОГО ВУЗЛА

Маловічко Н. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Надійна робота ходових частин вагонів є важливою умовою забезпечення безпеки руху поїздів. Актуальність даної проблеми підвищується в умовах подовження тягових плечей і гарантійних ділянок безупинного прямування вантажних вагонів без технічного обслуговування на проміжних пунктах технічного обслуговування (ПТО) вантажних вагонів. Проблема посилюється також об'єктивною необхідністю скорочення чисельності працівників вагонного господарства, зайнятих оглядом поїздів на постах безпеки і технічним обслуговуванням вагонів на ПТО. У цих умовах велике значення надається комплексному використанню засобів технічної діагностики для контролю стану відповідальних вузлів рухомого складу на шляху прямування. При вирішенні цього завдання особливе місце відводиться застосуванню автоматизованих систем виявлення перегрітих букс в поїздах.

На даний час на мережі доріг широко використовуються пристрої та системи, засновані на вимірюванні параметрів інфрачервоного випромінювання буксових вузлів типу ПОНАБ-3, ДИСК-Б, КТСМ-01 і АСДК-Б.

Ефективність застосування зазначених систем контролю багато в чому залежить від раціонального розміщення технічних засобів безпеки на гарантійних дільницях. Багаторічний досвід експлуатації технічних засобів контролю показує, що найкращі результати при виявленні перегрітих букс досягаються при централізації контролю в межах гарантійної дільниці або відділення дороги, коли інформація при нагріванні букс з лінійних пунктів контролю надходить на центральний пост, де аналізується по всім інформативним ознакам і приймається рішення про ступінь аварійності букс з урахуванням темпу їх нагрівання при прямуванні поїзда по ділянці. Рахунок колісних пар, та ввімкнення апаратури при слідуванні потягу через дільницю контролю в даних системах виконується за допомогою точкових колійних датчиків.

В цей же час, точкові датчики використовуються в різних системах для контролю вільності перегону і автоматичного контролю прибуття поїзда на станцію у повному складі. Перегони з напівавтоматичним блокуванням найбільш ефективно переобладнати на системи контролю вільності перегону методом рахування осей рухомого складу. Структурно така система складається з двох комплектів колійних датчиків на кожну колію перегону, які встановлюються на виході однієї станції, та на вході іншої. Якщо кількість обрахованих осей на обох комплектах датчиків співпадає, то ділянка залізниці між станціями вважається вільною. При цьому зв'язок між апаратурою обох станцій виконується по окремому каналу.

Для більш ефективної роботи пропонується розробити систему, в якій об'єднуються функції систем контролю вільності перегону та контролю нагріву буксового вузла. При цьому точкові датчики контролю перегону використовуються для запуску апаратури вимірювання нагріву букс. В системі задається така послідовність спрацювання: якщо рухомий склад зайшов на дільницю, яка обладнана напівавтоматичною системою на точкових датчиках, то при спрацюванні комплекту датчиків включається і пристрій контролю нагріву букс. За допомогою такого прив'язування датчиків система дозволяє не використовувати окремі датчики, для визначення моменту прослідування потягу по ділянці контролю перегріву букс. Крім цього таке поєднання систем дозволяє користуватись однією лінією зв'язку між станціями, для передачі як інформації про кількість осей рухомого складу, які зафіксовані колійними датчиками, так і для інформації від датчиків нагріву букс. В

зв'язку з значною ціною прокладки кабельних ліній вздовж перегону, таким чином виконується економія матеріалів і ресурсів, а дана розробка є економічно обґрунтованою та актуальною.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ КОЛІС ВАГОНІВ НА БАЗІ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ

Маловічко Н. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

З підвищенням швидкості руху поїздів зростають вимоги до якості колії та рухомого складу. У ході експлуатації вагонів та рухомого складу погіршуються геометрія колеса, якість його матеріалу і стан поверхні катання, зростає напруга матеріалу, знижуються плавність ходу і рівень безпеки руху. Разом з тим економічна ситуація на залізниці не дозволяє збільшувати витрати на технічне обслуговування рухомого складу. Проблема посилюється також об'єктивною необхідністю скорочення чисельності працівників вагонного господарства, зайнятих оглядом поїздів на постах безпеки і технічним обслуговуванням вагонів на ПТО. На даний час зношування колеса встановлюється вручну під час простою рухомого складу працівниками вагонного господарства. Автоматизація збору інформації одночасно про температуру буксових вузлів та різні дефекти елементів колісної пари є важливою задачею при побудові систем залізничної автоматики.

На даний час на мережі доріг широко використовуються пристрої та системи типу ПОНАБ-3, ДИСК-Б, КТСМ-02 і АСДК-Б. На залізниці Німеччини для обстеження колеса з метою виявлення дефектів використовується система ARGUS. Системи контролю стану буксового вузла такі як КТСМ та АСДК розроблялись з можливістю контролювати не тільки температуру буксового вузла (Б), а і виявлення загальмованих коліс (Т), дефектів коліс (К) та деталей які волочаться (В). Але ці підсистеми за рахунок своєї високої вартості та недостатньої інформативності не знайшли розповсюдження на залізницях України. На даний час використовуються в основному тільки підсистеми контролю букс (Б) та іноді з доповненням системою контролю загальмованих коліс (БТ).

Для більш ефективної роботи існуючих систем пропонується провести модернізацію при якій об'єднуються функції систем контролю нагріву буксового вузла та контролю геометрії колеса та стану поверхні катання. При цьому на перегоні встановлюються додаткові датчики контролю. Для контролю нагріву буксового вузла використовують системи, засновані на вимірюванні параметрів інфрачервоного випромінювання буксових вузлів. Для контролю стану колісної пари запропоновано використати ультразвукові датчики, принцип роботи яких полягає у посиленні ультразвукових імпульсів на колісну пару та дослідженні відбитого сигналу, на основі якого визначається стан колеса. Для контролю зносу колеса запропоновано використати метод обміру профілю колеса. Принцип роботи полягає у визначенні основних параметрів гребню колеса за допомогою лазера та цифрової фотокамери, які в свою чергу порівнюються з еталонними. Використання такої підсистеми дозволить з центрального поста контролювати стан коліс та буксових вузлів за допомогою інформації, яка надходить з датчиків, та завчасно попереджати аварійні ситуації, до яких можуть призвести вищеназвані дефекти. Стан поверхні катання запропоновано перевіряти за допомогою акустичних датчиків, які по специфічному звуку під час руху колісної пари дозволяють виявляти наявність повзунів. Поеднання систем дозволяє користуватись однією лінією зв'язку між станціями, для передачі як інформації про стан колеса, який зафіксований ультразвуковими та оптичними та акустичними датчиками, так і для інформації від датчиків контролю нагріву букс та шийки колеса.

Експлуатаційні витрати на модернізацію існуючих систем незначні, а регулярний автоматичний контроль міг би значно знизити витрати на проведення профілактичних робіт

з технічного обслуговування без шкоди для безпеки руху. В зв'язку з значною ціною прокладки кабельних ліній вздовж перегону, таким чином виконується економія матеріалів і ресурсів, а дана розробка є економічно обґрунтованою та актуальною.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ РЕСУРСУ ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ

Міронов Д. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

В умовах розвитку ринкових відносин у галузі енергоремонту система ППР у багатьох випадках не забезпечує прийняття оптимальних рішень. Це пов'язано з тим, що призначення профілактичних робіт не залежить від технічного стану конкретної одиниці електрообладнання, а це призводить до появи додаткових матеріальних і трудових витрат. Накопичений досвід оцінки стану елементів електрообладнання і порядок продовження їх ресурсу після тривалої експлуатації показує, що при напрацюванні, що перевищує проектне більш ніж в 2 рази, повинні бути виконані спеціальні ресурсні дослідження, вимірювання і розрахунки. За результатами цих досліджень встановлюється індивідуальний ресурс елемента електрообладнання, тобто максимальне наближення до граничного стану устаткування при зберіганні вимог до його безвідмовної роботи.

У процесі експлуатації електрообладнання піддається впливу різних експлуатаційних факторів, кожен з яких певною мірою впливає на зміну його технічного стану. Фактором може бути як деякий одиничний вимірюваний параметр, так і комплекс величин, що характеризують природу досліджуваного експлуатаційного фактору. Припустимо, що на конкретне електрообладнання діє деякий фактор y_i . При збільшенні інтенсивності впливу фактору y_i на величину Δy_i фактичний залишковий ресурс електрообладнання зменшується в r_i разів, а при зменшенні – збільшується в r_i разів. Тому можна записати наступний вираз для обчислення фактичного залишкового ресурсу електрообладнання залежно від зміни величини y_i .

$$R_{\text{зал}}(t) = R_0 \cdot r_i(t),$$

де $R_{\text{зал}}(t)$ – фактичний залишковий ресурс електроустаткування; R_0 – нормативний ресурс електрообладнання при $y_i = y_{\text{ном}}$; $r_i(t)$ – параметричний показник зміни діагностичного параметру y_i . Параметричний показник $r_i(t)$ обчислюється за наступним виразом:

$$r_i(t) = \frac{y_{\text{доп}}^{\text{ав}} - y_i(t)}{y_{\text{доп}}^{\text{ав}} - y_{\text{ном}}},$$

де $y_i(t)$ – поточне значення діагностичного параметру; $y_{\text{доп}}^{\text{ав}}$ – граничне (аварійне) значення $y_i(t)$; $y_{\text{ном}}$ – номінальне (робоче) значення $y_i(t)$.

В реальних умовах експлуатації на зміну технічного стану електрообладнання впливає безліч факторів. Для уніфікації результатів діагностичних вимірювань пропонується використання узагальненого діагностичного показника D . З врахуванням цього вираз для визначення фактичного залишкового ресурсу електрообладнання можна представити у наступному вигляді:

$$R_{\text{зал}}^i(t) = R_0 \cdot \frac{D_{\text{доп}}^{\text{ав}} - D_i(t)}{D_{\text{доп}}^{\text{ав}} - D_{\text{ном}}}$$

де $D_i(t)$ – поточне значення узагальненого діагностичного показника; $D_{\text{доп}}^{\text{ав}}$ – граничне (аварійне) значення $D_i(t)$ ($D_{\text{доп}}^{\text{ав}} = 0,37$); $D_{\text{ном}}$ – номінальне (робоче) значення $D_i(t)$ ($D_{\text{ном}} = 0,8$).

Запропонована методика оцінки фактичного залишкового ресурсу електрообладнання з використанням узагальнених діагностичних показників дає змогу об'єднати різнобічну діагностичну інформацію і на цій базі розрахувати інтегральну кількісну характеристику рівня технічного стану. В той же час використання даної методики підвищує швидкість процесу визначення ресурсу електрообладнання та оцінки його технічного стану.

ВИПАДКОВИЙ ХАРАКТЕР ДИСКРЕТНОГО СПЕКТРУ ТЯГОВИХ НАПРУГИ І СТРУМУ СИСТЕМ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Міщенко Т. М.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

В існуючих наукових публікаціях з аналізу спектрального складу випрямлених фідерних напруг і струмів, за нашою думкою, є певне недопрацювання, що обумовлене не врахуванням випадкового характеру зміни цих величин. Дійсно, за будь-якої (6-ти чи 12-ти-пульсної) схеми випрямлення, що існує на тягових підстанціях (ТП), миттєві величини випрямленої напруги $u(t)$ і струму $i(t)$ є періодично пульсуючими з амплітудами U_m і I_m . Ці пульсації можна назвати (відносно) високочастотними. Вони мають електромагнітне походження, оскільки обумовлені формою вхідних (до ТП) напруги $u(t)$ і струму $i(t)$, пульсністю випрямної установки ТП, а також роботою пасивного фільтру ТП. При гармонійному Фур'є-аналізу цих несинусоїдних коливань в сучасних роботах, по-перше, розглядаються пульсації за певний конкретний період. По-друге, приймається, що в усіх U_m і I_m амплітуди (6-ти чи 12-ти) пульсацій однакові. В результаті отримується, що основний внесок в формування випрямлених напруг і струмів вносять гармоніки з детермінованими частотами: 100; 150; 200; 250; 300; 350; 550; 600; 650; 900; 1200; 1500; 1800 Гц.

Однак, як відомо із багатьох публікацій, миттєві величини випрямленої напруги $U_d(t)$ чи $I_d(t)$ є випадковими процесами, які можна кваліфікувати як модульовані процеси з несучою частотою $\omega = 2\pi/T$ і випадковою амплітудою (U_m і I_m). При незмінності ω всю інформацію про випадкові зміни $u(t)$ і $i(t)$ несуть криві-обвідні амплітуд чи $I_d(t)$ і $U_d(t)$. Тобто, оскільки $U_d(t)$ і $I_d(t)$, згідно експериментально отриманих реєстрограм, є випадковими, то U_m і I_m теж є випадковими. Отже, U_m і I_m окремих імпульсів як за термін певного періоду, так і в інших періодах можуть бути різними, випадковими. Відповідно і гармонічний склад буде інший. Отже, дискретний спектр випрямлених величин являється випадковою величиною, що треба враховувати при оцінці електромагнітної сумісності підсистем електричного транспорту постійного струму.

Окрім зазначених високочастотних, в випрямлених напругах і струмах існують і низькочастотні коливання, які обумовлені зміною технологічного навантаження, масою і швидкістю ведення поїзда, профілем колії, режимом роботи енергосистеми тощо. Особливістю цих коливань є те, що вони містять субгармоніки, які являються причиною додаткових втрат електроенергії, викликають додатковий нагрів електрообладнання і, як наслідок, скорочення терміну його служби. Нерідко субгармоніки є також причиною помилкового спрацювання пристроїв зв'язку, вимірювання, регулювання та керування. В електричних мережах низькочастотні гармоніки викликають коливання і спотворення форми живлячої напруги, а також можуть бути причиною перенавантажень фідерів вищих гармонік. Ці ко-

ливання являються обвідною амплітуд U_m та I_m або середніх значень випрямлених величин і представляють собою випадкові процеси, до спектрального аналізу яких класичний Фур'є-аналіз не застосовний, тому необхідна розробка нових методів. В деяких наукових публікаціях запропоновано, так званий, метод «дискретної електротехніки» і спектрально-кореляційний метод. Однак обидва способи складні при їх практичному застосуванні і їх адекватність ще не доведена. Це зобов'язує продовжувати наукові пошуки по даній проблемі.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

Мямлін С. В., Матусевич О. О.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Забезпечення безпеки руху електрорухомого складу (ЕРС) є комплексною науково-прикладною проблемою, що вимагає специфічних підходів для її вирішення. Наразі в цій проблемі позначився ряд особливостей, які вимагають кардинальних рішень як в технічному, так і інформаційному забезпеченні. Найбільш актуальні з них це реформування залізничного транспорту і необхідність забезпечення нормативних значень показників безпеки перевезень при мінімальному обсязі витрат.

Тому система управління безпекою має забезпечувати ряд нових функцій, а саме:

- нормування показників безпеки перевезень в цілому, руху ЕРС та окремих технологічних процесів, що впливають на безпеку перевезень, а також показників безпеки функціонування технічних засобів і персоналу;
- оцінка фактичних значень показників безпеки;
- прогнозування змін показників безпеки функціонування технічних засобів.

Зміна функціональної структури системи управління безпекою повинна обумовлювати необхідність розширення функцій структурних складових діючої системи управління. У зв'язку з цим важливішою є проблема нормування показників безпеки перевезень і гармонізованих з ними показників безпеки функціонування технічних засобів, тому що без нормативних значень показників безпеки і показників ризиків принципово неможливе управління безпекою перевезень за нових умов.

Також, ефективне управління безпекою не може здійснюватися без автоматизації виконання ряду важливих функцій. АСУ повинні автоматизувати розрахунок показників безпеки руху ЕРС і функціонування технічних засобів, а також післяопераційний контроль поточного змісту руху.

На сьогодні склалося декілька основних напрямів автоматизації безпеки руху ЕРС, це:

- використання діагностичних комплексів для моніторингу технічного стану рухомого складу, обліку і аналізу його збоїв і відмов;
- аналіз статистики і умов виникнення випадків браку;
- автоматизація маневрової і поїзної роботи з метою запобігання виникненню випадків браку.

Враховуючи важливість проблеми, істотним резервом підвищення безпеки на залізничному транспорті є об'єднання окремих автоматизованих підсистем безпеки в єдину багаторівневу систему. Об'єднання повинне відбуватися навколо ключового елементу системи безпеки-самого поїзду. Тому безпека перевезень повинна розглядатися, передусім, як безпека внутрішнього управління тяговим ЕРС, веденням поїзду в цілому і управлінням рухом ЕРС на магістральних залізницях.

ВПЛИВ СТРУКТУРИ ВХІДНОГО ТА ВИХІДНОГО ВАГОНОПОТОКІВ НА ОБІГ ВАНТАЖНОГО ВАГОНУ

Нестеренко Г. І., Музикін М. І., Музикіна С. І.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Сортувальна станція – складний комплекс технологічно взаємозв'язаних елементів, призначених для переробки вагонопотоку. Ці станції завжди були найбільш завантаженими і саме від них залежала пропускна спроможність всієї лінії, оскільки 70 % всіх вагонопотоків переробляються у вузлах. Через це питання про удосконалення роботи сортувальних станцій у вузлах має дуже важливе значення. Поводження вхідного і вихідного потоків є одна з найбільш важливих вимог до компонентів, що враховуються при описі функціонування будь-якої системи масового обслуговування.

Одним з основних видів непродуктивного простою при перевезенні вантажів залізничним транспортом є простій на сортувальних станціях в очікуванні виконання технологічних операцій через завантаженість системи. Зменшення цього показника можливе при раціональному використанні пропускної спроможності сортувальних станцій за умови раціонального розподілу вагоно- та поїздопотоків між основними сортувальними станціями Укрзалізниці. Аналіз зміни елементів простою в залежності від об'єму переробки дозволяє не тільки спрямовано визначати методи по скороченню простою вагонів, але і здійснювати вірну оцінку роботи колективу станції, а також корегувати норму простою вагонів. Норма простою вагонів станції задається для визначеного об'єму роботи. Але фактична переробка відмінна від планової (див. табл. 1). У зв'язку з цим для об'єктивного оцінювання роботи колективу станції необхідно корегувати норму по виконаному об'єму роботи.

Таблиця 1

Аналіз виконання кількісних та якісних показників роботи станції НДВ

Найменування показника	План на 1 півріччя 2015 року	Виконання			
		1 півріччя 2014 року	1 півріччя 2015 року	до 2014 року, %	до плану, %
Прибуття у середньому за добу, поїзд	62	95	63	66	102
Відправлення у середньому за добу, поїзд	60	91	57	63	95
Простій транзитних вагонів з переробкою, год.	10,50	10,28	13,05	79	80
Простій транзитних вагонів без переробки, год.	1,40	1,37	1,50	91	93
Простій під 1 вантажною операцією, год.	95,0	154,73	133,02	116	71
Статичне навантаження, тон/ваг	48,09	50,19	59,02	118	123
Вагонообіг, ваг.	6199	10071	5996	60	97

При невеликих об'ємах переробки зниження простою вагонів повинно досягатися головним чином за рахунок скорочення витрат на накопичення вагонів методом організації підвода замикаючих груп, заміни одnogрупних поїздів слабких призначень на групові і т.д. При значних об'ємах переробки основну увагу необхідно приділяти скорочення часу процесів розформування, формування та відправлення з метою скорочення простоїв в очікуванні виконання операцій. Питання скорочення середнього часу простою вагонів усіх

категорій на станції потрібно вирішувати за рахунок зменшення часу непродуктивного простою.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ПРИЄДНАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДО ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ

Пастушенко М. С.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Одним з факторів забезпечення надійності роботи споживачів є електромагнітна сумісність з навколишньою електромагнітною обстановкою. До цього можна віднести якості електричної енергії, видаваної з сонячної електростанції, заземлення та блискавкозахист сонячних модулів та інше.

Нормування показників якості електромагнітної сумісності відносять до головних проблем електромагнітної сумісності. Якість електричної енергії впливає на працездатність і ефективність функціонування електроприймачів. Відхилення якості електроенергії від нормованих значень погіршує умови експлуатації електрообладнання та має істотний вплив на надійність роботи електрообладнання. Погіршення якості електроенергії може привести до збитків: вихід з ладу електротехнічного обладнання, порушення роботи пристроїв автоматики, телемеханіки, електронної техніки, збільшення втрат електроенергії та інше.

При проведенні аналізу показників якості електричної енергії було виявлено, що значення коефіцієнта несиметрії напруги за зворотною послідовністю не перевищує нормально допустиме значення (2 %) та гранично допустимого значення (4 %); коефіцієнт спотворення синусоїдності напруги не перевищує нормально допустиме значення; усталене відхилення напруги перевищує нормально допустиме значення напруги (5 %) але знаходиться в межах гранично допустимих значень напруги (10 %); коефіцієнт спотворення синусоїдності напруги не перевищує нормально допустиме значення; відхилення частоти не перевищує нормально допустиме та гранично допустиме значення.

Сонячна електростанція може також створювати кондуктивні завади у колах заземлення, сигналізації, виміру та захисту. Кондуктивні електромагнітні завади представляють собою струми, що протікають по ведучим конструкціям та землі. Тому необхідно встановити заземлення, приєднане до рами модулів, окремо від заземлення устаткування підстанції.

Також найбільш розповсюдженою природньою електромагнітною завадою є електромагнітний імпульс при ударі блискавки. Оскільки особливостями фотогальванічних систем електроспоживання є їх розташування та відкритих ділянках та велика площа поверхні, необхідно встановлювати блискавкозахист. При встановленні сонячної електростанції для живлення власних потреб тягової підстанції є можливість встановлення всієї системи на даху підстанції та на її території, тобто вони будуть знаходитись у зоні блискавкозахисту підстанції.

Аналіз рівнів електромагнітної сумісності приєднання сонячної електростанції та тягової підстанції електрифікованих залізниць потребує розгляду електромагнітної обстановки та характеристик різних типів електромагнітних завад, їх впливу на електроприймачі, а також оцінки дольової участі кожного спотворюючого джерела в загальній результируючій величині впливу окремих спотворюючих джерел.

АНАЛІЗ СПЕКТРА ВЛАСНИХ ЧАСТОТ СТІЙКИ

Полях О. М.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Одним з найважливіших напрямків розвитку транспортної стратегії України та Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року є «впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів», і буде здійснюватися за рахунок реконструйованих залізничних колій [1, 2]. При цьому змінюються умови роботи контактної мережі, зростають струмові та механічні навантаження. Ці навантаження впливають на утримуючі конструкції до яких відносяться опори контактної мережі. В процесі експлуатації до опор пред'являються такі вимоги як довговічність і надійність бо це є важливі умовами безпечної і ефективної експлуатації залізничного транспорту. Вихід з ладу навіть однієї опори може привести до порушення руху потягів, аварії або до катастрофи. Для забезпечення цих вимог опори в процесі експлуатації піддаються проведенню випробувань неруйнівними технічними методами діагностування, та визначається їхня несуча здатність, придатності до подальшої експлуатації [3].

Методи діагностики, які застосовуються для виявлення дефектів, мають ряд недоліків. При візуальному методі важко визначити дефекти, які знаходяться у внутрішній частині опори. Оцінка дуже умовна. Об'єктивність візуального контролю залежить тільки від професійної кваліфікації експерта. Приладові вимірювання металевих опор можливо виконати максимум до двох метрів. Вище необхідно застосовувати спеціальні засоби підйому на висоту. 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 опори. Для діагностики залізобетонних конструкцій пропонується використовувється метод визначення власної частоти коливань при імпульсній дії на опору [4, 5]. Який має один недолік, це велика залежність власної частоти від місця жорсткого заземлення опори в ґрунті.

До опор контактної мережі, що застосовуються для високошвидкісного руху приділяються наступні вимоги: вони повинні бути роздільними; переважно металевими, відкритого профілю; зі стійкими антикорозійними якістьями на весь термін служби до 70 років; на опорах, несучих контактну підвіску, підвішуються тільки дроти системи тягового електропостачання, інші розміщуватися на окремо стоячих опорах. Аналіз застосування опор для швидкісного руху за кордоном показав, що для цієї мети використовуються як залізобетонні так металеві стояки які в свою чергу можуть бути конусні, не конусні, з різним перерізом. Російські залізниці для цієї мети використовують металеві опори з гнутого та гарячекатаного швелера конусного виду. На Україні розробили типові технічні рішення контактної мережі для змінного струму, швидкістю руху потягів (проект КМ 200 25). У якості опорних конструкцій прийнято залізобетонні опори СС136.6 (136.7) на фундаментах типу ТС-100, ТС-120 [6]. Дослідженням власних коливань залізобетонних опор контактної мережі при визначенні дефектів розглянуто в роботі [5]. При електромагнітній сумісності важливо досягнути максимального використання в експлуатації опори і найменшого впливу руйнівних дій. Тому як будуть змінюватися власні коливання у металевих опорах при утворенні дефектів при впровадженні високошвидкісного руху є досить важливими питаннями.

Метою роботи є аналіз основних спектральних частот власних коливань металевої стійки від корозійного її руйнування.

Результати досліджень. Розраховано спектр власних частот [7, 8]. Проаналізовано як змінюється спектр власних коливань від зміни перетину стійки при корозії.

Висновки. На початкових руйнуваннях стійки спектр власних частот змінюється в незначних межах. При руйнуваннях понад двадцять відсотків нульова гармоніка прагне до нуля. У рамках подальшої роботи планується розглянути це питання іншими методами.

Література

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року // Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21.12.2010 р. №2818-VI.
2. Про схвалення Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року // Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 16 грудня 2009 р. №1555-Р.
3. 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.
4. Гуков, А. И. Определение собственной частоты свободных колебаний железобетонных опор контактной сети / А. И. Гуков, А. А. Багдасаров // Труды ЦНИИ выпуск 503 Москва 1972. 74 с.
5. Полях, О. М. Визначення величини відсотка виносу металу підземній частині залізобетонних опор / О. М. Полях // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 15. – С. 36-40.
6. Божко, В. В. Особливості конструкції контактної мережі змінного струму для швидкостей руху 160–200 км/год для залізниць України. / В. В. Божко та ін. // Електрифікація транспорту. Дніпропетровськ № 9. – 2015. – С. 8-14.
7. Артоболевский, И. И. Вибрации в технике. В 6-ти томах / И. И. Артоболевский и др. // Машиностроение. – М.: 1978. – С. 152-153.
8. Sukhen Chatterjee. The design of modern steel bridges. Second edition. Sukhen Chatterjee. 2003.

БЕСКОНТАКТНЫЙ КОДОВЫЙ ТРАНСМИТТЕР БКТ-Д

Профатилов В. И.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

В настоящее время большое количество рельсовых цепей на сети железных дорог Украины оснащено аппаратурой кодовой автоблокировки, а участки, которые оснащенные тональными рельсовыми цепями, также имеют элементы аппаратуры кодовой автоблокировки, которая используется для кодирования автоматической локомотивной сигнализации. Одним из основных элементов кодовой автоблокировки является контактный кодовый трансмиттер типа КПТШ, который работает в импульсном режиме и его ресурс работы быстро исчерпывается. Например, контакты кодовых трансмиттеров приходится снимать для чистки или менять один раз в год, что приводит к значительным эксплуатационным затратам. Кроме того, в системах железнодорожной автоматики применяются маятниковые трансмиттеры, которые обладают теми же недостатками. Еще одним недостатком является необходимость эксплуатации трансмиттеров разной конструкции: шести типов кодовых трансмиттеров типа КПТШ и двух типов маятниковых трансмиттеров типа МТ.

Разработанный бесконтактный кодовый трансмиттер (БКТ-Д) предназначен для использования в системах числовой кодовой автоблокировки, электрической централизации и автоматической локомотивной сигнализации в качестве генератора числовых кодов взамен существующих типов трансмиттеров КПТШ-515, КПТШ-715, КПТШ-815, КПТШ-915, а также вместо маятниковых трансмиттеров типа МТ-1 и МТ-2 в качестве датчиков импульсов. БКТ-Д может устанавливаться на перегонах в релейных шкафах без обогрева-

телей и на станциях в релейных помещениях электрической централизации. БКТ-Д не требует обслуживания и имеет срок службы не менее 25 лет.

Бесконтактный кодовый транзистор реализован на базе PIC-микроконтроллера PIC16F628A фирмы MicroChip, который обеспечивает формирование временных диаграмм необходимых кодов. Все временные диаграммы работы бесконтактного кодового транзистора реализуются программно, что позволяет использовать только одну конструкцию устройства, а необходимый тип кода, который формирует бесконтактный транзистор выбирается простым изменением состояния переключателей. БКТ-Д выполнен по двухканальной структуре, что повышает надежность работы устройства. Микроконтроллер первого канала работает в режиме ведущего и формирует прямой код, а микроконтроллер второго канала работает в режиме ведомого и формирует инверсный код. Для синхронной работы каналов БКТ-Д, микроконтроллеры могут тактироваться от общего генератора тактовых импульсов, а также осуществляют периодическую синхронизацию между собой. В устройстве предусмотрена защита от опасных отказов и зависаний, что повышает безопасность его функционирования. В случае сбоя или неисправности одного из каналов, микроконтроллеры переходят в защищенный режим работы и прекращают формировать кодовые послышки.

Коммутация нагрузки осуществляется с помощью шести оптоэлектронных реле типа PVG612, которые также реализуют гальваническую развязку между микроконтроллерами и нагрузкой. Выходные ключи твердотельных реле образуют попарно три канала «КЖ», «Ж» и «З» в каждом из которых формируется своя кодовая последовательность. В качестве нагрузки БКТ-Д могут использоваться не только транзисторные реле типа ТШ-65, но и любые другие элементы железнодорожной автоматики, работающие при напряжении не более 60 В и токе не более 1 А. Благодаря тому, что твердотельные реле PVG612 могут коммутировать цепи переменного тока, то подключение нагрузок к БКТ-Д может осуществляться без соблюдения полярности, что повышает эксплуатационную надежность устройства.

Выходные каналы БКТ-Д защищены от высоковольтных помех, от короткого замыкания и коммутационных перегрузок при работе на индуктивную нагрузку:

- первый уровень защиты реализован на варисторах, которые защищают выходные каскады твердотельного реле при попадании в цепь высоковольтных помех;
- второй уровень защиты реализован на самовосстанавливающихся предохранителях, которые разрывают выходные цепи при токе более 900 мА;
- третий уровень защиты реализован на супрессорах, которые срабатывают при превышении напряжения на электронных контактах твердотельных реле более 55 В.

Технические характеристики БКТ-Д:

- диапазон напряжения питания – 90 – 250 В;
- частота питающей сети – 50 Гц;
- температурный диапазон работы – от минус 40 °С до плюс 85 °С;
- максимальное отклонение длительности импульсов (интервалов) – не более 1 мс;
- максимальная мощность потребления – 5 Вт;
- максимальный ток коммутации выходных цепей – 1 А;
- вес – 500 гр;
- габариты – 200x112x87 мм (корпус реле НМШ).

Внедрение бесконтактного кодового транзистора БКТ-Д вместо существующих кодовых и маятниковых транзисторов позволит:

- значительно снизить эксплуатационные расходы на обслуживание кодовых рельсовых цепей;
- повысить надежность работы кодовой автоблокировки;

- значительно уменьшить массогабаритные показатели (с 8 кг до 0,5 кг);
- уменьшить мощность потребления (с 22 Вт до 5 Вт);
- уменьшить погрешность формирования временных характеристик (с $\pm 0,1$ с до $\pm 0,001$ с);
- уменьшить стоимость устройства, так как в конструкцию контактных трансмиттеров входят такие компоненты как, асинхронный двигатель переменного тока, автотрансформатор и контакты из металлокерамического сплава, стоимость которых постоянно повышается. В тоже время стоимость микроконтроллеров, на базе которого собран бесконтактный кодовый трансмиттер, постоянно снижается.

РОЗВИТОК ВИСОКОШВИДКІСНОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ І БЕЗПЕКА РУХУ

Пшінько О. М., Матусевич О. О.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Організація швидкісного і високошвидкісного залізничного руху надасть додатковий імпульс науково-технічному розвитку і вдосконаленню технологій практично в усіх суміжних галузях України від машинобудування до інтелектуальних обчислювальних систем, забезпечуючи подальше стимулювання науково-технічного і інтелектуального потенціалу країни, в першу чергу, за рахунок розміщення на вітчизняних підприємствах замовлень на створення нових зразків техніки світового рівня.

Для розвитку високошвидкісного залізничного транспорту потрібна інтеграція сучасних машинобудівних, інформаційних і телекомунікаційних технологій і засобів автоматизації в транспортну інфраструктуру, транспортні засоби з метою підвищення безпеки і ефективності транспортного процесу, забезпечення належного рівня комфорту і якості транспортних послуг.

Основними завданнями організації швидкісного і високошвидкісного залізничного руху є:

- розробка комплексу технічних регламентів і національних стандартів з урахуванням світового досвіду проектування, будівництва і експлуатації швидкісного і високошвидкісного залізничного транспорту, що дозволяють здійснювати перевізний процес відповідно до світового рівня;
- розробка і реалізація системи фінансового забезпечення проектів з урахуванням можливого використання різних джерел інвестицій, визначення ролі і форм участі держави і приватних інвесторів в реалізації проектів швидкісних і високошвидкісних залізничних магістралей;
- реалізація проектів створення інфраструктури залізничного транспорту, призначеної для забезпечення високошвидкісного залізничного руху;
- розробка і виробництво технічних засобів нового покоління для високошвидкісних магістралей, включаючи інфраструктуру і рухомий склад;
- підготовка кадрів та підвищення кваліфікації фахівців для забезпечення швидкісного і високошвидкісного руху.

Технічний регламент безпеки високошвидкісного залізничного транспорту встановлює основні необхідні вимоги до високошвидкісного залізничного транспорту, виконання яких забезпечує: безпеку випромінювань; біологічну безпеку; вибухобезпечність; гідрометеорологічну безпеку; механічну безпеку; пожежну безпеку; промислову безпеку; термічну безпеку; хімічну безпеку; електричну безпеку; електромагнітну сумісність в частині забезпечення безпеки роботи приладів і устаткування; єдність вимірів.

Експлуатація високошвидкісних магістралей з 1964 року по теперішній час показала, що порівняно з іншими видами транспорту високошвидкісні залізниці є найбезпечнішими, тому слід дотримуватися міжнародного досвіду організації та експлуатації високошвидкісного транспорту.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ УСТРОЙСТВ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И СЦБ В ЗОНЕ СТАНЦИИ СТЫКОВАНИЯ

Разгонов А. П., Дьяков В. А., Журавлев А. Ю., Андреев М. И.
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

В настоящее время в большинстве стран мира электрификация железных дорог осуществляется на переменном токе напряжением 25 кВ (50 Гц) или 15 кВ (16,7 Гц) и на постоянном токе напряжением 3 кВ или 1,5 кВ. Стыкование электрифицированных участков разного рода тока и разного уровня напряжения осуществляется с использованием тепло-возных вставок, станций стыкования и нейтральных вставок с использованием многосистемных электропоездов и электропоездов, последняя схема нашла широкое распространение в Западной Европе. На Украине, как правило, используются станции стыкования (Пятихатки-Стыковая, Львов и др.) и только на участках Купянск – Харьков и Купянск – Святогорск, Полтава – Харьков и Полтава – Лозовая используются двухсистемные электропоезды (25 кВ переменного / 3 кВ постоянного токов) ВЛ 82 М, а также межрегиональные электропоезда компаний: Hyundai-Rotem, Skoda Vagonka и современные электропоезда Крюковского вагоностроительного завода.

Однако независимо от способа стыкования электрифицированных участков постоянного и переменного токов, постоянные токи затекая на электрифицированные участки переменного тока насыщают магнитопровод путевых дроссель-трансформаторов, что может приводить к отказам в нормальной работе рельсовых цепей, а соответственно, и систем СЦБ, кроме того, вызывают коррозионное повреждение арматуры железобетонных опор и фундаментов контактной сети, железобетонных шпал, подошвы рельсов, рельсовых скреплений и т.п.

Исследования, проведенные сотрудниками ДИИТа совместно с ДЭЛ Приднепровской ж.д. в зоне станции стыкования Пятихатки – Стыковая позволяют сделать вывод, что тяговые постоянные токи достаточно далеко проникают на полигон электрифицированных участков переменного тока. Это вызывает угрозу коррозионного повреждения железобетонных опор контактной сети заземленных на рельсы без установки защитных устройств в заземляющие спуски. В этой связи, для обеспечения противокоррозионной защиты железобетонных опор на электрифицированных железных дорогах переменного тока независимо от сопротивления опор необходимо в заземляющие спуски устанавливать защитные устройства, предусмотренные для противокоррозионной защиты железобетонных опор на электрифицированных железных дорогах постоянного тока. Практически исключается коррозионное повреждение железобетонных опор и фундаментов опор контактной сети разземлением опор. Однако при разземлении опор необходимо совершенствовать защиты контактной сети от «малых токов короткого замыкания». Разземление опор одновременно позволяет снизить асимметрию параметров рельсовой цепи, что повышает надежность работы устройств СЦБ.

Таким образом, усовершенствование противокоррозионной защиты опор контактной сети переменного тока в зонах стыкования электрифицированных участков постоянного и переменного токов должно осуществляться комплексом мер, разработанных в результате проведения необходимых исследований.

Для устранения натекания тяговых постоянных токов на рельсовые цепи электрифицированного участка переменного тока необходимо не соединять нулевые точки дроссель-трансформаторов в западной горловине станции Пятихатки – Стыковая. В этом случае, особенно при коротких замыканиях в тяговой сети, возможно появление опасных потенциалов на изолирующем стыке, которые можно снизить включением в среднюю точку дроссель-трансформаторов силовых защитных коммутирующих блоков.

ОЦІНКА ВПЛИВУ АСИМЕТРІЇ ТЯГОВОГО СТРУМУ НА РОБОТУ ПЕРЕГІННИХ РЕЙКОВИХ КІЛ

Разгонов А. П., Ящук К. І.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Забезпечення надійної роботи залізничного транспорту в умовах впровадження швидкісного руху є важливим стратегічним завданням, на шляху до виконання якого постають труднощі, що полягають у забезпеченні повної електромагнітної сумісності пристроїв тягового електропостачання з апаратурою рейкових кіл. Майже на всіх ділянках залізниць проводиться боротьба з асиметрією тягових струмів, але актуальної гостроти вона набуває саме на гірських перевалах, де високі рівні тягових струмів, що виникають внаслідок наявності крутих підйомів та спусків, здійснюють істотний вплив на роботу системи автоблокування. Ситуація ускладнюється внаслідок насичення магнітопроводів колійних дросель-трансформаторів (ДТ) та зниження вхідних опорів по кінцям рейкової лінії (РЛ). Це призводить до порушення області стійкості роботи рейкового кола (РК) автоблокування (АБ).

Для проведення розрахунків основних режимів роботи РК в умовах впливу асиметрії постійного тягового струму потрібно визначити величини асиметрії РЛ, при цьому обов'язково треба володіти електромагнітними характеристиками колійних дроселів у режимі підмагнічення їх кіл постійним тяговим струмом. У теорії РК дослідження та розрахунки представляють з роботою магнітних систем дроселів у лінійній постановці задач. До сих пір майже не приділялася увага до розрахунків цих вузлів РК у нелінійній постановці задач досліджень, виключаючи небагаточисленні роботи, опубліковані в останні роки в Україні.

Для проведення розрахунків роботи РК при підмагнічуванні дроселів потрібно мати відповідні експериментальні залежності магнітних характеристик цих пристроїв від струму підмагнічення. Для проведення подібних експериментів пошуку розрахункових параметрів схеми заміщення (СЗ) дроселів потрібні потужні джерела постійного струму. На жаль, здійснити експерименти з їх використанням в умовах лабораторій університету не надається можливим, тому було запропоновано використати непрямий метод знаходження електричних параметрів чотириполюсників схем заміщення колійних ДТ. Суть запропонованого спрощеного методу полягає в отриманні коефіцієнтів схеми заміщення ДТ при допусканні різних величин модулів опорів гілки намагнічення, що змінюються у процесі підмагнічення магнітопроводів ДТ постійним струмом. Еквівалентна схема заміщення ДТ представлена Т-подібною та ідеальною схемами трансформатору з відповідними коефіцієнтами, опори z_1 та z_2 , що враховують втрати у ДТ, допустимо вважати неперервними, тоді схема заміщення виходить симетричною, що сприяє спрощенню розрахунків. Використовуючи отримані параметри, було здійснено розрахунки нормального режиму роботи з урахуванням та без урахування підмагнічування, внаслідок чого отримано залежності напруги на колійному приймачі ($U_{\text{кп}}$) від струму асиметрії для опорів ізоляції у зимовий та літній період, з яких можна зробити висновки, що взимку вірогідність відмови РК з причин впливу струму асиметрії відсутня, адже $U_{\text{кп}}$ хоча і знизиться, але є деякий запас

по напрузі. Влітку відмови цілком вірогідні, адже $U_{\text{кп}}$ знижується нижче порогу спрацювання, що є критичним у роботі РК.

Використання запропонованого методу дозволяє здійснити оцінку впливу асиметрії тягового струму на роботу перегінних рейкових кіл для подальшого проведення низки профілактичних робіт та застосовування певних технічних рішень щодо зниження коефіцієнту асиметрії.

SPECIFICS OF LCS USED TO ŽSR LINES

Rástočný K., Nagy P., Ždánsky J., Balák J.
University of Žilina, Slovak Republic

Currently there are 2 131 level crossings (LC) present on the ŽSR railway lines. Out of this number there are 1052 level crossings equipped with level crossing signalling (LCS) and 1 079 is not equipped with LCS.

If a level crossing is not equipped by a LCS, then safety of road users in the area of the level crossing is assured by organisational measures. The level crossing must be unmistakable marked by a warning cross (St Andrews cross) and driver of a road vehicle is informed by a road sign that vehicle is approaching the level crossing. Road driver is required by law to act with extreme caution when approaching and crossing the LC and make sure that it is safe to pass the level crossing. Maximum speed limit for road users in the area 30 m ahead of the LC and on the LC is 30 km/h or 50 km/h if it is the active signalisation of the road signals (slowly flashing white light).

When a level crossing is equipped by LCS, there are more ways how road users can be informed about a train approaching the level crossing:

- acoustic warning (mechanical or electric device producing audible signal – a bell, horn or electronic bell);
- light warning (two red complementary flashing lights);
- mechanical warning (half-barriers across a part of the road or full barriers across the whole width roadway).

Only the LCS with a light warning as a basic warning and optional mechanical warning as a supplementary warning are discussed in the paper. Those sorts of LCS are used on ŽSR lines with a line speed less than 140 km/h. On lines with a line speed equal to 140 km/h or higher only the LCSs with a mechanical warning along with a light warning as a basic warning are used. Building new level crossings on ŽSR lines with a line speed exceeding 160 km/h is strongly dis-suaded (currently there is only one level crossing on the line with the line speed 160 km/h).

In order to keep road users reliably informed about movements of railway vehicles in a level crossing area, it is necessary to:

- provide them unambiguous information;
- keep LCS in operation in accordance with functional specification;
- achieve maximum possible availability of the system.

There are some ŽSR specific problems that need to be solved in order to fulfil these basic requirements. Some of these problems are identified in this paper.

ЗАЩИТА ТОНАЛЬНОЙ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ ОТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ИЗОЛИРУЮЩИХ СТЫКОВ

Романцев И. О.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

Существующие системы управления движением используют рельсовые цепи для контроля состояния участков пути. Тональные рельсовые цепи (ТРЦ) являются предпочтительными для оборудования и переоборудования систем железнодорожной автоматики на перегонах. При этом одним из условий работы является использование схемы контроля стыков для исключения подпитки приемников одинаковых частот в обход рельсовой линии.

При использовании схем контроля схода стыков задействуют уравнивающие трансформаторы типа УТЗ. Принцип существующего контроля схода стыков состоит в подаче сигнала в противофазе в рельсовые линии (РЛ) смежных ТРЦ после схода изолирующих стыков. Для этого используется один генератор и разные фильтры для смежных ТРЦ (защита на питающем конце рельсовой цепи). Подача обратных фаз реализована подключением питающих трансформаторов или дроссель-трансформаторов к различным рельсам (для автономной тяги и электротяги постоянного и переменного токов). При сходе стыков сигнал рельсовой линии будет взаимно вычитаться, что приведет к надежному обесточиванию путевых приемников. В случае контроля схода стыков на релейном конце ТРЦ противофазный сигнал подается по аппаратуре смежной рельсовой цепи через УТЗ.

Недостатком такого вида включения аппаратуры контроля является физическое соединение двух смежных рельсовых цепей, и, как следствие, увеличение числа путей протекания сигнального тока. Это может привести к ложной работе ТРЦ в целом.

Для усовершенствования защиты при сходе изолирующих стыков проанализировано изменение схемы тональной рельсовой цепи при сходе изолирующего стыка, разработана схема защиты ТРЦ с минимальным увеличением ее элементов, произведен расчет защитных схем и определено ее влияние на работу рельсовой цепи при сходе изолирующих стыков. При анализе поведения рельсовой цепи при замыкании стыков рассмотрены изменения, которые вносятся в эквивалентную схему замещения рельсовой цепи (РЦ) при данной неисправности. В расчете принимается, что при сходе ИС сопротивление короткого замыкания стыков отсутствует, а суть контроля схода стыков состоит в обесточивании приемника сигналов ТРЦ при их сходе. Это достигается за счет использования шунтирующего контура, который реагирует на несущую частоту сигнального тока смежной рельсовой цепи. Принцип настройки резонансного контура состоит в выборе номинала индуктивности и подборе резонансной емкости. При этом значение емкости напрямую зависит от несущей частоты смежной РЦ, которая определяется по формуле:

$$C_p = \frac{f_2^2 - f_1^2}{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot f_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{Z_{f2}^2 - R_a^2}}$$

где f_1 – несущая частота, которую необходимо зашунтировать при сходе изолирующих стыков; Z_{f2} – сопротивление резонансного контура на ближайшей частоте среза смежного канала несущей частоты величиной f_2 ; R_a – активное сопротивление обмотки и соединительных проводов резонансного контура.

В дальнейшем проанализированы временные и частотные характеристики сигнала при появлении короткого замыкания изолирующих стыков, а также передаточная функция шунтирующего контура на примере реальной рельсовой цепи.

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ТОНАЛЬНОЙ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ

Романцев И. О.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

С развитием высокоскоростного движения на железных дорогах связана эксплуатация нового подвижного состава зарубежного производства. Однако, использование двигателей с частотным управлением приводит к повышению уровня помех, присутствующих в рельсовых нитях цепи обратного тягового тока. Повышение помехоустойчивости сигнала в рельсовой линии (РЛ) является одной из важных задач систем железнодорожной автоматики и телемеханики. Одним из путей повышения помехоустойчивости является использование более высокого диапазона частот в тональных рельсовых цепях (ТРЦ) с учетом снижения энергии помех от тяговой сети. Несмотря на это, частотное регулирование подвижным составом приводит к появлению помех и в этих частотах с длительностью и амплитудой, близкими к предельным значениям. Следовательно, при усовершенствовании ТРЦ необходимо руководствоваться в том числе и улучшением устойчивости к помехам в рельсовой линии.

В основе функционирования ТРЦ используется метод амплитудной манипуляции гармонического высокочастотного сигнала f_H прямоугольными импульсами низкочастотного сигнала модуляции f_M . Первичная несущая частота f_H представляет собой гармонический сигнал, а модулирующая – прямоугольные импульсы низкой частоты модуляции f_M со скважностью $Q = 2$. Защита от помех увеличена за счет использования частотного диапазона несущей частоты 400-800 Гц (нижний диапазон). В этих частотах снижении амплитуды гармоник тягового тока и увеличено соотношение сигнал/помеха. Несмотря на это, при эксплуатации подвижного состава нового типа периодически наблюдаются превышения пороговых значений помех, которые не имеют массового характера в случае единичной эксплуатации подвижного состава такого типа в зоне одной тяговой подстанции.

Для повышения помехоустойчивости рассмотрена возможность по расширению частотно-временных характеристик сигнала, сформирован помехозащищенный сигнал и проанализированы его полученные характеристики на предмет дальнейшей фильтрации в ТРЦ.

Принцип повышения помехоустойчивости состоит в увеличении частот, которые вырабатывает генератор рельсовой цепи, при этом дополнительная несущая частота подается во время интервала основной несущей. Значение дополнительной (второй) несущей частоты такое же как и основной несущей – передача на приемный конец и определение ее амплитудной величины. При превышении пороговых значений двух несущих частот фиксируется свобода участка. При появлении помехи во время занятости участка пути и предположительном срабатывании схема контроля фиксирует превышение уровня помех допустимых значений.

При дальнейшем расчете электрических параметров рассмотрены зависимости амплитуд напряжений в рельсовой цепи при использовании различных несущих частот, получены ограничения длины текущей рельсовой цепи. Предложено усовершенствование приемника и фильтра для формирования двухчастотной тональной рельсовой цепи с повышенной защитой от помех.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИНТЕРГАРМОНИК НА ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ НАГРУЗКИ

Саенко Ю. Л., Бараненко Т. К.

ГБУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Интергармоники (ИГ), внося искажения в кривые токов электрических сетей промышленных предприятий, наряду с высшими гармониками (ВГ), являются дополнительной причиной потерь активной энергии. Активная мощность в электрической цепи с периодическими несинусоидальными током $i(t)$ и напряжением $u(t)$ описывается следующим уравнением

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) i(t) dt.$$

Если нелинейная нагрузка, являющаяся источником ВГ и ИГ, присоединена к источнику синусоидальной ЭДС, то ток $i(t)$ можно представить как

$$i(t) = i_1(t) + i_{hh}(t) + i_{ih}(t),$$

где $i_1(t)$, $i_{hh}(t)$, $i_{ih}(t)$ – токи основной гармоники, ВГ и ИГ соответственно.

При оценке тока ИГ следует учитывать вероятностную природу их возникновения, которая не позволяет получить однозначный амплитудный спектр распределения ИГ, аналогичный амплитудному спектру ВГ.

Кривая тока нелинейной нагрузки, являющейся источником ИГ, может быть представлена амплитудно-модулированным колебанием со случайным законом изменения амплитуды и начальной фазы. Это позволяет использовать спектрально-корреляционную теорию стационарных случайных процессов для расчета спектра ИГ. Спектральная плотность или энергетический спектр $S_i(\omega)$, являясь осредненной характеристикой случайного процесса $i(t)$, дает возможность получить среднее вероятностное распределение амплитудного спектра.

Случайный процесс изменения тока нелинейной нагрузки $i(t)$ является, как правило, непериодической функцией. Однако, если ее рассматривать на некотором достаточно большом интервале T , при котором случайные величины $i(t)$ и $i(t+T)$ будут независимыми, то случайный процесс $i(t)$ можно интерпретировать как периодическую функцию с периодом T . Тогда для случайного процесса $i(t)$ можно определить амплитудный спектр случайного процесса $i(t)$ как

$$\dot{I}(\omega) = 2\dot{G}_i(\omega)/T,$$

где $\dot{G}_i(\omega)$ – спектральная функция случайного процесса $i(t)$.

Энергетический спектр случайного процесса $i(t)$ связан со спектральной функцией следующим соотношением

$$S_i(\omega) = G_i^2(\omega)/T,$$

где $G_i(\omega)$ – модуль спектральной функции.

Таким образом, получаем следующее выражение для определения модуля амплитудного спектра ИГ

$$I(\omega) = 2\sqrt{\frac{S_i(\omega)}{T}}.$$

Последнее выражение позволяет выполнить оценку влияния ИГ на потери электроэнергии на основе применения спектральной плотности нагрузки.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Саенко Ю. Л., Дьяченко М. Д.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Современные тенденции развития средств релейной защиты и противоаварийной автоматики направлены не только на предотвращения развития аварий но, и на предотвращение возможности их появления. В данной разработке сделана попытка создания автоматизированной системы предотвращающей появления аварийных ситуаций вызванных нарушением контактных соединений протяженных линий электропередач.

Основная идея данной разработки заключается в автоматическом дистанционном мониторинге, анализе и принятии однозначного решения о работоспособности каждого контактного соединения воздушной линии электропередачи, а так же на основе автоматического ретроспективного анализа состояния этих контактных соединений прогнозирования их дальнейшей работы в обозримом будущем. Традиционно для контроля технического состояния высоковольтных контактных соединений применяют метод периодического тепловизионного либо визуального контроля отпадающих цветных плавящихся указателей и термоиндикаторных красок. Такой контроль на территории подстанции не вызывает особых проблем, но на протяженных линиях электропередач становится крайне затратным.

Кроме того данный метод контроля нельзя считать оптимальным, так как нагрев болтовых соединений зависит в основном от тока нагрузки, а периодический контроль не дает уверенности в том, что в момент контроля ток максимален и температура контактного соединения отображает его истинное состояние. Процесс развития дефекта в болтовом контактном соединении, как правило, протекает достаточно длительное время и зависит от ряда факторов, таких как: ток нагрузки и его характер, режим работы (стабильная нагрузка или переменная), воздействия химических реагентов, ветровых нагрузок, усилий затяжки болтов, наличия стабилизации давления контактирующих поверхностей и др.

Для повышения надежности высоковольтных соединений в частности и энергосистемы в целом предлагается система автоматического мониторинга состояния высоковольтных контактных соединений. Система состоит из множества интеллектуальных модулей, расположенных непосредственно на контактном соединении и непрерывно измеряющих его температуру и переходное сопротивление.

В основу организации информационной сети положена концепция самоорганизующихся сенсорных сетей, в которой каждый интеллектуальный модуль выполняет и функцию маршрутизатора, решая задачу построения оптимального маршрута передачи данных на центральный диспетчерский пункт. Такое решение в построении радиосети позволяет с использованием передатчика малой мощности обеспечить охват линий электропередачи протяженностью во многие сотни километров, обеспечивая при этом непрерывный контроль каждого высоковольтного контактного соединения.

Система состоит из множества интеллектуальных модулей, расположенных непосредственно на контактных соединениях и непрерывно измеряет их температуру и переходное сопротивление. Питание самого устройства осуществляется за счет отбора энергии передаваемой через контролируемое соединение. Микропроцессор модуля контроля имеет непрерывную связь с такими же модулями, расположенными на других контактных со-

единениях через маломощные приемопередатчики пакетной радиосвязи, работающий в безлицензионном диапазоне частот.

Предложенная система позволяет непрерывно в режиме квазиреального масштаба времени контролировать каждое высоковольтное контактное соединение энергосистемы, прогнозировать деградационный отказ каждого из них и тем самым повысить надежность энергоснабжения в целом.

Оригинальность данного технического решения подтверждена двумя патентами.

ПРИВЕДЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ВКЛАДОВ ЛИНЕЙНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИСКАЖЕНИЙ В ИСКАЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОЧКЕ ОБЩЕГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ К ЧАСТНОМУ СЛУЧАЮ ЛОКАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Саенко Ю. Л.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Калюжный Д. Н.

Харьковский национальный университет городского хозяйства

им. А. Н. Бекетова

Свергуненко С. В.

АК «Харьковоблэнерго»

Одной из главной составляющей проблемы качества электрической энергии является задача распределения фактических вкладов различных источников искажений в искажения напряжений в точке общего присоединения.

На сегодняшний день решение данной задачи наиболее полно разработано для частного случая локальных измерений, в рамках которого измерения показателей качества электрической энергии и параметров режима работы сети производятся только в одной точке общего присоединения.

В общем случае фактический вклад линейных (не искажающих синусоидальную форму кривой напряжения) источников искажений в искажения напряжений в точке общего присоединения распределяется согласно математической модели, основанной на принципе наложения. Отличительной особенностью данной математической модели является учет распределенного характера источников искажений в системе электроснабжения. С одной стороны это позволяет избавиться от недостатков традиционных методов распределения фактических вкладов, основанных на результатах локальных измерений. В частности от пренебрежения взаимным влиянием различных источников искажения друг на друга, а также получения дополнительной информации о параметрах схем замещения потребителей электрической энергии и источников питания в координатах отличных от фазных. С другой стороны - усложняет практическую реализацию, так как требует построения распределенной в пространстве и синхронизированной во времени измерительной системы. Учитывая преимущества обоих подходов целесообразным является эквивалентное приведение распределенной математической модели определения фактических вкладов линейных источников искажений в искажения напряжений в точке общего присоединения к случаю локальных измерений.

В результате проведенных исследований разработан способ эквивалентного преобразования математической модели распределения фактических вкладов линейных источников искажений в искажения напряжений в точке общего присоединения к частному случаю локальных измерений. Выявлено, что основной проблемой практической реализации распределения фактических вкладов по результатам локальных измерений является неизвестная информация о параметрах пассивных неискажающих элементов эквивалент-

ной электроэнергетической системы. Ключом к решению проблемы практической реализации методов распределения фактических вкладов по результатам локальных измерений является способ адекватного определения параметров схемы замещения эквивалентной электроэнергетической системы. Определена структура схемы замещения эквивалентной электроэнергетической системы, которая должна использоваться при решении задачи распределения фактических вкладов по результатам локальных измерений.

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ С УЧЕТОМ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЙ ДУГИ

Саенко Ю. Л.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Попов А. С.

ПАО «ДОНБАССЭНЕРГО», Старобешевская тепловая электрическая станция

Электрические сети с изолированной нейтралью получили широкое распространение как в Украине, так и за ее пределами. В настоящее время активно ведутся дискуссии о целесообразности перехода с изолированной нейтрали на резистивную с целью снижения внутренних перенапряжений и улучшения условий работы защит от однофазных дуговых замыканий на землю (ОДЗ). Тем не менее, значительная часть электрических сетей напряжением 6-35 кВ продолжает работать именно с изолированной нейтралью.

Режим ОДЗ в сети с изолированной нейтралью характеризуется процессами разряда заряда фазных емкостей сети. Статистический анализ результатов регистрации переходных процессов в действующих электрических сетях показал, что результирующие кратности дуговых перенапряжений как и напряжение пробоя изменяются случайным образом в процессе горения электрической дуги. Для оценки максимальной кратности перенапряжений, а также для количественной оценки параметров режима работы электрической сети при ОДЗ разработана математическая модель в пакете MATLAB/Simulink с учетом случайного характера поведения заземляющей дуги. Закон распределения напряжения пробоя был принят нормальным с параметрами $M(U_{пр}) = 0,8U_{\phi}$ и $\sigma(U_{пр}) = 0,1U_{\phi}$.

На рис. 1 приведена плотность распределения вероятностей (а) и функция распределения вероятностей (б) кратностей перенапряжений при ОДЗ с заданными параметрами напряжения пробоя. Как видно из результатов, закон распределения напряжения пробоя также является нормальным. При этом с вероятностью 95 % кратность перенапряжений не превысит $2,23U_{\phi}$.

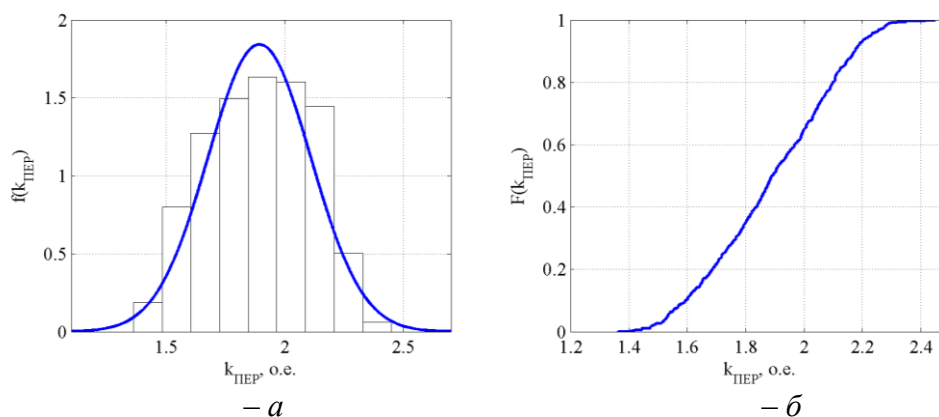


Рис. 1. Плотность распределения вероятностей (а) и функция распределения вероятностей (б) кратностей перенапряжений при ОДЗ с параметрами $M(U_{пр}) = 0,8U_{\phi}$ и $\sigma(U_{пр}) = 0,1U_{\phi}$

Результаты расчета переходных процессов могут быть использованы для прогнозирования уровня перенапряжений в сети и их кратности, по результатам которой можно сделать вывод о необходимости и целесообразности внедрения мер защиты от перенапряжений. Также результаты моделирования могут быть использованы при тестировании устройств релейной защиты, что позволяет учесть все многообразие факторов, влияющих на протекание переходных процессов.

ПРИНЦИП ИСКЛЮЧЕНИЯ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ВКЛАДОВ ЛИНЕЙНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИСКАЖЕНИЙ В ИСКАЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОЧКЕ ОБЩЕГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ

Саенко Ю. Л.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Сухонос М. К., Калюжный Д. Н.

Харьковский национальный университет городского хозяйства
им. А. Н. Бекетова

Наличие искажений напряжений в системе электроснабжения, которые принято нормировать показателями качества электроэнергии, приводят к таким негативным последствиям, как увеличение потерь активной мощности и электроэнергии, сокращению срока службы оборудования, увеличению капитальных вложений в систему электроснабжения, увеличению потребления реактивной мощности, нарушению нормального хода технологического процесса и браку продукции. В конечном счете все это является причиной финансовых убытков, ежегодная величина которых для отдельных стран составляет порядка 10-20 млрд. дол. США. Учитывая, что взаимоотношения между поставщиком и потребителем электрической энергии являются договорными, то нарушения норм качества электроэнергии в точке ее продажи создает не менее актуальную проблему определения фактического вклада каждого участника договора в понижение КЭ в точке их общего присоединения.

На сегодняшний день существующие методы определения фактического вклада в понижение качества электроэнергии позволяют решать поставленную задачу по двум основным направлениям. Первое из них предполагает измерение и анализ параметров режима работы сети и показателей качества электроэнергии со всеми источниками искажений в точке общего присоединения. Второе направление основано на оценке фактического вклада в понижение качества электроэнергии путем физического включения/отключения потребителей электрической энергии в точке общего присоединения.

Наибольшее количество методов определения фактических вкладов в понижение качества электроэнергии разработано по первому направлению. Несмотря на это присущий данным методам ряд существенных недостатков значительно ограничивает область их использования, которая сводится к случаям наличия в точке общего присоединения одного явно выраженного доминирующего источника искажения. Второе направление, представленное единственным методом с одноименным названием «включения/отключения потребителя», не смотря на свое наглядное решение, требует физического отключения и включения потребителя, что в рамках методики измерения показателей качества электроэнергии ограничивает его практическое применение и сводит к случаю предварительного анализа влияния на качества электроэнергии нового присоединения.

Учитывая недостатки существующих методов определения фактических вкладов присоединений в понижение качества электроэнергии в точке общего присоединения, актуальной задачей остается совершенствование методов решения данной проблемы. Основой для этого является разработка новых математических моделей распределения факти-

ческих вкладов источников искажений в искажения напряжений систем электроснабжения, в частности, основанных на принципе математического исключения искажающих частей линейных источников искажения.

Отличительной особенностью полученной математической модели являются: отсутствие необходимости физического включения/отключения потребителя электрической энергии в точке общего присоединения; ее разработка в пространстве фазных составляющих с учетом распределенного характера источников искажений в системе электроснабжения.

АНАЛИЗ РАБОТЫ КОДОВЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ГАРМОНИК ОБРАТНОГО ТЯГОВОГО ТОКА

Сердюк Т. Н.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

Требования к электромагнитной совместимости рельсовых цепей с системой тягового электроснабжения значительно выросли в связи с широким использованием на железнодорожном транспорте новых систем и комплексов выполненных на базе микропроцессорной техники (новых систем электрической и диспетчерской централизации), а также внедрение на железных дорогах Украины новых типов локомотивов с использованием новых схем управления с импульсной стабилизацией, устройств регулирования тяги и торможения, информационных шин, охватывающих все системы подвижного состава. В результате спектральный состав обратного тягового тока расширился.

Анализ причин возникновения гармонических и импульсных помех в рельсовых цепях (РЦ) показал, что основными их источниками являются выпрямители тяговых подстанций, работа тяговых двигателей и систем тиристорного управления подвижного состава электропоездов. На участках с электротягой постоянного тока при пробое конденсаторов в любом резонансном контуре фильтр устройства и, как следствие, отключении всех контуров плавкими вставками предохранителей появляются все гармоники, кратные 300 Гц. Несимметричность фазных напряжений трехфазного переменного тока ведет к появлению гармонических составляющих, кратных 100 Гц. Применение фильтров (одно- и двухзвенных) не всегда обеспечивает подавления всего спектра гармоник, а в ряде случаев приводит к усилению некоторых из них (например, гармоник 150 и 200 Гц). Установлено, что уровень амплитуд гармоник 50 Гц значений при неисправных узлах выпрямителей может достигать критических значений.

Анализ работы кодовых РЦ 25 Гц показал, что установка защитных фильтров дает возможность снижать помехи частотой 25 Гц почти в 9 раз, амплитуда других гармоник уменьшается в два и более раз. Исследования аппаратуры релейной конца кодовой РЦ 25 Гц, защищенной фильтром ФП-25, показало, что реле надежно отпускает свой якорь при напряжении 2,2 В частотой 31,5; 33; 36 Гц и напряжении на входе 10, 15, 20 В соответственно. Путевое реле РЦ 25 Гц срабатывает при токе в рельсах 1,5 А частотой 25 Гц, отпускает якорь при токе в 2 раза меньшем тока срабатывания (0,6 А). Также путевое реле сработает при токе в рельсах 3,8 А частотой 75 Гц и 5 А частотой 100 Гц.

Импульсное реле системы АЛС срабатывало при токе в рельсах 1,4 А частотой 25 Гц, 8 А частотой 75 Гц и 16 А частотой 100 Гц.

Разработан метод, позволяющий определять спектральный состав тягового и сигнального тока, уровни и виды помех, позволяет оценить не только их влияние на аппаратуру РЦ, а также правильность функционирования аппаратуры системы тягового электроснабжения (выпрямителей, фильтров тяговых подстанций, аварийных реле, отвечающих за переключение фидеров с основного на резервное питание).

Для рассмотрения динамических процессов в системе тягового электроснабжения была усовершенствована математическая модель однопутного участка. Для оценки степени влияния гармоник тягового тока на работу рельсовых цепей предлагается воспользоваться упрощенной схемой замещения элементарного отрезке тяговой сети, где тяговая сеть представлена контуром: контактная сеть – рельсы. В результате тяговая сеть рассматривается как шестиполусник.

По результатам моделирования было установлено, что в наихудших условиях оказываются рельсовые цепи, расположенные в районе тяговых подстанций и в местах нахождения локомотивов, поскольку ток гармонических помех в таком случае будет наибольшим. У ТП происходит сбор всего обратного тягового тока.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ РЕЗЕРВНОГО ПИТАНИЯ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И СВЯЗИ

Сердюк Т. Н., Профатилов В. И., Олейник А. Р.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

В настоящее время для питания устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) применяют стационарные аккумуляторные батареи типа С и СК, допускающие кратковременный разряд и устанавливаемые на постах электрической централизации (ЭЦ), и переносные типа АБН-72, АБН-80, используемые на переездах, сигнальных точках входных светофоров, а в некоторых случаях и на постах ЭЦ. Кислотные аккумуляторы наряду со своими преимуществами (большие токи разряда, стабильное напряжение разряда, которое выше по уровню, чем у щелочных аккумуляторов, значительный срок службы – до 1000 циклов заряд-разряд) имеют и ряд недостатков. Они требуют согласно технологии обслуживания выполнения контрольных измерений и мер по уходу один раз в четыре недели на станциях и переездах, а на перегонах в два раза чаще, размещаются в специально оборудованных помещениях, а обслуживающий персонал должен использовать специальные средства защиты.

Никель-железные, никель-кадмиевые (щелочные) аккумуляторы эксплуатируются в устройствах железнодорожной автоматики и связи с 50-х годов прошлого столетия, а кислотные (свинцовые) с 80-х и в большинстве случаев, учитывая экономические процессы, происходящие в Украине и странах СНГ в последнее десятилетие XX века и настоящее время, требуют замены. Следовательно, тема работы, связанная с анализом возможности применения современных типов аккумуляторных батарей в устройствах СЦБ и связи и изучением особенностей их эксплуатации, является актуальной задачей.

Было установлено, что для автономного питания переносной аппаратуры связи или измерительных устройств малой мощности могут быть использованы литий-ионные или литий-полимерные аккумуляторы, которые имеют самый высокий уровень номинального напряжения 3,6 В, и являются неприхотливыми и простыми в обслуживании, поскольку имеют низкий саморазряд и у них отсутствует «эффект памяти». Однако такие батареи быстро стареют (срок эксплуатации для литий-ионных два-три года, литий-полимерных – три-пять лет), имеют дорогое зарядное устройство, да и сами являются не дешевыми.

Одноэлементные литий-железофосфатные аккумуляторы с номинальным напряжением 3,2 В, и емкостью от 600 мА·ч (вес 15 г) до 36 А·ч (вес 900 г) можно использовать для питания радиостанций, датчиков, измерительных приборов. Выпускаются аккумуляторные сборки с номинальным напряжением 6, 9, 12, 24, 36 и 48 В, емкостью от 10 А·ч (вес 500 г) до 200 А·ч (вес 78 кг). Такие аккумуляторы могут быть внедрены для резервно-

го питания станционных и перегонных устройств железнодорожной автоматики, поскольку могут обеспечить токи разряда до 200 А, что характерно для крупных станций.

Литий-железофосфатные аккумуляторы как один из новых видов литиевых аккумуляторов с номинальным напряжением 3,2–3,3 В на один элемент и имеют удельную плотность энергии в 3–5 раза выше, чем у свинцово-кислотных аккумуляторов, и при этом они могут обеспечить высокую скорость разряда током до $10Q_{\text{ном}}$, являются дорогостоящими и требуют использования специальных зарядных устройств, несовместимых с зарядными устройствами литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторов.

Применение литиевых аккумуляторов в устройствах СЦБ и связи позволит улучшить условия труда электромехаников, что связано с исключением такого вредного фактора, как влияние паров или брызг серной кислоты на оборудование и обслуживающий персонал и, следовательно, повысить безопасность, облегчить труд, сократить место для размещения оборудования, и, таким образом, высвободить определенное число электромехаников.

MULTIMODE TWEAK-ATMOSPHERICS IN THE EARTH-IONOSPHERE WAVEGUIDE

Serdiuk T. N.

Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after akad.

V. Lazaryan

Shvets A. V., Krivonos A. P.

O. Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics of the National Academy of Sciences of Ukraine

Tweek-atmospherics, electromagnetic pulses of 10 – 100 milliseconds duration, propagating in the natural Earth-ionosphere waveguide (EIWG), represent a response of the natural cavity to the excitation by lightning discharges. Tweeks are formed due to small losses in the ionosphere at altitudes from about 85 to 95 km, where ionosphere effectively reflects VLF electromagnetic waves during nighttime. A study of this altitude range in the ionosphere by traditional methods meets essential problems due to relatively small electron densities ($10 - 1000 \text{ cm}^{-3}$). In this sense tweeks represent a useful natural means for radio sounding the lower ionosphere in a wide frequency band.

The proposed technique for estimating the EIWG cutoff frequencies is based on linearizing transformation of dispersion branches for higher order waveguide modes enhanced from dynamic spectrum of tweek in the time domain by seeking an optimal value of source range ρ .

Algorithms of the EIWG parameters estimation for the traditional “sonogram” and the proposed techniques are formulated as follows:

First technique:

1. calculation of dynamic spectrum;
2. selection of dispersion branches;
3. minimization deviation between measured and calculated dispersion branches by seeking optimal values of the SOD and cut off frequencies.

Second technique:

- minimization the sum of the slope coefficients for selected branches in the tweek by seeking an optimal value of the SOD that includes:
- rescaling tweek waveform with a new value of ρ by transformations;
- calculation of dynamic spectrum;
- selection of dispersion branches;
- calculation of the slope coefficients for the selected dispersion branches.

As we can see, the proposed algorithm is much more computer resource consuming in comparison to the first one. It includes rescaling tweek, calculating the dynamic spectrum and selecting dispersion branches at each cycle of seeking the optimal value of ρ , while in the first algorithm calculation of the dynamic spectrum and selection of the dispersion branches are performed only once. But the second algorithm has essential advantage in the accuracy of parameters estimation as it was demonstrated in the previous section.

Concluding this study we note the following.

Based on the numerical modeling of multimode tweek-atmospherics in the EIWG with exponential vertical conductivity profile of the lower ionosphere, it was shown that the dispersion relations, deduced for the simplest infinite plate waveguide model with perfectly conducting boundaries, can be applied to evaluate parameters of the vertical conductivity profile of the lower ionosphere with high accuracy for a wide range of distances to sources, from about 100 to a few thousand kilometers, as long as two or more dispersion branches in tweek can be detected.

A new technique has been proposed consisting in nonlinear scaling tweek waveform along the time axis that compensates the frequency dispersion in the signal and allows us to improve accuracy of estimation of the EIWG cut off frequencies, especially in the presence of noises.

АНАЛІЗ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ НЕТЯГОВИХ СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ

Сиченко В. Г., Босий Д. О., Кузнєцов В. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Барна А. І.

Регіональна філія «Львівська залізниця»

Електропостачання нетягових залізничних споживачів, розташованих на залізничних перегонах і залізничних станціях, що знаходяться на міжпідстанційних зонах (освітлення проміжних станцій, зупинних пунктів, лінійно-колійних будівель, пристроїв автоблокування та ін.), здійснюється, як правило, від ліній поздовжнього електропостачання 6, 10, 35 кВ або від районних електромереж. Основне живлення пристроїв СЦБ і зв'язку здійснюється від ліній електропередачі автоблокування напругою 6, 10 кВ, резервне живлення – від лінії електропередачі «два проводи-рейки» (ДПР) з номінальною напругою 25 кВ або від лінії електропередачі поздовжнього електропостачання (ПЕ) напругою 6 і 10 кВ.

Аналіз отриманих показників якості електроенергії в лінії ДПР показав, що в цілому статистичні характеристики усталеного відхилення напруги в мережі 27,5 кВ знаходяться в межах допустимих значень та за час спостереження змінювались незначно. Коефіцієнт несиметрії напруги за зворотною послідовністю на шинах 27,5 кВ тягових підстанцій змінювався в межах 0–3,63 %, що перевищує нормально допустиме значення, але знаходиться в межах гранично допустимих значень. Коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги на шинах 27,5 кВ тягових підстанцій змінювався в межах 0–10,5 %, що перевищує і нормально допустиме значення і гранично допустиме значення.

Аналіз отриманих показників якості електроенергії в лінії 10 кВ показує, що статистичні характеристики усталеного відхилення напруги знаходяться в нормованих межах та за час спостереження змінювались незначно. Коефіцієнт несиметрії напруги за зворотною послідовністю в лінії 10 кВ змінювався в межах 0–1,58 %, що не перевищує нормально допустимого значення. Проте, коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги в лінії 10 кВ тягових підстанцій змінювався в межах 0–14,4 %, що перевищує і нормально допустиме значення і гранично допустиме значення.

В свою чергу, на приєднаннях 0,4 кВ величина K_U знаходиться в межах 1,4–10,3 %, що перевищує нормально допустиме, але в межах гранично допустимого значення. При

цьому усталене відхилення напруги змінювалось від – 2,66 % до 7,42 %, що перевищує нормально допустимі значення. Коефіцієнт несиметрії напруги за зворотною послідовністю на приєднаннях 0,4 кВ змінювався в межах 0–3,43, тобто, в деякі моменти часу перевищував нормально допустимі значення.

Цікавим є спостереження за змінами коефіцієнту реактивної потужності в досліджуваних лініях. Так, в лінії ДПР, майже протягом всього часу має місце генерація реактивної потужності. Можна зробити висновок, що вона викликана ємнісною провідністю лінії при незначному рівні навантаження. В лінії 10 кВ режими генерації та споживання реактивної потужності чергуються та викликані циклічністю технологічного процесу нетягового споживача. На приєднаннях 0,4 кВ майже протягом всього часу спостереження має місце споживання реактивної потужності. Значення $\text{tg}\varphi$ на всіх досліджуваних рівнях напруги перевищує нормований рівень в 0,25.

В результаті виконання роботи досліджено показники якості електроенергії в лініях живлення нетягових споживачів. Показано, що проблема забезпечення якості електричної енергії стає гострішою і актуальною в зв'язку зі змінами характеру навантаження. Особливої уваги вимагає вирішення цього питання для промислових підприємств, оскільки для них характерна наявність значної кількості устаткування, на роботу якого істотно впливає якість електричної енергії.

Результати проведених досліджень показують, що проблема компенсації реактивної потужності має свою специфіку для кожного з рівнів напруги, яку необхідно враховувати при розробці заходів по поліпшенню якості електричної енергії.

ЗАВДАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРКІВ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ І БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ПРОГНОЗУВАННЯ

Скалозуб В. В., Іванов О. П., Скалозуб М. В., Білий Б. Б.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

У доповіді обговорюються деякі нові завдання щодо удосконалення процесів експлуатації парків технічних систем, а також підвищення безпеки залізничних перевезень за рахунок застосування інтелектуальних засобів систем автоматизації, зокрема прогнозування параметрів очікуваних станів з використанням нейронно-нечітких моделей. В якості об'єкту автоматизованої експлуатації розглядається парк стрілочних електричних двигунів, для ефективного обслуговування якого на основі параметрів поточного стану формуються спеціалізовані індивідуальні моделі. Відзначається, що експлуатація технічних систем (ТС) як певного їх об'єднання, парку, має важливі особливості, приводить до необхідності та можливості вирішення таких завдань, як прогнозування параметрів ТС на основі процедур відбору та аналізу подібних систем, а також визначення ефективної послідовності обслуговування та ремонту. Отримана при вирішенні зазначених завдань додаткова інформація дає змогу проведення більш гнучких та раціональних процедур експлуатації парку ТС, що у цілому підвищує безпеку залізничних перевезень за умов обмежених ресурсів.

При експлуатації парків ТС ефективно автоматизоване управління технологічними процесами реалізується на основі застосування інтелектуальних методів та експертних систем. Для чого було виконано формування баз правил нечітких експертних систем, призначених для класифікації об'єктів за даними їх частотного спектру робочого струму, а також для прогнозування станів стрілочних електродвигунів постійного струму у процесах експлуатації. Для прогнозування оцінок параметрів ТС застосовуються моделі нейронних мереж Кохонена, а також метод нечіткого управління Такагі-Сугено, в якому використано

процедури екстраполяції на основі аналізу «подібних» ТС, визначених на основі нечітких правил відбору серед об'єктів парку.

Особливість застосованих правил Такагі-Сугено (Т-Су) полягає у виконанні розрахунку значень вихідних функцій на основі багатовимірної лінійної екстраполяції (БЛЕ). При формуванні моделей Т-Су ураховуються наступні вхідні та вихідні параметри експлуатації. Вхідні параметри: період після обслуговування електромеханіком; період після останнього діагностування; висота щіток; характеристики спектру на попередніх кроках аналізу; інтенсивності поїздопотоків; достовірності типових видів несправності ін. Вихідні параметри: очікуваний період до певної відмови ЕД; очікувана величина вартості ремонту ТС; достовірності визначення станів ТС ін.

У доповіді також представлено сформовану процедуру із оцінки адекватності моделей екстраполяційного БЛЕ-прогнозування. Вона складається з наступних етапів:

- відбір за даними індивідуальних моделей експлуатації ТС для деякого контролюваного об'єкта множини «подібних»;
- формування на основі «подібних» множини варіантів для визначення статистичних параметрів прогнозування за БЛЕ;
- побудова регресійної моделі (МРГ) залежності відхилень параметрів станів ТС від прогнозів на основі методу БЛЕ, точності якої відповідають подальші прогнози.

У роботі за критерієм Фішера на рівні значущості $\alpha = 0,05$ підтверджено адекватність розробленої моделі регресії МРГ, яка зв'язує відхилення вихідного параметру $\Delta Y(\bar{X})$ з розрахунками за БЛЕ, виконаними на основі даних «подібних» ТС. МРГ із довірчими інтервалами застосовані для прогнозування і подальшого планування процесів експлуатації парків ТС.

В роботі представлено типові правила для прогнозування характеристик електродвигунів постійного струму МСП-0.25 за методом Т-Су із процедурами багатовимірної лінійної екстраполяції.

ДО ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ ПАРКУ СТІЛОЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ НА ОСНОВІ ПАРАМЕТРІВ ПОТОЧНОГО СТАНУ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ

Скалозуб В. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Осовик В. М.

Південно-Західна залізниця

Швець О. М.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

В останні роки в дослідженнях проблеми експлуатації парків стрілочних електричних двигунів (ЕД) отримані певні результати, призначені для створення елементів автоматизованих систем (АЕПЕД) управління на основі дистанційного моніторингу і діагностування параметрів поточного стану ЕД. В них визначені фактори складності створення АЕПЕД і встановлюється, що сучасне вирішення завдання із підвищення ефективності експлуатації парків стрілочних електродвигунів передбачає формування багатокритеріального управління експлуатацією парків ЕД на основі аналізу робочих струмів, а також обліку невизначеності стану ЕД та залізничної інфраструктури, враховуючи обмежені ресурси. При цьому в створюваній системі АЕПЕД необхідно прогнозувати стани та встано-

вити раціональну черговість оглядів та ремонту ЕД, розподілити роботи з обслуговування між виконавцями тощо. Автоматизоване вирішення комплексу таких нових завдань визначає сутність організаційно-технічних заходів підвищення ефективності експлуатації парків стрілочних електродвигунів, а також являється актуальним науково-практичним завданням залізничного транспорту України.

У доповіді розвиваються існуючі, а також обговорюються деякі нові завдання у сфері удосконалення формалізованих засобів для реалізації базових принципів і завдань із інтелектуального автоматизованого управління експлуатацією парку стрілочних ЕД на основі оцінок параметрів поточного стану та інфраструктури з урахуванням невизначеності (багатокритеріальність, нечіткість, стохастичність). При цьому сформована структура і процедури інтелектуальних індивідуальних моделей (ІМ) процесів експлуатації ЕД; удосконалені моделі із розрахунку черговості діагностування, обслуговування та ремонту парку ЕД, а також багатокритеріального управління експлуатацією на основі методів стохастичного і нечіткого управління, екстраполяції та експертних систем, які ураховують ступінь повноти даних.

В системі АЕПЕД передбачено, що для кожного ЕД утворено спеціалізовані ІМ, які відповідають процесам експлуатації (моніторинг, діагностування, ремонт). а також встановлюються їх зв'язки з моделями парку, із сукупністю інших. Ієрархічна система інтелектуальних ІМ експлуатації ЕД побудована за функціональними ознаками, зберігає спектри робочого струму ЕД, розпочинаючи від встановленого моменту. Сукупність ІМ має кілька рівнів, які призначені для виконання окремих завдань. А саме: моделі ІМ-(1) забезпечують даними процедури визначення поточного стану парку ЕД на основі вимірювань та спектрального аналізу робочого струму (швидке перетворення Фур'є, ШПФ), а також містять дані обслуговування стрілочних переводів (СП) електромеханіком за нормативами проведення різних видів перевірок ЕД. Моделі наступного рівня ІМ-(2) на основі кластеризації і подальшої класифікації даних про спектри ЕД забезпечують визначення несправностей, які виникли в пристроях, а також ще приховані але мають тенденцію до розвитку. Виявлені за моделями ІМ-(2) основні несправності (також і потенційні) аналізують моделями прогнозування і планування процесів експлуатації, рівень ІМ-(3). Результати моделей рівня ІМ-(3) на основі процедур прогнозування використовують для вирішення багатокритеріальних завдань із визначення черговості діагностування та ремонтів ЕД ін. Також складовими ІМ виступають набори ІМ інших ЕД, які входять до парку, з «подібними» характеристиками, для яких вже відомі дані наступних етапів.

Для ефективного керування парками ЕД в роботі побудовано удосконалені моделі, які ураховують неоднорідність (технічну та технологічну) окремих об'єктів через нерівноцінність зв'язків з рештою інфраструктури (за призначенням, відповідальністю, інтенсивністю функціонування, наявними ресурсами), що впливає на визначення раціональної черговості діагностування, ремонтів ЕД тощо. В створюваній АЕПЕД неоднорідність ЕД (відповідних поїздоділянок) визначається методами аналітичних ієрархій (МАІ, Т. Сааті), а також кластеризації. При визначенні важливості окремої ділянки (відповідних ЕД) ураховується її вплив на пропускну спроможність мережі, види перевезень (вантажні, пасажирські, місцеві ін.), напруженість та відповідальність (число поїздів, напрямок слідування), період року, місце знаходження тощо.

Структура моделі МАІ для оцінки показників важливості, представлена за рахунок вкладання вузлів, має такий вигляд:

$$MI = (P(S1, S2, S3, S4, S5), G(S1, S2, S3, S4, S5), PM(S1, S2, S3, S4, S5)),$$

де МІ – ієрархічна модель. Вузли першого рівня Р, G, РМ визначають пасажирські, вантажні та приміські перевезення, відповідно; їх підвузли другого рівня ієрархії S1, S2, S3, S4, S5 значать наступне: категорія поїзда, період, місце знаходження (місця простою: перегін,

станція), напруженість ділянки, період необхідний для відновлення транспортної мережі. За допомогою МІ визначають важливість окремих категорій ділянок, через них розраховують показники важливості інших ділянок залізничної мережі, які також застосовуються для визначення черговості діагностування та ремонтів ЕД.

У роботі ефективно управління експлуатацією парків ЕД реалізується на основі моделей векторної оптимізації (ВО) з наступними частковими показниками: E – поточні експлуатаційні витрати, P – рівень надійності системи, DZ – додаткові витрати при відмовах. Для реалізації завдання ВО використовується аксіоматичний метод скаляризації, який полягає у виборі узагальненого максимінного критерію оптимальності, що гарантує отримання рішення задачі ВО з такими властивостями: єдиний компроміс, задовольняє вимогам оптимальності по Парето, а також умовам симетрії (незалежність значення від індексу показника). У роботі показано, що виконання умов симетрії рішення задачі ВО забезпечується за рахунок взаємно компромісного характеру відношень показників ефективності (E , P , DZ), що встановлено у роботі, служить підставою для застосування моделі максимінного критерію оптимальності.

Зазначене багатокритеріальне управління в АЕПЕД реалізується на основі інтелектуальних методів та експертних систем (ЕС). При цьому в роботі виконано формування баз правил (БП) нечітких ЕС, призначених для класифікації об'єктів за даними їх частотного спектру, а також для прогнозування станів стрілочних ЕД у процесах експлуатації.

При формуванні БП був отриманий та досліджений частотний спектр зразків ЕД постійного струму, що мають різний технічний стан (справні, коротке замикання обмотки та пластин колектора, обрив секції якоря ін.). Спектр струму представлено 256 інтенсивностями гармонік ШПФ. У БП діагностування ураховуються середні арифметичні інтенсивності гармонік. У роботі побудовано узагальнені, нечіткі правила для діагностування зразків ЕД моделі МСП-0.25 для різних категорій несправності. Ці моделі являються правилами у формі Мамдани або Такагі-Сугено, поданими у спрощеній формі, що відповідає досліджуваним процесам, які представляють нечіткі величини інтенсивності гармонік спектру робочого току ЕД. Зазначена методика автоматизованої діагностики ЕД засобами нечітких ЕС дозволила вірно визначати всі типи несправностей («Коротке замикання обмотки», «Коротке замикання пластин колектора», «Обрив секції якоря» ін., а також відобразити процеси «розвитку» несправностей.

Також представлено метод управління Такагі-Сугено на основі індексів достовірності, що ураховує нелінійну модель агрегування результатів окремих правил і процедури екстраполяції на основі аналізу «подібних» екземплярів парку ЕД.

Приведено результати розрахунків за моделями автоматизованого управління експлуатацією парків стрілочних двигунів з урахуванням стану інфраструктури.

ПЕРЕТВОРЮВАЧІ З ПОЛІПШЕНИМ ГАРМОНІЙНИМ СКЛАДОМ ВХІДНОГО СТРУМУ

Сокол Є. І., Замаруєв В. В., Войтович Ю. С.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

В даний час велика кількість споживачів електричної енергії виступає нелінійним навантаженням для електромережі змінної синусоїдальної напруги. Підключення нелінійних навантажень викликає протікання вищих гармонік струму, що призводить до підвищення втрат у елементах електромережі, генерації широкосмугових кондуктивних завад, які впливають на роботу систем автоматики, передачі даних та ін.

Рівень вищих гармонік струму, що споживається з мережі змінного струму – сумарний коефіцієнт гармонійних спотворень (total harmonic distortion – THD) обмежується на рівні п'ятдесятої гармоніки частоти мережі.

Щоб задовольняти вимогам стандартів щодо рівня спотворень і підтримувати високе значення коефіцієнта потужності, необхідно використовувати перетворювачі з близьким до одиниці коефіцієнтом потужності і низьким THD струму. На практиці це означає, що потрібно використовувати нові перетворювальні агрегати або у вхідний ланцюг існуючих пристроїв з напівпровідниковими перетворювачами необхідно включати коректор коефіцієнта потужності (ККП), або модифікувати схему самого перетворювача.

Існує багато схем коректорів коефіцієнту потужності а саме:

- Трифазний активний випрямляч. Даний перетворювач працює як підвищуючий трифазний широтно-імпульсний перетворювач з корекцією коефіцієнта потужності. Частота перетворення вища ніж п'ятидесята гармоніка частоти мережі. Обов'язковою частиною перетворювача є вхідний індуктивний фільтр, що складається з трифазного реактора та фільтр високочастотних завад.

- Випрямляч VIENNA. Даний перетворювач модифікує шестипульсний випрямляч за рахунок введення «однофазних» ККП на базі підвищувального регулятора постійної напруги. Також обов'язковою частиною перетворювача є вхідний індуктивний фільтр та фільтр високочастотних завад. В силовому комутаторі використовуються повністю керовані ключі змінного струму.

- Трифазний коректор коефіцієнта потужності з інжекцією п'ятої гармоніки струму, що покращує енергетичні показники перетворювача.

Розглядаються переваги і недоліки кожного з перетворювачів, зокрема: характеристики силових елементів; характеристики системи керування; масогабаритні показники та інше. Особлива увага приділяється проблемам, які пов'язані з високою частотою модуляції, що використовується в перетворювачах даного типу: високий рівень динамічних втрат в напівпровідникових ключах, розширення спектру завад, що генеруються, підвищені вимоги до матеріалів і конструктивного виконання силових магнітних елементів перетворювачів та ін.

В роботі пропонується схемне рішення випрямляча, що має всі переваги багатопульсних випрямлячів з фазозсуваючим трансформатором, але зсув фаз проводиться за рахунок засобів керування. Відмова від трансформаторного устаткування суттєво покращує масогабаритні показники перетворювача. Наведено рекомендації щодо вибору пульсності випрямляча відповідно вимогам до гармонійного складу струму. Показано, що за значенням $THD = 8\%$ можливо використовувати 30-пульсний випрямляч з електронним зсувом фаз без додаткового фільтру, або 24-пульсний – з активним чи пасивним вхідним фільтром встановленою потужністю 1% від потужності навантаження. Розглянуто особливості алгоритмів керування.

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ АКТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ З НАКОПИЧУВАЧАМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ШИРОКОМУ ЧАСТОТНОМУ ДІАПАЗОНІ ЗБУРЕНЬ

Сокол Є. І., Замаруєв В. В., Івахно В. В., Стисло Б.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Вирішення проблем електромагнітного впливу (electromagnetic influence – EMI) і електромагнітної сумісності (electromagnetic compatibility – EMC) пристроїв електроживлення залізниці носить системний характер. Можна виділити ряд вимог до параметрів електричної енергії, виконання яких вимагає застосування різних інструментів. Для зниження пульсацій постійної напруги використовуються послідовні активні фільтри – вольтододаткові перетворювачі. Для зменшення коефіцієнта зсуву і коефіцієнта гармонік вхідного струму тягових підстанцій – паралельні активні фільтри, компенсатори реактивної потужності.

Наявність у гармонійному складі струму мережі електропостачання широкого спектру завад з періодом повторення від сотень секунд (при компенсації пульсацій активної потужності в системі тяги) до звукового діапазону спричиняє негативні наслідки як для самої мережі так і для систем, що до неї підключені. Окремо необхідно розглядати перешкоди з частотами одиниці-десятки кілогерц, які генеруються при роботі перетворювачів електричної енергії що можуть викликати небажані наслідки в роботі систем передачі службової інформації.

Для ефективного покращення ЕМС необхідно використовувати системи активної фільтрації (САФ). Принцип дії таких систем полягає в компенсації імпульсних завад. САФ може працювати як за сигналом збурення, так і по відхиленню від заданої величини. Необхідною умовою є можливість компенсації найбільш високочастотних впливів, для чого частота перетворення САФ повинна не менш ніж у чотири рази перевищувати частотний діапазон перешкод. Актуальним є розробка перетворювача, який поряд з високою частотою перетворення має низький рівень ЕМІ і високий ККД.

Енергія САФ береться з зовнішнього джерела живлення - накопичувача електричної енергії (НЕЕ). У ряді попередніх робіт авторів зазначалася доцільність використання в подібних системах гібридного накопичувача, що являє собою сукупність включених спеціальним чином накопичувачів різних типів. Гібридний накопичувач дозволяє «закріпити» за кожним із типів накопичувачів певний частотний діапазон, в межах якого накопичувач працює в оптимальному режимі.

Умовний розподіл частотних діапазонів виконано на графіку Рагоні. Користуючись ним, можна обґрунтувати доцільність використання в системі активної фільтрації струму мережі декількох типів НЕЕ з типовими постійними часу: конденсатори (мілісекунди), електролітичні конденсатори (до десятків мілісекунд); двошарові конденсатори (суперконденсатори) (одиниці-десятки секунд); літієві акумулятори (десятки хвилин – одиниці годин). Гібридний НЕЕ є досить складною системою і дозволяє за умови використання інтелектуальної системи енергоменеджменту здійснювати передачу енергії не лише в двох напрямках відносно мережі енергопостачання, а й між різними типами накопичувачів у середині структури. Для спрощення системи керування гібридним накопичувачем можна обмежитись лише двома типами НЕЕ: конденсаторами (електролітичними) та літієвими батареями: оскільки вища гранична частота роботи літієвих акумуляторних батарей, практично, перекриває частотний діапазон роботи суперконденсаторів.

КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ АНОМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ

Стасюк О. І., Гончарова Л. Л.

Державний економіко-технологічний університет транспорту

Інтелектуалізація електричних мереж залізниць передбачає розробку сукупності наукових, технічних і організаційних рішень у галузі синтезу математичних моделей, методів, алгоритмів і створення, на основі принципів самовідновлення і саморегуляції, сучасних інформаційних та мережевих технологій, орієнтованих для управління бистроплинними технологічними процесами постачання електроенергії. Концепція «розумної ефективності» енергоспоживання набуває широкого розвитку завдяки тому, що в ній відображається інтелектуальна взаємодія ціноутворення, технологічних процесів електропостачання та ефективності використання ресурсів. Якісно новий рівень в ефективності енергоспоживання став передумовою розвитку нового виду енергетики – інтелектуальної.

В доповіді приводяться результати аналізу прогресивних методів комп'ютерної інтелектуалізації процедур керування процесами які протікають в складних енергетичних об'єктах і системах. Показано, що для розв'язання головної проблеми оптимізації електроспоживання і створення енергозберігаючих технологій необхідно розробити сучасні ма-

тематичні моделі і методи формування нових знань шляхом визначення всієї повноти інформативності недетермінованих первинних даних, що відображають аномальні режими складних енергетичних систем. Запропоновано методи синтезу диференційних математичних моделей, синтезованих на основі математичного апарату Т-перетворень, для визначення інформативності зареєстрованої первинної інформації, що відображає енергетичний об'єкт, як основи формування нових знань. Розроблено комп'ютерно-орієнтовані методи організації інтелектуального обчислювального процесу, в сфері диференційних зображень, для проведення спектрального і кореляційного аналізу первинної інформації, представленої в вигляді Т-спектрів, для формування нових знань про аномальні режими функціонування систем електропостачання залізниць в процесі оптимізації електропостачання на тягу.

МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АПАРАТУРИ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ ТА ТЕЛЕМЕХАНІКИ

Стогній О. О., Лагута В. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Сьогодні дуже важливо мати інформацію про надійність електронного обладнання та апаратури систем залізничної автоматики та телемеханіки. Щоб мати уявлення про надійність електронного обладнання необхідно: мати інструкції, вимірювальні прилади та випробувальні стенди; проводити контроль якості матеріалів, напівфабрикатів і деталей, що поставляються; класифікувати дефекти та якісні характеристики виробів, що випускаються; проводити систематичний вибіркового контроль виробів за показниками якості; контролювати вид виробництва; спостерігати за нестандартними матеріалами, що використовуються при виготовленні; проводити спеціальні випробування без руйнування виробів, які випробуємо.

Для випуску якісного обладнання слід привести його до оцінки якості, в якій необхідно задати допустимий відсоток дефектів на один виріб, якщо він складний або декілька штук дефектних виробів на партію; визначити рівень середньої вихідної якості; визначити допустиму кількість обміркованих дефектів, що припадають на один виріб. Для того, щоб визначити критерії оцінки надійності необхідно: статистичні дані за деякі попередні періоди для розрахунку середніх значень параметрів якості та обґрунтування стандартизованих норм; дані, накопичені в процесі досліджень чи випробувань; знати значення параметрів, характеристик, технічні вимоги, які важливі для даного обладнання, в т.ч. дані аналізу витрат на забезпечення якості.

У динаміці процесу експлуатації виробу є 3 фази: налагодження, ефективна нормальна робота виробу та старіння (період ремонту). Відмова на кожному етапі експлуатації виробу описується за допомогою окремих законів розподілів випадкових величин. Для опису першої фази найбільш часто використовується γ -розподіл. Для другої фази – експоненціальний розподіл, для третьої фази – нормальний розподіл або суперпозиція нормального розподілу або експоненціального розподілу.

Планом вибіркового контролю виробу щодо терміну служби можна представити планом контролю безвідмовності, додавши зовнішнє навантаження і прийнявши як допущення, що після фази налагодження наступна фаза підпорядковується експоненціальному розподілу. При цьому можливі наступні варіанти організації випробувань з метою оцінки безвідмовності як середнього терміну служби виробу: випробування закінчуються після фіксації заздалегідь встановленого строку виявлення відмов (при цьому використовуються значення прийнятного і неприйнятного строків служби виробу для порівняння) та випро-

бування закінчуються по закінченню заданого часу з заміною або без заміни елементів, що залишилися.

В даний час найбільш відпрацьованою є методика «відбракованих» випробувань, передбачена стандартом США MIL-STD-883. Даний стандарт є основою для розробки великого числа програм забезпечення надійності РЕА (радіоелектронної апаратури), що виготовляється різними фірмами США та інших країн. Указана методика випробувань може бути застосована частково або в повній мірі для випробування електронних систем залізничної автоматики.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОЗОНА

Татарченко Г. О.

Восточно-украинский национальный университет им. Владимира Даля,
г. Северодонецк

Коррозия устройств железнодорожного транспорта - очень распространенная проблема. Металлический фонд данной отрасли народного хозяйства огромен и составляет миллионы тонн. Основные причины коррозии железнодорожного транспорта: высокая агрессивность окружающей среды, влажность, разнородность структуры металла и его состава, периодическое смачивание поверхности атмосферными осадками, загрязнение пылью и перевозимыми частицами (например, соль, уголь, минеральные удобрения).

Атмосферная коррозия на железнодорожном транспорте – встречается практически везде, где поверхность металла может контактировать с атмосферой (наружная часть грузовых и пассажирских вагонов, контактная сеть и др.). Особенностью атмосферной коррозии является возможность свободного подхода кислорода к корродирующей поверхности. Это обусловлено малой толщиной пленки и за счет конвекции перемешивания электролита.

Озон образуется из молекулярного кислорода O_2 при электрическом разряде или под действием ультрафиолетового излучения. При попадании солнечных лучей, даже в капле воды кислород преобразуется в озон.

Окислительное действие озона связано с образованием радикалов, которые инициируют реакции с металлическими и неметаллическими конструкциями. Предельно допустимая концентрация его в воздухе рабочей зоны – 0,0001 мг/литр. Растворимость озона в воде на порядок выше, чем кислорода, поэтому любая влага на поверхности является концентратором коррозионных процессов.

Именно поэтому даже в подкисленных электролитах атмосферная коррозия протекает с кислородной деполяризацией. В настоящее время чаще всего используют провода из алюминия и стали, что позволяет экономить дефицитные цветные металлы (медь) и снижать стоимость проводов, но существенно повышает скорость коррозии. Атмосферная коррозия сплавов, в основу которых входит железо (например, сталь), протекает с анодным или с анодно-омическим контролем.

Нами были получены вольтамперометрические зависимости плотности тока от задаваемого потенциала при разной концентрации озона. Озон получали при помощи лабораторной установки методом тихого разряда, концентрация его в воде ($10^{-4} \div 10^{-3}$ моль/л). В качестве идеального рабочего электрода использовали платину. Температуру поддерживали 20 °C с помощью термостата.

На основании полученных зависимостей $i_{обм} = f(C_{O_3})$, предложен вольтамперометрический способ определения концентрации озона в воде и растворах слабых кислот. Метод основан на измерении тока, протекающего через измерительный электрод при его поляризации относительно электрода сравнения, тогда как потенциометрический метод основан на измерении разности потенциалов измерительного электрода и электрода сравнения, хо-

тя в обоих методах могут быть использованы некоторые электроды из одинаковых материалов.

Вольтамперометрический метод измерения имеет следующие преимущества:

- он может применяться в средах, дающих малорастворимые осадки на электродах (загрязнения). В этих условиях потенциометрический метод измерения не работает из-за изменения потенциала измерительного электрода, а вольтамперометрический метод измерения позволяет производить измерения за счет самоочистки измерительного электрода при протекании через него электрического тока;
- он позволяет, при некоторых условиях, одновременно определять несколько компонентов в анализируемой среде. При потенциометрическом методе измерений дополнительные компоненты в анализируемой среде могут, наоборот, сделать невозможным определение основного компонента.

Разработка методов и приборов диагностики коррозионного состояния является актуальнейшей задачей, направленной на повышение надежности, снижение затрат на содержание контактной сети и повышение безопасности движения поездов.

СУЧАСНА МЕТОДОЛОГІЯ КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ДЛЯ ШВИДКІСНОГО РУХУ

Фесик М. О.

Регіональна філія «Львівська залізниця»

Сиченко В. Г., Кузнецов В. Г., Губський П. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

В останні роки успіхи в галузі проектування, спорудження та монтажу, впровадження сучасних технічних засобів на електрифікованих залізницях дають можливість реалізувати нові принципи живлення тягових мереж, які дозволяють максимально враховувати реальні характеристики та параметри систем електричної тяги поїздів. Фактично необхідно здійснити перехід від системи централізованого живлення до системи розподіленого живлення, в тому числі з використанням альтернативних джерел енергії, накопичувачів електричної енергії та інтелектуального обладнання. Досягнення мінімуму втрат активної потужності в системі електропостачання зі змішаною конфігурацією, має виконуватись за рахунок використання нових підходів до використання наявної в системі тягового електропостачання потужності.

Суть проблеми полягає в тому, що існуючі системи електропостачання електрорухомого складу, маючи значну встановлену потужність тягових підстанцій, не дозволяють забезпечити потрібний рівень питомої потужності тягової мережі в межах 1,5 – 2 МВт/км. Використання застосовуваних останнім часом засобів підсилення в багатьох випадках не забезпечує необхідних енергетичних показників і є досить дорогими. Перелічені фактори створюють передумови до заміни централізованої системи тягового електропостачання децентралізованою.

При формуванні методологічних підходів до нової схемотехніки тягової мережі необхідно враховувати наступні чинники:

1. режими роботи системи електропостачання (у тому числі тягового);
2. перспективи розвитку;
3. поєднання максимумів навантаження;
4. особливостей приєднання силових знижувальних і перетворювальних трансформаторів на тягових підстанціях;
5. характер навантаження.

Технологічною основою для нової системи розподіленого живлення може бути розроблений в Україні під керівництвом проф. Панасенка М. В. багатофункціональний перетворювач ПА-5200. Результати попереднього порівняльного розрахунку різних схем живлення тягової мережі показують, що втрати електроенергії при реалізації заданого графіку руху поїздів при застосуванні схеми розподіленого живлення склали 104,21 кВт·год, що на 35,9 % менше від втрат електроенергії при централізованому живленні.

Необхідно вказати, що регулювання споживаної потужності при цьому здійснюється на нових принципах:

- інтелектуальне керування активним обладнанням;
- оптимізація режиму функціонування системи тягового електропостачання при заданих обсягах перевізної роботи та в умовах швидкісного руху;
- адаптація характеристик передачі, перетворення та споживання електроенергії до режиму роботи системи тягового електропостачання.

MODELLING OF SAFETY-RELATED COMMUNICATIONS FOR RAILWAY APPLICATIONS

Franeková M., Lúley P.
University of Žilina, Slovak Republic

If the safety-related electronic system transfers information between different entities then the communication system is also part of a safety-related system and must be demonstrated that the transfer between end terminals is safe and in compliance with standard EN 50159. Safety-related communication system performs and fulfils safety functions with defined level of safety. Such a system includes a safety-related communication layer which contains all necessary mechanisms to ensure safety-related transfer of data. Selection and use of a safety code and other recommended techniques depends on whether is the possible unauthorized access to the system or not. This fact is very significant because in case of possible unauthorized access (malicious attacks) it is necessary to use cryptographic techniques with secret key. If there is no possibility of unauthorized access to the transmission system it is used non-cryptographic safety code (type A0). If the unauthorized access is possible we can achieve the safety by the transmission functions related with safety with the use of cryptographic mechanisms (type A1). Further is for this case used term cryptographic safety code. In case of possible unauthorized access can be used separate access protection layer (type B0 or B1).

Corruption of the message during transmission can be caused by the network user, by the failure of transmission medium, by the interference of messages or by electromagnetic noise. Errors of this type are categorized as unintentional attacks. They can be detected by the CRC (Cyclic Redundancy Check) or by the CS (Check Sum). Evidence of safety with respect to the safety integrity level and the nature of the safety-related process must demonstrate appropriateness of: probability of the detection of random error types and ability to detect all types of expected message corruption systematic types.

Safety code must be independent of the transmission code what can be achieved in two ways. One is to use different encryption algorithms and the second is to use different configuration parameters of the same algorithm. To meet the required safety integrity level must be the probability of undetected errors below specified limit. Safety code must be able to detect transmission faults (e.g. impact of EMI) and systematic faults in untrusted transmission system caused by hardware failures. Safety code must also be able to detect typical faults of transmission system.

In the paper we work with the message type A0 because we do not expect unauthorized access to the transmission system. Each message will be secured with non-cryptographic safety code CRC-r.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Шидловський Р. М.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна, Львівський коледж транспортної інфраструктури

Баб'як М. О.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна, Львівська філія

Одним з основних завдань щодо забезпечення безпеки руху поїздів – це забезпечення належного технічного рівня рухомого складу та технічних засобів об'єктів інфраструктури, тобто підтримання тягового рухомого складу в працездатному стані шляхом дотримання вимог Наказу № 1337/Н, Правил ремонту. Це є завдання першочергове для локомотивного господарства.

На жаль, з кожним роком збільшується кількість позапланових ремонтів тягового рухомого складу здебільшого з причин неякісного виконання ремонту і передчасного зношування вузлів та агрегатів. Виходячи з Аналізу стану безпеки руху поїздів в локомотивному господарстві Львівської залізниці за 2014 рік, видно, що найбільшу кількість позапланових ремонтів становлять електровози, постановка яких на неплановий ремонт була викликана несправностями, в основному колісних пар і елементів коліскового підвішування.

На жаль, механічна частина електровозів утримується у справному стані не завжди. Так, при експлуатації на ділянках колії із підвищеним зношуванням гребеня необхідно звертати увагу на утримання елементів противідносних пристроїв та коліскового підвішування, оскільки порушення норм їх утримання погіршує умови вписування в криві ділянки колії, а, відповідно, і зношування гребеня бандажа.

Однією із основних причин з яких вибраковують з подальшої експлуатації колісні пари електровозів є інтенсивне зношування гребеня бандажа по товщині та вертикальний підріз гребеня вище норм, встановлених Правилами технічної експлуатації залізниць України.

Забезпечення безпеки руху рухомого складу пред'являє високі вимоги до надійності і довговічності підшипників. Як правило, вузли тертя з невеликою частотою обертання заповнюють мастилом повніше, ніж швидкохідні вузли, так як зайва кількість змащення видаляється із зон з високими швидкостями взаємного переміщення поверхонь тертя внаслідок різкого падіння значень ефективної в'язкості мастила.

Елементи вузлів механічної частини електровозів серій ВЛ10, ВЛ11м, ВЛ80, таких як: втулки шарнірів важільно-гальмової передачі, втулки коліскового підвішування, втулки маятникової підвіски ТЕД, втулки стійок ресорного підвішування, втулки корпусів букс для кріплення валика ресорного підвішування виконані із високомарганцевистої зносостійкої сталі 110Г13Л (сталь Гадфільда). Висока в'язкість і, одночасно, спроможність зміцнюватись, надають цій сталі стійкість проти зношування, що задовольняє умовам надійності ЕРС та безпеки руху в експлуатації. Проте, при відсутності втулок із сталі 110Г13Л в локомотивних депо дозволяється втулки виготовляти із листів ресорної сталі 55С2, 60С2, 60С2А ГОСТ 14959-79 – листи після нагріву гнуть і зварюють стиковим швом, після цього – обробляють до розмірів у кресленні. Можливе також виготовлення втулок із сталі 45 з наступною механічною обробкою. Використання втулок із даних сталей не може забезпечити в повній мірі експлуатаційну надійність ЕРС та безпеку руху в експлуатації, внаслідок їх інтенсивного зношування. Це призводить до збільшення випад-

ків постановки електровозів на позапланові ремонти, високого відсотку браку при ремонті ПР-3 і, відповідно, до збільшення затрат робочого часу та матеріалів на відновлення.

В експлуатації необхідно ретельно підбирати антифрикційні матеріали із достатнім запасом міцності, зносостійкості, високою контактною витривалістю, високою корозійною стійкістю і забезпечувати при монтажі мінімальне початкове зміщення поверхонь тертя. Зміцнення поверхонь втулок, змашування елементів тертя, правильне регулювання підвішування з дотриманням зазорів, використання нових типів матеріалів дозволяють збільшити довговічність вузлів.

Забезпечення безпеки руху вимагає неухильного дотримання Правил та Інструкцій як при виконанні ремонтів, так і в експлуатації тягового рухомого складу.

На основі відомих патентів та власного досвіду у роботі нами розроблені рекомендації щодо підвищення експлуатаційної надійності механічної частини електровозів серій ВЛ10, ВЛ11м, ВЛ80, які дозволять підвищити стан безпеки руху поїздів.

Організації – учасники конференції

АК «Харьковоблэнерго»

Восточно-украинский национальный университет им. Владимира Даля, г. Северодонецк, Украина

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Мариуполь, Украина

Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ, Україна

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ, Україна

«ДП ПКТБ ИТ», Киев, Украина

Instytut Kolejnictwa, Warszawa, Polska

«Caddiesoft», Днепропетровск, Украина

Львівський коледж транспортної інфраструктури

Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз

Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Львів, Україна

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ, Україна

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

O. Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics of the National Academy of Sciences of Ukraine

ПАО «ДОНБАССЭНЕРГО», Старобешевская тепловая электрическая станция

ПАТ «Укрзалізниця»

Saudi Electricity Company (Саудовская Аравия)

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», Республика Беларусь, г. Гомель

Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова

University of Žilina, Žilina, Slovak Republic

ЗМІСТ

METODYKA POMIARÓW WPŁYWU ZAKŁÓCEŃ NA LICZNIKI OSI Adamski D., Białoń A., Furman J.....	4
АНАЛІЗ ПОШКОДЖУВАНOSTІ СТРУМОПРИЙМАЧІВ ШВИДКІСНИХ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ Антонов А. В.	5
АНАЛІЗ РОБОТИ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ПІСЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКІСНИХ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ Антонов А. В., Омельчук М. В.	6
ВПЛИВ КОНТАКТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУМОПРИЙМАЧІВ ЕЛЕКТРО- ВОЗІВ НА БЕЗПЕКУ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНУ СУМІСНІСТЬ Баб'як М. О., Горобець В. Л.	7
СПОСОБИ ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ОПЕРАТОРАМИ ТРАНСПОРТ- НИХ КОМПАНІЙ Бех П. В., Лашков О. В.	9
АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС РЕЄСТРАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ЛОКОМОТИВА Боднар Б. Є., Капіца М. І., Кислий Д. М.	10
ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЛОКОМОТИВІВ Боднар Б. Є., Очкасов О. Б., Любка В. С.	11
ЕКСПЕРТНА ПРОФІЛАКТИКА ЗАЛІЗНИЧНО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИ- ГОД Болжеларський Я.	12
АНАЛІЗ ГАРМОНІЙНИХ СПОТВОРЕНЬ ПЕРВИННИХ СТРУМІВ ЕЛЕК- ТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ЗМІННОГО СТРУМУ НА ОСНОВІ ЕКСПЕ- РИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ Босий Д. О.	13
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИ- СТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ Бочков К. А., Буй П. М.	14
ОЦЕНКА ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ ЧЕРЕЗ НЕОД- НОРОДНОСТИ КОРПУСА ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА МИКРОПРО- ЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ Бочков К. А., Казаков А. С., Комнатный Д. В.	16
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ КОЛЕС ВО ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ Буряк С. Ю., Гололобова О. О.	17

ВЛИЯНИЕ РЕЗОНАНСОВ В КОНТАКТНОЙ СЕТИ НА ДОПУСКАЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОМЕХ Białoń A., Adamski D., Furman J.....	18
ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ Василишин Д. О.	19
ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ ЗА РАХУНОК КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ ЇХ ПЕРЕТИНУ АВТОДОРОЖНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ Возняк О. М.	20
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ Гаврилюк В. И., Возняк О. М.	21
ДІАГНОСТУВАННЯ РЕЛЕЙНОЇ АПАРАТУРИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ Гаврилюк В. І., Дуб В. Ю.	22
ТЕХНИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ С ОЦЕНКОЙ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ Гаврилюк В. И., Завгородний А. В.	23
TESTING OF MODERN TYPES OF THE ROLLING STOCK ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY WITH RAILWAY SIGNALIZATION SYSTEMS Havryliuk V. I., Zavgorodnij O. V., Meleshko V. V.	24
ИСПЫТАНИЯ НОВЫХ ТИПОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ С УСТРОЙСТВАМИ СИГНАЛИЗАЦИИ И СВЯЗИ Гаврилюк В. И., Щека В. И., Мелешко В. В.	25
ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ РЕЙКОВИХ КІЛ В УМОВАХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВПЛИВУ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ Гаврилюк В. І., Щека В. І.	26
ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ ЛОКАЛЬНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ Голуб Г. М.	27
МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧКОВОГО КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ З ЛОКОМОТИВОМ Гончаров К. В., Бурковський Ю. В.	28

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНФИГУРАЦИИ РЕАЛЬНОЙ РАЗВЕТВЛЁННОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ Горпинич А. В., Халил Селим Т. М.	29
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСУ ВІДКЛЮЧЕННЯ ШВИДКОДІЮЧОГО ВИМИКАЧА АБ-2/4 Данилов О. А.	30
АДАПТИВНА АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА БАЗІ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ Денисюк С. П., Горенко Д. С.	31
THE SIMULATION OF ELECTROMECHANICAL PROCESSES IN A SYSTEM OF MUTUAL LOADING OF TRACTION ELECTRIC MACHINES Drubetskiy A. E.	32
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В СТЕНДЕ ИСПЫТАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ ТЕПЛОВОЗА Жуковицкий И. В., Ключник И. А.	33
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК ПУТЕМ МОНИТОРИНГА ДИСЛОКАЦИИ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ Иванов И. А., Чередниченко М. С.	34
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЯ РАДИОПОМЕХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ТАРЕЛЬЧАТЫХ ИЗОЛЯТОРОВ Ким Ен Дар	35
RATIONING CONSUMPTION OF FUEL - ENERGY RESOURCES FOR ELECTRIC TRANSPORT CONSUMERS Kirilyuk T. I., Karook V. O., Karook O. O.	36
DOKUMENTACJA SYSTEMÓW SRK A ICH BEZPIECZEŃSTWO Kusko M.	37
ЗАСТОСУВАННЯ ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ В СИСТЕМІ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ Косарев С. М., Хань К. О.	38
РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ СПЕКТРОВ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА ТЯГОВО-РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОКА ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА Костин Н. А.	39
ВПЛИВ РЕЖИМІВ СИСТЕМИ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕКУПЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПОЇЗДІВ Кузнецов В. Г., Саблін О. І, Губський П. В.	40
МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ Кузнецов В. Г., Саблин О. И, Губский П. В., Колыхаев Е. Г.	41

МЕТОД ВЕКТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЯГОВИХ РОЗРАХУНКІВ ДЛЯ ДВОХ ПОКАЗНИКІВ	
Лагута В. В.....	42
СОКРАЩЕНИЕ ВАРИАНТОВ ВЫБОРА ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ВЕКТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТЯГОВЫХ РАСЧЕТОВ	
Лагута В. В.....	44
КОМП'ЮТЕРНЕ ТА ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОДНОФАЗНОГО РЕЗОНАНСНОГО НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА З ФАЗОВИМ СПОСОБОМ КЕРУВАННЯ	
Лобко А. В.	45
ПРИСКОРЕННЯ ПОШУКУ ВІДМОВ В ПОСТОВИХ ПРИСТРОЯХ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ	
Маловічко В. В.	46
АВТОМАТИЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ В СИСТЕМАХ АВТОБЛОКУВАННЯ З ТОНАЛЬНИМИ РЕЙКОВИМИ КОЛАМИ	
Маловічко Н. В.	47
ОБ'ЄДНАННЯ СИСТЕМ НАПІВАВТОМАТИЧНОГО БЛОКУВАННЯ ТА СИСТЕМ КОНТРОЛЮ НАГРІВУ БУКСОВОГО ВУЗЛА	
Маловічко Н. В.	48
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ КОЛІС ВАГОНІВ НА БАЗІ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ	
Маловічко Н. В.	49
МЕТОДИКА ОЦІНКИ РЕСУРСУ ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ	
Міронов Д. В.	50
ВИПАДКОВИЙ ХАРАКТЕР ДИСКРЕТНОГО СПЕКТРУ ТЯГОВИХ НАПРУГИ І СТРУМУ СИСТЕМ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ	
Міщенко Т. М.	51
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ	
Мямлін С. В., Матусевич О. О.....	52
ВПЛИВ СТРУКТУРИ ВХІДНОГО ТА ВИХІДНОГО ВАГОНОПОТОКІВ НА ОБІГ ВАНТАЖНОГО ВАГОНУ	
Нестеренко Г. І., Музикін М. І., Музикіна С. І.	53
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ПРИЄДНАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДО ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ	
Пастушенко М. С.	54
АНАЛІЗ СПЕКТРА ВЛАСНИХ ЧАСТОТ СТІЙКИ	
Полях О. М.	55

БЕСКОНТАКТНЫЙ КОДОВЫЙ ТРАНСМИТТЕР БКТ-Д Профатилов В. И.	56
РОЗВИТОК ВИСОКОШВИДКІСНОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ І БЕЗПЕКА РУХУ Пішінко О. М., Матусевич О. О.	58
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ УСТРОЙСТВ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И СЦБ В ЗОНЕ СТАНЦИИ СТЫКОВАНИЯ Разгонов А. П., Дьяков В. А., Журавлев А. Ю., Андреев М. И.	59
ОЦІНКА ВПЛИВУ АСИМЕТРІЇ ТЯГОВОГО СТРУМУ НА РОБОТУ ПЕ- РЕГІННИХ РЕЙКОВИХ КІЛ Разгонов А. П., Ящук К. І.	60
SPECIFICS OF LCS USED TO ŽSR LINES Rástočný K., Nagy P., Ždánsky J., Balák J.	61
ЗАЩИТА ТОНАЛЬНОЙ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ ОТ КОРОТКОГО ЗАМЫ- КАНИЯ ИЗОЛИРУЮЩИХ СТЫКОВ Романцев И. О.	62
ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ТОНАЛЬНОЙ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ Романцев И. О.	63
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИНТЕРГАРМОНИК НА ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕР- ГИИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ НАГРУЗКИ Саенко Ю. Л., Бараненко Т. К.	64
АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВА- НИЯ СОСТОЯНИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВЫСОКОВОЛЬТ- НЫХ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ Саенко Ю. Л., Дьяченко М. Д.	65
ПРИВЕДЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ВКЛАДОВ ЛИНЕЙНЫХ ИСТОЧНИ- КОВ ИСКАЖЕНИЙ В ИСКАЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОЧКЕ ОБЩЕГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ К ЧАСТНОМУ СЛУЧАЮ ЛОКАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕ- НИЙ Саенко Ю. Л., Калюжный Д. Н., Свергуненко С. В.	66
ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕ- СКИХ СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ С УЧЕТОМ ВЕРО- ЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЙ ДУГИ Саенко Ю. Л., Попов А. С.	67

ПРИНЦИП ИСКЛЮЧЕНИЯ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ВКЛАДОВ ЛИНЕЙНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИСКАЖЕНИЙ В ИСКАЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОЧКЕ ОБЩЕГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ	
Саенко Ю. Л., Сухонос М. К., Калюжный Д. Н.	68
АНАЛИЗ РАБОТЫ КОДОВЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ГАРМОНИК ОБРАТНОГО ТЯГОВОГО ТОКА	
Сердюк Т. Н.	69
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ РЕЗЕРВНОГО ПИТАНИЯ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И СВЯЗИ	
Сердюк Т. Н., Профатилов В. И., Олейник А. Р.	70
MULTIMODE TWEAK-ATMOSPHERICS IN THE EARTH-IONOSPHERE WAVEGUIDE	
Serdiuk T. N., Shvets A. V., Krivonos A. P.	71
АНАЛІЗ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ НЕТЯГОВИХ СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ	
Сиченко В. Г., Босий Д. О., Кузнецов В. В., Барна А. І.	72
ЗАВДАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРКІВ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ І БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ПРОГНОЗУВАННЯ	
Скалозуб В. В., Іванов О. П., Скалозуб М. В., Білий Б. Б.	73
ДО ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ ПАРКУ СТІЛОЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ НА ОСНОВІ ПАРАМЕТРІВ ПОТОЧНОГО СТАНУ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ	
Скалозуб В. В., Осовик В. М., Швець О. М.	74
ПЕРЕТВОРЮВАЧІ З ПОЛІПШЕНИМ ГАРМОНІЙНИМ СКЛАДОМ ВХІДНОГО СТРУМУ	
Сокол Є. І., Замаруєв В. В., Войтович Ю. С.	76
ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ АКТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ З НАКОПИЧУВАЧАМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ШИРОКОМУ ЧАСТОТНОМУ ДІАПАЗОНІ ЗБУРЕНЬ	
Сокол Є. І., Замаруєв В. В., Івахно В. В., Стисло Б.О.	77
КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ АНОМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ	
Стасюк О. І., Гончарова Л. Л.	78
МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АПАРАТУРИ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ ТА ТЕЛЕМЕХАНИКИ	
Стогній О. О., Лагута В. В.	79

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОЗОНА Татарченко Г. О.....	80
СУЧАСНА МЕТОДОЛОГІЯ КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ ТЯГОВОЇ МЕ- РЕЖІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ДЛЯ ШВИДКІСНОГО РУХУ Фесик М. О., Сиченко В. Г., Кузнецов В. Г., Губський П. В.....	81
MODELLING OF SAFETY-RELATED COMMUNICATIONS FOR RAIL- WAY APPLICATIONS Franeková M., Lüleý P.....	82
АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ МЕХА- НІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОВОЗІВ Шидловський Р. М., Баб'як М. О.	83