

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА
ІНСТИТУТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ (ПОЛЬЩА)
ТОВ «ЕЛЕКТРОТЯГОВІ СИСТЕМИ»



**МАТЕРІАЛИ
VIII Міжнародної
науково-практичної конференції
«ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»
«ТРАНСЕЛЕКТРО - 2015»
(29.09 - 02.10.2015)**

Одеса
2015

Преподавателям и сотрудникам
кафедры «Электроснабжение железных дорог»
Днепропетровского национального университета
Железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

**УВАЖАЕМЫЙ ВИКТОР ГРИГОРЬЕВИЧ!
УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!**

**СЕРДЕЧНО ПОЗДРАВЛЯЕМ ВАС СО ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫМ
ЮБИЛЕЕМ – 85-ЛЕТИЕМ СО ДНЯ ОБРАЗОВАНИЯ КАФЕДРЫ.**

**ВАША КАФЕДРА ОДНА ИЗ СТАРЕЙШИХ И ВЕДУЩИХ КАФЕДР
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ВУЗОВ УКРАИНЫ И РОССИИ.
ВАШИ ВЫПУСКНИКИ ДОСТОЙНО ПРЕДСТАВЛЯЮТ ВАШУ ШКОЛУ ВО
ВСЕХ УГОЛКАХ НАШИХ СТРАН, СРЕДИ НИХ И КРУПНЫЕ
РУКОВОДИТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВАЮ, И ИЗВЕСТНЫЕ УЧЕНЫЕ.**

**МЫ ХОРОШО ЗНАЕМ ВАС ПО МНОГОЧИСЛЕННЫМ
МЕТОДИЧЕСКИМ РАЗРАБОТКАМ, УЧЕБНИКАМ, МОНОГРАФИЯМ И
НАУЧНЫМ ТРУДАМ.**

**ВЫ ПЛОДОТВОРНО РАБОТАЕТЕ НАД СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ
СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ВАШИ РАЗРАБОТКИ ШИРОКО
ИЗВЕСТНЫ НАУЧНОЙ ОБЩЕСТВЕННОСТИ И НАШЛИ СВОЕ
ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ УКРАИНЫ,
РОССИИ И ДРУГИХ СТРАН СНГ.**

**МНОГИЕ ГОДЫ НАС СВЯЗЫВАЮТ ДРУЖБА, ОБЩИЕ ИНТЕРЕСЫ
И ОБЩИЕ ЗАДАЧИ, МЫ РАДЫ НАШЕМУ ПЛОДОТВОРНОМУ
СОТРУДНИЧЕСТВУ.**

**ЖЕЛАЕМ ВАМ ПРЕУМНОЖАТЬ СВОЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ И
ТВОРЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ, СТАБИЛЬНОСТИ, СЧАСТЬЯ, ЗДОРОВЬЯ И
ТВОРЧЕСКОГО ДОЛГОЛЕТИЯ.**

МЫСЛЕННО С ВАМИ.

**ЗАВ. КАФЕДРОЙ «АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ» РОСТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

**Д.Т.Н. ПРОФЕССОР,
ЗАСЛУЖЕННЫЙ РАБОТНИК ТРАНСПОРТА РФ Ю.И. ЖАРКОВ**



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

ІНСТИТУТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ (ПОЛЬЩА)

ТОВ «ЕЛЕКТРОТЯГОВІ СИСТЕМИ»



*Присвячується 85-річчю створення кафедри
Електропостачання залізниць*

Матеріали

**VIII Міжнародної науково-практичної конференції
ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТРАНСПОРТУ
«ТРАНСЕЛЕКТРО-2015»**

Материалы

**VIII Международной научно-практической конференции
ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТА
«ТРАНСЭЛЕКТРО-2015»**

Proceedings

**of the VIII International Scientific Conference
ELECTRIFICATION ON TRANSPORT
«TRANSELECTRO – 2015»**

29 вересня – 2 жовтня 2015 р.

Одеса
2015

УДК 621.331

Електрифікація транспорту «ТРАНСЕЛЕКТРО – 2015»: Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 29.09 – 2.10.2015 р.) – Д.: ДНУЗТ, 2015. – 114 с.

В збірнику представлені матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Електрифікація транспорту «ТРАНСЕЛЕКТРО – 2015», яка відбулась 29.09 – 2.10.2015 р. в м. Одеса.

Збірник призначений для науково-технічних працівників залізниць, підприємств транспорту, наукових організацій, викладачів і науковців вищих навчальних закладів, аспірантів і студентів.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Мямлін С. В. – д.т.н., проф. (ДНУЗТ, Україна)

Гетьман Г.К. – д.т.н., проф. (ДНУЗТ, Україна)

Сиченко В.Г. – д.т.н., с.н.с. (ДНУЗТ, Україна)

Адреса редакційної колегії:

49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Матеріали в збірнику друкуються на мові оригіналу в редакції авторів.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Співголовуючі:

Пшінько О.М. – д.т.н., проф., ректор ДНУЗТу;

Завгородній О.В. – к.т.н., в.о. генерального директора Укрзалізниці.

Заступники голови комітету:

Максимчук В.Ф. – начальник Головного управління електрифікації і електропостачання Укрзалізниці.

Мямлін С.В. – д.т.н., проф., проректор з наукової роботи ДНУЗТу;

Гетьман Г.К. – д.т.н., проф. зав. кафедрою Електрорухомий склад залізниць ДНУЗТу;

Сиченко В.Г. – д.т.н., с.н.с., зав. кафедрою Електропостачання залізниць ДНУЗТу.

Члени наукового комітету:

Аврамович Зоран Ж. – д.т.н., проф. (Сербія)

Афанасов А.М. – д.т.н., проф., (ДНУЗТ)

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

Бялонь А. – к.т.н. (Інститут залізничного транспорту, Польща)

Вайчюнас Г. – д.т.н., проф. (Вільнюський технічний ун-т ім. Гедімінаса, Литва)

Васяк І. – д.т.н., проф. (Лодзинська політехніка, Інститут електроенергетики, Польща)

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

Далека В.Ф. – д.т.н., проф. (ХГТУКХ, Україна)

Іньков Ю. М. – д.т.н., проф. (МІТ, Росія)

Кричевський М. – проф. (SATEC, Ізраїль)

Кузнецов В.Г. – д.т.н., проф., (ДНУЗТ)

Лагута І.І. – головний інженер ЦЕ (Україна)

Омарбеков А.К. – д.т.н. (Казахстан)

Панасенко М. В. – д.т.н., проф. (ХФ ГНИЦ УЗ)

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

Сергеєв Д.А. – д.т.н., проф. (РГТУ, Латвія)

Сидоров О.О. – д.т.н., проф. (ОмГУПС, Росія)

Спискала В. – д.т.н., проф. (Остравський технічний університет, Чеська республіка)

Торок А. – к.т.н. (Будапештський університет технології і економіки, Угорщина)

Шелонг А. – д.т.н., проф. (Варшавська політехніка, Польща)

Фітін В.О. – нач. технічного відділу ЦЕ (Україна)

Секретар конференції:

Кирилюк Т.І. – к.т.н., доц. кафедри Електропостачання залізниць ДНУЗТу.

СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ»

АДАПТАЦІЯ СИСТЕМИ АКТИВНОГО ЗАХИСТУ ВІД ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КОРОЗІЇ ДО ЗМІНИ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ ЗАХИСТУ

Азюковський О.О. Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»

Технічний стан підземних металевих газопроводів в Україні зумовлює актуальність проблеми підвищення якості захисту від електрохімічної корозії. Враховуючи розгалуженість системи залізничного електротранспорту, яка є потужним джерелом струмів, що блукають, щільне розташування споживачів природного газу, доцільно розгортання активних методів захисту від корозії, які враховують особливості об'єкту захисту. Під час розрахунку системи електрохімічного захисту від корозії, як зазвичай береться до уваги робота зі сталими значеннями напруги та струмів електротехнічної системи «станція катодного захисту – підземний металевий трубопровід – навколишнє середовище – рейковий залізничний транспорт». Це не повною мірою відповідає реальним умовам експлуатації станції катодного захисту (СКЗ). Джерелами захисного струму в СКЗ є перетворювачі електричної енергії, що побудовані на основі сучасної напівпровідникової елементної бази.

Невраховування факторів, що впливають на формування кінцевих значень схеми заміщення електротехнічної системи активного захисту від корозії, призводить до отримання робочої точки, що відрізняється від розрахункової. Наприклад, залежність активного опору металевого трубопроводу від його діаметру та частоти коливань сигналу на виході СКЗ для труб малого діаметру (до 0,4 м.) свідчить про значний вплив частоти коливань напруги на значення активного опору. Значення активного опору для одного діаметру трубопроводу за умови різної частоти (1 кГц – 16 кГц), що є присутньою у частотному спектрі сигналу на виході СКЗ, відрізняється у 4 рази. Таким чином, робоча точка системи електрохімічного захисту не співпадає з розрахунковою, що попередньо визначалася за умови розгляду тільки сталої складової струмів та напруги.

Шляхом зміни форми сигналу керування станом силового елементу, є можливість впливати на частотний спектр сигналів на виході СКЗ. Це дозволяє сформулювати одночасно дві електротехнічні характеристики елементів схеми заміщення системи катодного захисту від корозії підземного металофонду: амплітуду напруги, що подається до об'єкту, який підлягає захисту, та опір трубопроводу. Таким чином, використовуючи залежності активного опору від частоти та діаметру трубопроводу формуємо два канали керування з забезпечення бажаної робочої точки: шляхом зміни частотного спектру сигналу на виході СКЗ, та змінюючи амплітуду сигналу. Використання сигналів, що є відмінними від класичного сигналу керування станом силових ключів забезпечує формування бажаного опору навантаження на СКЗ шляхом використання експоненціального або трапецеїдального сигналів або їх комбінації.

Зміни струмів, що блукають, сезонних погодних показників впливають на фізико-хімічні властивості ґрунту. Вологість ґрунту зумовлює зміщення робочої точки, що у випадку зменшення опору джерела струму призводить до перекомпенсації захисного потенціалу та активізує процеси відділення ізолюючого покриття від металевої поверхні трубопроводу. Також, перекомпенсація захисного потенціалу свідчить про надмірне споживання електричної енергії, витрати матеріалу анодного заземлювача тощо.

З метою уникнення перелічених негативних явищ, пропонується алгоритм роботи системи керування СКЗ, що враховує зміни у навколишньому середовищі. Запропонований алгоритм керування забезпечує не тільки врахування особливостей об'єкту керування, але

й адаптацію до змін в умовах роботи системи активного захисту підземних металевих трубопроводів від електрохімічної корозії.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОСВОЕНИЕ В ТЯГОВОМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ТОКА НА ОСНОВЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ

Бадёр М.П., Лобынцев В.В., МГУПС (МИИТ)

В настоящее время становятся наиболее актуальными научные исследования по разработке, испытаниям моделей и промышленных образцов разнообразного электротехнического оборудования на базе высокотемпературных сверхпроводниковых материалов, включающего кабельные линии электропередачи, трансформаторы, электродвигатели, реакторы, накопители энергии.

Использование и освоение сверхпроводниковых технологий и нового высокотемпературного сверхпроводникового электротехнического оборудования в локомотивной и стационарной энергетике позволит на принципиально новом уровне решить вопросы повышения надежности и эффективности тягового электроснабжения, экономии электроэнергии.

Установка на тяговых подстанциях (ТП) сверхпроводниковых ограничителей токов позволит существенно снизить термическое и динамическое действие токов короткого замыкания на силовое оборудование и токоведущие части. В тяговых сетях постоянного тока возможны несколько вариантов установки сверхпроводниковых ограничителей токов (СОТ) в силовую цепь ТП: на каждый фидер контактной сети; в цепь плюс шины каждого преобразовательного агрегата в отдельности; в цепь плюс шины дополнительно объединяющей оба преобразовательных агрегата.

Имитационное моделирование токоограничивающего действия СОТ проводилось применительно к ТП на участке с интенсивным пригородным движением. СОТ устанавливался в стандартные размеры ячеек фидеров тяговой сети при компоновке СОТ+1×ВАБ-49. Для полноты картины токоограничивающего действия рассмотрены: случай компоновки СОТ+2×ВАБ-49 и типовые решения – 1×ВАБ-49 и 2×ВАБ-49. Оказалось, что сверхпроводниковый ограничитель токов короткого замыкания является сверхбыстродействующим устройством, которое обладает способностью ограничивать не только установившееся значение тока к.з., но и полностью срезать амплитуду сверхпереходного тока к.з., на что не способен ни один из самых совершенных быстродействующих выключателей.

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРУ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ КЛЮЧОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Баранюк Р. А., Тодоренко В.А., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Проблема перегріву напівпровідникових перетворювальних пристроїв, які використовуються на залізничному транспорті, є доволі актуальною. Особливо суттєвою ця проблема є для перетворювальних пристроїв, які працюють у ключовому режимі з нестатичним робочим інтервалом. Тривалість робочого інтервалу та часу роботи у цьому випадку залежить лише від дій користувача. Робота даних пристроїв проходить в постійних пускових перехідних

електромагнітних процесах. Характер перехідних процесів та нагрів елементів перетворювачів у такому випадку залежать не лише від поточного навантаження, а і від попередніх режимів роботи. Для розрахунків даних пристроїв необхідно аналізувати як перехідні та сталі електромагнітні процеси, так і перехідні теплові процеси, тому що можливе виникнення аварійних режимів роботи напівпровідникових приладів перетворювачів.

Роботу перетворювача можна описати системою диференціальних рівнянь вигляду $\frac{dX}{dt} = A \cdot X + B$, де X - вектор змінних станів, A - вектор залежних змінних, та B - зовнішніх впливів. Наприклад, в ключових перетворювачах, які працюють з широто-імпульсною модуляцією, вектором змінних станів являються струм через індуктивність та напруга ємності, вектор A характеризує опори, ємності, індуктивності схеми, вектор зовнішнього впливу характеризує зовнішнє джерело напруги або струму в моменти їх підключення до кола. Для схеми понижуючого широтно-імпульсного перетворювача, що описується рівнянням другого порядку, можна отримати рішення даної системи: $X = e^{A_1} (e^{A_2} \cdot X(mT) + A_2^{-1} (e^{A_2} - I) \cdot B)$, де e^{A_1} та e^{A_2} – експоненціальні матриці закритого та відкритого стану транзистору відповідно, різниця між якими являється лише в першому компоненті матриці, який у випадку 1 залежить від опору діода, у випадку 2 – від опору транзистора; $X(mT)$ – початковий стан струму і напруги на початок періоду; A_2^{-1} – обернена матриця, I – одинична матриця.

У роботі визначалися характеристичні корені експоненціальної матриці. У випадку рівності активних опорів транзистора та діода, для понижуючого широто-імпульсного перетворювача з розімкненою системою керування, в якому наявні індуктивність і ємність фільтру, система може мати два кореня. При різних опорах – чотири корені. За значеннями коренів можна охарактеризувати тип перехідного процесу.

На етапі рівності модулів будь-яких з коренів (корені квадратного рівняння є комплексно-спряжені), процес переходить в коливальний режим, який є доволі небезпечним, оскільки при нагріві компоненту, граничні електричні параметри компонентів понижуються, а при коливальному процесі можливі стрибкоподібні підвищення струму або напруги, які при перевищенні максимально допустимих величин можуть призвести до перегріву та аварії пристрою. При чотирьох різних коренях, перехідний процес має аперіодичний характер з затуханням, тривалість процесу та його максимуми можна проаналізувати відношенням характеристичних коренів до частоти перемикання пристрою.

Суміщений аналіз перехідних електромагнітних та теплових перехідних процесів під час роботи перетворювального пристрою являється необхідним для забезпечення теплового захисту та уникнення переходу роботи перетворювачів в аварійні режими. Аналіз електромагнітних процесів дозволяє врахувати в теплових розрахунках моменти змін характеристичних коренів експоненціальної матриці і уникнути аварій, пов'язаних з використанням аварійно небезпечного коливального типу перехідних процесів.

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ТА АРХІТЕКТУРА ІНТЕГРОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Бех П.В., Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту ім. акад. Лазаряна

Одним із головних завдань сучасних ТЛК є забезпечення своєчасного постачання інформації потрібної якості менеджерам з метою досягнення ефективності прийнятих управлінських рішень.

Проблеми побудови інтегрованої інформаційної системи відомі. Це:

- неоднорідність інформаційних джерел;
- різноманітність бізнес-завдань;
- технічна (апаратна) неоднорідність;
- різний рівень підготовки користувачів і різноманіття вимог до інтерфейсних рішень.

У той же час вже накопичений досить багатий досвід розробки такого роду систем для управління великими компаніями за кордоном. Цей досвід дозволяє сформулювати вимоги до структури, змісту і функціонального призначення основних модулів інформаційних систем для обслуговування транспортно-логістичних ланцюгів доставки товарів. Такими модулями є:

- сховище первинних даних і витягнутої з них корисної інформації із засобами стиснення і упаковки;
- система інтелектуалізації даних (фільтрація, конвертування, трансформація, збагачення і т.п.);
- система інтелектуального аналізу даних та забезпечення підтримки прийняття рішень;
- пакет для поглибленої аналітичної обробки інформації;
- система пошуку за запитом і формування звітів;
- блок фінансових і бухгалтерських додатків;
- моніторингова диспетчерська система з геоінформаційними можливостями;
- пакет дослідних додатків, включаючи системи моделювання транспортних процесів;
- модуль ділового аналізу (ризиків, інвестицій, надійності тощо);
- канал виходу в глобальні інформаційні мережі;
- система управління якістю та ефективністю товароруху;
- додатки для розробки і трансляції в глобальну мережу реклами;
- система оперативної розробки та інформаційної системи менеджера.

Сучасний модульний підхід до вирішення проблем автоматизації управління великими ТЛК дозволяє реалізувати індустріальні, засновані на типізації технології. Типізація операцій та їх висока повторюваність - основа ефективності сучасних високоефективних систем в управлінні документообігом, діловими і технологічними процесами.

Використання нових розробок і технологій у поєднанні з сучасними ERP-системами дозволяє створювати нові системи класу КІС. Такі системи в змозі забезпечити спільне управління діловими та технологічними процесами транспортно-логістичного центру.

СУЧАСНІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

Божко В. В., Демченко С. В., ДП «Укрзалізничпроект»

Тягова енергетика залізниць України останнім часом все більше і більше потребує модернізації та оновлення існуючого обладнання. Не є таємницею те, що від його ефективної роботи залежить як конкурентоспроможність залізничного транспорту так і енергоефективність залізниць в цілому. Відомо, що перерва в роботі тягової підстанції може спричинити зрив графіків руху поїздів, розлад складного процесу перевезень а це в свою чергу вже приносить збитки залізничному транспорту. Великі щорічні втрати коштів на тягу поїздів ставлять на перший план проблеми енергозбереження в галузі задачі підвищення енергоефективності господарства електрифікації і електропостачання.

За даними «Укрзалізниці», ступінь зносу силового електричного обладнання тягових підстанцій залізниць України на сьогодні становить близько 70%. Це вказує на необхідність заміни основних елементів обладнання тягових підстанцій у найближчій перспективі. Але проблемою остається і застарілі схеми живлення контактної мережі і районних споживачів з порівняно низьким коефіцієнтом потужності і коефіцієнтом корисної дії та збитковою установленою потужністю електрообладнання тягових підстанцій.

Так, на тягових підстанціях постійного струму потребують заміни шестипульсові випрямлячі, оскільки вони мають великі втрати електроенергії в шунтуючих резисторах та системі примусової вентиляції. Дійсно, ці перетворювачі необхідно замінювати на сучасні дванадцятипульсові випрямлячі. Але слід пам'ятати і те, що сформована на початок 90-х років минулого століття практика використання на всіх тягових підстанціях перетворювальних агрегатів однієї потужності, а саме потужності 10,56 МВт, не є економічно доцільною через різні величини середньодобової переробки електроенергії на тягу. А 100% резервування потужності перетворювальних агрегатів на більшості тягових підстанцій постійного струму здорожує модернізацію і робить енергозатратною експлуатацію підстанцій. Останнє особливо проявляється для тягових підстанцій постійного струму з середньодобовою переробкою електроенергії на тягу до 55 тис. кВт·год.

На тягових підстанціях змінного струму для зниження споживання реактивної енергії з зовнішньої трифазної мережі доцільно встановлювати компенсатори реактивної потужності. Досвід експлуатації регульованих фільтро-компенсаційних пристроїв показав зниження споживання реактивної енергії з мережі зовнішнього електропостачання в середньому на 20%, що дає суттєву економію коштів на оплату електроенергії.

Так, силами залізниць проводяться дії по заміні силових трансформаторів, які вичерпали встановлений термін служби на нові, в яких менші втрати короткого замикання та холостого ходу, проводяться заміни високовольних масляних вимикачі на сучасні вакуумні або елегазові вимикачі. Отже всі розуміють, що на нинішній технічній базі господарств залізниць практично неможливо домогтися підвищення енергоефективності, але слід проводити заходи не тільки по заміні застарілого силового обладнання на тягових підстанціях також необхідно застосовувати і нові сучасні схеми керованого електроспоживання, що в свою чергу дозволяють реалізовувати енергооптимальний процес перевезень та мінімізувати перетоки електроенергії, що в свою чергу приведе до підвищення енергоефективності залізниць України.

СПЕЦИФІКА ПОБУДОВИ ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ПІДПРИЄМСТВ ГІРНИЧОДОБУВНОЇ ГАЛУЗІ

Бойко С.М., Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського;
Пироженко А.В., Металургічний інститут ДВНЗ «Криворізький національний
університет»

Відповідно до стратегії розвитку, українській електроенергетиці сьогодні вкрай важливо активно залучатися до впровадження альтернативних відновлювальних джерел електричної енергії. В свою чергу, поєднання джерел розосередженої генерації в одну структуру дозволяє сформувати мережі, для яких досягається узгоджене функціонування всіх її елементів, що сприяє зменшенню технологічних втрат енергії.

Водночас, аналіз розподілу споживання електроенергії свідчить, що велика частка споживання електричної енергії припадає саме на локальні енергетичні об'єкти, що обумовлює в цілому актуальність вирішення питань енергоефективності їх експлуатації.

Для розв'язання вищевикладеної мети була проаналізована можливість і специфіка роботи вітрових міні електростанцій (ВМЕС) в умовах діючих підприємств гірничодобувної галузі, розроблена конструкція комплексу, синтезована її структура. Розроблена структура ВМЕС і система управління нею дозволяють збільшити надійність і якість електропостачання споживачів, а також підтримувати безперебійність електропостачання споживачів електричної енергії.

За результатами дослідження, було зроблено висновок про те, що системи електропостачання із ВМЕС характеризуються наявністю в них генераторів обмеженої потужності, широким діапазоном зміни параметрів навантаження тощо. У зв'язку з цим вимоги, які висуваються до схем електропостачання локальних енергетичних систем (ЛЕС) різноманітні і залежать, насамперед, від вимог надійності, величини споживаної об'єктом потужності, а також віддаленості споживачів від джерел живлення електроенергії, наявності зон з забрудненими та агресивними середовищами, впливу самих ЛЕС на якість електричної енергії тощо.

Таким чином, ВМЕС слід наблизити до об'єкту електроживлення з метою зменшення кількості мережевих ланок та ступенів проміжної трансформації електроенергії та комутації в системі електропостачання в ЛЕС, що є можливим на основі децентралізованої архітектури. Це, з одного боку, зменшує кількість проміжних ланок між генерацією та споживанням, а також знижує кількість ступенів трансформації в ЛЕС, а з іншого може збільшити кількість факторів негативного впливу на якість електроенергії та процеси в ЛЕС.

В результаті аналізу можливості впровадження ВМЕС, як локальних енергетичних систем було виявлено, що джерела РГ, а саме ВМЕС, впливають на розподільні мережі в ЛЕС та перетворюють їх на активні елементи. Це призводить до необхідності внесення змін у прийнятті стратегії керування ЛЕС та планування структури і режимів локальних енергетичних систем. При цьому їхній вплив може мати як позитивний, так і негативний характер, тому доцільно заздалегідь ґрунтовно досліджувати та аналізувати питання приєднання джерел РГ до ЛЕС.

Висновки. На підприємствах гірничодобувної галузі є актуальним та можливим впровадження локальних енергетичних систем на базі альтернативних відновлювальних джерел електричної енергії. Водночас з метою енергоефективного використання альтернативних відновлювальних джерел електричної енергії в локальних системах електроживлення необхідно ґрунтовно аналізувати питання приєднання їх до локальних мереж.

АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА БАЗІ ВІТРОВИХ МІНІЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УМОВАХ ПІДПРИЄМСТВ ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОГО КОМПЛЕКСУ

Бойко С.М., Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського;
Саблин О.І., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Підприємства гірничо-металургійної галузі промисловості України є одними з найбільших споживачів паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) держави. Частину ПЕР вищезгадані підприємства отримують від обленергосистем електричних мереж, а іншу

частину виробляють на власних електростанціях. Впровадження та використання автономних джерел енергії веде до зменшення впливу на навколишнє середовище, рівномірного розподілу енергетичних ресурсів, децентралізації виробництва електричної енергії. Тому, все актуальнішим стає збільшення обсягів отримання енергії за рахунок використання поновлювальних джерел, особливо енергії вітру, силами самих гірничорудних підприємств.

Для досягнення вищевикладеної мети була проаналізована можливість і специфіка роботи вітрових мініелектростанцій (ВМЕС) в умовах діючих підприємств гірничо-видобувного комплексу (ГВК). Створення ВМЕС для електропостачання виробничо-господарського ГВК дозволяє виробляти й накопичувати електроенергію за наявності вітру, а при штилі використовувати акумуляторні батареї, а за необхідності використовувати живильну мережу підприємства для додаткового електропостачання (рис.1).

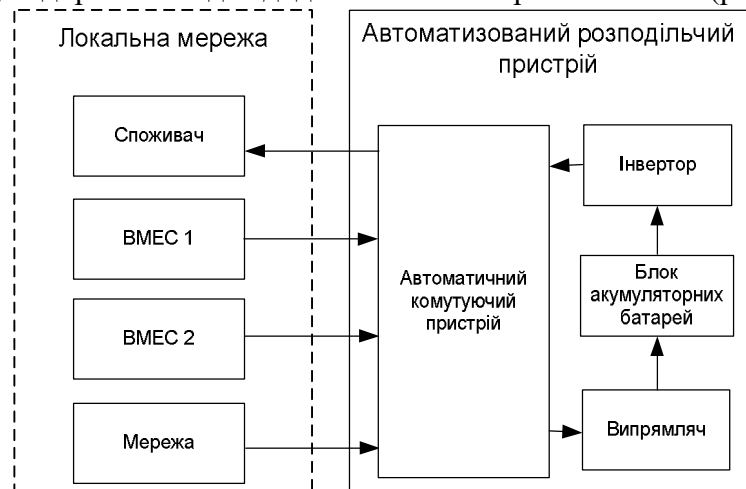


Рисунок 1 – Структурна схема автоматизованого розподільчого пристрою

При роботі ВМЕС паралельно з локальною мережею, доводиться вирішувати питання, пов'язані з усталеною роботою станції, що виключає перевантаження генератора, за умов надійності в експлуатації. Усе це вимагає створення механічних і електричних пристроїв для автоматичного регулювання ВМЕС. Таким чином, за умов достатнього електропостачання споживача від ВМЕС, енергосистема працює в автономному режимі (рис. 1). Таким чином мережа є додатковим аварійним джерелом електричної енергії.

За такої системи регулювання підвищується надійність електропостачання споживача та модульність системи в цілому. Оскільки, за необхідністю, відбувається регулювання кількості акумуляторних батарей та ВМЕС.

За такої системи регулювання підвищується надійність електропостачання споживача та модульність системи в цілому. Оскільки, за необхідністю, відбувається регулювання кількості акумуляторних батарей та ВМЕС.

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЄМНОСТЕЙ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Бондар О.І., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Під час аналізу швидкоплинних процесів, які виникають в електричних мережах, наприклад, при атмосферних та комутаційних перенапругах, або при роботі силового трансформатора у єдиному електротехнічному комплексі з високочастотним силовим

перетворювачем виникає необхідність врахування при розрахунках поряд з іншими параметрами електричних ємностей зазначеного трансформатора.

Як відомо, у загальному випадку, власна ємність обмоток трансформатора складається з ємностей між внутрішнім шаром обмотки та магнітопроводом, між шарами обмотки, між окремими обмотками. Існують також ємності між зовнішнім шаром обмотки та екраном або баком трансформатора, монтажні ємності та ємності підключених провідників. У той же час дуже часто при аналізі різних вищезазначених процесів у трансформаторах використовують інтегральне значення ємності, яку умовно підключено до його входних затискачів.

На сьогодні можна виділити наступні шляхи визначення вказаних ємностей.

Експериментальний шлях полягає у підключенні до трансформатора низьковольтного джерела постійної напруги через струмообмежуючий резистор і осцилографування часової залежності струму через цей резистор. Визначивши за осцилограмою постійну частоту, обчислюють відповідну входну ємність трансформатора. Саме таким способом на початку 70-х років минулого століття було визначено входні ємності силових трансформаторів та автотрансформаторів, які фігурують у діючих на сьогодні керівних документах. До недоліків цього способу слід віднести передусім необхідність мати в наявності виготовлений зразок трансформатора зазначеного типу, що неможливо на етапі розробки нових пристроїв. До того ж цей метод залишає відкритим питання про значення часткових ємностей обмоток трансформатора.

Зазначені часткові ємності можуть бути отримані аналітичним шляхом. В залежності від конфігурації і розташування обмоток трансформатора існують наближені формули для визначення їх часткових ємностей. При цьому еквівалентну ємність визначають з умови рівності електричної енергії, яку зосереджено у еквівалентній ємності та у її складових. Серед недоліків методу слід відзначити те, що придатні до розрахунків аналітичні вирази існують лише для окремих, найбільш розповсюджених випадків розташування обмоток у корпусі трансформатора.

Найбільш перспективним, на нашу думку, способом визначення ємностей у трансформаторі є той, що базується на розрахунку енергії електромагнітного поля у його окремих частинах, яка в свою чергу напряму пов'язана з ємністю. Такий розрахунок доцільно проводити передусім на основі комп'ютерного моделювання за допомогою тривимірної моделі даного трансформатора. Тоді при заданих граничних умовах за допомогою методу кінцевих елементів спеціалізоване програмне забезпечення дає змогу отримати картину поля у трансформаторі а іноді і безпосередньо відповідні значення шуканих ємностей.

Останній підхід має мінімум обмежень і дає змогу на етапі проектування обрати варіант конструкції, при якому входна ємність трансформатора матиме мінімальне значення. Проте слід відзначити, що конструктивні заходи по зменшенню входної ємності трансформатора не завжди призводять до покращення решти його параметрів. Тому проектування частіше носить компромісний характер з метою знаходження оптимального варіанта конструкції даного конкретного пристрою.

MODELING OF THE TRACTION POWER SUPPLY SYSTEM IN THE SPACE-TIME COORDINATES

Bosiy D.O., Kosarev E. M., Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named
after Academician V. Lazaryan

The traction power supply system is a very difficult system in calculation of which the many various factors need to be considered. From the chosen factors the methods and the means depend

and effect on the volumes of data and the performance of the simulation process. As usual the models of the traction power supply systems are used for electrical characteristics receiving in designing or for the modes optimization in operation. Also these models are useful for the implementation of the new devices and when the abnormal modes are happened.

The calculations of the controlled traction power supply systems are more difficult. It means that the additional elements must be including into evaluation with a variable parameter. First of all the control systems or its separate components may be considered as these elements. Also the volumes of the processing data are increasing when the system reaction needs to be defining at the internal or external influences or its combination.

Such widely known specialized software programs as Nord, Fazonord, Flow3, KORTES are used for traction power systems simulating. These programs allow to simulate a locomotive movement control and its interaction with traction power supply system. Other scientists used the universal modeling system such as OrCAD, TCAD, MatLAB and LabView for single modes of the traction and external power supply system simulating. These systems have a powerful library of electronic and power electronic devices but in it, the traction supply specific is difficult to take into account.

The results of the traction power supply evaluation in the space-time coordinates are the most generalizing, and optimization calculations couldn't be make without it because the traction load changes its characteristics at the same time in two dimensions.

The space-time model of the traction power supply system is based on the analytical description of the main electrical process with a function of two variables. The train-table $x_{tt}(n, t)$ is defining the interconnection between two coordinates of time t and distance x . Physically $x_{tt}(n, t)$ presents the scheduled dislocation of the train with the number of n in the any moment of time t . Using the other input data, which define the power profile of the loads $I_e(n, t)$, the parameters of traction network $\{Sch, r_0\}$ and the external power supply system parameters $\{U_{pr}, S_{ft}, S_n, A\}$ were composed the space-time model of the traction power supply system. The output results of the model are the functions which define the voltages on the train's pantographs $U_e(n, t)$ and the power losses in the contact network $\Delta P_C(t, x)$. The results of the models were received throw the definitions of feeder's currents $I_f(n, t)$, currents distribution in the contact network $I_C(t, x)$ and the distribution of the voltage losses $\Delta U_C(t, x)$ which will be described further.

The developed methodic of the space-time calculation of the traction power supply system is based on the analytical piecewise defined functions of the current and voltage losses distributions in the contact network.

Given methodic also may be used for the optimization or the calculation of the control law of the controlled traction power supply systems.

ЗАЩИТА КОНТАКТНОЙ СЕТИ 3KV DC ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАРИСТОРОВ

Бялонь Анджей, Институт железнодорожного транспорта, Варшава

В статье представлена проблематика защиты контактной сети от перенапряжения. Речь идет о перенапряжениях вызванных, между прочим, атмосферическими разрядами. Показана методика исследований в области

распространения перенапряжения в контактной сети. Описана лабораторная модель симулирования распространения перенапряжения и ее затухание при использовании варисторных ограничителей. Представлены результаты лабораторных исследований и исследований в реальной ситуации относительно распространения перенапряжения в контактной сети. Представленные результаты исследований в реальных условиях распространения перенапряжений с использованием варисторных ограничителей полностью подтверждают принятая лабораторная модель. Результаты исследований подтверждают эффективность защиты контактной сети от перенапряжений при использовании варисторных ограничителей.

Вступление

В настоящее время на железнодорожных линиях, управляемых РКР PLK S.A. базовым устройством, которое защищает контактную сеть от перенапряжений, является роговой молниеразрядник, который монтируется на несущих конструкциях контактной сети на расстоянии один от другого, которое составляет около 1200 м или, в зонах повышенной грозовой активности, – около 600 м.

В связи с высоким порогом действия рогового молниеразрядника, который в условиях эксплуатации находится в границах 20-30 kV, возникла настоятельная необходимость ограничения перенапряжения до значительно более низкого уровня по отношению к настоящему уровню. Возникает в связи с этим необходимость обеспечения более низкого уровня перенапряжения, с целью защиты развитых электронных устройств, которые все чаще монтируются на железнодорожных линиях. Поэтому также возникла необходимость замонтирования современной системы защиты, основывающейся на полупроводниковых элементах.

В Железнодорожном Институте (ИК), в связи с вышесказанным, были проведены исследовательские работы в области новой системы защиты контактной сети с применением варисторных ограничителей перенапряжения.

Методика исследований

Исследования проводились в двух этапах:

- определение коэффициента амплитуды перенапряжения в функции дороги, а также первоначальное определение оптимального расстояния размещения варисторных ограничителей перенапряжения на контактной сети,
- проверка полученных результатов на первом этапе, а также подбор параметров варисторного ограничителя перенапряжения.

Исследования относительно коэффициента перенапряжения в контактной сети на испытательном кругу Железнодорожного Института в Жмигруде проводились для трех выбранных измерительных конфигураций:

- участок сети без нагрузки (открытая сеть),
- участок сети с нагрузкой сопротивления величиной, приближенной к величине волнового полного сопротивления исследуемого участка контактной сети,
- участок сети с нагрузкой варистора с низким напряжением.

На рисунке 1 представлена упрощенная схема контактной сети испытательного круга Железнодорожного Института.

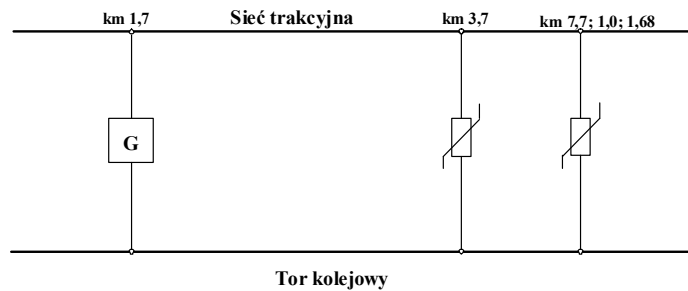


Рисунок 3. Схема измерительной структуры во время введения ударных импульсов в контактную сеть для второго случая (удар вначале участка контактной сети)

С целью получения дополнительной информации относительно распределения амплитуды ударного импульса вдоль колеи в обоих случаях регистрировался уровень амплитуды напряжения каждые 500 м между генератором и варисторными ограничителями перенапряжений. Схема, используемая для регистрации напряжения и тока ударных импульсов, представлена на рисунке 4.

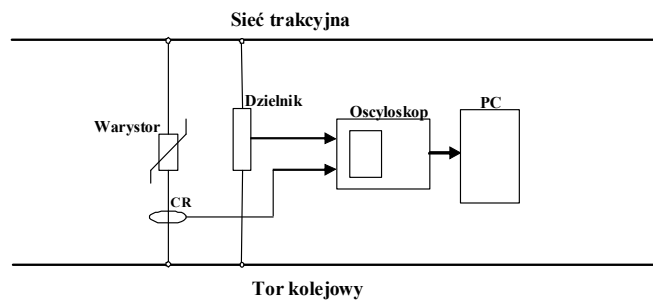


Рисунок 4. Схема для регистрации напряжения и тока ударных импульсов

Результаты исследований

На основании зарегистрированных амплитуд импульсов ударного напряжения, а также анализа, проведенного во время 1 этапа, разработаны сводные характеристики распределения амплитуд ударных импульсов (рисунок 5). Красным цветом показана характеристика для исследуемого участка контактной сети без нагрузки, синим цветом – для участка с нагрузкой сопротивления, тогда как зеленым цветом – с нагрузкой варистора с низким напряжением.

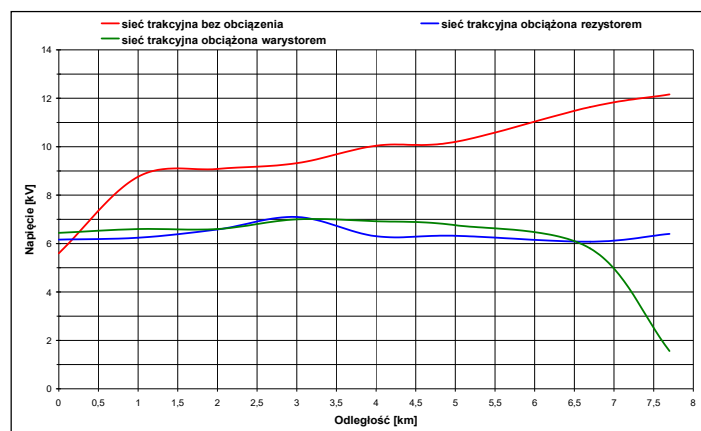


Рисунок 5. Распределение амплитуд ударных импульсов в функции пути для исследуемого участка контактной сети

На основе представленных характеристик протекания амплитуд ударных импульсов можно прийти к выводу, что исследуемый участок контактной сети ведет себя как типичная длинная линия распространения сигналов, в которой импульсы напряжения затухают в небольшой степени.

Тогда как с другой стороны, анализируя характеристику зеленого цвета для контактной сети с нагрузкой варистора, можно отметить, что появляется в ней две зоны. Первая зона – это пространство между генератором в 6 км, в котором амплитуда ударного импульса находится на уровне выходного напряжения генератора. Во второй зоне, между 6 – 7, 7 км, можно заметить роль воздействия варистора на уровень амплитуды напряжения ударного импульса. На основе этой характеристики можно утверждать, что зона активного воздействия варистора не меньше, чем 2 км.

Принимая во внимание результаты лабораторных исследований, как и результаты исследований, проведенных в реальных условиях, разработано характеристики затухания ударных импульсов по отношению к случаям, описанным в пункте 1. Принимая во внимание большое сходство характеристик, полученных в лабораторных исследованиях и в реальных условиях, представлено только характеристики, полученные во время исследований на реальной контактной сети в Жмигруде.

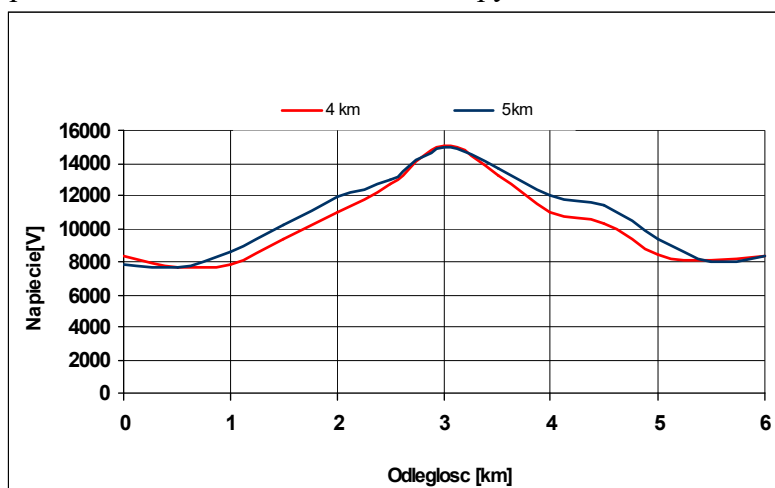


Рисунок 6. Характеристики затухания ударных импульсов в контактной сети при размещении варисторов на 4 и 5 км для первого случая появления удара

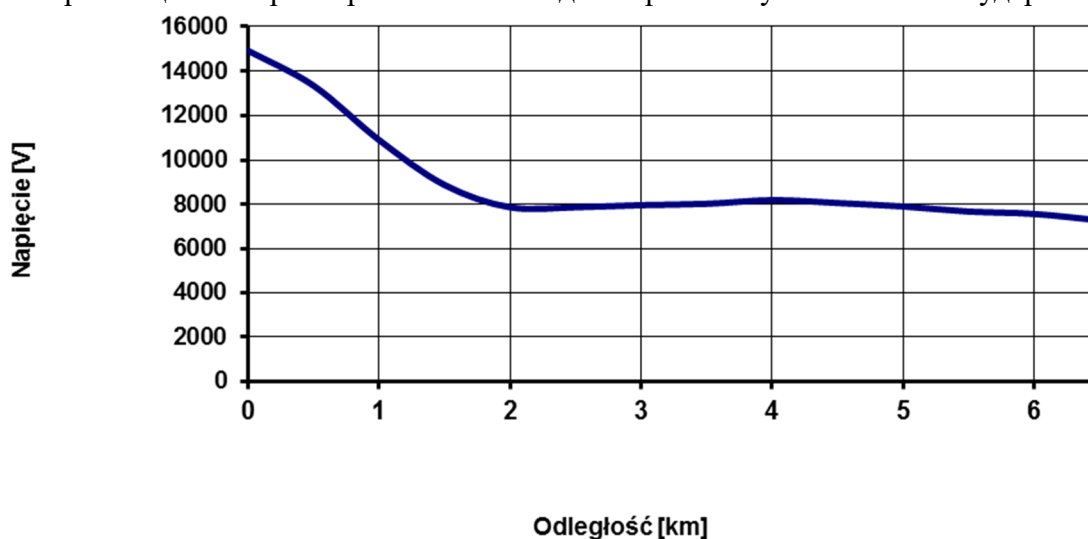


Рисунок 7. Характеристики затухания ударных импульсов в контактной сети при размещении варисторов на 4 км для второго случая появления удара

Результаты измерений распространения ударных импульсов, представленные на рисунках 6 и 7, показывают, что при размещении варисторных ограничителей перенапряжений на расстоянии 4 или 6 км затухание амплитуды ударного импульса от места удара до места подсоединения варисторов имеет линейное протекание. При таком размещении варисторов наблюдается быстрое увеличение затухания амплитуды перенапряжения от функции расстояния.

Итог

На основе представленного анализа можно утверждать, что оптимальное расстояние для размещения варисторных ограничителей перенапряжения по отношению друг к другу на контактной сети должно составлять во время эксплуатационных исследований около 4 км. После проведения предварительного опыта, благодаря эксплуатационным исследованиям, можно пытаться увеличивать это расстояние до 6 км.

Окончательным решением в области защиты контактной сети от коммутационного перенапряжения и от удара молнии должна быть структура защиты с варисторными ограничителями перенапряжения. Преимущества защиты от перенапряжения контактной сети с применением варисторных ограничителей перенапряжения уже были подтверждены во время проводимых исследований на испытательном кругу в Жмигруде, а также во время лабораторных исследований на модели контактной сети. Результаты исследования также показали потребность в применении варисторовых ограничителей перенапряжения, защищающих контактную сеть, элемента, защищающего от длительного замыкания контактной сети повторной цепи, который одновременно дает простую возможность идентификации повреждения варистора.

Библиография

1. Труд CNTK 1002/24: Защита от перенапряжения и от поражения током в устройствах СЦБ с электронными элементами, Варшава, 1994 г.
2. Труд CNTK 4291/10: разработка новой системы охраны контактной сети от перенапряжений, эксплуатационные исследования новой системы, определение местонахождения подключения защиты от устройств управления тягой и устройств управления движением. Этап 1, Варшава, 2007 г.
3. Труд Железнодорожного Института (ИК) 3889/10: Устройство и полигонные исследования системы-прототипа защиты от перенапряжений с использованием варисторных ограничителей. Этап 1. Исследование и определение путем измерений затухания перенапряжений посредством контактной сети в функции дороги. Часть 2. Лабораторные исследования. Труд ЖИ (ИК); Варшава, декабрь 2011 г.
4. Труд ЖИ (ИК) № 44300/10. Определение допустимых параметров и уровней помех для устройств управления железнодорожным движением. Варшава, 2011 г.
5. Mikulski J., Młyńczak J.: Измерения параметров обратной контактной сети, Материалы XI Международной Конференции «Компьютерные системы содействия Науки, Промышленности и Транспорта», TRANSCOMP, Закопане, 2007 г.
- А. Białoń, J. Furman, A. Kazimierczak: «Исследования групповых рельс с удлиненной длинной секции», XIV Международная Конференция «Компьютерные системы содействия Науке, Промышленности и Транспорту», TRANSCOMP, Закопане, 6 – 9 декабря 2010 г.
6. Adamski D., Białoń A., Furman J., Kazimierczak A., Laskowski M., Zawadka Ł. „Проблематика затухания перенапряжений в контактной сети 3kV DC” – IX Конференция Научно-Техническая Логистика, Транспортные системы, Безопасность на Транспорте, Шчырк, 17-20 апреля 2012 г.

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Васильев И.Л., Павличенко М.Е, УрГУПС; Татарченко Г.О., СТИ, Луганск;
Сыченко В.Г., Днепропетровский национальный университет железнодорожного
транспорта им. ак. В. Лазаряна

Существующую в настоящее время систему оценки коррозионного состояния подземной части арматуры опор контактной сети с помощью измерения омического сопротивления и откопки можно усовершенствовать. В настоящее время накоплен значительный опыт измерения потенциала арматуры опоры, на основании которого диагностировать состояние можно более точно и главное – отказаться от неэффективной практики откопки. Долгое время считалось, что если ток стекает с подземной части, то затекает он с надземной. Этот путь не исключается, но существует и другой способ стекания.

В результате экспериментов, проводимых с 2008 года, не удалось найти железобетонную опору, у которой бы стекал ток через верхний пояс при закорачивании искрового промежутка. Это дало основания предположить, что могут быть и другие ситуации, при которых с подземной части арматуры стекает ток, вызывая разрушение арматуры и снижая несущую способность опоры.

Проведенные макетные и натурные измерения показывают, что железобетонная опора контактной сети представляет собой нелинейное активно-емкостное сопротивление, где земля является одной обкладкой конденсатора, металлическая арматура – другой, а роль изолятора выполняет пассивирующий слой на поверхности арматуры и слой бетона. За счет того, что потенциал земли вблизи опоры изменяется в довольно широких пределах, происходит увеличение потенциала арматуры, при снижении потенциала земли – с арматуры начинает стекать ток, который может вызывать коррозионное разрушение металла.

Современное развитие измерительной техники позволяет с помощью компактных приборов измерить с высокой точностью характер изменения потенциала арматуры синхронно с изменением потенциала земли и выявить емкостные свойства опоры, которые могут характеризовать коррозионное состояние арматуры. Данный способ позволяет отказаться от откопок.

У данного способа есть единственное ограничение – требуется диагностический вывод арматуры. В результате накопления и анализа информации об емкостных свойствах опоры возможна выработка численного значения параметра, на основании которого можно было бы принимать решение о замене опоры.

На основании исследований можно предположить, что первоначальные трещины в защитном слое бетона вызываются механическими причинами, а дальнейшие коррозионные разрушения арматуры происходят за счет изменения потенциала в земле. Потенциал арматуры исследованных опор находился в диапазоне $0,4 \pm 0,2$ В. Вряд ли данный потенциал может быть причиной нарушения пассивирующего защитного слоя арматуры. При измерении сопротивления опоры в настоящее время используется прибор ПК-2, который подает на опору разряд величиной 600 В.

Можно предположить, что смешанное армирование – не самый лучший способ борьбы с коррозионным разрушением арматуры. Разработана конструкция железобетонной предварительно напряженной стойки опоры контактной сети без ненапряженной арматуры, что позволяет экономить на каждой опоре около 100 килограмм металла без снижения несущей способности с одновременной повышенной стойкостью к коррозии и увеличенным сроком службы.

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ СИСТЕМИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ПРИСТРОЯМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Гаврилюк В.І., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім.
академіка В. Лазаряна; Мелешко В.В., Укрзалізниця

Вимоги з електромагнітної сумісності (ЕМС) тягового електропостачання з пристроями сигналізації і зв'язку сформульовані у міжнародних і національних нормативних документах. Велика різноманітність систем тягового електропостачання, сигналізації та зв'язку в країнах Європи потребує при вводі в експлуатацію нових типів рухомого складу проведення сертифікаційних випробувань в кожній країні окремо, що перешкоджає інтегрованості і збільшує вартість ЕРС. Навіть в одній країні після проведення повного циклу випробувань нових типів ЕРС на ЕМС можуть виявлятися збої в роботі систем залізничної автоматики на окремих дільницях.

Метою роботи є проведення аналізу вимог до електромагнітної сумісності ЕРС з системами сигналізації та зв'язку в Європейському союзі та Україні, дослідження статистичних закономірностей завад тягового струму у зворотній тяговій мережі, розробка імітаційної моделі для наукового супроводження випробувань рухомого складу на ЕМС з пристроями сигналізації та зв'язку.

В процесі випробувань нових типів ЕРС на електромагнітну сумісність з пристроями сигналізації та зв'язку проводять вимірювання таких параметрів:

- рівень заважаючого та небезпечного впливу електрообладнання ЕРС на рейкові кола, колійні пристрої сигналізації;
- рівень заважаючої напруги, наведеної в контрольній лінії зв'язку;
- рівень напруженості поля радіозавад від обладнання ЕРС;
- рівень радіозавад, що утворюються на частотах технологічного радіозв'язку та передачі даних.

В Євросоюзі норми щодо ЕМС на залізничному транспорті встановлюються стандартом EN 50121 Railway applications - Electromagnetic compatibility, що складається з 6-ти частин. В Україні введено в дію частина 1 і 4 стандарту. Рівні впливу електрообладнання ЕРС на рейкові кола регулюється нормами EN 50238:2003.

Для розробки математичної моделі в якості базового узято двоколісну дільницю залізниці. Відстань між тяговими підстанціями, кількість і миттєві координати ЕРС по кожній колії, рід тягового струму, частоту і рівень завад, що генеруються ЕРС, первинні параметри тягової мережі обрані як варіативні параметри моделі. Тяговий струм з урахуванням великої кількості випадкових факторів, які впливають на нього, розглянуто як суму квазідетермінованої і випадкової складової. Для математичного опису системи з розподіленими по довжині параметрами і з поперечними електромагнітними зв'язками використано теорію багатопрвідних ліній. Оскільки система не однорідна по довжині, її еквівалентна схема представлена у вигляді послідовно включених багатополісників. Рівняння для системи складено у матричному вигляді. Для розв'язання рівнянь було розроблено програму у математичному пакеті MatLab.

На основі проведених досліджень зроблено такі висновки. На підставі аналізу вимог до ЕРС з електромагнітної сумісності з системами сигналізації та зв'язку, проведених теоретичних та експериментальних досліджень статистичних закономірностей завад

тягового струму у зворотній тяговій мережі розроблено імітаційну модель для наукового супроводження випробувань рухомого складу на електромагнітну сумісність з пристроями сигналізації та зв'язку.

МЕТОДИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯМ

Гончарова Л.Л., ДЕТУТ

Проблема організації надійності функціонування інтелектуальних комп'ютерних мереж управління електричним господарством залізниць, тісно пов'язана з проблемами їх кібернетичної та інформаційної безпеки, безпеки інформації та захисту інформації. Безпека інформації в інтелектуальних обчислювальних мережах, передбачає рішення комплексу взаємообумовлених задач, пов'язаних із забезпеченням цілісності інформації, її доступності та конфіденційності. Пошук нових шляхів вирішення задачі безпеки інформації для забезпечення ефективного функціонування інтелектуальних обчислювальних мереж в енергетичному секторі залізниць, стимулював появу широкого спектру наукових досліджень, створення нових концептуальних підходів і, як наслідок, відкрив новий етап для синтезу, з загальносистемних позицій, математичних моделей та комп'ютерно-орієнтованих алгоритмів забезпечення безпеки підвищеної стійкості. Аналіз проведених досліджень і публікацій в сфері організації безпеки інформації та її захисту в локальних і корпоративних обчислювальних мережах показав, що для ефективного і надійного функціонування інтелектуальних комп'ютерних мереж залізниць, актуальними залишаються питання щодо запобігання втраті інформації, її спотворенню, несанкціонованому доступу до неї, а також нецільовому й незаконному використанню її на всіх етапах життєвого циклу.

В докладі приводиться аналіз проблеми безпеки інформаційних ресурсів, сформовано логічну структуру локальної обчислювальної мережі оперативного управління електропостачанням у вигляді графа. На основі диференційних перетворень запропонована математична модель для створення інтелектуальних засобів захисту інформаційних ресурсів, розроблено критерій забезпечення безпеки інформації і показано процедури оптимізації в області Т-зображень з використанням дискрет диференційного спектра ймовірностей вузлів графа.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЛІНІЙ СЦБ

Гребченко М.В., Національний університет біоресурсів і природокористування України;
Максимчук В.Ф., Департамент електрифікації та електропостачання Укрзалізниці

Надійність роботи пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) у значній мірі впливають на якість та безпеку роботи як електрифікованого залізничного транспорту, так і залізничного транспорту який ще не має електрифікації.

Досвід експлуатації вказує на те, що на лініях, які забезпечують живлення СЦБ, найбільш частіше серед інших пошкоджень виникають замикання однієї фази на землю. Це

порушення нормального режиму роботи лінії виникає внаслідок погіршення стану ізоляції або торкання гілками дерев проводів. Незважаючи на наявність резервного живлення споживачів СЦБ замикання на землю необхідно швидко ліквідувати. Це обумовлено тим, що підвищення напруги непошкоджених фаз може за незначний час привести до переходу замикання у коротке замикання, а також приводить до прискорення зносу електрообладнання. Для скорочення часу усунення дефекту необхідно швидко знайти місце виникнення дефекту. Використання для цього сучасних інформаційних технологій дає можливість розробки та реалізації нових та ефективних алгоритмів.

Для мережі лінії СЦБ 10 кВ використовується режим ізольованої нейтралі, завдяки чому у разі замикання фази на землю навантаження лінії продовжує нормально працювати. Режим замикання на землю супроводжується відносно незначною зміною значень фазних струмів, що суттєво утруднює визначення місця локального дефекту ізоляції. Оскільки замикання на землю (в тому числі й у мережі з ізольованою нейтраллю) супроводжуються появою струмів і напруг нульової послідовності, то ці параметри найбільш часто використовують для визначення місця замикання.

Фідери контактної мережі та резервна лінія СЦБ лінія ДПР (два проводи-рейка, 27,5 кВ) завдяки їх високій напрузі наводять значну напругу на фазах лінії СЦБ. Ця напруга на фазах лінії суттєво змінює значення напруг фаз лінії СЦБ по відношенню до землі. У зв'язку з цим скорочується строк роботи електрообладнання і збільшується кількість замикань на землю, що непрямо впливає на надійність роботи автоматики залізної дороги.

На вибір методу визначення місця замикання фази на землю суттєво впливають наступні особливості: відсутність інших ліній у мережі СЦБ, що не дозволяє використовувати методи, які засновані на вимірюванні струмів нульової послідовності; навантаження лінії не у її кінці, а розподілене вздовж всієї лінії.

На сьогоднішній день використання мікропроцесорних пристроїв для визначення місця пошкодження на лінії СЦБ засноване на короткочасному з'єднанні із землею нейтралі трансформатора, що живить лінію. Такий підхід має деякі недоліки.

Виходячи з концепції інтелектуальної електричної мережі визначення факту виникнення і місця виникнення замикання фази на землю повинно бути організоване в автоматичному режимі. При цьому до основних вимог алгоритму визначення висувається дві основних вимоги: - час визначення повинен складати не більше 10 секунд; - методична похибка визначення місця замикання не повинна перевищувати ± 100 метрів.

На цей час проводяться дослідження нового методу визначення місця замикання на лінії СЦБ, на якій встановлюються три електричні ємності. Кожна з них підключається одним затискачем до відповідної фази лінії, а другий затискач підключається до землі. Така зміна контуру нульової послідовності спрямована на збільшення значення вектору струму нульової послідовності, який виникає у разі замикання фази на землю. Завдяки цьому підвищується точність визначення місця замикання.

Використання таких ємностей також позитивно впливає на вирівнювання між собою значень напруг фаз лінії СЦБ по відношенню до землі. Але при цьому необхідно враховувати, що відбувається не тільки наближення до симетрії але й збільшення значень цих напруг.

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Гриб О.Г., Гапон Д.А., Иерусалимова Т.С., Дяченко А.В., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

В развитии науки и техники, создании новейших технологий, повышению энергетической безопасности Украины, существенная роль здесь принадлежит надежной и качественной поставке электрической энергии (ЭЭ) потребителям. В Украине начала функционировать новая модель рынка ЭЭ, представляющая собой рынок двухсторонних договоров и балансирующий рынок (ДДБР). Одной из задач новой модели рынка является создание рынка функционирующего для обеспечения стабильной и надежной работы объединенной энергосистемы Украины, передачи и поставки ЭЭ надлежащего качества [1].

Рассмотрим экономическую оценку последствий низкого качества электрической энергии. Для осуществления мероприятий по поддержанию качества энергии промышленные предприятия вынуждены затрачивать значительные материальные и денежные средства. В связи с этим существенным является технико-экономическое обоснование выделения таких средств и, в первую очередь, определение величины экономического ущерба, возникающего от низкого качества электроэнергии.

В условиях рыночной экономики сетевое предприятие и потребитель выступают, как равные партнеры, субъекты единого процесса распределения и потребления ЭЭ [2]. Изменение отношения к проблемам КЭ как со стороны энергоснабжающих компаний, так и со стороны электропотребителей обусловлено прежде всего тем, что при использовании ЭЭ низкого качества предприятием и самой энергосистемой несутся потери. Потери, которые могут возникнуть от низкого КЭ целесообразно разделять на материальные, трудовые, финансовые, потери времени, специальные виды потерь.

Материальные виды потерь проявляются в непредусмотренных дополнительных затратах или прямых потерях оборудования, имущества, продукции, сырья, энергии. В производственной сфере материальные потери связаны непосредственно с утратой основных и оборотных фондов.

Трудовые потери представляют потери рабочего времени, вызванные непредвиденными обстоятельствами. В непосредственном измерении трудовые потери выражаются в человеко-часах, человеко-днях или просто часах рабочего времени. Перевод трудовых потерь в стоимостное, денежное выражение осуществляется путем умножения человеко-часов на стоимость (цену) одного часа.

Финансовые потери – это прямой денежный ущерб, связанный с непредусмотренными платежами, выплатой штрафов, уплатой дополнительных налогов, потерей денежных средств и ценных бумаг. Кроме того, финансовые потери могут быть от недополучения или в неполучении денег из предусмотренных источников, при невозврате долгов, неоплате покупателем поставленной ему продукции, уменьшении выручки вследствие снижения цен на реализуемую продукцию и услуги.

Потери времени существуют тогда, когда процесс хозяйственной деятельности идет медленнее, чем было намечено. Прямая оценка таких потерь осуществляется в часах, днях, неделях, месяцах запаздывания в получении намеченного результата. Чтобы перевести оценку потерь времени в стоимостное измерение, необходимо установить, к каким потерям дохода, прибыли способны приводить потери времени[2].

Потери из-за 1 часа простоя, вызванного отклонениями напряжения составляют:

- центри бронювання квитків на авіалініях – 67.000 - 112.000 дол.;
- брокерська біржа – 5,6 - 7,3 млн. дол.;
- мережа автоматів і обслуговування – 12.000-17.000 дол.;
- продаж кредитних карток – 2.2 - 3.1. млн. дол.;
- провал напруги на паперовій фабриці зупиняє виробництво на 1 день і втрати становлять 250.000 дол.;
- циклічне переривання виробництва в стекольній промисловості коштує 200.000 дол.

Коли відбувається відключення ЕЕ, то підприємства втрачають:

- 1477 доларів за 1 сек. відключення;
- 2107 доларів за 3 мин. відключення;
- 7795 доларів за 1 год відключення.

За даними більш ніж 200 великих комерційних і промислових споживачів при перериві електропостачання без попереднього повідомлення на 4х збиток, в середньому, становить приблизно 75 000 долл. США. Без повідомлення на 1х – 40 000 \$, на 1х з повідомленням – 23 000 \$. Збиток від падіння напруги на 10-20% оцінюється в 7500 долл. США, від раптового відключення на 2с – 11 000 \$.

Література

1. ГОСТ 13109-97. Електрична енергія. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. — Мінськ.: ИПК Изд-во стандартів. — 1998. — 30 с.
2. Якість електричної енергії Том 1 «Економіко-правова база Якості електричної енергії в Україні і Єврозоні» / під редакцією Гриба О.Г. / Монографія ПП «Граф-Ікс». Харків: 2014г.-300 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ В ТЯГОВІЙ МЕРЕЖІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПРИ ШВИДКІСНОМУ РУСІ

Губський П.В., Бусурулов А.І., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна; Черниш Я.В., інженер

Регулювання напруги на шини тягових підстанцій не вирішує існуючу проблему повною мірою, через збільшення витрат потужності на міжпідстанційній зоні та відповідних експлуатаційних витрат. Тому для підвищення техніко-економічних показників існуючих ділянок електричних залізниць постійного струму застосовується низка технічних та організаційних заходів: використання пунктів паралельного з'єднання; збільшення перерізу проводів контактної мережі; будівництво додаткових тягових підстанцій; застосування блоків розподіленого живлення; повна заміна шестипульсних випрямлячів на випрямлячі з дванадцятьма пульсаціями в кривій випрямленої напруги; розробка і випуск випрямлячів з оптимальною шкалою номінальних потужностей; розширення сфери рекуперативного гальмування і експлуатаційне освоєння дванадцятипульсних випрямно-інверторних перетворювачів; експлуатаційне освоєння ефективних схем згладжуючих фільтрів тягових підстанцій постійного струму; встановлення на фідерній зоні вольтододаткових пристроїв ВДП з регулюванням напруги.

Окрім іншого, існуючі системи електропостачання електродвигуна складу, які мають 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.

Принципи побудови цих систем були сформульовані проф. Марквардтом К. Г. ще в середині минулого століття. Економічний ефект досягається за рахунок зменшення перерізу дротів контактної мережі, зменшення втрат енергії, підтримки необхідного рівня напруги в контактній мережі і збільшення коефіцієнта використання потужності основного енергетичного устаткування при зниженні його встановленої потужності. Підсилення на основі розподіленого живлення передбачає перехід до нової схемотехніки тягової мережі з використанням підсилюючих пунктів меншої потужності. Регулювання споживаної потужності при цьому здійснюється у єдиній системі розподіленого керування активним інтелектуальним обладнанням, здатним адаптивно змінювати характеристики передачі, перетворення та споживання електроенергії й оптимізувати режим функціонування системи тягового електропостачання при завданих обсягах перевізної роботи та в умовах швидкісного руху.

Кожен підсилюючий пункт може керуватися на основі закону керування, який формується в ході реального часу. Параметри цього закону визначаються значеннями координати та струму електрорухомого складу, який розташовується в міжпідстанційній зоні, необхідними рівнями генерації потужності та компенсації втрат напруги, що дозволяє оптимізувати режим напруги в тяговій мережі. При проведенні оціночних розрахунків приймалися наступні припущення: електровози споживають постійний і незмінний за величиною струм, поїзди рухаються рівномірно із постійною встановленою швидкістю 160 км/год, не враховується час на розгін та гальмування, загальний час ходу всіх поїздів розрахунковою зоною становить 15 хв, напруга на шинах тягових підстанцій є сталою та незмінною за величиною у часі, внутрішні опори тягових підстанцій приймаються рівними. Результати порівняльного розрахунку наведених схем 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.

АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В ТЯГОВІЙ МЕРЕЖІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ЗАХИСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ЗАХИСТУ

Данилов О.А., Сингаївський Ю.П., Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна

На залізницях України, для захисту фідерів контактної мережі, все більше впроваджуються мікропроцесорні комплекти. Для захисту фідерів контактної мережі постійного струму використовують два пристрої: ЦЗАФ-3,3 ТОВ «НИИЭФА-ЭНЕРГО» і МРЗС-05А-02 ПО «Київприлад». По технічним характеристикам обидва пристрої дуже схожі. Вони включають в собі наступні струмові захисти:

- максимальний струмовий захист;
- захист по швидкості зростання струму;
- захист по збільшенню струму за проміжок часу.

Максимальний струмовий захист спрацьовує при перевищенні струму уставки без урахування попередніх значень. Захист по швидкості зростання струму реагує на збільшення струму за 2 мілісекунди. Захист по збільшенню струму реагує на збільшення струму за деякий проміжок часу.

Тягові навантаження електрифікованих залізниць постійного струму, на відміну від навантажень інших споживачів електроенергії, характеризуються особливими властивостями. Їх значення практично весь час змінюються, а зміни носять випадковий і швидкозмінний характер. Але аналогічний характер збільшення струму відповідає й аварійним режимам. Ці особливості вказують на складність їхнього поділу і специфічність вимог до захистів мережі постійного струму.

Існують ділянки де максимальні робочі струми можуть перевищувати мінімальні струми короткого замикання. Тому максимальний струмовий захист на цих ділянках буде мати хибні спрацьовування, або мертві зони в разі збільшення струму уставки.

Короткі замикання характеризуються великою швидкістю зростання струму і тому ця характеристика використовується для визначення аварійного режиму. Але існують і експлуатаційні випадки з великою швидкістю зростання струму. До них відносять:

- пуск електропоїзда;
- переключення схеми з'єднання тягових двигунів;
- відрив струмоприймача;
- прохід поїзда ізольованого сполучення під струмом.

Для аналізу перехідних процесів в тяговій мережі постійного струму були виконані вимірювання на двоколіній ділянці з контактною мережею М120+2МФ100 і рейками Р65. Дослідження проводились при робочих і аварійних режимах. Були виконані штучні короткі замикання в трьох характерних точках: біля підстанції, в середині і в кінці фідерної зони.

Для правильного налаштування релейного захисту необхідно знати характер зміни струму не тільки при короткому замиканні, але й при робочих режимах. При паралельній схемі живлення контактної мережі, струм електровозу розподіляється між чотирма живлячими фідерами. Крім того, на фідерній зоні можуть бути одночасно декілька потягів. Тому для аналізу перехідних процесів, які відбуваються в режимі експлуатації електровозу, було прийняте рішення вимірювати струм не на підстанції, а безпосередньо в силовому колі електровозу.

Проведений аналіз перехідних процесів показав, що найбільша зміна струму при нормальній експлуатації виникає при переключенні тягових двигунів зі схеми з'єднання «СП» на «П». Крім того, при цьому режимі найбільший попередній струм, який зменшує приріст струму при короткому замиканні.

МУЛЬТИАГЕНТНИЙ ПІДХІД ДО КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ

Денисюк С.П., Опришко В.П., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Сучасна сфера енергопостачання зокрема, електропостачання сегменту залізничного транспорту схильна до суттєвих, динамічних змін. Через доступність і універсальних способів використання, електроенергія стала одним з найважливіших джерел енергії. Нові сфери виробництва і потенційні сфери застосування, а також закони, стандарти, керівні принципи і соціальний розвиток диктують нові вимоги як до генерації енергії, так і до її передачі, перетворення та споживання.

Важливим фактором впливу на забезпечення оптимальних процесів є керування попитом. Одне з визначень терміну керування попитом (DSM) планування і здійснення діяльності мережевих операторів таким чином, щоб впливати на попит споживача, і досягти бажаної клієнтської поведінки за рахунок мультиагентних систем керування (MAS).

Мультиагентні систем це технологічні системи, які здатні імітувати різні програми використання DSM в інтелектуальних мережах Smart Grid.

Майже всі підходи визнають той факт, що агенти використовуються для представлення споживачів або об'єктів мережі. Більшість підходів використовують керування попитом для двостороннього контролю, вторинних і третинних рівнів керування. Архітектура МАС призначеної для таких задач оптимізації попиту, складається з чотирьох блоків. Першим блоком є блок-ринок, що містить ринки з виробництва та енергетичних послуг. Другий блок – це пристрій-агент, що є найбільш важливим елементом в цій енергетичній системи. Його роль полягає у тому, щоб зробити основний фізичний рівень прозорим при оптимізації системи. Пристрій-агент, який виступає в якості інтерфейсу до Smart Grid, може відділяти фізичні прилади і техніку, дозволяючи накопичити DSM-потенціал основного фізичного рівня (наприклад, зсув навантаження). Третій блок – Агент-Енергоменеджмент (АЕМ) – є областю конкретного представлення компонента управління. Він відповідає за планування і експлуатаційні завдання. Роль АЕМ в Smart Grid може бути універсальною. Наприклад, ЕМА може агрегувати пристрої-агенти по всій зоні балансування для вторинного або третинного контролю. Приділяючи більше уваги місцевим бізнес-моделям, АЕМ може оптимізувати навантаження домашніх господарств до наявної потужності, наданої розосередженими джерелами (РГ) в місцеву мережу.

Інфраструктура зв'язку підрозділяється на дві частини: інфраструктура у вигляді простої мережі, що підтримує сервіс на основі спілкування агентів і зареєстрованих агентів. Останні надають і керують інформацією про пристрої-агенти в АЕМ в якості додаткового допоміжного обслуговування, так це надає можливість знайти підходящі пристрої-агенти для запланованої бізнес моделі.

В еталонній реалізації використовується адаптована версія мурашиного алгоритму (МА). Мураха-агент надсилає запит початкового вектору першому агенту-пристрою у відповідному упорядкованому списку та випадковим чином вибирає перший вектор і додає його до початкового вектору, перш ніж пройти ітераційний алгоритм за допомогою наступних кроків:

- 1) Надсилається запит на наступний можливий для використання початковий вектор і кращий вектор від пристрою-агента, передаючи обраний раніше час початку.
- 2) Якщо вектори доступні, агент-мураха вибирає наступний вузол на основі вартості роботи (ваговий коефіцієнт) та відповідно до маркованого шляху.
- 3) Якщо агент отримує маркування кінця, вона переходить до наступного пристрою-агента в упорядкованому списку (якщо є) і виконує крок 1.

ОСНОВНІ ПРОГРАМИ РЕАЛІЗАЦІЇ DSM

Денисюк С.П., Опришко В.П., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Керування попитом (DSM) в таких галузях економіки, як промисловість, транспорт, будівництво, тощо є актуальною задачею. DSM використовує можливості для підвищення ефективності надання послуг в сфері енергетики; ці можливості не повною мірою

реалізовані на ринку. Використання DSM потребує спеціальних заходів та програм, які намагаються мобілізувати економічно доцільні заходи з економії електроенергії та пікового навантаження. Численні дослідження, проведені в провідних країнах, виявили, що використання економічно ефективних програм з DSM може зменшити споживання електроенергії та пікового навантаження приблизно від 20% до 40 %.

DSM використовується для домогосподарств, підприємств, енергопостачальних організацій та населення. Існує низка альтернатив програм і політик для реалізації заходів з DSM. Серед опцій є програми DSM для енергопостачальної організації (ЕПО), програми DSM, керовані державними органами, правила і стандарти. Кожен з цих підходів має корисну роль. Не менш важливо те, що підходи ЕПО та інші підходи можуть працювати разом, і такі спільні підходи є найбільш ефективним методом для подолання ринкових бар'єрів. Програми DSM від ЕПО звичайно підрозділяються на три основні категорії:

1. Програми по збереженню: Скорочення використання енергії, наприклад, програми з поліпшення ефективності обладнання, будівель і промислових процесів.

2. Програми керування навантаженням: розподілити навантаження більш рівномірно протягом дня, програми зміщення навантаження, використанні тарифної ставки для тарифних зон і інші механізми тарифікації.

3. Стратегічні програми зростання навантаження: збільшення використання енергії в окремі періоди, наприклад, програми, які заохочують економічні електричні технології, які працюють, перш за все, в періоди низького попиту на електроенергію.

У рамках цих категорій існує низка різних програмних підходів, які можуть бути успішно використані в тому числі: 1. Загальні інформаційних програм з інформування клієнтів про варіанти з енергоефективності. 2. Сайт конкретних інформаційних програм, які надають інформацію про конкретні заходи DSM для конкретного підприємства або будинку. 3. Програми фінансування, щоб допомогти клієнтам з оплатою заходів з DSM, у тому числі позика, знижки та програми заощадження. 4. Прямі програми установки, які забезпечують повний комплекс послуг для проектування, фінансування, і встановлення пакету заходів щодо підвищення ефективності. 5. Альтернативні програми тарифів, тарифних ставок що перериваються, ставок і зміщення навантаження. Ці програми, як правило, не економлять енергію, але вони можуть бути ефективним способом перевести навантаження на непікові періоди. 6. Конкурсні програми, в яких ЕПО запрошують заявки від клієнтів і сервісних компаній по просуванню економії енергії в зоні обслуговування абонентів. 7. Ринок програм трансформації, які прагнуть змінити ринок певної технології або послуги, таким чином, щоб ефективна технологія широко використовувалася без подальшого втручання ЕПО.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПОТУЖНОСТІ ПІДСИЛЮЮЧИХ ПУНКТІВ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ ВИСОКОШВИДКІСНИХ МАГІСТРАЛЕЙ

Запара О.А., Босий Д.О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. Лазаряна

Основною проблемою впровадження високошвидкісних магістралей є забезпечення рухомого складу заданою потужністю при мінімальних техніко-економічних витратах. Зростання споживаного струму призводить до великої кількості відмов контактної мережі, тому необхідно підтримувати рівень напруги в контактній мережі на всій ділянці.

Щоб забезпечити задану потужність і рівень напруги пропонується впровадити концепцію системи тягового електропостачання з переходом від централізованого живлення до децентралізованого. Для реалізації потрібно ввести в експлуатацію

підсилюючі пункти, які будуть отримувати живлення або від районних підстанцій, або від тягових, в залежності від розвитку енергосистеми в даному регіоні. Ці підсилюючі пункти матимуть трифазне виконання, одну ступінь пониження напруги для зменшення капітальних затрат та дистанційності в управлінні.

Для того, щоб рівень напруги змінювався у більш вузьких межах необхідно впровадити автоматичну систему контролю рівня напруги на шинах тягових підстанцій та підсилюючих пунктах. Звідси слідує більш точний прогноз рівня струму в контактній мережі, та точний розрахунок потужностей підсилюючих пунктів, що дозволить максимально виправдано використати капітальні та експлуатаційні ресурси.

Використання підсилюючих пунктів та системи автоматичного контролю напруги дозволить також надійно забезпечити енергією і сучасні швидкісні поїзди. Система дає можливість збільшити пропускну спроможність ділянки до значень, які визначаються гальмівним шляхом поїзда і роботою систем автоматики, централізації та блокування.

В межах поставленого завдання слід покращити та спростити методи розрахунку керованих систем електропостачання із застосуванням принципів децентралізованого живлення.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ НА ОТКЛЮЧЕННОЙ СЕКЦИИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫБОРА МЕСТ УСТАНОВКИ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Заруцкая Т.А., Долгушевский Н.А., ФГБОУ ВПО «РГУПС»

Вопрос обеспечения безопасности движения поездов и труда являются ключевым для компаний железнодорожного транспорта. Следует учитывать, что любые, даже самые незначительные на первый взгляд недоработки и ошибки на производстве могут привести к нежелательным последствиям. Как показывают анализ и разборы происходящих случаев нарушения безопасности, чаще всего они являются следствием не одиночной ошибки или разового отступления от действующих правил, а обычно безопасность нарушается при сочетании нескольких ошибочных действий и упущений как персонала, так и эксплуатируемой аппаратуры. Поэтому требуется создания защиты как от отдельных ошибок и несовершенств конструкции и технологии работ, а также их различного сочетания, в том числе и наиболее неблагоприятного. Именно в этой связи история развития транспортной техники и технологии — это постоянный поиск наиболее оптимальных технико-экономических решений, предусматривающих в числе важнейших показателей повышение надежности и безопасности.

На контактной сети в хозяйстве «Электрификации и электроснабжения» ежегодно фиксируется большое число несчастных случаев, большинство из которых со смертельным исходом происходит по причине нарушения техники безопасности. Контактная сеть переменного тока является одним из наиболее травмоопасных участков, т.к. опасным поражающим фактором является наведенное напряжение. За период с 2012 г. по 2014 г. произошло 6 случаев смертельного травматизма в хозяйстве «Электрификации и электроснабжения», где первичной причиной поражения было наведенное напряжение при работе на контактной сети. Для принятия мер по снижению смертельных случаев и случаев травмирования работников контактной сети вводят дополнительные средства для повышения безопасности. Одним из таких средств является устройство защиты от наведенного напряжения третьего поколения (УЗС-3).

Традиційно при захисті перегона УЗС-3 встановлюється вблизи ізолюючого сопряження в районі тягової підстанції і поста секціонування, якщо він має, або сусідньої тягової підстанції, якщо поста секціонування немає. Відстань захищеної секції не повинно перевищувати 25 км.

Считаємо, що для більш ефективного використання УЗС-3 на перегонах мережі доріг і розширення зони з зниженою небезпечністю, необхідно УЗС-3 зміщувати вглиб захищеної зони. Це необхідно робити на стадії проектування і при цьому враховувати наступні основні фактори:

- профіль шляхи і відповідно пов'язані з цим токові навантаження електромагнітного впливу сусіднього шляхи на відключену секцію контактної мережі;
- геометричні параметри і конструктивні особливості тягової мережі, які впливають на рівень наведеного напруги на захищеної секції;
- динаміку змін наведеного напруги на захищеної секції при русі поїздів по не відключеному шляхи і т.д.

Застосування УЗС-3 з зміщенням вглиб захищеної зони, дозволить знизити рівень наведеного напруги і уражаючого струму на захищеної секції порівняно зі стандартним розміщенням УЗС-3 на лінії. Таким чином, оптимізація вибору місць установки УЗС-3 знизить рівень наведеного напруги і уражаючого струму і можливо збереже життя електрика при помилковій роботі на відключеній секції контактної мережі.

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА АНАЛІЗУ НОРМ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ДЛЯ НЕТЯГОВИХ СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Кирилюк Т.І., Карук В. О., Карук О. О, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Нормування питомих витрат енергоресурсів у суспільному виробництві України здійснюється з метою раціонального використання та економії енергоресурсів і є основою для застосування економічних санкцій за їх нераціональне використання та запровадження економічних механізмів стимулювання енергозбереження.

Нормування питомих витрат енергоресурсів здійснюється відповідно до Закону України «Про енергозбереження», постанови Кабінету Міністрів України від 15 липня 1997 р. № 786 «Про порядок нормування питомих витрат паливно - енергетичних ресурсів у суспільному виробництві» та ін.

На залізничному транспорті необхідна така система нормування, яка б не тільки враховувала споживання електроенергії, а ще мала б стимулюючий характер. Така система нормування включає в себе три складові: розрахунок норми, облік фактичної витрати енергії та стимулювання. Перша складова, визначає вибір методу, за допомогою якого розраховується дана норма. Залежно від використовуваного методу можна оцінити точність розрахунку норми і визначити похибку, яку дає обраний спосіб. Облік фактичної витрати електроенергії дозволяє визначити як безпосередні витрати енергії, тобто досконалу корисну роботу, так і рівень вдосконалення технічної оснащеності.

Основним якісним показником всієї системи планування споживання та економії енергоресурсів на залізничному транспорті є норма – планова міра витрати енергії на виконання одиниці транспортної роботи, тобто на $10^4 \text{ т} \cdot \text{км}$ брутто. Система норм повинна періодично переглядатися залежно від змін умов експлуатаційної роботи, останніх

досягнень науково - технічного прогресу. Визначаючи норми необхідно враховувати, що їх виконання є матеріально стимулюючим чинником у боротьбі за економію енергетичних ресурсів, мобілізацію внутрішніх резервів на залізничному транспорті.

Аналіз залежності витрати електроенергії на тягу поїздів і на нетягові потреби від об'єму тонно-кілометрової роботи показав, що витрата електроенергії на тягу поїздів в значній мірі залежить від тонно-кілометрової роботи з коефіцієнтом кореляції, що знаходиться в межах від 0,55 до 0,84, а для не тягових споживачів – не являється статистично значимою.

Використання існуючих методик розрахунку питомих норм витрати електроенергії на випуск одиниці продукції по господарствах залізниць не дозволяє достовірно визначати ліміти електроспоживання на експлуатаційні потреби. Це пояснюється відмінностями в організації ремонтно-експлуатаційної діяльності структурних підрозділів господарств різних залізниць, викликаними різною мірою впровадження сучасних технічних систем, нестандартного устаткування і пов'язаними з цим змінами в технологічних процесах, що не може бути враховане при розрахунках по існуючих методиках визначення питомих норм, розроблених до початку впровадження вказаного устаткування.

Підвищити ефективність використання електроенергії не тяговими споживачами залізничного транспорту можливо шляхом удосконалення методів контролю та аналізу її витрати з урахуванням специфіки споживачів.

О КОНТРОЛЕ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕКЛЯННЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Ким Ен Дар, УИПА

Сдерживающим фактором широкого применения линейных полимерных изоляторов в сетях 330 кВ и выше является отсутствие надежной системы индикации пробоя.

Идея применения стандартных стеклянных изоляторов (СИ) в качестве индикатора электрически поврежденного полимерного изолятора (ПИ) путем последовательного присоединения к ПИ представляется перспективной своей простотой и надежностью:

- при протекании внутреннего электрического пробоя в полимерном изоляторе снижается сопротивление ПИ, что приводит к перераспределению приложенного напряжения в сторону стеклянного изолятора;

- с достижением напряжения на СИ выше напряжения начала коронирования должно наблюдаться интенсивные электрические процессы на поверхности стекла, что сопровождается свечением и потрескиванием;

- в дальнейшем, поверхностные разряды прорастут в устойчивое электрическое перекрытие, переходящее в дуговую стадию разряда с протеканием тока короткого замыкания сети, последствием чего на СК образуются выраженные следы термического воздействия, может иметь место полное разрушение стекла;

- таким образом, видимое свечение на СИ, шумовые и высокочастотные электромагнитные помехи идентифицируют о ранней стадии электрического повреждения полимерного изолятора и необходимости его замены;

- следы оплавления арматуры, отслоение стекла или полное разрушение стеклянного элемента являются признаками пробоя полимерного изолятора.

На сегодня задача состоит в том, чтобы повысить эффективность работы индикатора, чтобы стеклянный элемент изолятора в случае пробоя полимерного изолятора непременно разрушился при умеренных перенапряжениях в сети. С этой целью предлагается создать в поверхностном слое стекла концентраторы напряженности электрического поля, например, предлагаются теле диэлектрика организовать микроканалы с пониженной электрической прочностью методом лазерного импульсного прожигания и подвести к каналу потенциальный электрод. Можно ожидать, что последствием такого энергетического воздействия вероятность саморазрушения закаленного стеклянного изделия резко возрастает даже в нормальных условиях эксплуатации.

Из ранее проведенных исследований известно, что электрическая прочность стекла независимо от степени закаленности существенно зависит от степени чистоты диэлектрика и наиболее отрицательным фактором является наличие микровключений с электропроводящими свойствами в теле стекла. Расчеты показывают, что напряженность электрического поля в стекле с проводящими включениями увеличивается до десяти крат и более.

Для «вживления» такого рода микровключений в тело диэлектрика СИ можно осуществить, не подвергая к нарушению целостности стеклянного элемента, поступая следующим образом: нанести на поверхность стекла дополнительный слой изоляционного материала и при этом устанавливать металлические элементы с игольчатой формой в наносимом слое таким образом, чтобы обеспечить физические контакты со стеклом. В качестве дополнительного материала напрашивается применение известных кремнийорганических компаундов холодного отверждения, широко используемых в высоковольтной изоляции в качестве защиты от атмосферных загрязнений и увлажнений. Очевидно, что предлагаемое покрытие стеклянного изолятора - индикатора обеспечивает индикатору такую же устойчивость к загрязнениям, что и контролируемый полимерный изолятор, что положительно отразится в сроках службы индикатора.

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ ПОЕЗДОВ

Колыхаев Е.Г., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

В 2015 году Украина столкнулась с относительно новой для себя проблемой – дефицитом электроэнергии. Также в 2014 году увеличились цены на энергоносители, необходимые для функционирования железнодорожного транспорта. В частности цены на дизельное топливо возросли на 73 %, на природный газ – на 34 %, на электроэнергию – на 16,8 %, поэтому энергетическая составляющая себестоимости перевозок также увеличилась. Всё это заставило руководство Укрзализныци изыскивать резервы экономии электроэнергии.

Более 83 % электроэнергии УЗ расходуется на тягу поездов, а это является одним из важных показателей конкурентоспособности железнодорожных перевозок. В период с ноября 2014 по февраль 2015 года в объединенной энергетической системе Украины сложилась сложная обстановка. В часы пик перед железной дорогой ставились жесткие лимиты потребления электроэнергии, что в свою очередь накладывало ряд ограничений на отправление грузовых поездов, запрет отправлений с технических станций длинных, тяжелых, сдвоенных поездов, а в критические моменты запрещалось отправление всех

грузовых поездов, и выключались тяговые подстанции. Всё это в очередной раз показывает необходимость использования энергоэффективного управления потоками поездов.

С учетом вышеупомянутого возникает задача разработки в кратчайшие сроки ряда мер для более качественного, со стороны энергоэффективности, управления потоками поездов. Управление потоками поездов осуществляется в основном с помощью плана формирования поездов (ПФП) и графиков движения поездов (ГДП). При разработке ПФП основным критерием является минимизация времени следования вагона от станции погрузки до станции выгрузки, включая простои под накоплением на технических станциях. Этот критерий является актуальным при дефиците подвижного состава, и низкой энергетической составляющей себестоимости перевозок. При разработке ГДП основным критерием является максимальное использование пропускной способности линии. Всё это является менее актуальным в современных условиях функционирования железнодорожного транспорта Украины, где на первый план выходит энергоёмкость перевозочного процесса.

Для разработки модели энергоэффективного управления потоками поездов необходимо решить ряд проблем. Одной из таких проблем является невозможность реализации потенциала экономии энергоресурсов в виду того, что анализ динамики расхода и выработка действий, направленных на его снижение, производятся после окончания определенного производственного периода. При организации потоков поездов необходимо максимально использовать энергию рекуперации, учитывать ряд ограничений накладываемых сроками доставки груза, наличием пассажирских поездов, обеспечения работы в периоды «окон», учитывать дифференцированные тарифы стоимости электроэнергии, максимально снижать нагрузку в часы пик, учитывать загруженность линий, профиль пути и прочее.

В данном докладе раскрыты проблемы, которые возникают при формировании энергоэффективных потоков поездов и создании энергоэффективных графиков их движения.

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА ТРАНСФОРМАТОРОВ СЦБ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ АЛЕКСАНДРИЯ – ПЯТИХАТКИ – ЖЕЛЕЗНЯКОВО – ВЕРХОВЦЕВО

Кордин А.П., Деркач В.А., Мандыч В.Г., Приднeпровская. ж.д.

Подключение на параллельную работу трансформаторов считают такое подключение трансформаторов, при котором первичная и вторичная обмотки параллельно работающих трансформаторов подключены к одноименным фазам первичной и вторичной сети.

В соответствии с п. 6.4.30 Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей допускается параллельная работа трансформаторов (автотрансформаторов) при условии, что ни одна из обмоток не будет нагружена током, который превышает допустимый ток для данной обмотки.

Параллельная работа трансформаторов разрешается при таких условиях:

- группы соединений обмоток одинаковы;
- соотношение мощностей трансформаторов не более чем 1:3;
- коэффициенты трансформации отличаются не более чем на $\pm 0,5\%$;
- напряжения короткого замыкания отличаются не более чем на $\pm 10\%$;
- проведена фазировка трансформаторов.

Для выравнивания нагрузки между параллельно работающими трансформаторами с разными напряжениями короткого замыкания допускается в небольших пределах изменять коэффициент трансформации путем переключения ответвлений при условии, что ни один из трансформаторов не будет перегружен.

Все эти условия справедливы при подключении трансформаторов к одной и той же шине (линии) и при условии, что между общей первичной сетью и общей вторичной сетью отсутствуют какие либо трансформаторы, кроме подключаемого на параллельную работу, т.е.: первичная сеть → трансформатор → вторичная сеть.

Следует отметить, что на тяговых подстанциях как переменного, так и постоянного тока электрифицированных железных дорог трансформаторы СЦБ, подключаемые на параллельную работу со вторичной стороны, напрямую не имеют общей шины со стороны первичного напряжения трансформаторов СЦБ смежных тяговых подстанций. Общей первичной стороной цепи параллельной работы трансформаторов СЦБ является питающая линия. Как правило, трансформаторы СЦБ подключаются к шинам собственных нужд подстанции. В свою очередь трансформатор ТСН подключается к шинам высоко напряжения 6-10-35 кВ запитанными от ГПТ. Поэтому в цепи между трансформатором СЦБ и питающей линией тяговой подстанции могут быть задействованы трансформаторы, имеющие различные группы соединения, и отличающиеся на смежных тяговых подстанциях, на которых включаются трансформаторы СЦБ на параллельную работу. Исходя из выше сказанного, следует, что для данного случая, параллельная работа трансформаторов СЦБ возможна при условиях:

- независимо от группы соединений обмоток трансформаторов СЦБ и трансформаторов в цепи до питающей линии тяговой подстанции, необходимо чтобы смещение векторов напряжения вторичной стороны трансформаторов СЦБ по отношению к векторам напряжения питающей линии (вводов) имело один и тот же угол на смежных тяговых подстанциях, где осуществляется параллельная работа трансформаторов СЦБ;
- проведение фазировки трансформаторов СЦБ по отношению к питающей линии смежных тяговых подстанций.

Группа соединения обмоток трансформатора показывает, на сколько градусов смещены друг относительно друга вектора напряжений первичной и вторичной стороны трансформатора.

ЕНЕРГЕТИЧНІ СПЕКТРИ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ ТЯГОВИХ НАПРУГ І СТРУМІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Костін М.О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Викладені теоретичні передумови і отримані співвідношення зв'язку енергетичного спектру випадкового процесу з його кореляційною функцією. Наведено результати чисельних розрахунків спектрів тягових напруг і струмів реально діючих систем електричного транспорту: фідерної напруги на тяговій підстанції; струмів в режимах тяги і рекуперації електровозів відповідно ДЕ I і ВЛ 8; напруги на струмоприймачі міського трамваю.

Изложены теоретические предпосылки и получены соотношения связи энергетического спектра случайного процесса с его корреляционной функцией. Приведены

результаты численных расчетов спектров тяговых напряжений и токов реально действующих систем электрического транспорта: фидерного напряжения на тяговой подстанции; токов в режимах тяги и рекуперации электровозов соответственно ДЭ 1 и ВЛ 8; напряжения на токоприемнике городского трамвая.

Theoretical pre-conditions have been given and relations of link of random process energetic spectrum with its correlation function have been obtained. The paper presents the results of numerical computing of traction voltage spectra and currents of acting electric transport subsystems: feeder voltage of traction substation; currents of traction mode and recuperation of electric locomotive DE 1 and VL 8; voltage on current collectors device of the city tram.

В системах усіх видів електричного транспорту постійного струму миттєві величини випрямлених напруг і струмів як в режимах тяги, так і в режимі рекуперативного гальмування мають пульсуючий неперіодичний випадковий характер часової зміни. В теорії випадкових процесів вони кваліфікуються як модульовані випадкові процеси з несучою частотою $\omega = \frac{2\pi}{T}$ і випадковою амплітудою (U_m чи I_m). Класичні методи теоретичної електротехніки для вивчення енергетичних спектрів зазначених процесів непригодні. Тому в роботі викладено теоретичні передумови методу, що ґрунтується на спектрально-кореляційній теорії випадкових процесів, а саме, на введенні спектральної густини $S(\omega)$ (що має розмірність енергії) випадкового процесу ($U(t)$ чи $I(t)$), яка являє собою перетворення кореляційної функції $K(\tau)$ цього процесу за співвідношенням А.Я. Хинчина. Отже, для визначення енергії випадкових $U(t)$ чи $I(t)$ необхідне знання і аналіз їх кореляційних функцій.

Кореляційні функції стохастичних напруг і струмів різкозмінних навантажень часто є незагасаючими зі збільшенням τ , що, в свою чергу, свідчить про неергодичність випадкового процесу. Однією з найбільш імовірних причин неергодичності стаціонарного випадкового процесу є наявність в ньому періодичних складових. Незагасаюча частина кореляційної функції (так званий «хвіст» кореляційної функції) містить в собі ті ж частоти, що і сам випадковий процес. У зв'язку з цим для аналізу спектрального складу періодичних складових напруги і струму доцільно застосовувати перетворення Фур'є не до самого випадкового процесу, а до «хвоста» його кореляційної функції. Це забезпечить фільтрацію періодичних складових від ергодичного випадкового процесу, який буде описаний за допомогою одного з аналітичних виразів кореляційної функції. Особливістю запропонованого методу є ще й те, що він дозволяє аналізувати не лише високочастотні (електромагнітного походження), але й низькочастотні («повільні») коливання змінної складової випрямлених напруг і струмів.

Чисельними розрахунками встановлено, що енергії зазначених далі випадкових процесів складають: фідерної напруги тягової підстанції «Слав'янка» Придніпровської залізниці – 5177 В²; струму тяги електровоза ДЕ 1 – 332000 А², струму рекуперації електровоза ВЛ 8 – 1400А²; напруги на струмоприймачі трамвая – 2418 В².

Також показано, що енергетичні спектри випадкових процесів тягових і рекуперативних напруг і струмів мають імовірнісний характер, залежний від технологічних факторів. При цьому спектральна густина $S(\omega)$ описує залежність густини розподілу дисперсії амплітуд гармонік за частотним діапазоном, а енергетично – визначає розподіл середньої потужності випадкового процесу по частоті і тим самим дозволяє визначити ті частоти, які вносять основний вклад в статистичну динаміку $U_m(t)$ (чи $I_m(t)$), тобто,

характеризує, на яких частотах зосереджена основна енергія випадкових коливань тягових напруги чи струму.

РАЗРАБОТКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ЦЕХОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Кузнецов В. В., Николенко А. В., НМетАУ

Наличие некачественной электроэнергии в цеховых сетях промышленных предприятий приводит к ускоренному физическому старению применяемого электрооборудования и повышению риска возникновения аварийных ситуаций на производстве. Своевременная оценка показателей качества электроэнергии и обеспечение соответствующих режимов эксплуатации электрооборудования в конкретных условиях является важной научно-практической задачей.

Решение данной задачи предполагает проведение большого количества экспериментов при различных показателях качества электроэнергии, режимах работы электрооборудования и способах защиты последнего от некачественного электропитания. Однако, проведение указанных экспериментов на реальном объекте привело бы:

- к большим временным затратам вследствие необходимости ожидания ситуаций, когда электроэнергия в электрических сетях не будет соответствовать показателям качества не говоря уже о потере ресурса электрооборудования;
- к финансовым затратам вследствие необходимости приобретения различных дорогостоящих устройств для защиты электрооборудования и восстановления качества электроэнергии в сетях;
- к угрозам возникновения аварийных ситуаций вследствие снижения показателей надёжности электрооборудования, работающего в рассматриваемых условиях.

Значительно ускорить и упростить процесс экспериментального исследования позволяют вычислительные исследования, основанные на построении имитационной системы и использовании для проведения на ЭВМ статистических испытаний. От обычных экспериментальных этот метод отличается тем, что при его применении воздействиям подвергается не сам объект, а его имитационная модель, реализованная на ЭВМ. При этом взаимодействие с последней осуществляется подобно тому, как это делалось бы с исследуемым объектом, а результаты моделирования обрабатываются и испытываются так же, как если бы это были данные натурных испытаний.

Исходя из особенностей функционирования АД в электрической сети с некачественной электроэнергией, его электромагнитная модель должна быть дополнена подсистемой имитации случайных изменений показателей качества электроэнергии. Последняя же может быть реализована блоками формирования линейных напряжений в электросетях цеха и расчета указанных показателей.

Разработка блока формирования случайных изменений линейных напряжений в электрической сети цеха представляет собой самостоятельную задачу и рассматривается отдельно. Она предполагает определение: структуры генератора указанных случайных изменений; статистических закономерностей последних и, как следствие, параметров синтезируемого генератора.

Сложность непосредственной имитации линейных напряжений в сети с некачественной электроэнергией заключается в том, что все гармонические составляющие

имеют фиксированные частоты их колебаний, на которые лишь накладываются случайные изменения амплитуд и начальных фаз. При этом последующий анализ энергетических показателей АД по его математической модели уже предполагает предварительное разложение указанных напряжений на эти составляющие. Отсюда следует, что генерировать целесообразнее не случайные последовательности напряжений, а амплитуды и начальные фазы присутствующих в них гармоник, статистические закономерности изменения которых должны быть получены предварительно.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НА НАПРЯМКАХ ВПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО РУХУ ПОЇЗДІВ

Курган М. Б., Байдак С.Ю., Лужицький О. Ф., Хмелевська Н.П. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. Лазаряна

Відповідно до Концепції державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на першому етапі впроваджується прискорений рух пасажирських поїздів (максимальна швидкість до 160 км/год) при маршрутній швидкості до 100-110 км/год. Така програма реалізована на напрямках Київ-Харків, Київ-Дніпропетровськ, Київ-Львів, Київ-Донецьк та ін. Час поїздки пасажирів скорочено до 5-6 год. за рахунок модернізації залізничної інфраструктури (колійне господарство, контактна мережа та засоби сигналізації). На другому етапі передбачається збільшити швидкість поїздів до 160-200 км/год на тих напрямках, де не можна було забезпечити рух денних експресів за прийнятний час. На цьому етапі вартість реконструкції інтенсивно зростає і складає в середньому 2-2,5 млн. грн. на кожні 10 км/год підвищення маршрутної швидкості.

Встановлення максимального рівня швидкості 200 км/год вимагає, крім модернізації колії й колійних споруд, повної реконструкції пристроїв СЦБ і зв'язку, модернізації ЕЦ на більшості станцій, значної реконструкції пристроїв контактної мережі та енергопостачання. Необхідно на всьому протязі напрямку швидкісного руху замінити переїзди на шляхопроводи, виконати модернізацію верхньої будови колії, підсилити штучні споруди (мости, шляхопроводи, естакади), земляне полотно.

У зв'язку з великою довжиною залізничних ліній та розгалуженою системою автомобільних доріг як місцевого, так і державного та міжнародного значень, перетини в одному рівні транспортних шляхів досить поширені. Обмеження швидкості руху поїзда на звичайних переїздах становить 120 км/год, а на обладнаних додатковими пристроями безпеки – 140 км/год.

Аналіз експлуатації фінських швидкісних залізниць показує, що на місці перетинів автомобільних доріг із залізницями в більшості випадків збережені переїзди, а для забезпечення безпеки руху передбачено обмеження швидкості руху швидкісних поїздів через переїзди до 140 км/год.

На напрямку Дарниця-Полтава-Київська автомобільні шляхи в 59 місцях перетинають в одному рівні залізницю. Швидкість більше 140 км/год може бути досягнута при проходженні експреса через 40 переїздів, де необхідно передбачити побудову шляхопроводів. Зменшення швидкості руху перед переїздами до 140 км/год з наступним розгоном до 200 км/год при відсутності ухилу потребує ділянку довжиною 14 км.

За даними Укрзалізниці у разі збереження на напрямку Дарниця - Полтава-Київська охороняємих переїздів (з обмеженням швидкості на переїздах до 140 км/год) середня технічна швидкість по ділянці знижується на 3,5 км/год, а час знаходження поїзда у русі

збільшується на 4 хв. Виконані ДНУЗТ розрахунки показали, що основною складовою у цьому процесі є не гальмування з 200 км/год до 140 км/год, а розгін, який залежить від ухилу поздовжнього профілю. Так, наприклад, при $i = 0$ ‰ довжина ділянки розгону становить 8,5 км, на підйомі $i = 3$ ‰ вже 12,5 км, а при $i = 6$ ‰ - 35 км. Таким чином, на коротких перегонах після проходження переїзду зі швидкістю 140 км/год не вдається реалізувати максимально допустиму швидкість 200 км/год. При розташуванні переїздів у середньому через 10-12 км поїзд, як правило, не встигає досягнути швидкості 200 км/год і втрати часу становлять 4 хв. на кожні 100 км у порівнянні з варіантом будівництва шляхопроводів.

При виконанні тягових розрахунків використано двосистемний електропоїзд Hyundai Rotem. Розрахунки проведено для двох типів обмеження швидкості на переїздах – 120 та 140 км/год, а також без обмежень швидкості – за умови заміни залізничних переїздів дворівневими розв'язками (шляхопроводи). Результати отримані для різних типів поздовжнього профілю: для простого типу (ухили на протязі усієї ділянки не перевищують 4‰), для середнього (ухили переважно в межах 4-8‰) та складного (ухили переважно більше 8‰).

При реалізації максимально допустимої швидкості 160 км/год встановлено наступне. Для легкого типу профілю – при обладнанні неохороняемого переїзду додатковими пристроями економія електроенергії становить 26%. Якщо замінити переїзди з додатковими пристроями безпеки шляхопроводами, то додаткова економія електроенергії складе 18%. За умови заміни неохороняемого переїзду дворівневою розв'язкою отримано економію електроенергії 39%.

При середньому типі профілю економія електроенергії становить: при заміні неохоронних переїздів переїздами з додатковими системами безпеки – 22%, при заміні переїздів з додатковими системами безпеки дворівневими розв'язками – 32%, при заміні неохоронних переїздів дворівневими розв'язками – 47%.

При складному типі профілю економія електроенергії становить: при заміні неохоронних переїздів переїздами з додатковими системами безпеки – 16%, при заміні переїздів з додатковими системами безпеки дворівневими розв'язками – 23%, при заміні неохороняємих переїздів дворівневими розв'язками – 35%.

Отже, при будівництві дворівневих розв'язок на пересіченні залізниці з прискореним рухом поїздів з автомобільними дорогами можливо отримати економію електроенергії до 47-49% та скоротити час на кожні 100 км шляху від 0,8 до 3,7 хв. при максимальній швидкості 160 км/год і від 3,1 до 10 хв. при максимальній швидкості руху 200 км/год.

Аналіз кривих швидкості руху поїзда дозволив визначити вплив розміщення залізничних переїздів відносно один одного на різних ухилах профілю залізниці на довжину гальмування та розгону поїзда. Це дає змогу розробити методику доцільного інвестування в улаштування додаткових пристроїв безпеки на переїздах чи в будівництво розв'язок в різних рівнях.

ДОДАТКОВІ ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ ПРОХОДЖЕННІ ПОЇЗДІВ ЧЕРЕЗ ЗАЛІЗНИЧНІ ПЕРЕЇЗДИ

Курган М. Б., Лужицький О. Ф., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. Лазаряна

Одним із шляхів підвищення швидкостей руху поїздів і зменшення витрат електроенергії на тягу поїздів є зниження опору руху. Наукові дослідження з питань опору руху у нашій країні проводили Б. М. Веденисов, М. Є. Вериго, В. Я. Шульга, П. І. Астахов, за кордоном - А. Н. Ріс, Ф. В. Гардінер, Е. Керкополі та ін. були спрямовані з одного боку на теоретичне й експериментальне вивчення перерахованих окремих елементів і факторів, а з іншого боку – на вишукування емпіричних формул для практичних цілей, які б досить точно відбивали зміну окремих видів опору руху в залежності від невеликої кількості факторів.

В Правилах тягових розрахунків (ПТР) розрахункові формули враховують основний опір руху рухомого складу на ланковій та безстиковій колії та додатковий опір від кривих, ухилу тощо. Але така складова, як додатковий опір від нерівностей колії, не враховується. Основний опір завжди супроводжує рух поїзда, а додаткові опори можуть або з'являтися або зникати в залежності від плану й профілю, стану залізничної колії, наявності переїздів та інших факторів.

Аналіз цього питання показав наступне. З колієвимірювальних стрічок встановлено, що на залізничних переїздах стан колії гірший в порівнянні з ділянками поза ними. Була встановлена стійка тенденція зростання нерівностей колії в зоні розташування переїзду. Як правило рівень нерівностей в вертикальній площині зростає в 1,3...3,2 рази та в 1,2...2,0 рази у горизонтальній площині у порівнянні з ділянками за межами переїзду. Тобто, виникають додаткові нерівності, що в свою чергу впливають на плавність ходу поїзда, збільшуючи при цьому механічну роботу локомотива і, як наслідок, зростання витрат електроенергії.

Дослідження показали, що поява і розвиток нерівностей в колії у зоні переїзду в основному є наслідком двох факторів: особливості технології виконання виправочно-підбивочних робіт, конструкції колії й переїзного настилу.

Під час прогину колії від дії рухомого складу в зоні переїзду його плити працюють як ребра жорсткості, обмежуючи прогини рейко-шпальної решітки. При розташуванні коліс візка до, в межах і після переїзду розрахункові модулі пружності підрейкової основи, приведені до точки контакту колеса, можуть відрізнятись до 3 разів.

Питомий опір руху в ПТР встановлений для ланкової й безстикової колії середньої зношеності. З ростом швидкостей руху додатковий опір руху від нерівностей в плані й профілі збільшується.

За результатами тягових розрахунків встановлено, що за рахунок усунення нерівностей колії в плані й профілі у зоні переїздів із-за зменшення опору руху може бути отримана економія в витратах електроенергії на тягу поїздів до 2-3%. Незначні зменшення витрат електроенергії при одноразовому проходженні поїзда залізничного переїзду перетворюються у суттєву економію енергоресурсів за рік. Економія енергоресурсів залежить від вантажонапруженості, довжини ділянки між переїздами і періоду між ремонтами колії, що передбачають усунення нерівностей в плані й профілі.

Як показали дослідження, на опір руху швидкісних поїздів впливає не тільки тип верхньої будови колії, частота розташування й положення переїздів але й стан колії.

Нерівності на колії впливають не тільки на опір руху, а й на рівень сил взаємодії і напруження в елементах колії, а тому на швидкісних ділянках повинні діяти більш жорсткі обмеження на допуски щодо нерівностей на колії і колесах рухомого складу. Якість утримання кривих, а також переїздів і рівень швидкості руху впливають на опір руху поїздів і, як слідство, на витрати електроенергії, а тому ці питання повинні враховуватись при впровадженні швидкісного руху поїздів.

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ. ПОДСИСТЕМА ИНФРАСТРУКТУРЫ (ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ)

Ларюшкин В.Л., Татарченко Г.О (СТИ)

Директивы ЕС устанавливают обязательные требования для технических средств, которые должны быть введены в странах ЕС, путем разработки нормативно-правовых документов.

В Украине не первый год проводится работа по имплементации требований директив в законодательство и нормативную документацию. С учетом проводимых структурных реформ на железнодорожном транспорте особую актуальность приобретает Технический регламент безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта (далее – ТР), утвержденный в 2013 году. ТР включает требования: Директив ЕС 2001/14/ЕС от 26 февраля 2001 г., 2004/49/ЕС от 29 апреля 2004 г., 2008/57/ЕС от 17 июня 2008 г., которые устанавливают требования по обеспечению интероперабельности железнодорожных линий.

Объектами технического регулирования являются железнодорожные линии 1520 мм, предназначенные для движения поездов со скоростями до 200 км/час, их функциональные подсистемы (далее - подсистема), составные части и элементы функциональных подсистем

В 2014 году Министерством инфраструктуры Украины планировалось провести мероприятия по подготовке операторов инфраструктуры к применению ТР и от добровольного применения перейти к обязательному. Фактически требования ТР на данный момент обязательны к исполнению. Законы должны работать и тогда государство будет государством.

ТР нужный, важный документ, который обязывает оператора инфраструктуры железнодорожного транспорта ответственно относиться к техническому, технологическому, организационному и квалификационному *обеспечению* инфраструктуры для создания условий безопасности движения, экологической безопасности и др.

Все эти *обеспечения* в реальном производственном процессе выполняются, но сегодня ТР требует процедурно подтвердить соответствие инфраструктуры, наличие системы безопасности для получения сертификата безопасности.

Период в один год на полноценное введение ТР оказался видимо недостаточным по разным причинам.

Немаловажное значение в Украине имеет стратегия и тактика постепенного перехода от текущей ситуации к конечной в подсистеме «электрообеспечение».

Необходимо:

- завершити інвентаризацію проектної та технічної документації на елементи підсистеми (далеє – ЕП), визначив ці елементи та параметри, які є головними для збереження технічної та експлуатаційної сумісності;
- завершити складання та опублікувати переліки національних, міждержавних та європейських стандартів, які встановлюють вимоги до ЕП та дають можливість шляхом вимірювань та випробувань довести відповідність ЕП вимогам ТР, розробити процедури оцінки відповідності елементів інфраструктури;
- залучити компетентні організації та окремих фахівців, забезпечити координацію робіт.

В 2010 році контактна група ОСЖД-ЕЖДА розглянула питання технічної та експлуатаційної сумісності залізничної системи (підсистема – енергопостачання) колії 1520 мм та 1435 мм, де було проведено аналіз технічних засобів підсистеми в країнах ЄС та СНГ.

ЄС рекомендує використання нормативних документів міжнародних організацій (UIC, IEC, ISO) та проводить наработку в доповнення до існуючих TSI для колії 1520 мм. документів, поширюваних на структурні підсистеми та їх компоненти, для залізничних ліній 1520 мм (прибалтійські країни).

ІНФОРМАЦІЙНА ІНТЕГРАЦІЯ В ТРАНСПОРТНІЙ ЛОГІСТИЦІ

Лашков О.В., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. А. Лазаряна

Інформаційна інтеграція необхідна для побудови єдиного інформаційного простору транспортно-логістичного ланцюга, що дозволяє забезпечити необхідну в сучасних умовах швидкість, повноту та точність отримання потрібних для надання транспортної послуги відомостей. Особливе значення якості інформаційного забезпечення набуває при використанні точних технологій доставки товарів типу Just-in-time - «точно в строк». Складність інформаційної інтеграції в транспортній логістиці обумовлена безліччю інформаційних каналів та взаємозалежністю інформаційних потоків.

Для формування та підтримки внутрішньої інформаційної інфраструктури транспортно-логістичних компаній в найближчій перспективі найбільш ефективними можуть стати мережеві Інтернет-технології. Враховуючи потреби практики, ці технології вже починають реалізовуватися в нових версіях корпоративних інформаційних систем, призначених для комплексної автоматизації управління великими компаніями по виробництву товарів, що організують свою діяльність відповідно до принципів та схем класичної логістики.

Інформаційна інтеграція в транспортній логістиці на глобальному рівні реалізується в рамках міжнародних програм.

З розвитком інтеграційних процесів на транспорті та в економіці в цілому проблема організації та оптимізації інформаційних потоків стає дедалі актуальнішою. З'являється інформаційна надмірність, що гальмує ділові процеси через необхідність переробляти величезну кількість непотрібних даних. І ця проблема не менш важлива, ніж проблема інформаційної недостатності. Оптимізація інформаційних потоків в транспортно-логістичних системах можлива шляхом інформаційного моделювання - новий, поки тільки позначений науковий напрям в телематиці. Інформаційне моделювання вимагає опису

інформаційних джерел і каналів передачі даних, їх характеристик, формалізації одержуваних по каналах передачі даних повідомлень з перетворенням їх в інформацію, придатну для обчислення критеріїв ефективності транспортних операцій.

Необхідні для автоматизації виробничих процесів в підприємстві програмні продукти, представлені на сучасному ринку програмного забезпечення, можна об'єднати в три групи:

- програми і програмні комплекси обліково-бухгалтерської орієнтації;
- системи комплексної автоматизації роботи підприємства;
- спеціальні програмні продукти для транспортно-логістичних та експедиторських компаній.

РОЗРОБКА ЕНЕРГООПТИМАЛЬНОГО ГРАФІКА РУХУ ПОЇЗДІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПРЯМКАХ З ПАРАЛЕЛЬНИМИ ХОДАМИ

Логвінова Н.О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. А. Лазаряна

Залізниці України мають розвинуту мережу, на якій можливо виділити залізничні напрямки, які розташовані паралельно один з іншим та на яких для тяги поїздів застосовується тепловозна тяга та електрифіковані постійним чи змінним струмом. В якості електрифікованих паралельних напрямків, електрифікованих змінним струмом в проведених дослідженнях розглядалися:

- основний двохколійний напрямок: Знам'янка - Помічна – Колосівка – Одеса-Сортувальна з одноколійними вставками на ділянці Помічна - Колосівка;
- паралельний двохколійний напрямок: Знам'янка – Помічна – Роздільна – Одеса-Застава 1 з одноколіійною ділянкою з двохколійними вставками Помічна – Роздільна.

Паралельні напрямки відрізняються між собою: відстанню між кінцевими станціями, кількістю головних колій на перегонах, колійним розвитком станцій на напрямку, можливою та необхідною пропускнуою спроможністю, розмірами пасажирського та вантажного рухів, розмірами керівних ухилів на дільницях. Все це впливає на час руху вантажних поїздів між кінцевими станціями, необхідний парк електровозів для просування визначених поїздопотоків та енергетичних витрат, які необхідно понести залізниці на безпосередній рух поїздів.

Проведеними дослідженнями встановлено, що на вантажонапружених залізничних напрямках, які мають меншу довжину, але в той же час більші розміри пасажирського та вантажного руху спонукають вантажні поїзди зупиняти під обгонами пасажирськими поїздами, простоювати в очікуванні поїзних локомотивів чи локомотивних бригад на технічних станціях необхідно здійснювати рух вантажних поїздів, розприділяючи їх пропорційно між основним та паралельним напрямками.

Поставленим завданням дослідження є розподіл поїздопотоків між паралельними ходами залізничних напрямків таким чином, щоб вантажні перевезення були здійснені з мінімальними для залізниці експлуатаційними витратами в умовах прискореного руху пасажирських поїздів.

Для вирішення поставленої задачі необхідно розробити економіко-математичну модель роботи залізничного напрямку з паралельними ходами. Економіко-математичне моделювання вантажних перевезень є головною складовою вдосконалення експлуатаційної роботи, заснованої на якісному інформаційному забезпеченні управління нею на базі

автоматизації перевізного процесу. Моделювання управління вантажними перевезеннями базується на розцінці всіх ділянок залізничного напрямку за показниками різної складової собівартості перевезень, яка дає можливість в автоматизованому режимі отримувати інформацію про витрати і доходи як по окремих перегонах, так і на всій ділянці дотримання поїздопотоків.

Актуальність розвитку і удосконалення методів управління рухом поїздів пов'язана з необхідністю використання критеріїв мінімуму вартості електроенергії, що витрачається на тягу поїздів, тоді як в більшості випадків на залізниці застосовують критерій мінімуму спожитої електроенергії. Одночасно з цим виникає додаткова проблема відносно зміни планування і організації процесу перевезень.

На підставі даних про залізничну ділянку (поїзд, локомотив, час руху, обмеження швидкості, тарифи, які використовуються для оплати електроенергії та ін.) розраховується оптимальний за вартістю режим ведення поїзда, який розробляється у вигляді карти дільничної швидкості або перегінних часів ходу.

Отримані результати можуть бути основою методики оцінювання економічної ефективності вживання змінних тарифів і вартісної організації процесу перевезень на електрифікованих ділянках.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЛАНУ ФОРМУВАННЯ ПОЇЗДІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКА ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ТЯГУ ПОЇЗДІВ

Матвієнко Х. В., Папахов О. Ю., Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. А. Лазаряна

В існуючих економічних умовах підвищення ефективності роботи за рахунок зниження експлуатаційних витрат є запорукою успішної роботи залізничного транспорту. Одним з найважливіших напрямків успішної роботи транспорту є оптимізація системи організації вагонопотоків, зокрема – плану формування поїздів (ПФП), який займає центральне місце у сфері експлуатації залізничного транспорту.

Діючий план формування поїздів повинен забезпечувати концентрацію сортувальної роботи на найбільш технічно оснащених станціях, зменшувати тривалість знаходження вагонів на технічних станціях, забезпечувати ритмічну роботу станцій і під'їзних колій, ефективне використання вантажних вагонів і технічного оснащення станцій, забезпечувати прискорення обігу вагона, економію експлуатаційних витрат. Оскільки план формування поїздів впливає на час знаходження вагонів на шляху прямування, відповідно, він визначає і швидкість доставки вантажів.

Сучасний стан мережі (поява приватного рухомого складу, організація руху поїздів за узгодженими нитками графіка та ін.) вимагає оцінки варіантів ПФП не тільки за загальним простом вагонів, як у раніше розроблених методиках, а і за іншими показниками, такими як витрати залізниць, собівартість перевезення, термін доставки вантажів, витрати електроенергії на тягу поїздів тощо.

Показник витрат електроенергії є одним із суттєво значимих компонентів системи організації руху. Оптимізація ПФП по витратам даного показника дозволить знизити зношення тягового рухомого складу та витрати на його технічне обслуговування, забезпечити зниження собівартості перевезень, скорочення витрат на енергоносії.

Звісно, оптимізація ПФП по витратам залізниць на електроенергію вплине на збільшення простою вагонів під накопиченням, але застосування багатокритеріального аналізу варіантів ПФП, в даній ситуації, дозволить одночасно забезпечити і економію

електроенергії на тягу поїздів і мінімальний негативний вплив на інші експлуатаційні показники роботи залізничного транспорту.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ НА ОСНОВІ МЕТОДИКИ FMEA

Матусевич О. О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
ім. В. Лазаряна

Якість ефективності організації процесу експлуатації силового електроустаткування тягових підстанцій (ТП) дистанцій електропостачання залізниць може бути досягнута при отриманні оптимального технічного стану устаткування по відношенню до початкового і надалі забезпечення експлуатаційної надійності устаткування на заданому рівні. Вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) ТП, згідно нормативно технічній документації, торкається в основному методів контролю параметрів устаткування в процесі експлуатації і методів розрахунку призначеного ресурсу. Проте відсутність необхідного фінансово-технічного забезпечення проведення ППР вимагає нових підходів до системи технічного обслуговування і ремонту. Аналіз сучасних методів підвищення ефективності функціонування підприємств показує, що вирішення проблеми вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту технологічного устаткування може здійснюватися також на основі досягнень сучасного менеджменту.

Як один з таких підходів можна запропонувати метод аналізу видів і наслідків потенційних невідповідностей процесу - (Failure Mode and Effects Analysis), далі іменований - метод FMEA, також його різновид, звана FMESA (аналіз причин, наслідків і критичності порушення процесу) що розширює можливості цього методу за рахунок ранжирування тяжкості наслідків порушення процесу (відмов), що дозволяє встановити пріоритетність застережливих дій. У світі накопичений майже 25-річний досвід розробки і успішного застосування FMEA -аналізу. Так в США було здійснено перше формалізоване нововведення FMEA (програма Apollo). Головним завданням FMEA/FMESA, для системи ТО і Р ТП, являється менеджмент якості процесів системи і безперервне її вдосконалення при забезпеченні виявлення потенційних невідповідностей (дефектів) і запобігання їх появи на всіх стадіях життєвого циклу електротехнічного устаткування ТП. Нині не менше 80% розробок технічних виробів і технологій проводиться із застосуванням аналізу видів і наслідків потенційних невідповідностей (FMEA - методології).

Метою цього аналізу є виявлення і оцінка потенційних дефектів (відмов) устаткування або процесу, визначення дій, які можуть усунути або зменшити ймовірність виникнення потенційних відмов, і документування усіх цих заходів з метою досягнення надійної, ефективної експлуатації устаткування. На етапі доопрацювання, наприклад, технологічного процесу системи ТО і Р ТП або при його поліпшенні методом FMEA необхідно вирішити наступні завдання:

- виявлення критичних місць технологічних процесів системи ТО і Р і вживання заходів по їх усуненню при плануванні виробничих процесів дистанції електропостачання;
- ухвалення рішень про придатність запропонованих і альтернативних процесів ТО і Р при розробці технологічних процесів системи обслуговування;

- створення ранжируваного списку видів і причин невідповідностей системи ТО і Р для планування корегуючих і застережливих дій ;
- визначення корегуючих і застережливих дій системи ТО і Р, які могли б усунути або понизити вірогідність виникнення критичних процесів (невідповідностей);
- доопрацювання технологічного процесу до найбільш прийнятного з різних точок зору, а саме: надійності, безпеці для персоналу, виявлення потенційно дефектних технологічних операцій і т. д.;
- документування даних за результатами аналізу для накопичення в базі знань.

Основа методики FMEA полягає в ідентифікації усіх потенційно можливих помилок або відмов системи (процесу або устаткування). Цей процес заснований на складанні списку усіх можливих відмов (порушень) з наступним його аналізом і наступною числовою оцінкою. Бальну оцінку коефіцієнтів проводить *експертна група*, яка може формуватися з представників технічної служби дистанції електропостачання і фахівців ТП .

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ФАКТИЧНОГО ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ

Міронов Д. В., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
ім. В. Лазаряна

Надійність і ефективність функціонування електротехнічного обладнання (ЕО) тягових підстанцій залежить від його технічного стану, який забезпечується не тільки якістю виготовлення, а й правильною організацією системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). В даний час згідно з вимогами нормативно-технічної документації застосовується система планово-попереджувальних ремонтів (ППР), в якій терміни і обсяг проведення ТО і Р суворо регламентовані.

В умовах розвитку ринкових відносин у залізничній галузі 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 ЕО, а це призводить до появи додаткових матеріальних і трудових витрат. Новим напрямком у розвитку системи ТО і Р є розробка підходів, заснованих на індивідуальному спостереженні за реальними змінами технічного стану обладнання в процесі експлуатації. Для цього необхідно розробляти засоби отримання діагностичної інформації, а також математичні методи і моделі, що дозволяють врахувати всі фактори, що впливають на технічний стан ЕО. Ще більш важливим завданням у цьому випадку є створення комплексного методу визначення технічного стану, здатного об'єднати різнобічну діагностичну інформацію і на цій базі розрахувати інтегральну кількісну характеристику рівня технічного стану. В якості такої інтегральної характеристики доцільно прийняти значення узагальненої функції бажаності Харінгтона D .

Шкала значень узагальненої функції бажаності має наступний вигляд:

- $d = 1,00$ - максимально можливий рівень якості;
- $1,00 - 0,80$ - відмінний рівень якості (дуже високий рівень якості, якого не завжди вдається досягнути);
- $0,80 - 0,63$ - гарний рівень якості (звичайно вищий за той рівень, якого реально можна досягти);
- $0,63 - 0,37$ - задовільний рівень якості;

- 0,37 – 0,20 - поганий рівень якості;
- 0,20 – 0 - недопустимий рівень якості.

При використанні функції бажаності значення кожного з діагностичних показників y , яких в задачі визначення технічного стану може бути декілька, переводять в відповідні коефіцієнти бажаності d , після чого формується так звана узагальнена функція бажаності D , яка являє собою середнє геометричне коефіцієнтів бажаності окремих діагностичних показників:

$$D_G = \prod_{1 \leq i \leq q} d_i^{\alpha_i} = \exp\left[-\sum_{i=1}^q \alpha_i \exp(-y_i')\right],$$

де i – число діагностичних показників, α_i – вагові коефіцієнти, які вказують на значимість часткових критеріїв.

Аналізуючи отримане значення функції можна дати рекомендації про необхідність виведення ЕО в ремонт або про продовження його експлуатації. Розглянутий алгоритм оцінки технічного стану об'єкту діагностування, який передбачає використання сучасних методів діагностики та кваліметрії, дозволяє створити систему управління якістю процесу моніторингу обладнання тягових підстанцій, що підвищує ефективність електропостачання за рахунок поліпшення показників надійності енергоукомплектування, рівня обслуговування споживачів електроенергії. Можливість багаторівневого застосування функції бажаності Харінгтона та гнучкість запропонованого інструменту дозволяє забезпечити виконання розрахунків комплексної оцінки якості шляхом порівняння різних за характеристиками параметрів, що підтверджує простоту застосування та реальну практичну корисність.

МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОТЯГИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ШВИДКІСНОГО РУХУ ПОЇЗДІВ

Міщенко Т.М., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
ім. В. Лазаряна

Ця робота є продовженням досліджень автора по розробці методів ідентифікації параметрів пристроїв систем електричної тяги.

Попередні методи базуються на наявності діючих електрифікованих ділянок з діючими типами електрорухомого складу (ЕРС), що дозволяли експериментально отримувати миттєві залежності напруги $u(t)$ та струмі $i(t)$ з подальшим дослідженням електромагнітних і електроенергетичних процесів в системі. На відміну від зазначених можливі задачі для електрифікованих ділянок, що лише проектуються або для існуючих ділянок, на яких буде експлуатуватись новий тип ЕРС, який ще лише розробляється, що можливо при впровадженні в Україні швидкісного руху поїздів. В цих випадках задача ідентифікації повинна розв'язуватись методом еквівалентних параметрів для таких випадків.

1. Ділянка невідома. Тип ЕРС, що розробляється, відомий, але його ще немає в «металі». Тоді задача розв'язується таким чином. Зображується схема заміщення ЕРС з простою типовою ділянкою тягової мережі. Виконується математичний аналіз електромагнітних процесів в системі, знаходяться $u(t)$ та $i(t)$ на вході ЕРС. У подальшому застосовують методи, що опубліковані автором раніше.

2. Ділянка відома. ЕРС ще не виготовляється, але його основні технічні характеристики відомі. В цьому випадку виконуються тягові розрахунки для різних значень напруги на струмоприймачі електровоза $U_{\text{ел}}$ ($U_1, U_2 \dots$) і можливих інших різних величин (наприклад, маси поїзда та інш.). Як відомо, в основі виконання тягових розрахунків лежить використання характеристик залежності тягового струму I , що споживається ЕРС, від швидкості руху V ЕРС, тобто від отримання струмових характеристик $I(V)$, які мають місце для кожного типу ЕРС. На основі побудованої в процесі виконання тягового розрахунку кривої $V(s)$, тобто залежності швидкості V ЕРС від пройденого ним шляху s , і за допомогою струмових характеристик $I(V)$ отримуємо струмову криву $I[V(s)] = I(s)$, а згідно виразу, що $\Delta t(s_n) = \frac{\Delta s_n}{V(s_n)}$, отримуємо і криву часу $t(s)$. Маючи залежності $I(s)$ і $t(s)$, як функції шляху s , і перебудовуючи їх методом виключення s , отримуємо однозначну залежність тягового струму ЕРС від часу його руху. Для кожного діючого значення напруги на струмоприймачі $U_{\text{ел}}$ за термін часу τ поїздки на міжпідстанційній зоні отримується функція діючого значення тягового струму електровоза: $I_1(t), I_2(t), \dots I_i(t), \dots I_N(t)$.

Дискретизуємо її, визначаємо діюче значення напруги, струму, повну, активну та реактивно потужності для кожного моменту часу та розраховуємо еквівалентні активні та реактивні параметри електрорухомого складу як пасивного двополюсника.

Для наступного розрахунку електромагнітних процесів за моделями з еквівалентними параметрами необхідна розробка, в свою чергу, методів розв'язку системи стохастичних диференціальних рівнянь, які є наступним завданням автора.

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ УСТАНОВОК КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Мироничев А.В., Перекрест В.В., Тодоренко В.А., Тюрютиков А.И., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Реактивная составляющая мощности в электрической сети приводит к перепадам и просадкам напряжения в электрических линиях, что влечет за собой завышение сечения проводов кабелей и обмоток силовых трансформаторов и увеличение финансовых затрат на оборудование и электроэнергию. С 2004г. ООО МНПК «НИИ ПЭ» (Украина, г. Киев) выпускает регуляторы реактивной мощности РРП-6 и РРП-12 (6-ти и 12-ти канальные) для автоматических установок компенсации реактивной мощности. Опыт эксплуатации таких регуляторов позволил выделить следующие направления совершенствования, которые реализуются в новой линейке приборов РРП2:

- Автоматическая подстройка под текущую конфигурацию установки компенсации;
 - Возможность регулировать реактивную мощность не по коду, а по реальным значениям реактивной мощности;
 - Возможность компенсировать как индуктивную, так и емкостную составляющую реактивной мощности;
 - Увеличение числа ступеней для повышения точности регулирования;
 - Возможность удаленного управления и мониторинга конденсаторной установки.
- Все параметры регулятора реактивной мощности доступны удаленно через открытый протокол Modbus RTU, интерфейс RS-485. Через дополнительный внешний

преобразователь можно подключить к локальной сети либо сети Интернет. Благодаря этому данный регулятор реактивной мощности можно использовать как прибор технического учета, а также для удаленной диспетчеризации и мониторинга всей конденсаторной установки;

- Защита доступа к изменяемым параметрам. Такая защита позволит отделить персонал, которому доступ к изменению параметров прибора категорически противопоказан;

- Расширение возможностей регулятора посредством оснащения дискретными входами (8) и дискретными выходами (4), для подключения дополнительного оборудования;

- Использование порта RS-485 для подключения дополнительных устройств. Данный порт может быть использован для подключения термометра и активизации функции терморегулятора для управления охлаждением конденсаторной установки.

Объединение функций удаленной диспетчеризации и технического учета в регуляторе реактивной мощности позволяет расширить область их применения.

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАЛІЗНИЦЬ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ НІЧНОГО РУХУ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ

Окороков А. М., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. В. Лазаряна

Залізничний транспорт в Україні протягом останніх десятиріч залишається не лише основним перевізником вантажів та пасажирів, але й одним з основних споживачів електричної енергії. В той же час однією з пріоритетних задач розвитку залізничного транспорту для забезпечення його стабільної роботи, відповідного рівня конкурентоспроможності та рентабельності є впровадження заходів щодо зменшення його ресурсоємності.

На теперішній момент витрати залізниць на придбання паливно-енергетичних ресурсів становлять біля 19 % від загальних експлуатаційних витрат, отже впровадження заходів з економії має значний потенціал щодо зменшення собівартості перевезень та тарифів на перевезення вантажів.

Для зменшення енерговитрат на українських залізницях розроблено цілий ряд заходів – модернізація рухомого складу, оптимізація плану формування вантажних поїздів і напрямків вагонопотоків, реконструкція шляхового господарства і т.і., ці заходи дали можливість знизити енергоємність майже у 1,8 разів за останні 18 років. Однак слід зазначити, що всі вище перелічені заходи вимагають значних капіталовкладень та витрат часу на їх впровадження при порівняно невеликих кінцевих результатах.

Одним з найбільш перспективних напрямків подальшого зменшення витрат на енергоресурси, зокрема на електричну енергію, в останні роки як в Україні, так і за кордоном є переведення найбільш енерговитратної роботи залізничного транспорту – руху вантажних поїздів на нічний час, коли тарифи на електричну енергію нижчі. В умовах функціонування оптового ринку електричної енергії такий захід може принести суттєву економію експлуатаційних витрат. Це також узгоджується з останніми тенденціями в організації пасажирського руху, а саме – організації перевезень пасажирів швидкісними поїздами у денний час, що дозволяє зменшити навантаження на графік руху вночі та зменшити коефіцієнт зйому.

Проте, не дивлячись на очевидні переваги такого методу зменшення витрат на енергоносії, він несе значні ускладнення для експлуатаційної роботи залізниць.

Перш за все, значно ускладниться місцева робота, особливо у великих транспортних вузлах, оскільки наявні розміри руху не дозволять виконати її лише у нічний час без збільшення кількості тягових засобів, особливо якщо врахувати, що саме у нічний час проводиться більшість робіт з поточного утримання та ремонту колій. Значно зросте навантаження на локомотивні депо у нічний час, при цьому значна кількість локомотивів буде змушена повертатися до депо резервом та у денний час. Концентрація вантажної роботи на станціях як магістрального так і промислового транспорту в нічний час викличе необхідність їх технічного переоснащення як у відношенні кількості вантажно-розвантажувальних машин, так і щодо колійного розвитку, оскільки зменшення інтервалу прибуття поїздів вимагатиме як збільшення кількості колій для їх обробки, так і їх можливого подовження для можливості забезпечення накопичення вагонів. Оскільки значна кількість станцій в транспортних вузлах знаходиться в межах міста, або в районах зі щільною забудовою, то збільшення їх колійного розвитку викликає додаткові проблеми, а в деяких випадках стає майже неможливим.

Іншою проблемою стає необхідність значного збільшення простою вантажних вагонів у денний час в очікуванні нічного руху. Більшість вагонів при цьому знаходитиметься на сортувальних та технічних станціях вузла, що зменшуватиме їх ефективність.

Отже, тотальне переведення вантажного руху на нічний час потребує всебічного обґрунтування з урахуванням не лише очевидних прибутків, а й всіх видів витрат, як прямих так і прихованих, зокрема потенційних втрат клієнтів через перехід їх на автомобільний транспорт.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ ЗМІННОГО СТРУМУ НАПРУГИ 25 КВ, 50 ГЦ В ПАКЕТІ МАТЛАВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Панасенко М. В., Краснов О. О., ДП «Укрзалізничпроект»

Система електричної тяги (СЕТ) змінного струму напруги 25 кВ, 50 Гц на сьогодні є найбільш перспективною для залізниць України. Разом з тим, суттєвим недоліком цієї системи залишається порівняно низький її коефіцієнт потужності, який знаходиться на рівні 0,8...0,84, а в ряді режимів ще менший.

Для дослідження шляхів підвищення енергоефективності СЕТ змінного струму та оцінки показників якості електроенергії авторами розроблено імітаційну модель в пакеті MATLAB. При цьому автори ставили перед собою мету розробити достатньо детальні моделі обох основних підсистем СЕТ — електропостачання та електрорухомого складу.

Модель підсистеми електропостачання включає в себе мережу зовнішнього електропостачання, тягову підстанцію з регульованим фільтро-компенсаційним пристроєм та ділянку тягової мережі. Остання представлена у вигляді лінії з розподіленими параметрами з урахуванням активного опору та ємності контактної мережі відносно землі.

Модель електровоза 2ЕЛ5 включає в себе блоки тягового трансформатора, випрямно-інверторних перетворювачів (ВІП), блоки управління ВІП, кола тягових двигунів, блоки бортових компенсаторів реактивної потужності та вимірювальні прилади. Окремий блок призначений для розрахунку моменту опору тягового двигуна.

Модель тягового трансформатора електровоза представлена у вигляді комбінації однофазних трансформаторів і реалізована за допомогою елементів Mutual Inductance бібліотеки SimPowerSystems. Для побудови моделі ВІП використано бібліотечну модель тиристора Detailed Thyristor. Модель блоку управління ВІП реалізовано на логічних елементах, за допомогою яких здійснюється формування і розподіл імпульсів управління тиристорами ВІП відповідно до алгоритму роботи перетворювача.

При розробці математичної моделі тягового двигуна ДТК-820 поздовжня складова реакції якоря, а також вплив магнітного потоку додаткових полюсів не враховувались через малу їх величину. Ефект впливу вихрових струмів враховано введенням активного опору $R_{вх}$, який шунтує індуктивність обмотки збудження $L_{оз}$. Згідно з дослідженнями, величина цього опору складає $R_{вх} = 7R_{оз}$. Криву намагнічування тягового двигуна реалізовано за допомогою елемента Look-Up-Table (n-D) бібліотеки Simulink. Вхідним сигналом цього елемента є струм якоря i_a , а вихідним — магнітний потік Φ .

Принцип роботи моделі полягає в наступному. Перед початком моделювання у блоці моменту опору двигуна вводяться значення швидкості руху поїзда та його маси. У блоці управління ВІП задається зона регулювання та кути управління тиристорами ВІП. Є можливість моделювання електромагнітних процесів при переході з однієї зони регулювання на іншу.

Засобами основної бібліотеки Simulink у моделі здійснюється розрахунок активної, реактивної та повної потужностей, коефіцієнта потужності, коефіцієнтів спотворення кривих напруги та струму та коефіцієнта несинусоїдності напруги.

Розроблена модель дозволяє досліджувати складні електромагнітні процесів в СЕТ змінного струму з урахуванням несинусоїдальності напруги контактної мережі, а також нелінійності магнітних характеристик окремих елементів системи, зокрема, кола випрямленого струму електровоза. У моделі є можливість одночасної оцінки показників якості електроенергії на електровозі, в контактній мережі та на вході тягової підстанції.

РОЗВИТОК ОПЕРАТИВНО-ІНФОРМАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ СЛУЖБ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Пилипенко Ю.В., Інститут електродинаміки НАН України; Максимчук В.Ф., Департамент електрифікації та електропостачання Укрзалізниці

Забезпечення надійної та безперебійної роботи систем електропостачання вимагає застосування та постійного вдосконалення складових компонентів оперативно-інформаційного комплексу (ОІК), а саме пристроїв вимірювання, реєстрації, моніторингу та діагностування процесів, які виникають в електроенергетичних об'єктах систем електропостачання залізниць.

З розвитком і впровадженням мікропроцесорної техніки на об'єктах електроенергетики залізниць з'явилась можливість підвищення точності реєстрації параметрів обладнання та режимів його роботи в результаті переходу від аналогової реєстрації до цифрової, точної синхронізації всієї зареєстрованої інформації незалежно від місця розташування пристроїв, можливість застосування, як вже існуючих алгоритмів обробки зареєстрованої інформації, так і нових, які раніше принципово не могли бути застосовані. Застосування цифрової реєстрації дозволило створити нові унікальні

діагностичні комплекси, які дають інформацію про стан електроенергетичних об'єктів залізниць в реальному часі.

В зв'язку з цим подальшим кроком розвитку технологій для диспетчерського керування стало створення нового інтелектуального оперативно-інформаційного комплексу з елементами діагностування, інформація з якого надавала б енергодиспетчеру максимально можливу інформацію про режими роботи та стан електроенергетичного обладнання та прогнозування можливих відказів у його роботі.

Науковцями Інституту електродинаміки разом з спеціалістами Укрзалізниці, МЧП «АНІГЕР» та ООО ПКФ «Автоматика-Сервіс» розроблено структуру та створено діючий зразок нового інтелектуального оперативно-інформаційного комплексу на основі цифрових реєстраторів «Регіна», які утворюють множину давачів рівня тягової підстанції з максимально повною інформацією про передаварійні, аварійні, нормальні та післяаварійні режими роботи електроенергетичного обладнання з формуванням експрес інформації для відповідних режимів, та рівнів енергодиспетчера, які отримують зареєстровану інформацію по міжнародним протоколам передачі даних з відображенням параметрів режимів роботи та стану обладнання в реальному часі.

Створений діючий зразок ОІК увібрав у себе теоретичні та практичні напрацювання протягом декількох десятиліть діяльності і покриває на сьогоднішній день моніторинг та діагностуванням з відповідним прогнозуванням подальшої роботи електроенергетичне обладнання всіх класів напруги, які присутні на тяговій підстанції, а саме:

- приєднання напругою 27,5 кВ – фідери контактної мережі змінного струму, лінії ДПР;
- приєднання напругою 3,3 кВ – фідери контактної мережі постійного струму;
- приєднання напругою 35, 110(154) кВ – повітряні лінії, що живлять тягову підстанцію;
- приєднання 6(10 кВ) – лінії СЦБ;
- силові трансформатори, трансформатори струму та напруги, високовольні вимикачі, акумуляторні батареї та ін.

На сьогоднішній день інформацію про всі режими роботи та стан обладнання з нового інтелектуального оперативно-інформаційного комплексу отримують в реальному часі енергодиспетчери Південно-Західної залізниці.

ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНСЬКОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ В МЕРЕЖУ ЄВРОПЕЙСЬКИХ

Пісаревських К. В., Босий Д.О., Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Енергетична стратегія України на період до 2030 року визначає, що умовами забезпечення можливості паралельної роботи об'єднаної енергетичної системи України з енергетичним об'єднанням країн Європи (ENTSO-E) є модернізація, економічний та технологічний розвиток національного електроенергетичного комплексу. ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) створена в липні 2009 року і об'єднала шість існуючих на той час галузевих асоціацій: ATSOI, BALTSO, ETSO, NORDEL, UCTE і UKTSOA, в які входять 42 національні енергетичні компанії Європи.

Підготовка до об'єднання з ENTSO-E включає в себе створення правових, економічних, організаційних і технічних умов для включення української енергосистеми в паралельну роботу з ENTSO-E шляхом її інтегрування в синхронну роботу зони континентальної Європи. Найбільш нагальними є заходи пов'язані з усуненням проблемних місць та збільшення гнучкості керування режимами енергосистеми України.

Технологія приєднання будь-якої енергосистеми до ENTSO-E вимагає роботу енергосистеми в ізолюваному режимі протягом одного року з подальшою синхронною роботою протягом тестового періоду. Тестовий період включає три обов'язкові фази і може тривати достатньо довго: першим необхідним режимом є ізолювана робота енергосистем, другим - режим паралельної роботи енергосистем, але також важливим є забезпечення стійкості режимів та надійності електропостачання споживачів енергосистеми України при переході на роздільну роботу з енергетичними системами.

За думками фахівців, можуть виникнути такі проблеми як регулювання частоти та активної потужності, тому що вимоги до цих параметрів у країнах СНД та в енергооб'єднанні ENTSO-E різні. Так в ENTSO-E усталене відхилення частоти не повинно перевищувати ± 200 мГц від номінального. Ця вимога розповсюджується і на енергооб'єднання, що приєднуються до ENTSO-E, оскільки при їх об'єднанні на паралельну роботу повинні бути однаковими не лише середні значення, а й середньоквадратичні відхилення (дисперсії) частоти.

У ході реалізації програми в Україні передбачається здійснити, зокрема, реконструкцію та технічне переоснащення існуючих об'єктів інфраструктури енергосистеми, збільшити ККД енергогенеруючих потужностей, а також їх маневрених характеристик. Тобто, здійснення поставленого завдання на міжнародному рівні вимагає низки досліджень, вкладання коштів, реалізації особливих технічних заходів, координації з сусідніми країнами і на сході і на заході.

Стан енергетичної системи України певним чином залежить і від роботи електрифікованих залізниць. Українські залізниці представляють собою не лише потужного та розповсюдженого територією споживача, а й активного постачальника, працюючи на умовах ліцензіата оптового ринку електроенергії.

Окрім цього, є впливові причини, які спонукають до змін в українській енергосистемі. Користуючись об'єднаними мережами, енергосистема перетвориться на сполучну ланку між чорноморським і балтійським ділянками європейської енергосистеми. Вигоди полягатимуть в тому, що наша країна зможе безперешкодно експортувати в європейські країни надлишки потужності, і значить, більш щільно завантажувати генеруючі станції. Крім цього, в Україні зможуть працювати європейські енергетичні оператори, а значить, з'явиться справжня конкуренція на ринку електроенергії, що дозволить уникнути поширеної за останні роки монополізації.

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ОПОР КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ

Полях О.М., Гула Ю.В., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Електрифіковані залізниці є складними системами, що складаються з великої кількості пристроїв, серед яких найважливіше місце займає контактна мережа. Одним з основних елементів контактної мережі є залізобетонні опори, які забезпечують задане

положення контактної підвіски в плані і в профілі над залізничною колією, завдяки цьому реалізується передача електроенергії рухомому складу та надійність струмознімання. Опора контактної мережі – специфічна будівельна конструкція, відмова якої є загрозою для життя та здоров'я людей, призводить до великих матеріальних втрат та порушенню безпеки руху поїздів. Отже, найголовнішою вимогою до опор контактної мережі є забезпечення високої надійності та довговічності.

При впровадженні високошвидкісного руху з'явилися нові вимоги до несучих конструкцій контактної мережі, до яких належать опори. До загальних вимог відносяться: опори контактної мережі повинні бути роздільними переважно металевими відкритого профілю зі стійкими антикорозійними якостями на весь термін служби. На опорах, несучих контактну підвіску швидкісної і високошвидкісної магістралі, підвішуються тільки дроти системи тягового електропостачання. Інші проводи повинні розміщуватися на окремо стоячих опорах. Габарит уставки опор тобто відстань від переднього краю опори до осі колії на заново електрифікованих лініях повинна бути не менше 3,5 м.

Конструктивні параметри елементів для швидкісного і високошвидкісного руху повинні забезпечувати термін служби опор і жорстких поперечин 70 років. Нахил опор контактної мережі від вертикального положення не повинен перевищувати 3% висоти опори в бік, протилежний дії основних навантажень, і 1% - уздовж шляху; нахил уздовж діючих навантажень і до шляху не допускається. Нахил анкерних опор уздовж шляху в сторону, протилежну дії основних навантажень, не повинен перевищувати 0,5%. Та інші вимоги до технічної експлуатації та обстеженні.

Технічне діагностування являє собою процес визначення технічного стану об'єкта діагностування з певною точністю. Завершенням процесу діагностування є встановлення виду технічного стану. Розрізняють такі види технічного стану: справність і несправність, працездатність і непрацездатність, правильне і неправильне функціонування. Завдання діагностування є своєчасно виявити дефекти. В основі діагностичного забезпечення будь-якого об'єкта лежить організація його тестового або функціонального діагностування. З цього виходить, що до діагностування опор контактної мережі на високошвидкісному русі висуваються нові вимоги:

- по-перше, це повинно бути системна діагностика;
- по-друге, процес виконання діагностики звести до мінімального часу за рахунок:
 - а) високих робочих швидкостей, мобільних засобів діагностування,
 - б) комплексності діагностування і мінімізувати кількість обстежень за рахунок одноразового контролю більшості перевірених діагностичних параметрів для прийняття рішення,
 - в) можливість діагностування в будь яку пору року та погоду;
- по-третє, застосування безконтактних методів діагностування та здобуттям достовірності отриманих даних за рахунок точності вимірів.

В роботі проведено аналіз існуючих методів діагностування з визначенням їх позитивних і негативних сторін та шляхи удосконалення.

Висновок. Пропоновані вдосконалення на основі неконтактних методів діагностування, та пропоноване використання експрес методу для виявлення несправних опор, а після уточнення їхнього технічного стану (як що потрібно робиться відкопка опори) приймається рішення на заміну або ремонт її.

ПАРАМЕТРИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Притискач І.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Задачею систем діагностування об'єктів електроенергетичних систем є визначення поточного стану обладнання за всіма доступними діагностичними параметрами. Сучасні апаратні засоби дають змогу автоматично вимірювати основну частину поточних діагностичних параметрів під робочою напругою завдяки використанню встановлених безпосередньо на обладнанні датчиків. Застосування методів постійного контролю на робочому обладнанні дає змогу виявляти навіть дефекти, які швидко розвиваються, з періодом розвитку від декількох хвилин.

Для оцінювання технічного стану силових трансформаторів у робочих режимах зручним є метод порівняння поточних значень діагностичних параметрів з базовими даними. Моделі для визначення базових значень діагностичних параметрів містять певний набір коефіцієнтів (параметрів). Безпосереднє визначення цих коефіцієнтів за допомогою лабораторних вимірювань чи експериментальних досліджень для кожного трансформатора недоцільне.

З метою підвищення рівня діагностування силових трансформаторів розроблено математичні моделі аналізу діагностичних параметрів температури та вологості масла, які передбачають параметричну ідентифікацію теплової моделі та моделі вологовмісту методом рою частинок.

Для перевірки працездатності запропонованих математичних моделей використано експериментальні дані, отримані на силовому триобмотковому трансформаторі тягової підстанції Укрзалізниці. Зважаючи на неможливість навмисної зміни технічного стану трансформатора, оцінювання працездатності базується на підтвердженні відсутності змін технічного стану. Реалізація алгоритмів окремих підпрограм виконана в середовищі MatLab.

Вихідні експериментальні дані представлені у вигляді зареєстрованих за допомогою інформаційно-діагностичного комплексу «Регіна» масивів діючих значень струмів і напруг, а також таких показників, як вологовміст і температура масла та тангенс кута діелектричних втрат високовольтних вводів. Значення вологовмісту та температури виміряно датчиком, встановленим у верхній частині бака.

Вихідними даними теплової моделі трансформатора є також температура навколишнього середовища, яку приймемо рівною температурі повітря. Безпосередньо на підстанції вимірювання температури не виконується, тому для розрахунків використано дані з метеостанції, яка знаходиться на відстані 40 км від місця встановлення трансформаторів. Для досягнення необхідної дискретизації за часом виконано інтерполяцію значень методом Лагранжа.

Розрахунок діагностичних параметрів для температури масла та вологовмісту масла, виконано враховуючи природну його циркуляцію в баці трансформатора. Параметрична ідентифікація коефіцієнтів диференціальних рівнянь моделі виконана на вибірці, отриманій за три доби.

Аналіз отриманих результатів розрахунку діагностичних параметрів для температури масла та вологовмісту масла підтверджує ефективність процедур зменшення впливу випадкових похибок та працездатність розроблених алгоритмів та вказує на можливість їх

використання з даними, які отримані за допомогою датчиків, встановлених на трансформаторі.

АНАЛІЗ СПРАЦЮВАННЯ КОМУТАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ ПРИ ПРИЄДНАННІ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДО ШИН РІЗНОГО КЛАСУ НАПРУГИ

Прихода М.С., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна

Зараз все частіше до тягових підстанцій електрифікованих залізниць прагнуть приєднатися власники сонячних електростанцій. При цьому виникає ряд проблем, оскільки такі приєднання ще не досить досконально вивчені та проаналізовані. На сьогоднішній день в Україні не існує нормативних документів, якими б можна було керуватись при приєднанні сонячних електростанцій (СЕС) до шин тягових підстанцій. Власникам СЕС вигідніше приєднатися до шин 10 кВ тягових підстанцій, але при цьому виникають питання стійкості такої системи, спрацювання релейного захисту та вимикаючої здатності вже встановлених вимикачів. При приєднанні СЕС до шин 110, 35, 10 та 27,5 кВ різної потужності підстанцій постійного і змінного струму необхідно зробити повторні перевірки вимикачів на спрацювання за струмами к.з. та перевірку на термічну і електродинамічну стійкість.

Вимикач є одним з найважливіших апаратів, від якого залежить надійна робота не тільки розподільного пристрою, де вони встановлені, але часто і всієї енергосистеми. Для збереження стійкої роботи елементів системи відключення к.з. повинно проводитися дуже швидко, протягом двох напівперіодів.

Вимикач повинен бути пристосований для швидкого автоматичного повторного включення (АПВ), добре протистояти к.з., які виникають у процесі аварійного відключення і витримувати без пошкоджень включення в протифазі.

При приєднанні сонячних електростанцій до шин тягової підстанції гостро постає питання перевірки встановлених вимикачів на спрацювання у момент короткого замикання. Було проведено розрахунки та визначено електродинамічну стійкість, термічну стійкість вимикачів та струми короткого замикання при такому приєднанні.

По розрахованих даних струмів к.з. при приєднанні СЕС до шин різної потужності можна стверджувати, що максимальна потужність приєднаної СЕС для шин 10 кВ (при паралельній роботі з тяговим трансформатором, приєднаних до різних секцій шин) не повинна перевищувати 331 МВт, для шин 35 кВ – 440 МВт для підстанції постійного струму, при номінальному струмі відключення вимикача 2 кА. Для підстанції змінного струму обмежень за потужністю для розрахункового діапазону СЕС до 500 МВт не було виявлено.

Електродинамічна стійкість характеризується амплітудою ударного струму к.з., який здатний пропустити вимикач без залишкових деформацій деталей або неприпустимого відбросу контактів, що приводить до їх приварювання або вигорання. Якщо значення електродинамічної стійкості в каталозі не наводиться, то це означає, що стійкість вимикача визначається його комутаційною здатністю.

Перевірка за електродинамічною стійкістю встановлених вимикачів показала, що при встановленні СЕС до шин 10 та 35 кВ ударні струми при потужності СЕС вище 400 МВт вище каталожних даних.

При розрахунках було перевірено елегазові, вакуумні та маслонаповнені вимикачі для різних класів напруг. Для визначення термічної та динамічної стійкості встановлених вимикачів проведено аналіз зміни трифазних та двофазних струмів к.з. у відсотках на шинах високої, середньої та низької напруги в залежності від збільшення потужності встановленої СЕС на підстанції. Перевірка за термічною стійкістю встановлених вимикачів показала, що розрахунковий тепловий імпульс струмів не перевищує каталожних даних встановлених вимикачів.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ СИСТЕМИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

Пшінько О.М., Матусевич О.О., Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Утримання технічних засобів електропостачання залізничного транспорту на високому експлуатаційному рівні, що гарантує безпеку руху поїздів і високу ефективність процесу перевезень, неможливе без об'єктивної інформації про їх технічний стан. Об'єкти залізничного транспорту мають велику кількість пристроїв, тривала експлуатація яких без належного діагностування та якісного технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) може призвести до виходу їх з ладу та значних матеріальних збитків.

Поступове старіння парку устаткування, зниження запасів міцності застосовуваного обладнання поколінь гостро поставили питання оцінки його стану й ступеня ризику експлуатації за межами нормованого терміну служби.

За останні 20 років у багатьох країнах відбулася приватизація великої кількості електротехнічних компаній, які виробляють, передають і розподіляють електроенергію. Розвиток вільного ринку електроенергії та збільшення фінансового пресингу стали додатковими чинниками, які, з одного боку, посилили нову тенденцію максимально можливого продовження термінів служби устаткування, а з іншого – вимагають зниження експлуатаційних витрат на його технічне обслуговування і ремонт. Власники компаній прагнуть максимально використовувати ресурс наявного обладнання, що дозволяє мінімізувати або відкласти інвестиції на придбання нового обладнання, за умови всебічного забезпечення його надійної роботи і зведення до мінімуму кількості аварійних ситуацій.

У існуючих економічних умовах роботи дистанцій електропостачання залізниць України також зростає розуміння економічної доцільності створення сучасної системи ТО і Р. Спричинено це тим, що значна частина парку електрообладнання дистанцій електропостачання відпрацювала призначений ресурс, а темпи старіння вищі темпів оновлення парку, а також економією коштів на технічне обслуговування тощо.

Нові умови функціонування енергетики в Німеччині, США та інших країнах змусили звернути найпильнішу увагу на експлуатацію електрообладнання, яке відпрацювало нормативний ресурс. Ефективним засобом підвищення надійності експлуатації електрообладнання, продовження терміну його роботи, зниження ремонтних витрат і ризику збитків є використання систем безперервного контролю стану обладнання,

вдосконалення критеріїв діагностування та методів аналізу діагностичної інформації, що підвищує об'єктивність оцінки технічного стану обладнання.

Також на сьогоднішній день, окрім цього, в основі формування стратегії прийняття рішень і управління ресурсом електроустаткування лежить аналіз та управління ризиками можливих відмов і аварій. Результат управління ризиками відображає співвідношення між прийняттям того чи іншого рішення і його наслідками.

З метою утримання технічних засобів залізничного транспорту на високому рівні надійності необхідне створення сучасної системи технічного обслуговування і ремонту на основі інтелектуальних мереж Smart Grid і методології FMEA, що дозволить здійснювати достовірну та багатоаспектну оцінку техніко-економічного стану обладнання з використанням нових методів і критеріїв оцінки, підвищити оперативність і якість організації діагностування, технічного обслуговування і ремонту електроустаткування системи тягового електропостачання залізниць України.

У цьому напрямку кафедра Електропостачання залізниць університету проводить дослідження та має ряд наукових робіт, публікацій з науково – технічного супроводу удосконалення системи обслуговування та ремонту пристроїв тягового електропостачання. Наукові дослідження опубліковані у різних збірниках наукових праць, монографіях та навчальних посібниках.

ПЕРЕХОД ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОТ 3 КВ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА 27,5 КВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА УЧАСТКЕ БАКУ - БЕЮК КЯСИК АЖД

Рагимов Р.Г., главный консультант проекта; Рагимов А. Р., инженер,
"АТЕФ Группа компаний"

В статье рассмотрены вопросы перехода тяговой системы постоянного тока на переменный ток участка Баку - Беюк Кярик АЖД. Определено количество и мощности тяговых подстанции переменного тока, выбрано устройство СЦБ, по выбранным типам локомотива предложено тяговое плечо. Проведена компьютерная симуляция по параметрам тягового электроснабжение переменного тока по полученным данным произведено корректировка в параметрах тягового электроснабжение.

Ключевые слова: Контактная сеть, тяговые подстанции, Обратная последовательность фаз (ОПФ), Сигнализация, Централизация, Блокировка (СЦБ), локомотивное хозяйство, средство связи.

Железные дороги Азербайджана – крупнейшая по протяженности и объему перевозок сеть железных дорог в Закавказье, общая протяженность которой составляет 2125 км, из которых 1278 км электрифицированы на постоянном токе напряжением 3кВ.

На сегодняшний день основными направлениями железных дорог Азербайджана являются Баку – Ямала, Баку – Алят – Беюк-Кярик, Алят – Имишли, Османлы-Новые – Астара.

Направления Баку – Ямала и Баку – Алят – Беюк-Кярик полностью двухпутные и электрифицированы. Участки Алят – Имишли – Ширван (Али-Байрамлы) - Аляты и Акстафа - Казах, Алабашлы - Куши, Мингечаур - Мингечаур-город однопутные общей длиной 275 км.

До 2015 года на участке Баку – Беюк-Кярик ожидается увеличение размеров движения поездов до 60 пар поездов в сутки.

Существующая инфраструктура АЖД на данном участке не позволит обеспечить пропуск перспективных размеров движения в связи с ограничением скоростей движения по условиям технического состояния контактной сети, тяговых подстанций, устройств связи, сигнализации, централизации и блокировки.

В связи с этим обстоятельством в Азербайджанской Республике утверждена Государственная Программа по развитию инфраструктуры железнодорожного транспорта на 2010 – 2014 годы.

Программой предусматривается на участке Баку – Беюк-Кярик перевод электротяги постоянного тока напряжением 3 кВ на переменный ток напряжением 25 кВ с полным обновлением тяговых подстанций, реконструкцией контактной сети, модернизацией устройств сигнализации, централизации, блокировки (СЦБ) и систем связи.

Станции стыкования родов тока. На основании технического задания Азербайджанской Железной Дороги пункты стыкования должны были располагаться на станциях Баладжары, Алят, Гаджикабул и Беюк-Кярик. При этом, участки Гаджикабул (искл.) –Ширван и Алят (исключительно) –Имишли, Ялама – Баладжары (вкл.) – Бакинская кольцевая линия оставались бы на электротяге постоянного тока.

Станции стыкования родов тока являются сложными и дорогостоящими объектами при строительстве и эксплуатации из-за наличия большого количества переключаемых секций контактной сети, в которые подается напряжение 3 кВ или 25кВ в зависимости от рода тока электроподвижного состава, находящегося на этом пути и маршрута следования.

На станциях стыкования родов тока сооружаются пункты группировки переключателей рода тока, фидерные линии постоянного и переменного тока по кольцевой схеме, прокладываются кабели от поста ЭЦ к пунктам группировки и стрелочным переводам, монтируется большое количество секционных изоляторов. В связи с выше изложенным, станции стыкования родов тока не должны быть сложными в путевом развитии, а их количество минимальным.

Выбор станций стыкования. При разработке перехода рассмотрено три варианта организации стыкования родов тока:

Вариант 1 – перевод на переменный ток участка Баладжары – Беюк-Кярик. Участки Алят – Имишли, Гаджикабул – Ширван, как малодеятельные, переводятся на автономную тягу, пункты стыкования родов тока и вида тяги организуются на станциях Баладжары, Алят, Беюк-Кярик.

Преимущества варианта 1:

- перевод на электротягу переменного тока участка Баладжары – Беюк-Кярик на всём протяжении;
- отсутствие простоя поездов на станциях стыкования (Эйбат или Алят) по направлению Баладжары – Беюк-Кярик (в сравнении с вариантами 2 и 3).

Недостатки варианта 1:

- увеличение эксплуатационных расходов (в сравнении с вариантом 3) в связи с переводом участка Алят – Имишли на автономную тягу;
- снижение участковой скорости движения поездов (в сравнении с вариантом 3) из-за простоя на станции Алят при передаче поезда на участок Алят – Имишли;
- постройка пункта стыкования на станции Баладжары будет связана с выполнением работ по реконструкции в стеснённых условиях городской и промышленной застройки, в границах действующей станции с необходимостью обеспечения приёма и отправления грузовых и пассажирских поездов, организации маневровой работы, связанной с сортировкой вагонов, формированием поездов;

- защита инженерных коммуникаций сторонних организаций от воздействия переменного тока.

Из-за сложной и тесной взаимосвязи всех технических устройств, в частности систем СЦБ и электроснабжения, возникнет необходимость в поэтапной реконструкции станции. При этом, на отдельных этапах работы по переключению устройств СЦБ не представляется возможным произвести в полном объеме без полного закрытия станции, из-за чего движение по всем направлениям АЖД будет частично парализовано, а на отдельных участках будет полностью остановлено.

Вариант 2 – перевод на переменный ток участка Баку – Беюк-Кясик с организацией станции стыкования родов тока на ст. Беюк кясик.

В данном варианте электротяга постоянного тока сохраняется на участке Алят – Имишли, Гаджикабул – Ширван, как малодеятельные, предлагается перевести на автономную тягу. Пункты стыкования родов тока и видов тяги организуются на станциях Карадаг, Алят, Беюк-Кясик.

Преимущества варианта 2:

- обеспечение бесперебойной работы ст. Баладжары при реконструкции устройств СЦБ и связи на всём участке;

Недостатки варианта 2:

- снижение участковой скорости поездов на направлениях Алят – Имишли, (в сравнении с вариантом 1) в связи с организацией смены вида тяги на станциях стыкования Карадаг, Алят, Гаджикабул;

- увеличение эксплуатационных затрат (в сравнении с вариантом 1),

Вариант 3 – перевод на переменный ток участка Баку – Беюк-Кясик с организацией станции стыкования родов тока на станциях Карадаг, Алят.

В данном варианте электротяга постоянного тока сохраняется на станции часть путей ст. Баку пасс. и на участке Алят – Имишли. Участок Гаджикабул – Ширван, Карадаг-Хурдалан как малодеятельный, предлагается перевести на автономную тягу. Пункты стыкования родов тока организуются на станции Беюк-Кясик.

Преимущества варианта 3:

- уменьшение количества станций стыкования (в сравнении с вариантом 2);

- снижение эксплуатационных затрат (в сравнении с вариантами 1 и 2) на участке Алят – Имишли в связи с сохранением электротяги.

Недостатки варианта 3:

- увеличение эксплуатационных затрат (в сравнении с вариантом 1), связанных с дополнительной обработкой составов при передаче составов на станции Алят;

- сохранение более высоких эксплуатационных затрат на участке Баладжары – Алят (в сравнении с вариантами 1 и 2).

Во всех вариантах между станциями стыкования предусматривается:

- строительство новых тяговых подстанций переменного тока;

- реконструкция контактной сети;

- реконструкция освещения станций;

- реконструкция устройств сигнализации и систем связи.

На основании сравнения капитальных и эксплуатационных затрат считаем целесообразным осуществить перевод электротяги на переменный ток на участке Баку – Беюк-Кясик (вариант 2) с организацией пунктов стыкования родов тока на станциях Беюк-Кясик и с сохранением электротяги постоянного тока на участке Алят – Имишли.

По направлению Баку – Беюк-Кярик Азербайджанской железной дороги произведены тяговые расчеты на электровоз переменного тока. В качестве расчетного локомотива для грузового движения принят электровоз переменного тока AZBA2x(B₀B₀) (производитель Франция)

По вариантам проведен расчет эксплуатационных расходов по разнящимся показателям в системе групповых и укрупненных норм.

Размеры движения. В настоящее время направление Баку – Беюк-Кярик Азербайджанской железной дороги обслуживается парком электровозов постоянного тока ВЛ8.

Существующая весовая норма грузовых поездов по участкам составляет:

- Баку – Баладжары – 3000 т;
- Баладжары – Гаджикабул – 2500/3000 т;
- Гаджикабул – Гянджа – 2500/3000 т;
- Гянджа – Беюк-Кярик – 3000/3300 т.

Весовая норма пассажирских поездов – 1150 т.

Плановые размеры движения на 2010-2011 годы приведены в приложении Л.

Выполненные размеры движения:

- на участке Баладжары – Алят – 29 пар поездов в среднем в сутки, в том числе пассажирских – 6 пар;
- на участке Алят – Беюк-Кярик – 26 пар поездов в среднем в сутки, в том числе пассажирских – 4.

Планируемые размеры движения поездов по участку Беюк-Кярик – Баладжары на 2015 и 2020 годы представлены в таблице 2.

Таблица 2

Участок	Количество грузовых поездов в сутки на 2015/2020 г.
Беюк-Кярик – Баладжары	35/45
Алят – Имишли	10/15
Евлах – Барда	5/10
Евлах – Белоканы	5/10
Алабашлы – Кушинский Мост	10/15
Актафа – Казах	5/10
Мингечавир – Мингечавир-город	10/15

По направлению Баку – Беюк-Кярик Азербайджанской железной дороги произведены тяговые расчеты на электровоз переменного тока AZBA2xB₀B₀ (производитель Франция).

Расчетные значения и отдельные показатели расчета приведены в таблице 4.

Таблица 4

Показатель	Грузовой поезд		Пассажирский поезд	
	нечётный	чётный	нечётный	чётный
Масса, т	4500	4500	1150	1150
Длина, м	800	800	400	400
Количество вагонов	57	57	20	20
Время хода без учета стоянок, мин	416	423	351	351
Допускаемая скорость, км/ч	80	80	100	100
Ходовая скорость, км/ч	69,9	68,7	82,8	82,7
Техническая скорость, км/ч	52,2	51,7	68,1	68,1
Процент реализации допускаемой скорости, %	89,2	90,0	87,5	87,4
Расход электроэнергии, кВтч	24398,3	30566,9	16712,2	18952,8

По вариантам проведен расчет эксплуатационных расходов по разнящимся показателям в системе групповых и укрупненных норм.

Электроснабжение и электрификация.

Тяговое электроснабжение. Срок службы устройств контактной сети превышают нормативные значения в два и более раз, за исключением участка Аляты–Имишлы, который был электрифицирован в 1979 году.

Выполнение всех работ по переводу электротяги с постоянного тока на переменный ток должно выполняться в условиях движения поездов, т.е. все устройства обслуживания электротяги постоянного тока должны действовать до дня перевода электротяги на переменный ток, а также к этому сроку должны быть готовы к эксплуатации все устройства, обслуживающие электротягу переменного тока, в том числе:

- приобретен электроподвижной состав;
- реконструированы локомотивные депо;
- построены тяговые подстанции;
- реконструированы контактная сеть, устройства автоблокировки, электрическая централизация стрелок и сигналов на отдельных пунктах, устройства оперативно-технологической связи;
- выполнена защита существующих сооружений и коммуникаций от электромагнитного влияния однофазного переменного тока;
- подготовлен штат работников для обслуживания машин, механизмов и оборудования, работающих на переменном токе.

При напряжении в контактной сети переменного тока напряжением 25 кВ тяговые подстанции должны иметь первичное напряжение не ниже 110 кВ. Поэтому для снижения затрат на сооружение заходов ЛЭП на тяговые подстанции и подъездных путей для них местоположение новых тяговых подстанций целесообразно выбрать рядом с существующими тяговыми подстанциями постоянного тока. Подключение к линии ВЛ110кВ возможно выполнить путем «отпая» от существующей линии 110кВ. Кроме того, сооружаемые тяговые подстанции желательно размещать на узловых станциях и станциях, где имеется существующая развитая инфраструктура: жилые поселки, школы, больницы, сети теплоснабжения, водоснабжения и канализации и т.д.

Размещение тяговых подстанций переменного тока выполнено на основании предварительных тяговых расчетов. Из схемы размещения проектируемых объектов видно, что на горном участке Беюк-Кясик – Герань, длина которого составляет 179,7 км с уклонами до 12⁰⁰% расстояние между тяговыми подстанциями принято 40–45 км, на равнинных участках оно увеличено до 60 км и более.

Варианты размещения тяговых подстанций участка Баладжары - Беюк-Кясик приведены на схеме размещения проектируемых объектов.

Вариант 1 размещения тяговых подстанций не рекомендуется, так как для сохранения электротяги на участке Алабашлы – Кушинский мост необходимо сооружение еще одной тяговой подстанции или станции стыкования родов тока. Размещение тяговой подстанции переменного тока на ст. Алабашлы по вариантам 2-4 решает эту проблему.

Во всех вариантах количество тяговых подстанций переменного тока одинаково и равняется двенадцати.

Вариант 2 размещения тяговых подстанций предусматривает:

- размещение подстанции переменного тока на узловой станции Евлах со строительством к ней ЛЭП-110 кВ вместо существующей ЛЭП-35 кВ;
- строительство тяговых подстанций на станциях Кюрек-Чай и Баргушеты, где раньше их не было, с сооружением к ним ЛЭП-110 кВ.

Размещения тяговых подстанции предпочтительней варианта 3 (Т.П на станциях Беюк Кясик, Акстафа, Дьярли, Алабашлы, Геран, Мюсюсли, Сагири, Гаджикабул, Аляты , Локбатан и Баку(Кешля) по обеспечению повышенного напряжения в контактной сети на крутых уклонах.

Внешнее электроснабжение.

При любом из рассматриваемых вариантов размещения ТПС необходимы следующие виды работ по внешнему электроснабжению:

1. Реконструкция отходящих фидеров 110кВ на сетевых подстанциях в количестве 23 единиц;
2. Строительство двух одноцепных ВЛ110кВ ТПС «Алят»-ПС «Алят» - АС-120, длина 4.5 км;
3. Строительство двух одноцепных ВЛ110кВ ТПС «Алабашлы»- ПС «Алабашлы» АС-120, длина 8.0 км;
4. Строительство ВЛ110кВ ТПС «Беюк-Кясик»-ПС «Акстафа» - АС-120, длина 46 км;
1. Строительство двух одноцепных отпая ЛЭП110кВ ТПС «Акстафа»-ПС «Акстафа» - АС-120, длина 1 км;
2. Строительство двух одноцепных ЛЭП110кВ ТПС «Локбатан»-Ходжагасан - АС-120, длина 4 км;

Симуляция показала нормально допустимое и предельно допустимое значения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в пределах ГОСТ 13109-97 по качеству электроэнергетики.

Существующие устройства. Электрификация ж.д. линии Баку – Беюк-Кярик на постоянном токе напряжением 3кВ была проведена в 1964-1965 годах. Модернизация тяговых подстанций постоянного тока на указанном участке ж.д. линии в объеме замены физически и морально устаревшего основного оборудования не проводилась. На подавляющей части существующих тяговых подстанциях в работе только один понизительный и один тяговый трансформаторы. Резервные трансформаторы как понизительные, так и тяговые находятся в нерабочем состоянии ввиду неисправности. Большая часть фундаментов под оборудование деформирована и не соответствует требованиям сейсмичности 9 баллов.

Рекомендуемые сооружения. Тяговые подстанции переменного тока 110/27,5/10кВ с трансформаторами мощностью 25-40МВА предлагается принять модульного типа.

Силовое оборудование распределительного устройства 110кВ предлагается разместить в здании, выполненном из сэндвич - панелей. Силовое оборудование распределительных устройств 27,5 кВ, 10 кВ, 10 кВ ВЛ СЦБ предлагается разместить в модулях полной заводской готовности, что обеспечивает минимальный объем монтажных и пусконаладочных работ.

Сооружение тяговых подстанций закрытого(модульного) типа с использованием последних достижений науки и техники в части нового технологического оборудования и передовых технологий дает возможность защитить оборудование от воздействия засоленного воздуха и повышенного ветрового воздействия на побережье Каспийского моря, в том числе выполнить мероприятия по повышению уровня изоляции.

Телемеханизация. Переход на современную систему телемеханики типа "SCADA" сохранением количества и границы энергодиспетчерских кругов (в городе Гянджа 2 круга и в Баку 1 круг).

Рекомендуемые устройства контактной сети. Контактная подвеска на перегонах на участке Беюк-Кярик – Баку, где предусматривается перевод на переменный ток напряжением 25 кВ, принята компенсированной с проводами М-120+МФ-100, а на станционных путях полукомпенсированной: на главных путях М-120+МФ-100 и приемоотправочных путях ПБСМ-70+МФ-85.

Монтаж контактной подвески предусматривается произвести по типовым проектам переменного тока, жесткие поперечины с консольными стойками на перегонах и главных путях станций и фиксаторными – на приемоотправочных путях станций. Консоли - изолированные.

Опоры – металлические изгнутого швеллера, консоли изолированные и фиксаторы выполнять из алюминия. Для выравнивая нагрузки по фазам энергосистемы у каждой тяговой подстанции предусматривается монтаж нейтральных вставок в контактной сети, за исключением ст. Беюк-Кярик. Их местоположение определяется расчетом с учетом профиля ж.д. пути предпочтительней в “яме” или на площадке. Длина её будет уточняться в зависимости от типа приобретенного подвижного состава.

Питание контактной сети от тяговых подстанций предусматривается по четырём двухсторонним питающим фидерам, с установкой на каждой фидерной зоне поста секционирования контактной сети. Пункты группировки переключателей контактной сети на станциях стыкования родов токов питаются от тяговых подстанций по 4 фидерам постоянного и переменного тока по кольцевой схеме.

Контактная сеть каждой станции отделена от перегонов 3-4-х пролетными сопряжениями с секционированием контактной сети и разъединителями с моторными приводами. Управление всех оперативных разъединителей дистанционное с постов ЭЦ, тяговых подстанций, ДПКС, а на удалённых разъединителях у нейтральных вставок со стоек телемеханики наружной установки.

Этапы переустройства. В связи с необходимостью сохранения двойного контактного провода 2×МФ-100 или одного МФ-150 до последнего дня движения электропоездов постоянного тока (по условиям токосъёма) реконструкция контактной подвески при переводе её на переменный ток напряжением 25 кВ проводится в 3 этапа.

На первом этапе производится: строительства новых тяговых подстанций и ЛЭП-110кВ, устанавливаются дополнительные опоры контактной сети, консоли и жесткие поперечины с максимально допустимыми длинами пролётов контактной сети ;

На втором этапе производится: замена изоляции 3 кВ на 25 кВ в узлах подвески, фиксации контактных проводов, анкеровки в существующей контактной сети, усиливающих и питающих фидеров в местах их использования для питания контактной сети переменного тока;

-замена несущего троса контактной подвески, установка новых опор для сооружения нейтральных вставок контактной сети в районе тяговых подстанций и подвески питающих фидеров переменного тока от новых тяговых подстанций до нейтральных вставок;

На третьем этапе производится: монтаж новых секционных изоляторов, разъединителей, ограничителей перенапряжений, питающих и отсасывающих фидеров, пунктов группировки переключателей контактной сети и дистанционного управления разъединителями после окончания строительства новых тяговых подстанций и ВЛ-110 СЦБ и связи, выполнения мероприятий по защите существующих сооружений от электромагнитного влияния однофазного переменного тока, осуществляется перевод электротяги на переменный ток напряжением 25кВ.

Фазировка тяговых напряжений. Работа выполняется без остановки поездов. Выполняется замена и регулировка контактного провода.

Станции стыкования. В связи с переводом движения на ж.-д. участке Беюк-Кясик – Баку с электротяги постоянного тока на электротягу переменного тока появляется необходимость создания станций стыкования двух видов тяги. На них должны быть созданы условия для возможности приема и отправления составов с электровозами разных систем тока по примыкающим к станции участкам и перецепки электровозов.

В данной концепции рассматривается три варианта выбора станции стыкования на железнодорожной линии Баку – Беюк-Кясик.

Вариант 1. Станция Беюк-Кясик.

В настоящее время путевое развитие станции Беюк-Кясик состоит из двух главных путей, одного приемоотправочного пути для пассажирских поездов, одиннадцати приемоотправочных путей – для грузовых поездов. Для формирования, расформирования поездов на станции имеется вытяжной путь.

На станции Беюк-Кясик, расположенной на границе Азербайджана с Грузией, производятся приемосдаточные операции, пограничный и таможенный контроль.

При организации на станции Беюк-Кясик пункта стыкования постоянного и переменного родов тока смена локомотива будет производиться параллельно с приемосдаточными операциями и таможенным контролем без увеличения времени стоянки, поэтому дополнительного путевого развития не требуется. Следует только выполнить секционирование путей. Пути с 4-го по 8-ой специализируются для приема

грузовых поездов со стороны Тбилиси. Эти пути в пределах полезной длины и четная горловина парка оборудованы контактной сетью с попеременной подачей постоянного и переменного тока.

Пути с 10-го по 14-ый специализируются для приема грузовых поездов со стороны Баку. Эти пути в пределах полезной длины и горловины парка оборудованы контактной сетью с попеременной подачей постоянного и переменного тока.

Организация работы станции следующая.

Пассажирские поезда четного и нечетного направлений принимаются на главные пути к пассажирским платформам и на 3-ий путь к пассажирскому зданию. Данные пути оборудуются контактной сетью с попеременной подачей постоянного и переменного тока. Производится смена локомотивов и отправление поездов поездов на перегон.

Грузовые поезда Бакинского и Тбилисского направлений принимаются на приемоотправочные пути. Для экипировки и отстоя в ожидании состава поездные локомотивы переставляются в пункт технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ). ПТОЛ на ст. Беюк-Кясик расположен в нечетной горловине со стороны пассажирского здания.

Вариант 2. В настоящее время путевое развитие станции Баладжары состоит из двух приемоотправочных парков и сортировочного парка. Сортировочная система оборудована горкой большой мощности и тремя тормозными позициями. Станция работает на три направления: Баку, Тбилиси, Сумгаит.

При организации пункта стыкования родов тока на станции Баладжары приемоотправочные парки оборудуются контактной сетью с попеременной подачей постоянного и переменного тока технология работы станции остается прежней.

Вариант 3. Существующая станция Эйбат является промежуточной. На ней выполняются операции по пропуску транзитного поездопотока, подаче, уборке вагонов на подъездные пути, приему и отправлению передач на Баладжары. Путевое развитие станции составляет: два главных и четыре приемоотправочных пути.

При организации на станции Эйбат пункта стыкования родов тока необходимо иметь восемь приемоотправочных путей и два ходовых пути, работающих на двойном питании. Размещение шести дополнительных путей выполняется по поперечной схеме.

На станции предусматривается организация ПТОЛ по обслуживанию электровозов переменного тока.

Организация работы станции.

Пассажирские поезда четного и нечетного направлений принимаются на главные пути к пассажирским платформам и на 3-ий путь к пассажирскому зданию. Данные пути оборудуются контактной сетью с попеременной подачей постоянного и переменного тока. Производится смена локомотивов и отправление поездов на перегон.

Грузовые поезда Бакинского и Тбилисского направлений принимаются на приемоотправочные пути. Поездные локомотивы переставляются через выходные горловины и ходовые пути двойного питания в голову отправляемому составу или на пути ПТОЛ.

Длина дополнительно укладываемых путей на станции Эйбат составляет 8,5 км.

Вариант 3. В настоящее время ж.-д. станция Алят является узловой участковой, путевое развитие которой состоит из: двух главных, шести приемоотправочных, девяти сортировочных путей. Станция работает на три направления – Баку, Имишли, Тбилиси, производит пропуск транзитных грузовых поездов; формирование, расформирование, прием и отправление местных поездопотоков.

При организации на станции Алят пункта стыкования родов тока существующий приемоотправочный парк должен быть специализирован для приема поездопотока со стороны Баку. Для приема поездопотока со стороны Беюк-Кясик на станции необходимо иметь дополнительное путевое развитие. Наличие незастроенной площадки достаточной длины позволяет последовательно с существующим парком уложить новый приемоотправочный парк и пути ПТОЛ. Проектируемый парк, существующие пути в пределах полезной длины и выходные горловины парков – на двойном питании. Схема путевого развития с продольным расположением приемоотправочных парков обеспечивает удобную передачу локомотивов из одного парка в другой и на пути стоянки, экипировки и технического обслуживания.

Направление Алят – Имишли остается работать на постоянном токе.

Организация работы станции по приему и отправлению поездов аналогична организации работы на станции Эйбат, описанной выше.

Дополнительная укладка на станции Алят составляет 6,0 км.

Выбор станции стыкования. Строительство станции стыкования по родам тягового тока по технико -экономичным и эксплуатационным показателям наиболее оптимальным вариантом является станция Беюк Кясик, вариант 1.

Локомотивное и вагонное хозяйство. При переводе участка Баку – Беюк-Кясик на электротягу переменного тока должна быть разработана схема тягового обслуживания с учетом принятого варианта размещения станций стыкования родов тока.

Независимо от принятого варианта размещения станций стыкования для технического обслуживания и ремонта электровазов переменного тока должна быть создана ремонтно-экипировочная база, включающая ремонтно-экипировочное депо (РЭД) и пункты технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ).

При организации станции стыкования по рекомендуемому варианту, размещение нового ремонтно-экипировочного депо электровазов переменного тока предлагается осуществить на станции Алят, а пункт экипировки – на станции Беюк-Кясик.

Существующее ремонтно-экипировочное депо на станции Гянджа сохраняется для обслуживания тепловозов, обслуживающих участки Евлах – Белоканы, Евлах – Кючарли.

Существующий ПТОЛ на станции Беюк-Кясик на весь период перевода участка на переменный ток сохраняется для обслуживания электровазов постоянного тока. Параллельно строится новый ПТОЛ для электровазов переменного тока.

Для выполнения операций по опробованию тормозов на стыковых станциях организуются пункты технического обслуживания (ПТО) вагонов.

В настоящее время существующие ПТО вагонов размещены на станциях Беюк-Кясик, Акстафа, Алабашлы, Гянджа (ВЧД-6), Евлах, Гаджикабул (ВЧД-5), Алят (ВЧД-4), Баладжары (ВЧД-2).

По рекомендуемому варианту необходимо предусмотреть реконструкцию существующих устройств ПТО вагонов связанных со сменой рода тока на станциях Беюк-Кясик и Алят.

Устройства сигнализации, централизации и блокировки. Для рассмотрения вариантов реконструкции проанализировано существующее состояние устройств СЦБ на данном участке.

На станциях применяются различные релейные системы электрической централизации (ЭЦ): ЭЦ-9, ТР-66, МРЦ-13, ТР-42, МКУ, построенных на элементной базе с использованием реле типа НР, НМШ с рельсовыми цепями частотой 50 Гц. Перегоны оборудованы числовой кодовой автоблокировкой (АБ) 50 Гц с размещением оборудования

в релейных шкафах. Устройства ЭЦ и АБ построены в период с 1963 по 1977 гг. Участок не оборудован системами диспетчерского контроля (ДК) и диспетчерской сигнализации (ДС).

После рассмотрения исходных данных, к рассмотрению предложено три варианта модернизации устройств СЦБ:

вариант 1 - реконструкция существующих устройств;

вариант 2 - замена существующих устройств на современные релейные системы электрической централизации (ЭЦ);

вариант 3 - замена существующих устройств на современные микропроцессорные системы ЭЦ.

При всех вариантах реконструкции, если нет возможности размещения оборудования СЦБ в существующих постах ЭЦ, новое оборудование предполагается устанавливать в специализированных транспортабельных модульных комплексах, оснащённых системами газовым автоматическим пожаротушением, вентиляцией, кондиционированием, электроотоплением, устройствами грозозащиты, заземления, охранно-пожарной сигнализацией, с выводом информации дежурному по станции (ДСП) и поезвному диспетчеру.

При оснащении локомотивов автоматическими системами управления тормозами станции и перегоны при реконструкции участка оборудуются постовыми устройствами системы автоматического управления тормозами с централизованным размещением аппаратуры (САУТ-ЦМ). Реконструкция автоматической переездной сигнализации должна включать замену шлагбаумов, светофоров, установку устройств заграждения переезда (УЗП).

Вариант 1 предусматривает реконструкцию существующих устройств:

- замену станционных и перегонных рельсовых цепей (РЦ) на рельсовые цепи тональной частоты;
- перевод электропитания стрелочных электродвигателей с постоянного (2-х проводная схема) на переменный (5-ти проводная схема) ток;
- оборудование перегонов автоблокировкой с централизованным размещением аппаратуры (АБТЦ);
- оснащение участка устройствами диспетчерского контроля (ДК) и диспетчерской централизации (ДС).

Вариант 1 не может быть рекомендован для реконструкции устройств СЦБ при переводе участка на электротягу переменного тока по следующим причинам:

- существующие системы не соответствуют современным требованиям;
- отсутствие достаточных площадей и помещений для размещения дополнительного оборудования СЦБ;
- моральный и физический износ постовых и напольных существующих устройств СЦБ, что может привести к опасным отказам, пожарам на постах ЭЦ и угрозе жизни обслуживающего персонала;
- отсутствие возможности приобретения необходимого для реконструкции оборудования, так как элементная база устройств СЦБ 60-х годов прошлого века сняли с производства, а существующая релейная база не позволяет выполнить увязку с современными устройствами ДК и ДС из-за отсутствия свободных контактов – для применения повторителей реле требуется установка дополнительных стативов;
- недостаточная мощность электропитающих установок и фидеров питания, что требует их замены и значительно усложняет реконструкцию существующих устройств.

Вариант 2 предусматривает замену всех устройств СЦБ на современные релейные и релейно-процессорные (РПЦ) системы ЭЦ и АБТЦ в увязке с диагностикой и диспетчерским управлением на базе современных микропроцессорных систем ДК и ДЦ. Системы ЭЦ и АБ на современной релейной базе обеспечивают безопасность движения поездов в полном объёме. Это достигается применением современных систем СЦБ с взаимным резервированием способов управления стрелками и сигналами, повышенной защищённостью замыкания маршрутов, защитой кабельных сетей от сообщения жил, оповещением монтеров пути, включением устройств контроля схода подвижного состава (УКСПС) и системы САУТ-ЦМ, применением тональных РЦ и т.д. Системы ЭЦ и АБ предусматривают применение современного напольного антивандального оборудования с антикоррозионной обработкой. Управление поездной и маневровой работой станции осуществляется либо с пульта-манипулятора со светодиодным табло (при релейной ЭЦ), либо с АРМ ДСП (при РПЦ).

В настоящее время на сети дорог применяются следующие системы: ЭЦ-12-03, ЭЦ-МПК, РПЦ «Диалог-Ц», БМРЦ-БН.

К недостаткам этого варианта можно отнести следующее:

- релейные системы ЭЦ и АБТЦ требуют значительных площадей для размещения оборудования;
- высокий расход цветных и драгоценных металлов в реле;
- для ремонта современных реле и блоков переоборудование КИПов;
- повышенное энергопотребление из-за увеличения количества реле по сравнению со старыми системами;
- влияние «человеческого» фактора на работу постовых устройств, что может привести к опасным отказам, как при плановых работах, так и при устранении повреждений.

Вариант 3 предусматривает применение современной микропроцессорной централизации (МПЦ) с интегрированной автоблокировкой (АБТЦ). При этом, управляющий вычислительный комплекс (УВК) МПЦ выполняет функции ДК и ДЦ. На релейных стативах размещается только оборудование ТРЦ и реле увязки (с переездами, входными светофорами и т.п.). Управление станцией осуществляется с АРМ ДСП. Для размещения всего оборудования МПЦ требуется гораздо меньшее площадей, что снижает стоимость строительства и эксплуатации здания поста ЭЦ или позволяет вообще отказаться от строительства нового поста ЭЦ. Для электроснабжения МПЦ применяются: устройства бесперебойного питания (УБП); селективная трёхступенчатая защита от грозовых и коммутационных перенапряжений; необслуживаемые аккумуляторные батареи; телеметрия и удалённый мониторинг учёта и качества электроэнергии. УБП позволяет полноценно управлять работой станции при перерывах в электроснабжении. МПЦ позволяет автоматизировать работу ДСП: авторежимы автоматического управления маршрутами, автооборот, автодействие сигналов, автоматический прогноз, автоматический анализ работы станции и устройств. Все указанные новые технологии, безусловно, влекут удорожание систем, однако обеспечивают более высокие показатели безопасности и живучесть компьютерных систем. К тому же срок окупаемости МПЦ меньше по сравнению с релейными системами. Это достигается из-за влияния следующих факторов:

- практически полное отсутствие регламентных работ в релейном помещении. В связи с кардинальным уменьшением релейной базы появляется возможность: существенно снизить отказы, связанные с приборами СЦБ и монтажом стативов; уменьшить штатное расписание КИПов;

- влияние «человеческого» фактора сведено к минимуму. Действия ДСП и электромехаников протоколируются УВК, что позволяет вести разбор повреждений на основе достоверной информации;

- выявление предотказных состояний. Наличие Центра мониторинга при отделе СЦБ позволит предотвратить большую часть отказов по устройствам СЦБ, уменьшить время поиска неисправностей и задержек поездов. При наличии вагона-лаборатории, в будущем это позволит перейти от планово-предупредительного метода обслуживания к обслуживанию по состоянию и сокращению линейного персонала;

- при вводе в эксплуатацию требуется меньше времени на строительство, регулировку и переключение устройств СЦБ, а, следовательно, и расходов на пуско-наладку;

- увеличенное время наработки на отказ за счёт аппаратной избыточности, чего лишены релейные системы;

- при применении МПЦ на участке из нескольких станций экономический эффект возникает за счёт экономии материалов (отсутствие кабеля СЦБ, соединяющего станции - увязка между УВК соседних станций осуществляется по существующему оптоволоконному кабелю) и эксплуатационных расходов; снижения энергозатрат, обслуживания и ремонта устройств СЦБ.

На сети железных дорог РФ широкое распространение получили системы микропроцессорной централизации МПЦ-МПК, МПЦ-2, МПЦ-МЗ-Ф, ЭЦ-ЭМ, МПЦ-И.

При выборе варианта реконструкции следует руководствоваться:

- требованиями Всемирного банка;
- эффективностью капитальных вложений, как при строительстве, так и при эксплуатации устройств СЦБ;
- обеспечением безопасности движения поездов.

Устройства связи. Участок Баку – Беюк-Кясик Азербайджанской железной дороги оснащен следующими видами связи:

- железнодорожной телефонной связью;
- межстанционной связью;
- связью совещаний (селекторная);
- сетью передачи данных.

На участке Баку – Беюк-Кясик в междупутье проложен магистральный волоконно-оптический кабель связи марки А-DF(ZN)2Y 4X6E9/125 0.36F3.5+0.23Y18 LG.

На станциях участка установлены мультиплексоры OTN для организации цифровой сети связи.

На узловых станциях установлены АТС Нисом различной емкости, для организации железнодорожной телефонной связи.

На реконструируемом участке отсутствуют или пришли в негодность следующие устройства и виды связи:

- воздушная линия связи, построена в 70-х годах, (для организации оперативно-технологической связи) физически и морально устарела, в связи с чем, на участке Баку – Беюк-Кясик отсутствуют все виды оперативно-технологической связи;
- медные магистральные линии и кабели вторичной коммутации отсутствуют;
- местные внутриплощадочные сети связи подлежат реконструкции;
- направляющая линия (однопроводной волновод) для организации поездной радиосвязи используется только на подъездах к станциям;
- радиостанции поездной и станционной радиостанции морально и физически устарели;

- устройства парковой громкоговорящей связи на станциях и разъездах отсутствуют или морально и физически устарели.

Вдоль реконструируемого участка железной дороги присутствуют сети связи различных организаций.

Концепция оснащения объектов железнодорожного транспорта устройствами связи предусматривает:

1) переустройство магистрального волоконно-оптического кабеля связи, попадающего в зону строительства (без перерыва действия связи), реконструкцию существующих внутриплощадочных сетей связи на станциях Азербайджанской ж.д.;

2) защиту, реконструкцию сетей связи различных операторов связи и ведомств от опасного воздействия переменного тока. Необходимость реконструкции кабелей связи определяется расчетом;

3) организацию следующих видов связи:

- поездная диспетчерская связь (ПДС предназначена для руководства движением поездов);

- служебно-диспетчерская связь (СДС предназначена для служебных переговоров работников дистанций сигнализации и связи по техническому содержанию и ремонту устройств СЦБ и связи);

- линейно-путевая связь (ЛПС предназначена для переговоров работников пути по вопросам текущего содержания путевого хозяйства);

- межстанционная связь (МЖС предназначена для служебных переговоров по движению поездов между дежурными смежных станций);

- связь охраняемого переезда (ОПС предназначена для переговоров дежурного по переезду с дежурным ближайшей станции по обеспечению безопасности движения и контроля внешнего состояния поездов);

- каналы телеуправления и телесигнализации (ТУ, ТС);

- перегонная связь (ПГС предназначена для переговоров находящихся на перегоне работников с дежурными станций, ограничивающих перегон);

- поездная радиосвязь КВ и УКВ диапазона (ПРС предназначена для организации оперативного управления процессом движения поездов);

- станционная радиосвязь (СРС обеспечивает связь между работниками станции);

- энергодиспетчерская связь (ЭДС предназначена для руководства техническим содержанием устройств энергоснабжения);

- двухсторонняя громкоговорящая парковая связь;

- организация сети передачи данных;

- организация каналов связи для системы ДЦ и диагностики устройств СЦБ;

- общетехнологическая телефонная связь (ОТС предназначена для предоставления работникам различных подразделений железнодорожного транспорта услуг по передаче речевой, документальной и видео информации, а также дополнительных услуг, обеспечиваемых современным телекоммуникационным оборудованием).

Цифровая сеть организуется при максимальном использовании существующих волоконно-оптического кабеля и мультиплексоров OTN. На базе первичных мультиплексоров OTN организуется линейный тракт с выделением потоков E1 для организации оперативно-технологической связи, ЖАТС, каналов ДЦ, каналов диагностики устройств СЦБ и т.д., с расширением существующего оборудования или его замену в зависимости от требуемой емкости сети.

Прокладка (подвеска) по опорам контактной сети, с вводом в модули связи на станциях, магистрального волоконно-оптического кабеля для обеспечения стопроцентного резервирования каналов сети (ОТС, ДЦ, диагностики, СПД и т.д.).

Сеть связи строится по кольцевой структуре с установкой дополнительных первичных мультиплексоров. Резервирование каналов предусматривается автоматически в случае повреждения кабеля или выхода из строя станционного оборудования.

Организация оперативно-технологической связи предусмотрена установкой цифровых коммутационных станций. Передача информации в линию происходит потоком Е1 по волоконно-оптическому кабелю при помощи первичных мультиплексоров.

Прокладка магистрального кабеля с медными жилами для организации цепей ПДС, ЛПС, ЭДС, ПГС, СДС, ОПС, ТУ, ТС с вводом в будки переездов, посты секционирования, тяговые подстанции, с устройством отпаев к сигнальным точкам, стойкам перегонной связи.

Для организации общетехнологической и местной телефонной связи предусматривается использование существующих АТС Нисом с возможностью расширения.

Для телефонизации объектов станций АТС предусматриваются внутриплощадочные сети связи кабелями различной емкости.

Корпоративная сеть передачи данных (СПД) организуется на базе маршрутизаторов и коммутаторов «Cisco». Маршрутизаторы включаются в единую сеть передачи данных при помощи первичных мультиплексоров по волоконно-оптическому кабелю потоками Е1.

Для организации поездной радиосвязи предусматривается:

- подвеска на всем участке направляющей линии (волновода) по опорам контактной сети. Обработка направляющей линии выполняется на станциях, охраняемых переездах с установкой цифровых радиостанций КВ диапазона.

- установка на станциях мачт поездной радиосвязи с размещением на них коллинеарных антенн, установка цифровых радиостанций УКВ диапазона.

Станционная радиосвязь на станциях организуется установкой коллинеарных антенн на мачте, стационарных цифровых радиостанций УКВ диапазона и носимых радиостанций.

Двухсторонняя парковая связь на станциях организована с использованием оборудования СДПС-Ц1, СДПС-Ц2 производства ООО «Стальэнерго» с установкой напольных устройств типа ПУ, 10ГР-38СЭ на светофорных мачтах.

На подходах к станциям и ИССО предусмотрена система контроля подвижного состава типа КТСМ-02. Для подачи сигналов контроля ближайшему дежурному предусматривается установка центрального оборудования на станциях и прокладка кабеля вторичной коммутации.

Для мониторинга устройств КТСМ всей линии устанавливаются гибкие мультиплексоры для передачи информации в управление железной дороги по волоконно-оптическому кабелю.

Каналы системы ДЦ и диагностики устройств СЦБ организуются с использованием гибких мультиплексоров, передачей информации по волоконно-оптическому кабелю в управление железной дороги.

Для обслуживания устройств связи железной дороги предусматривается организация линейно-путевых участков со строительством зданий для размещения обслуживающего персонала.

Проектируемое оборудование размещается в модулях связи МС-Т и зданиях ЛПУ.

Цифровое оборудование присоединяется к защитному заземлению с нормой сопротивления 4 Ом.

Система электроснабжения устройств связи должна соответствовать особой группе первой категории надежности.

Заключение.

1. Рассмотрено и рекомендовано основные параметры электрической тяги переменного тока 27,5 кВ для участка Баку – Беюк-Кясик Азербайджанской железной дороги.

2. Отмечено положительные и отрицательной стороны предлагаемых вариантов электрификации переменным током 27.5кВ.

3. Рассмотрен и скорректирован тяговых усилий предложенной на новых электрических локомотивах переменного тока 27.5кВ.

4. Даны рекомендации секционирование контактной сети путем применение пункта группировки по типу тягового тока и принятие различных типов локомотивов (постоянным и переменным током) целью организации поездных работ на станции стыковании Беюк-кясик.

5. Разработано предложение для снижения электромагнитной влияния на ЛЭП-10кв установленных на опорах контактной сети 27.5кВ.

6. Проведено симуляции деятельности всех тяговых подстанций на участке в различных нештатных режимах работы систем электроснабжения с целью окончательной коррекции основных параметров.

7. Рекомендовано основные параметры и типы устройство автоблокировки и средство связи.

8. Рекомендовано подвеска по опорам контактной сети, с вводом в модули связи на станциях, магистрального волоконно-оптического кабеля для обеспечения стопроцентного резервирования каналов сети

9. На участке Баку – Беюк-Кясик на электротягу переменного тока разработана схема тягового, для технического обслуживания и ремонта электровозов переменного тока должна быть создана ремонтно-экипировочная база, включающая ремонтно-экипировочное депо (РЭД) и пункты технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ).

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-ЕЛЕКТРИКІВ

Рудевіч Н.В., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Інтеграція системи освіти держави у європейський простір вимагає переходу від знаннєвої парадигми освіти до діяльнісної, орієнтованої на актуальні і затребувані життям результати навчання, що може бути реалізовано за допомогою компетентнісного підходу. Компетентнісний підхід, як один із напрямів підвищення якості професійної підготовки фахівців, нині утверджується і починає впроваджуватись у систему вищої освіти України. В контексті компетентнісного підходу професійна підготовка до майбутньої діяльності повинна включати формування професійних компетентностей, під якими розуміється комбінація знань, вмінь, практичних навичок і професійно важливих особистісних якостей, та яка визначає здатність особи здійснювати професійну діяльність. Впровадження

компетентнісного підходу в систему вищої технічної професійної освіти в першу чергу потребує оновлення методології навчання.

Вирішення зазначеної проблеми можливо здійснити за допомогою розробки і використання методології професійної підготовки інженерів на основі каузального (причинно-наслідкового) навчання. Каузальне навчання передбачає використання каузальних моделей системи знань про об'єкти вивчення, що складаються з різних підсистем знань об'єднаних між собою каузальними зв'язками. Традиційно професійна підготовка майбутніх інженерів будується на викладанні знань кожної з підсистем, при цьому зв'язки між підсистемами носять несистемний, фрагментарний, неупорядкований характер, а іноді і зовсім відсутні. Встановлення каузальних зв'язків між різними підсистемами знань лежить в основі успішного виконання професійної діяльності майбутніх інженерів-електриків.

Розробка методології професійної підготовки інженерів-електриків на основі каузального навчання передбачає розробку моделей професійної діяльності, моделей змісту навчання, методів навчання, засобів та методик навчання технічних дисциплін майбутніх інженерів на основі каузальних моделей знань.

На сьогодні джерелом побудови моделей змісту технічних дисциплін слугують підручники або навчальні посібники в певній предметній галузі. В дійсності для ефективного формування професійних компетентностей модель змісту технічних дисциплін повинна відповідати моделі професійної діяльності майбутнього інженера-електрика. Отже, використання в якості змісту технічних дисциплін моделі реальної професійної діяльності інженера є очевидним. Методи, засоби та методики навчання технічних дисциплін повинні враховувати специфіку майбутньої професійної діяльності та бути спрямовані не лише на визначення способу керівництва навчальною діяльністю, а й на логіку навчального процесу. В їх основу повинна бути покладена природна логічна послідовність мислення інженера-електрика.

Розробка та використання методології професійної підготовки майбутніх інженерів-електриків на основі каузального навчання є запорукою ефективності реалізації компетентнісного підходу. Каузальне навчання лежить в основі формування понять, вмінь, навичок, професійно важливих якостей, і як наслідок – професійних компетентностей, що призведе до суттєвого підвищення якості професійної підготовки майбутніх інженерів-електриків. Одночасно вдасться оптимізувати зміст навчальної інформації, ефективно реалізувати системний підхід до навчання, придати навчальному процесу діяльнісний характер.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОЙ ЭНЕРГИИ РЕКУПЕРАЦИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Саблин О.И., Иванов А.П., Кузнецов В.Г., Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта им. акад. Лазаряна

Перспективными направлениями развития неавтономного электротранспорта является переход к распределенному тяговому электроснабжению, использование накопителей энергии и систем интеллектуального управления движением, что позволит успешно решать энергетические и экологические проблемы отрасли. При этом основным источником экономии энергии на электротранспорте остается использование рекуперации,

что при рациональных режимах движения транспортных средств позволяет снижать энергоемкость перевозочного процесса на 35...40 %.

Однако в силу специфики тягового электропотребления данный показатель сегодня реализуется лишь на уровне 7...8 %, что в первую очередь связано с невозможностью синхронизации процессов генерирования и потребления энергии различными единицами электротранспорта. Использование в комплексе приведенных выше технологий должно способствовать улучшению использования режимов рекуперации электроэнергии на неавтономном электротранспорте.

Для реализации эффективного распределения энергии рекуперации в системе электротранспорта, содержащей стационарные накопители энергии, реверсивные тяговые подстанции с плавным регулированием выходного напряжения (в том числе в сторону понижения при избыточной рекуперации) необходимо решать ряд задач с высокой степенью неопределенности, требующих учета множества случайных факторов, таких как режимы питающих сетей и тяговых нагрузок, определяющие алгоритмы управления накопителями и т.д. Точный учет всех факторов требует построения сложных математических моделей и механизмов измерения параметров, реализация которых требует больших затрат. На практике основой принятия решений могут выступать знания, полученные от экспертов.

Эффективным методом в условиях низкого информационного обеспечения управлений в системе тягового электроснабжения являются принципы, основанные на теории нечетких множеств и нечетком управлении. При этом рациональные каналы распределения энергии рекуперации электротранспорта могут быть определены на основе экспертных оценок, которые лежат в основе алгоритмов работы силового оборудования при определенных поездных ситуациях. При снижении или отсутствии тягового электропотребления на участке рекуперации может быть реализовано поддержание напряжения на токоприемнике рекуперирующего поезда в заданном диапазоне (ниже предельно допустимого) за счет либо поглощения избыточной энергии накопителями при условии их неполного заряда, либо ее передача в питающую сеть при условии наличия там потребителей, либо обеспечения перетоков избыточной энергии на соседние межподстанционные зоны к удаленным тяговым нагрузкам путем плавного снижения напряжения на шинах тяговых подстанций. При этом критерием эффективности распределения рекуперативной энергии выступает снижение потерь энергии в тормозах, т.е. режим реостатного торможения, при котором рекуперативная энергия утилизируется, не должен использоваться.

Реализована система, основанная на нечетком выводе по методу Такаги-Сугено. Система нечеткого вывода содержит блоки правил, принимающие решение на основе экспертных оценок. Для реализации приоритета выбора решения, блоки правил организованы в виде последовательности, которая выполняет последовательный анализ входных параметров и распределяет рациональным образом нагрузку по всем доступным направлениям.

Система нечеткого управления позволит оперативно принимать решение о рациональном распределении избыточной энергии рекуперации основываясь на неполных данных полученных системами измерений.

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА КРУПНЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Саенко Ю.Л., Бараненко Т.К., ГБУЗ «Приазовский государственный технический университет»

В настоящее время наблюдается рост потребления реактивной мощности во всех сферах промышленности и народного хозяйства. Рост потребления реактивной мощности привел к ряду негативных последствий: потребители стали работать с пониженным коэффициентом мощности и повышенным потреблением реактивной мощности из электрической сети системы электроснабжения. По оценкам экспертов, причинами возникновения и развития наиболее крупных аварий и технологических нарушений в энергосистемах и энергообъединениях различных стран, приведших к отключению значительного объема потребителей, являются, в частности, дефицит реактивной мощности в энергообъединениях и недостаточная мощность установленных источников реактивной мощности.

Таким образом, решение вопросов компенсации реактивной мощности (КРМ) является одним из аспектов как энергосбережения в электрических сетях, так и надежности электроснабжения промышленных предприятий. Рациональное применение компенсирующих устройств позволяет снизить потери мощности в электрической сети, обеспечить надлежащее качество потребляемой электроэнергии за счет нормализации уровней напряжения и в целом позволяет достичь высоких технико-экономических показателей работы электроустановок.

В связи с этим в последнее время на Украине значительно возрос интерес к вопросам КРМ. Устранение перетоков реактивной мощности в сетях в состоянии обеспечить ежегодную экономию порядка 150 млн. кВт·ч электрической энергии.

Установка средств КРМ различных типов и мощности приводит к различному эффекту. Среди многообразия вариантов КРМ лишь один является оптимальным.

Исследования показали, что для большинства крупных потребителей электроэнергии функция суммарных затрат, соответствующая оптимальной степени компенсации при использовании в качестве компенсирующих устройств батарей конденсаторов, на некотором промежутке является мало изменяющейся. В этом случае выбор степени компенсации внутри этого промежутка может производиться не по экономическим, а по техническим условиям, например по условиям обеспечения регулирования напряжения в системе электроснабжения.

Таким образом, применение батарей конденсаторов в качестве средств КРМ на крупных промышленных предприятиях имеет ряд характерных преимуществ: незначительные удельные потери активной мощности, отсутствие вращающихся частей, простота монтажа и эксплуатации, относительно невысокая стоимость, малая масса, отсутствие шума во время работы, возможность установки около отдельных электроприемников.

Главным преимуществом использования синхронных двигателей (СД) для КРМ, по сравнению с батареями конденсаторов, является возможность плавного регулирования генерируемой реактивной мощности. Однако активные потери при генерации реактивной мощности в СД значительно превосходят потери в батареях конденсаторов, так как зависят от квадрата генерируемой мощности СД. Кроме этого при использовании СД для КРМ функция суммарных затрат содержит явно выраженный минимум, что затрудняет

одновременно решать задачи оптимальной КРМ и регулирования напряжения в узлах электрической сети. В связи с этим в системах электроснабжения промышленных предприятий СД применяют, главным образом, для КРМ в пики нагрузок.

ПРАКТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА КРУПНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Саенко Ю.Л., Бараненко Т.К., ГБУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Решение проблемы оптимизации режимов реактивной мощности является одной из важнейших технико-экономических задач, рассматриваемых в электроэнергетике. Решение данной задачи было рассмотрено авторами на примере крупного металлургического предприятия, расположенного в г. Мариуполе.

Для рассматриваемой схемы электроснабжения источниками реактивной мощности являлись батареи конденсаторов (БК) и синхронные двигатели (СД), а также турбогенераторы ТЭЦ, подключенные к шинам одной из питающих предприятие подстанций.

На момент исследования на данном предприятии наблюдалась неэффективная компенсация реактивной мощности (КРМ), которая выполнялась частично за счет генерации реактивной мощности синхронными двигателями и частично за счет использования батарей конденсаторов. При этом было выявлено недоиспользование более 60 % установленной мощности БК. Суммарные потери активной электроэнергии от перетоков реактивной мощности составили порядка 500 МВт·ч или около 9 % от общих потерь активной электроэнергии.

Было рассмотрено несколько мероприятий по оптимизации КРМ. Это вариант полного использования всей установленной мощности батарей конденсаторов, использование турбогенераторов ТЭЦ, приобретение и установка дополнительных регулируемых установок БК. Здесь необходимо отметить, что не рассматривался вариант полного использования располагаемой реактивной мощности СД. От этого варианта пришлось отказаться по причине перегрева СД, работающих в режиме максимально возможной генерации реактивной мощности, что наблюдалось на практике.

В первом варианте было предложено использовать имеющийся резерв мощности БК без дополнительных капитальных затрат на покупку нового оборудования. В результате расчетов было получено, что прибыль за счет снижения потерь и платы за реактивную мощность составит порядка 1 млн. грн. в год при величине снижения потребления реактивной мощности на 17 %. Во втором варианте было предложено использовать для КРМ имеющиеся БК и турбогенераторы ТЭЦ. В этом случае прибыль за счет снижения потерь и платы за реактивную мощность составила более 1,6 млн. грн. в год, величина снижения потребления реактивной мощности – 33 %. В третьем варианте было предложено использование имеющихся БК, турбогенераторов ТЭЦ и дополнительно установленных регулируемых БК. В этом случае, благодаря более гибкой КРМ, прибыль за счет снижения потерь и платы за реактивную мощность составила более 4,7 млн. грн. в год, величина снижения потребления реактивной мощности – 80 %.

Во всех вариантах при использовании БК для КРМ необходимо было учесть возможность возникновения резонансных режимов на частотах высших гармоник, т.к. в

составе нагрузки имеются вентильные преобразователи. Также учитывалось, что пределы регулирования реактивной мощности турбогенераторами старых серий существенно ограничены.

Исследования показали сложность решения задачи оптимальной КРМ на действующем крупном промышленном предприятии. Практически невозможно остановиться на одном единственном варианте КРМ. Требуется разработка ряда рекомендаций по оптимизации режимов реактивной мощности в зависимости от конкретных условий работы.

ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Саенко Ю.Л., Дьяченко М.Д., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Нарушение контактного соединения в высоковольтном электрооборудовании приводит либо к обрыву проводника, либо к возгоранию оборудования, и как следствие, к значительному материальному ущербу. Минимизация ущербов такого рода возложена на аппаратуру релейной защиты. Современные тенденции развития средств релейной защиты направлены не только на минимизацию ущерба от аварий но, и в основном, на предотвращение возможности их появления.

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 весьма 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 длительно 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 контактов 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 также 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 соединениях 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.

ПРИНЦИП НАЛОЖЕНИЯ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ВКЛАДОВ ЛИНЕЙНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИСКАЖЕНИЙ В ИСКАЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Саенко Ю. Л., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»;
Калюжный Д. Н., Харьковский национальный университет городского
хозяйства им. А. Н. Бекетова

Потребление и передача электрической энергии (ЭЭ) пониженного качества являются причинами многих негативных последствий, которые, в конечном счете, выражаются экономическими убытками потребителей и поставщиков ЭЭ. По данным, опубликованным в открытой печати, финансовые потери от пониженного КЭ для различных секторов экономики могут находиться в пределах от нескольких сотен тысяч до нескольких миллионов евро за одно событие. Ежегодная величина этих потерь для отдельных стран составляет порядка 10-20 млрд дол. США

Ответ на вопрос: кто и в какой мере должен компенсировать экономические убытки той или иной потерпевшей стороне от потребления или передачи ЭЭ пониженного качества дает решение задачи о распределении фактического вклада (ФВ) каждого источника искажения (ИИ) в понижение качества ЭЭ (КЭ) в точке общего присоединения (ТОП).

На сегодняшний день насчитывается достаточно большое количество методов определения ФВ в понижение КЭ. Основная часть из них разработана в пространстве симметричных составляющих и базируется на использовании соответствующих параметров режима работы и схем замещения электрической сети. Именно этот прием является главной причиной недостатков существующих методов определения ФВ, которые заключаются в следующем: не учитывается взаимное влияние ИИ друг на друга; получение дополнительной информации о параметрах схем замещения электрической сети в координатах, отличных от фазных, вызывают затруднения как методологического, так и технического характера; практическое использование разработанных методов ограничивается случаями ТОП с явно выраженным одним доминирующим ИИ.

Устранение недостатков данных методов и, соответственно, расширения их области использования возможно путем разработки новых математических моделей решения задачи распределения ФВ ИИ в искажения напряжений ТОП в системах электроснабжения.

Для случаев несимметрии и отклонения напряжений, где основными являются линейные источники искажения, представляется возможным разработать математическую модель определения искажения напряжений на базе метода узловых потенциалов в пространстве фазных составляющих с учетом распределенного характера ИИ в системе электроснабжения. Особенностью предлагаемой математической модели является способ представления ИИ, который предполагает выделение искажающей и неискажающей частей данного элемента. В силу линейности математической модели этот прием позволяет на основе принципа компенсации пассивные искажающие части ИИ заменить эквивалентными им активными элементами. В результате, в преобразованной таким образом математической модели, все искажающие части ИИ будут определены в виде активных элементов. Используя принцип наложения для определения ФВ того или иного ИИ в любой ТОП системы электроснабжения достаточно найти составную часть напряжение от действия активных элементов, характеризующих этот ИИ.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Саенко Ю.Л., Любарцев В.В., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Вопросам прогнозирования электрических нагрузок наряду с проблемами энергоэффективности и энергосбережения уделяется серьезное внимание при эксплуатации систем электроснабжения предприятий Украины. Прогнозирование электрических нагрузок позволяет эффективно планировать и оперативно управлять работой системой электроснабжения (СЭС). Достоверный прогноз позволяет рассчитывать оптимальные режимы работы СЭС, повышать их экономичность и надёжность. При наличии собственных источников электроэнергии на промышленных предприятиях от точности прогноза зависит планирование расхода энергоресурсов, экономичность загрузки генераторов, а, следовательно, и себестоимость выработанной электроэнергии. Прогнозирование электрических нагрузок является одной из основных проблем, с которыми сталкиваются энергетики как на промышленных предприятиях так и на других объектах электрического хозяйства Украины, включая электротранспорт.

На сегодня существует несколько распространённых методов прогнозирования. Это прогнозирование по среднему значению за предыдущий интервал времени, различные статистические методы, а также появившееся относительно недавно прогнозирование с помощью нейронных сетей.

Важнейшим фактором, влияющим на качество прогнозирования графика реактивной мощности, является его автокорреляционная связь. Поэтому для оценки точности прогноза с помощью нейронных сетей в программе Matlab была разработана программа для моделирования графика электрической нагрузки с заданной экспоненциально-косинусной корреляционной функцией. Выбор именно этой корреляционной функции обусловлен тем, что наиболее распространенными типами автокорреляционных функций для таких нагрузок, как прокатные станы, дуговые сталеплавильные печи (ДСП), металлорежущие станки является экспоненциально-косинусная, для сварки и прочих нагрузок –

экспоненциальная, которая является частным случаем экспоненциально-косинусной корреляционной функции.

Очевидно, что прогнозирование с помощью нейросетевых алгоритмов является наиболее современным и перспективным на сегодня, по сути, работа нейронной сети представляет собой аналог работы головного мозга человека и моделирует сложные процессы происходящие в нём. Поэтому в данной работе была изучена возможность прогнозирования электрических нагрузок с помощью нейронных сетей. Для этого использовался пакет Neural Network Toolbox входящий в программный комплекс Matlab.

В работе оценивалась точность прогноза при использовании двухслойной нейронной сети с обратным распространением ошибки (Backpropagation) и функцией тренировки Левенберга – Маркварта (Levenberg-Marquardt). Сеть двухслойная, в скрытом слое было подобрано оптимальное число нейронов равное семи. В качестве передаточной функции в скрытом слое использовалась Hyperbolic tangent sigmoid transfer function, в выходном слое – линейная передаточная функция. Цели и входы задавались в виде векторов.

Полученные данные сравнивались с реальным смоделированным графиком и определялась погрешность прогноза с использованием нейронной сети при различных корреляционных зависимостях.

В результате анализа были сделаны выводы о целесообразности применения нейронной сети для прогнозирования электрических нагрузок.

ФЕРРОРЕЗОНАНСНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ КОММУТАЦИИ ДВУХСКОРОСТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СЕТЯХ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС

Саенко Ю.Л., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»;
Попов А.С., ПАО «ДОНБАССЭНЕРГО», Старобешевская тепловая электрическая станция

Основную долю потребителей сетей собственных нужд ТЭС представляют высоковольтные двигатели с короткозамкнутым ротором. В зависимости от единичной мощности энергоблока приводом тягодутьевых агрегатов могут быть двухскоростные двигатели. Переходы между скоростями определяются режимом нагрузки энергоблока.

Нейтраль сети собственных нужд ТЭС зачастую изолированная, а ток замыкания на землю не превышает 5 А. Измерение напряжения выполняется с помощью трансформаторов напряжения контроля изоляции (ТНКИ). Малый емкостный ток сети и наличие ТНКИ создает условия для появления феррорезонансных процессов (ФРП).

В ходе эксплуатации двухскоростных двигателей при переходе двигателей дымососа с первой скорости на вторую неоднократно были отмечены случаи работы защиты от замыкания на землю коммутируемого присоединения. В некоторых случаях «земля» исчезала после разгона двигателя, в некоторых продолжала существовать.

Детальный анализ осциллограмм показал, что причиной появления напряжения нулевой последовательности при коммутации является феррорезонанс. Как известно, появлению феррорезонанса предшествует появление несимметрии в контуре нулевой последовательности сети. Типовым примером является ОЗЗ, отключение или самоустранение которого приводит к возбуждению ФРП.

Включение второй скорости происходит, как только выключатель первой скорости отключился. За такой короткий промежуток времени (не более 400 мс) остаточная ЭДС двигателя не успевает существенно затухнуть, поэтому кабель второй скорости остается

под напряжением до момента включения. На рис. 1 приведена опытная осциллограмма остаточной ЭДС двигателя дымососа типа ДАЗО 1914-10/12А после его отключения.

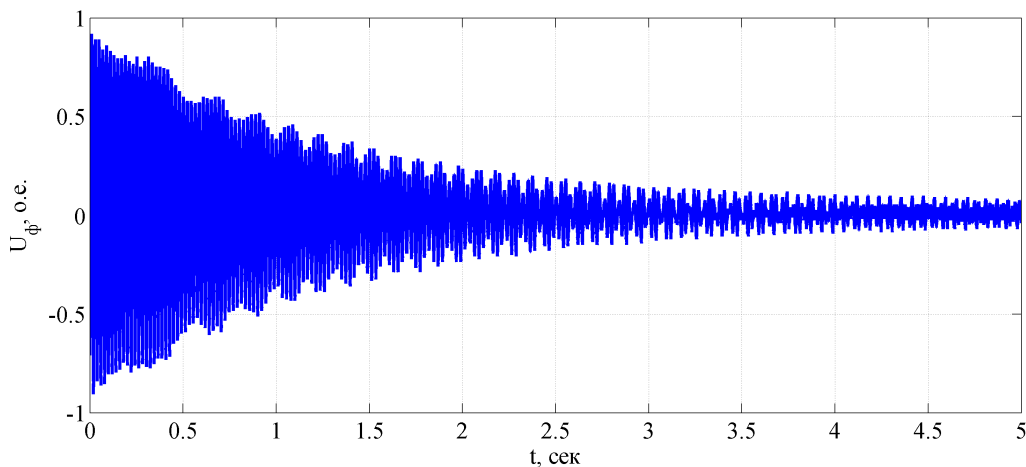


Рис. 1. Осциллограмма остаточной ЭДС двигателя дымососа типа ДАЗО 1914-10/12А

При включении второй скорости есть вероятность несовпадения фаз ЭДС источника питания и ЭДС двигателя. В результате при включении второй скорости и наличии остаточного напряжения на кабеле создается несимметрия в контуре нулевой последовательности сети, что в последующем приводит к возбуждению феррорезонанса.

В качестве решения данной проблемы может быть рассмотрено увеличение выдержки времени при включении второй скорости с учетом работы технологических защит, а также установка устройств гашения феррорезонанса.

ПІДСИЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПРИ ШВИДКІСНОМУ РУСІ

Сиченко А. В., Борщ Б. А., Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. А. Лазаряна

Як показує світовий досвід, забезпечити швидкість руху до 250 км/год можна при будь-якій існуючій системі живлення тягової мережі. Однак, на значному полігоні електрифікованих залізниць України основні елементи системи тягового електропостачання вичерпали свій ресурс, або знаходяться близько до цього показника. Тому все більшої актуальності набирає вирішення питань, пов'язаних з оновленням основних фондів та енергозбереженням на електрифікованому залізничному транспорті. Важливою також залишається проблема розширення полігону електрифікації та вантажообігу на ньому. У зв'язку з цим з'явилась потреба в підвищенні тягово-енергетичних можливостей існуючих видів електричної тяги, а також впровадження сучасних, високонадійних пристроїв і технологій тягового електропостачання.

Вирішення цих задач неможливе без пошуку нових структурних та схемних рішень як для системи тягового електропостачання в цілому, так і для окремих її ланок, а також без аналізу на стадії розробки системи процесів перетворення електроенергії, яка витрачається на процес перевезення. З урахуванням того, що в Україні, так само як і на залізницях країн світу, за системою постійного струму електрифіковано близько половини ліній з електричною тягою, очевидно, що необхідна реконструкція системи електричної тяги

постійного струму, спрямована на підвищення пропускної і провізної здатності з максимальною реалізацією переваг цієї системи та з мінімальними додатковими капітальними вкладеннями.

В умовах збереження рівня напруги 3,0 кВ значно підвищити якість електропостачання можна шляхом заміни системи централізованого живлення розподіленою. В цьому випадку для живлення контактної мережі використовуються перетворювальні пункти, які підключаються до поздовжньої лінії електропередачі підвищеної напруги змінного чи постійного струму. Цей спосіб удосконалення тягової мережі є простим, дозволяє зменшити переріз проводів контактної мережі та втрати енергії, стає можливою підтримка необхідного рівня напруги в контактній мережі.

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. Досягнення мінімуму втрат активної потужності в системі електропостачання зі змішаною конфігурацією, яка має в своєму складі локальні джерела енергії, виконується за рахунок використання алгоритму вибору їх параметрів.

Алгоритм вибору параметрів і структури електротехнічного комплексу з локальними джерелами електроенергії повинен базуватися на виявлених залежностях напруг на струмоприймачі і втрат потужності в елементах розподіленої мережі від параметрів електротехнічних пристроїв, які виконують генерацію, що забезпечує оптимальне значення цільової функції втрат потужності в різних режимах, які залежать від потужності впроваджених генераторів (підсилюючих пунктів).

Перевага живлення перетворюючих пунктів від сонячних батарей полягає в тому, що немає необхідності в монтажі додаткової живильної лінії від тягової підстанції і незалежність їх роботи від неї. Схема лінійного перетворюючого пункту складається з однофазного інвертора на IGBT транзисторах, перетворюючого трансформатора і випрямляча. Для удосконалення функціонування системи тягового електропостачання пропонується використання на міжпідстанційній зоні 1-го, 2-х або 3-х лінійних перетворюючих пунктів.

ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ НЕТЯГОВИХ СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ

Сиченко В.Г., Босий Д.О., Кузнецов В.В., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. А. Лазаряна

Від ліній ПЕ та ДПР отримують живлення сторонні споживачі, промислові підприємства та населення. Відпуск електроенергії цим споживачам за останні п'ять років зріс на 15 % і складає на 01.01.2015 р. майже 8 млн.кВт·год. Відбуваються структурні зміни і в характері споживчого навантаження, а саме, - збільшення долі побутового устаткування (персональні комп'ютери, сервери, принтери, блоки безперебійного живлення, мікрохвильові печі і тому подібне), що використовує однофазні джерела живлення, а також регульовані електроприводи систем кондиціонування і вентиляції. Освітлення виконується з допомогою люмінесцентних ламп з електронним баластом. У цієї групи споживачів доля

нелінійного навантаження може значно перевищувати лінійну складову. Як правило, джерела живлення офісного устаткування використовують мостові випрямлячі із згладжуючими фільтрами ємностей. У випрямлячах, використовуваних в сучасних джерелах електроживлення, напруга мережі подається безпосередньо на діодний міст. Випрямлений струм перетворюється за допомогою комутатора в змінний струм високої частоти, а потім знову випрямляється. Такі джерела живлення викликають значні спотворення форми споживаного струму, істотну долю якого складають компоненти з частотою третьої гармоніки.

Тому, однією з найбільш актуальних проблем сучасного електропостачання таких споживачів є проблема забезпечення якості електроенергії. Головна причина погіршення якості електроенергії - широке поширення нелінійних навантажень, що створюють при своїй роботі струми несинусоїдальної форми. Вищі гармоніки чинять несприятливий вплив на роботу силового електроустаткування, пристроїв релейного захисту і автоматики, викликають прискорене старіння ізоляції.

Підвищення ефективності використання електроенергії стаціонарними залізничними та сторонніми споживачами являється важливою складовою проблеми енергозбереження на залізничному транспорті. Нині існує безліч заходів, спрямованих на зниження втрат і підвищення енергоефективності електроустаткування, які можна об'єднати в три взаємозв'язані напрями: раціональне управління режимами роботи устаткування, управління якістю електроенергії (ЯЕ), підвищення зацікавленості і мотивації технологічного персоналу. Засоби поліпшення ЯЕ доцільно вибирати з умов допустимості режимів і їх оптимізації за умови виконання нормативних вимог до якості електроенергії. Вибір способів і технічних засобів підвищення ЯЕ з безлічі існуючих представляє завдання великого порядку складності. Оптимальний вибір за техніко-економічними критеріями за рахунок обліку безперервного взаємного впливу електричних навантажень дозволить зменшити витрати на спеціальне устаткування і пристрої.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БАТАРЕЯМИ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Сокол Е.И., Замаруев В.В., Ересько А.В., Стысло Б.А. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

На сегодняшний день не вызывает сомнений целесообразность применения батарейных систем накопления электрической энергии (BESS) в системе электроснабжения железной дороги. Их применение в составе тяговых подстанций позволяет сгладить профиль загрузки генерирующих мощностей; увеличить ресурс оборудования, снизив пиковую нагрузку на подстанции; утилизировать энергию рекуперации без перехода от выпрямительных подстанций к выпрямительно-инверторным; интегрировать в существующую систему электроснабжения солнечные и ветровые генераторы электрической энергии; увеличивает надежность энергосистемы в целом.

На основании проведенного авторами анализа возможности применения различных типов аккумуляторных накопителей в составе BESS, предпочтение следует отдать LiFePO₄ аккумуляторным батареям, обладающими наилучшими энергетическими характеристиками при удовлетворительных частотных характеристиках. Однако, их использование предъявляет серьезные требования к системе управления батареей (BMS). Для обеспечения нормальной работы аккумуляторной батареи, в процессе ее эксплуатации

требуется постоянно отслеживать уровень заряда каждого из элементов батареи, предотвращая его выход за допустимые границы. Кроме того, необходимо выравнивать значения напряжения каждого из последовательно включенных элементов между собой (балансируют уровень заряда).

Среди известных схем балансирования можно выделить две основные группы: пассивные и активные. В первом случае, аккумулятор с избыточным зарядом шунтируется резистором, выполняющим одновременно две функции: 1) разряд избыточно заряженного аккумулятора; 2) обеспечение цепи заряда для остальных аккумуляторов секции. Применение схем пассивного балансирования в мощных BESS крайне нежелательно, поскольку их принцип действия подразумевает рассеивание энергии, что снижает к.п.д. системы. Вторая группа схемных решений предполагает передачу энергии между двумя аккумуляторами, имеющими разный уровень заряда. При этом также одновременно решаются две задачи – снижение уровня избыточной энергии в одном аккумуляторе и заряд другого. Однако, в случае активного балансирования избыточная энергия не расходуется в виде активных потерь в резисторе, а передается от аккумулятора-донора к аккумулятору-акцептору. Как правило, передача избыточной энергии между аккумуляторами происходит в импульсном режиме через промежуточный накопитель энергии, что позволяет разделить активные балансиры также можно разделить на две категории по типу промежуточного элемента: емкостные и индуктивные.

Авторами предложен простой в реализации вариант схемы индуктивного балансира. В его основу положена модифицированная топология обратного преобразователя, что дает возможность реализации устройства, работающего в широком диапазоне мощностей.

Выполняя основную функцию балансировки напряжений отдельных аккумуляторных батарей, предлагаемое устройство позволяет оценивать основные параметры каждой из батарей секции: уровень заряда (SOC), внутреннее сопротивление (R_0), состояние здоровья батареи (SOH). Это позволяет производить мониторинг параметров каждого элемента батареи и своевременно выявлять стареющие элементы.

В результате экспериментальных исследований было определено оптимальное значение частоты индуктивного импульсного балансира батарей исследуемого типа.

МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛЕНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯМ

Стасюк О.І., ДЕТУТ

Аналіз еволюції розвитку тягових електричних мереж і комп'ютерних систем управління ними дозволяє зробити висновок, що досягти високий рівень інтелектуалізації мереж електропостачання можливо завдяки проведенню глибокої взаємointegraції електричних мереж залізниць і комп'ютерних інформаційно-керуючих систем. Для створення інтелектуальної мережі електропостачання залізницям необхідно в першу чергу організувати єдину інформаційну модель як основи повномасштабного інформаційного забезпечення, створення математичних моделей і методів оптимізації електроспоживання, інтеграції електромережевої інфраструктури та інформаційної комп'ютерної архітектури, організації всережимної системи керування та розширення ринкових можливостей, і, на її базі, формування процедур культури споживання та стимулювання економічного розвитку. Такий підхід створення тягових мереж відкриває можливість накопичувати нові «знання»

функціонування системи електропостачання, що дозволить різко підвищити ефективність тягової мережі, забезпечити інтелектуальний облік електроенергії по комерційним диференційованим тарифам і реалізувати інтегральну тарифікацію та мінімізувати загальносистемні витрати.

В докладі приведено аналіз комплексної проблеми оптимізації режимів електропостачання на тягу, запропоновано топологію графа, що адекватно відображає архітектуру типової локальної обчислювальної мережі тягової підстанції і математична модель для визначення сукупності ймовірностей стану відповідних вузлів. Застосовано математичний апарат диференціальних перетворень Пухова як основи створення інтелектуальних мереж постачання електроенергії і визначення їх характеристик.

ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ НА ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЯХ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ШВИДКІСНИХ МАГІСТРАЛЕЙ

Федько А.С., Босий Д.О., Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. А. Лазаряна

Збільшення швидкості руху є необхідною умовою розвитку залізничного та будь-якого іншого виду транспорту. Розвиток швидкісного залізничного транспорту у енергетичному аспекті супроводжується збільшенням потужності електрорухомого складу, що за умови високої інтенсивності руху, призводить до зростання енергоспоживання та зворотного впливу на живлячу мережу. Разом з цим останнім часом до якості електричної енергії приділяють велику увагу. Цьому сприяло впровадження чутливих до неякісної енергії електроприймачів, підвищення вимог щодо неперервності технологічних процесів, зростання кількості потужного електрообладнання.

На існуючих тягових підстанціях постійного струму здебільшого використовують шестипульсні випрямлячі, на нових та реконструйованих підстанціях встановлюються дванадцятипульсні мостові випрямлячі.

Використання перетворювачів тягових підстанцій з кількістю пульсацій більше шести викликано необхідністю у покращенні якості електроенергії енергетичної системи зовнішнього і тягового електропостачання, зниженням використання споживаної реактивної енергії, покращенні зовнішньої характеристики і зниженням втрат електроенергії.

Одним із методів зменшення витрат в перетворювальному процесі може бути впровадження нових схемних рішень, таких як кільцеві схеми. В кільцевих схемах випрямлення, в порівнянні із мостовими схемами послідовного типу, зменшується кількість вентилів, якими протікає струм навантаження. Пропорційно до цього зменшення зменшуються і втрати в силових напівпровідникових приладах вентиляльних конструкцій та використання матеріалу охолоджувачів

Впровадження на тягових підстанціях 12-пульсної схеми випрямлення не вимагатиме великих капітальних вкладень, за рахунок того, що це впровадження можна зробити модернізувавши існуючі 6-пульсні випрямлячі. Також ця схема має низький коефіцієнт пульсацій випрямленої напруги, більш кращий гармонічний склад струму, споживаного із мережі, низьку типову потужність трансформатора, більш низьке пряме падіння напруги на вентилях, менші анодні струми, що зменшує загальну потужність втрат в вентиляльній частині на чверть, більш жорстку зовнішню характеристику.

АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАЛІЗНИЦІ У ЯКОСТІ ЛІЦЕНЗІАТУ З ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Шама О. В., ВСП «Енергозбут» Придніпровської залізниці

В результаті структурної перебудови електроенергетичного комплексу, розпочатої у 1995 році відбулося розділення функцій з виробництва, передачі та постачання електричної енергії в Україні, що є економічною суттю моделі Оптового ринку електричної енергії (ОРЕ). ОРЕ було утворено у листопаді 1996 року на підставі договору між членами оптового ринку електричної енергії (ДЧОРЕ).

Українська залізниця в особі ВСП «Енергозбут» вийшла на рівень роботи у якості ліцензіату з постачання електричної енергії у 2010 році. Відразу після початку ліцензованої діяльності на підприємстві була запроваджена чітка система формування фізичних балансів постачання та споживання електроенергії в Об'єднаній енергетичній системі (ОЕС) України (місячних, добових, погодинних), а також прозорих балансів купівлі-продажу електроенергії. З метою функціонування системи ВСП «Енергозбут» впроваджує на своїх об'єктах автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), які, в свою чергу: організовують погодинний облік постачання та споживання електроенергії, підвищують точність зняття показань приладів обліку за рахунок автоматизації та достовірність отриманих даних щодо обліку завдяки виконанню процедур верифікації даних та складання балансу електроенергії, знижують комерційні витрати за рахунок одночасного зняття показань лічильників та суттєво підвищують швидкість обробки інформації.

Діяльність в ОРЕ ґрунтується на постачанні електричної енергії за регульованим (обсяг купівлі 82,49 %) та нерегульованим тарифом (обсяг купівлі 8,71 %). Постачальники за регульованим тарифом працюють на закріпленій території, електроенергію, куплену в Оптовому ринку, передають споживачам власними електромережами. Постачальники електроенергії за нерегульованим тарифом передають електроенергію своїм споживачам мережами, які належать постачальникам за регульованим тарифом. До липня 2015 року закупівля електроенергії для ВСП «Енергозбут» здійснювалась у постачальника за нерегульованим тарифом. На даний момент підприємство закуповує електроенергію напряму в ОРЕ та являє собою постачальника за регульованим тарифом. Цей крок став суттєво впливовим для подальшого розвитку в енергетичному секторі та покращує його фінансовий стан.

Долучення ДП «Придніпровська залізниця» до діяльності в якості ліцензіата сприяє створенню умов для справедливої конкуренції між постачальниками електричної енергії, рівноправності доступу до ринку всіх суб'єктів господарської діяльності, прозорості системи купівлі-продажу та формування цін на електроенергію, надійному функціонуванню об'єднаної енергосистеми України та, головне, забезпечує можливість самостійного вибору споживачем постачальника електричної енергії.

Для забезпечення подальшого розвитку енергоринку України ВСП «Енергозбут», як складова ДЧОРЕ, дотримується Концепції функціонування та розвитку ОРЕ: лібералізації ринку електроенергії, розвитку конкуренції між учасниками ринку, створення привабливих умов для інвестування в українську електроенергетику та розвитку об'єднаної енергосистеми України та її інтеграції у загальноєвропейську систему.

К ИССЛЕДОВАНИЮ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ТЯГОВЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ПО ПАРАМЕТРУ МЕШАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ НА КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЯХ

Ягуп В.Г., Харьковский национальный университет городского хозяйства; Щербак Я.В., Ягуп Е.В., Украинский государственный университет железнодорожного транспорта

Многофазные выпрямители тяговых подстанций постоянного напряжения электрифицированного железнодорожного транспорта являются мощными потребителями электрической энергии. Они оказывают существенное влияние на питающие сети и электромагнитную обстановку в энергосистеме. Качество электрической энергии в системах электроснабжения регламентируется ГОСТ 13109. Одними из определяющих требований являются ограничения по уровням генерации в тяговой системе электроснабжения высших гармоник. Генерация высших гармоник выпрямителем тяговой подстанции обусловлена неидеальностью выходного напряжения выпрямителя. В частности, при полной симметрии системы в кривой выпрямленного напряжения тяговой подстанции содержатся так называемые канонические гармоники. Однако, полная симметрия системы практически недостижима. И поэтому в кривой выходного напряжения выпрямителя тяговой подстанции кроме канонических гармоник неизбежно содержатся и напряжения неканонических гармоник. Поэтому система электроснабжения, связанная с тяговой подстанцией постоянного напряжения, оказывается засоренной высшими гармониками, которые негативно влияют как на электрооборудование собственно электротранспорта, так и на смежных потребителей. В связи с этим для оценки качества выпрямленного напряжения используют обобщенный показатель, в качестве которого на железнодорожном транспорте удобно применять уровень так называемого мешающего напряжения. Существуют нормы, учитывающие влияние мешающего напряжения высших гармоник на линии электросвязи и ограничивающие предельно допустимыми значениями величину мешающего напряжения. Для расчета и проектирования оборудования тяговых подстанций постоянного напряжения, для сопоставления эффективности действия фильтро-компенсирующих устройств широко применяется компьютерное моделирование с использованием таких гибких и мощных программных продуктов, как MathCAD и MATLAB. В частности, в подсистеме SimPowerSystems пакета MATLAB имеется набор различного рода виртуальных измерителей, которые дают возможность с помощью моделирования оценить ряд показателей, характеризующих энергетическую эффективность системы электроснабжения. Однако, виртуальный измеритель такого интегрального показателя, как величина мешающего напряжения, в библиотеке отсутствует. В связи с этим была предпринята попытка разработать такой виртуальный измеритель. При этом в полной мере использовались возможности системы MATLAB для вычислительных блоков оперировать с матричными величинами в виде векторных наборов данных. Это позволило создать весьма экономичное виртуальное устройство для осуществления анализа высших гармоник до восьмидесятой включительно. Псофометрические коэффициенты для оценки мешающего действия напряжений высших гармоник были взяты из руководящих инструктивных материалов. При этом путем интерполяции были вычислены недостающие коэффициенты, и эти данные в векторном виде внесены в модель разрабатываемого виртуального прибора. Выходными данными виртуального измерителя являются величина мешающего напряжения, а также при необходимости – амплитуды генерируемых выпрямителем тяговой подстанции высших гармоник. Разработанный виртуальный измеритель используется для исследования различных вариантов фильтро-компенсирующих устройств, в том числе и при возникновении несимметрии в системе.

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ»

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ГІБРИДИЗАЦІЇ ТА ОПТИМАЛЬНОГО СПІВВІДНОШЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ПРИВОДУ ГІБРИДНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ЗА КРИТЕРІЄМ МАСА/ПОТУЖНІСТЬ(ЄМНІСТЬ) ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ, ЩО РУХАЄТЬСЯ В УМОВАХ МІСТА ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ МІНІМАЛЬНИХ ВИТРАТ ПАЛИВА

Албу А.А., Державний вищий навчальний заклад “Національний гірничий університет”

Розвиток гібридного транспортного засобу є одним з ключових напрямків розвитку автомобілебудування у зв'язку з посиленням вимог щодо зменшення викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище та підвищенням вартості палива.

На сьогоднішній день не сформовано єдиної точки зору щодо оптимальної схеми приводу гібридного транспортного засобу та ступеня гібридизації для досягнення мінімальних витрат палива для міського режиму руху гібридного автомобіля.

Цілі дослідження – аналіз існуючих технічних рішень топології приводу гібридного транспортного засобу та вибір оптимальної схеми, вибір та обґрунтування ступеня гібридизації комбінованого приводу гібридного транспортного засобу.

Основні задачі дослідження – визначення потужності електродвигуна та ємності накопичувача енергії, параметрів системи регулювання, оптимальної схеми приводу, розподілення потоків енергії між складовими частинами приводу для ефективної роботи гібридного транспортного засобу. В якості основи розглядається хетчбек з чотирьох циліндровим бензиновим двигуном.

Була розроблена математична модель, що містить у собі модель розрахунку сили супротиву при русі автомобіля, системи розподілення енергетичних потоків між системами приводу гібридного автомобіля, енергетичну модель двигуна внутрішнього згоряння, енергетичну модель електричного двигуна, динамічну модель накопичувача енергії та систему керування станом заряду накопичувача.

Для ефективного вирішення поставлених задач було використано генетичний алгоритм, який враховував параметри системи регулювання, параметри електричного двигуна, ємність накопичувача енергії та вимоги руху автомобіля у межах міста (міський цикл руху транспортного засобу). В якості штрафної функції було використано зворотній зв'язок за відповідністю дійсної швидкості заданій та параметри накопичувача енергії.

Проаналізувавши результати моделювання можна зробити висновок, що оптимальним ступенем гібридизації гібридного транспортного засобу, що рухається за міським циклом руху, є помірний ступінь гібридизації. За такого ступеня гібридизації досягається значне зменшення витрат палива та виконуються всі вимоги щодо руху автомобіля в умовах міста. Ефективною схемою приводу гібридного транспортного засобу є паралельна схема. Вона дозволяє зменшити складність переобладнання автомобіля у гібрид та дозволяє на скільки можливо ефективно використати потужність двигуна внутрішнього згоряння.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ПАРКА ЭЛЕКТРОВОЗОВ ТИПА ВЛ-80

Андриенко П.Д., ООО «НИИ «Преобразователь»

В настоящее время эксплуатируется значительный парк электровозов типа ВЛ-80 со сроками эксплуатации более 20 лет. В связи со значительной изношенностью электровозов,

они подлежат периодическому ремонту. При ремонте электрооборудования в зависимости от результатов диагностики его состояния оно подлежит частичному либо полному восстановлению. Восстановленное оборудование по документации заводов-изготовителей или ПКТБ поступает в дальнейшую эксплуатацию.

В частности, большинство электровозов оборудовано тяговыми выпрямителями типа ВУК-4000 с КПД 0,98, в состав которых входят 192 диода ВЛ200-8 (ДЛ250-8), которые сняты с серийного производства. Для замены выпрямителя ВУК-4000 разработан и выпускается выпрямитель В-ОППД-3,15к-1,14к на базе современных приборов таблеточного типа ДЛ553-2000-28В в количестве 16 шт, с КПД 0,994.

Расчет показывает, что при замене ВУК-4000 на В-ОППД-3,15к-1,14к при годовом бюджетном времени 2000 ч и коэффициенте загрузки 0,8, экономия электроэнергии на одной выпрямительной установке будет не менее 35 тыс. кВт час, и в целом на электровозе – 140 тыс. кВт час в год.

Важным вопросом является введение регулируемого охлаждения для тягового электрооборудования. Потребляемая мощность вентиляторов составляет примерно

118 кВт, питание вентиляторов осуществляется от фазорасщепителя НБ-555. Замена фазорасщепителя статическим преобразователем с двумя регулируемыми каналами для вентиляторов и компрессора позволяет осуществить регулируемое охлаждение тягового оборудования. Экономия электроэнергии при этом может составлять до 500 тыс. кВт час в год на электровоз. Замена фазорасщепителя с нерегулируемым напряжением на частотное регулирование позволяет экономить не только электроэнергию, но и снижает затраты в эксплуатации на обслуживание фазорасщепителей, повышает надежность и срок службы компрессоров и вентиляторов.

Укрализныця имеет опыт эксплуатации выпрямителей В-ОППД в электровозах ВЛ-40У и использования ПЧ для снижения энергозатрат на вентиляцию. Учитывая, что при ремонте КР, КР1, КР2 происходит частичная или полная разборка, восстановление и сборка оборудования, то очевидна целесообразность замены старого оборудования на новое, что снижает трудозатраты при ремонте и эксплуатации и повышает его надежность.

Общая экономия электроэнергии на модернизированном во время ремонта электрооборудовании составит 500-650 тыс. кВт час в год. Незначительные дополнительные затраты при КР1 и КР2 (около 1 млн. грн) окупятся за 1,5-2 года в зависимости от режима эксплуатации.

Для количества ремонтируемых электровозов до 30 шт в год появляется возможность при одинаковых затратах производить ремонт 3-5 электровозов.

Значительная экономия электроэнергии в условиях ограничения топливных ресурсов в Украине способствует решению общегосударственной задачи по экономии электроэнергии.

Снижение затрат на тягу снижает загрузку тяговых трансформаторов, и, соответственно, в системе электроснабжения – до 1-1,5 %, которые не учтены в расчете.

Для обеспечения такой замены необходимо выполнить проект частичной модернизации электровозов при ремонтах, что обеспечивает окупаемость понесенных затрат. Такая модернизация целесообразна для электровозов ВЛ-80, срок службы которых после ремонта составляет 5-10 лет.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВУГІЛЬНИХ СТРУМОЗНІМАЛЬНИХ ВСТАВОК СТРУМОПРИЙМАЧІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

Антонов А. В., Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту ім. акад. Лазаряна

Взаємодія контактної підвіски зі струмоприймачем представляє собою складний коливальний процес, в якому беруть участь різноманітні коливальні системи, дві з яких з розподіленими параметрами та декілька з умовно зосередженими. Зі збільшенням швидкостей руху електрорухомого складу, з'являється необхідність забезпечення високої якості струмознімання.

Процес передачі електричної потужності повинен проходити при наявності постійного механічного електричного контакту, тобто безперервно та з високою надійністю. В той же час, зношування контактної провідності та пластин струмоприймача повинен бути мінімальним. Робота по передачі через ковзний контакт електричної енергії супроводжується нагрівом зони контакту, що викликається протіканням струму та тертям, це призводить до механічного та електричного зношування провідності та вугільних вставок. Обернено пропорційна залежність між двома видами зносу дозволяє характеризувати мінімізацію зносу як одну з найбільш важких та в той же час актуальних технічних проблем.

Для розв'язання розглянутих питань необхідно провести деталізований аналіз процесів, що протікають в точці контакту між контактним провідником та струмознімальною вставкою. Відомо, що на ковзний контакт впливають наступні зовнішні фактори: сила натиску, швидкість руху, тривалість імпульсів зміни сили натиску та температура. Сила натиску в контакті, разом з частотою відривів являються основними факторами при оцінці взаємодії контактної підвіски зі струмоприймачем. Окрім конструкції підвіски та струмоприймача, на силу натиску великий вплив чинить також швидкість руху, фізичні та хімічні процеси, що протікають в ковзному контакті.

В результаті нагріву зони контакту перш за все підвищується температура контактної плями, температура якої являється важливішим параметром, який визначає фізичні та хімічні процеси в ковзному контакті. Контактна пляма являється основним елементом при розгляді взаємодії контактної провідності зі струмоприймачем, її структура визначається фізичними та хімічними властивостями матеріалів контактної пари «полоз струмоприймача – контактний провід». До цих властивостей відносяться загальні характеристики контакту, такі як об'єм, щільність та склад контактуючих елементів. Поверхні, які знаходяться в контакті, характеризують розмірами та геометрією, а також класом чистоти обробки, крім того, враховують механічні характеристики контактуючих елементів.

Встановлено, що твердість розглядуваних вставок типу А, у більшості випадків, не відповідає нормативним показникам для струмознімальних елементів такого типу. Використання подібних ковзних контактів в експлуатації призведе до різкого збільшення механічної та електричної складової зносу контактної провідності та вугільних вставок.

Результати досліджень вставок типу Б, показують знижені міцнісні характеристики, це позитивним чином впливає на зносостійкість контактної провідності, свідчить про електродугову стійкість матеріалу, але водночас свідчить про різке скорочення пробігу полозів обладнаних такими струмознімальними елементами.

В ході проведеної роботи, по дослідженню вугільних струмознімальних вставок, був встановлений зв'язок між їх твердістю та питомим електричним опором, на основі чого розроблена методика сортування вставок за твердістю.

НЕОБХІДНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СТРУМОЗНІМАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУМОПРИЙМАЧІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Антонов А. В., Манко В. О., Головка С. М., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. Лазаряна

Особливість передачі електричної енергії електрорухомому складу полягає в тому, що вся система електропостачання залізниць працює на ковзний контакт «контактний провід – струмознімальна вставка». До якого, в свою чергу, висуваються високі вимоги по надійності та економічності струмознімання.

При підвищенні швидкостей руху електрорухомого складу та збільшенні ваги поїздів виникає необхідність підвищення надійності та якості роботи ковзного контакту. В свою чергу, необхідно вирішити проблеми пов'язані з підтримкою в робочому стані контактної мережі та струмоприймачів.

Враховуючи недоцільність заміни контактних підвісок, які експлуатуються, на швидкісні підвіски типу SICAT (Європа), підвищення надійності роботи та економічності струмознімання можна досягти використовуючи струмознімальні елементи з покращеними експлуатаційними характеристиками.

Як відомо, струмознімальні елементи та контактний провід, в процесі експлуатації, піддаються механічному та електричному зношуванню. Механічний знос виникає в процесі тертя контактуючих поверхонь, а електрична складова зносу виникає при появі іскріння та появи електричної дуги, при цьому, використання струмознімальних елементів покликаних мінімізувати лише одну із складових зносу, не дозволить досягти необхідного результату з покращення роботи ковзного контакту в цілому.

На сьогодні, виробники пропонують широкий спектр струмознімальних елементів з різною навантажувальною здатністю та зносостійкістю, але параметри, які зазначають виробники в нормативній документації далеко не завжди відповідають дійсності.

Для адекватної оцінки якості виготовлення струмознімальних вставок в експлуатації необхідно розробити високоефективний засіб, який на основі залежності діагностичного та структурного параметру дозволить оцінити фізичний стан, а також провести сортування вставок на групи за їх структурним параметром, для подальшого встановлення на полози струмоприймачів за спеціальною схемою.

Використання лише подібних систем в експлуатації не зможе вирішити питання економічності та ресурсозбереження при роботі вугільних вставок.

Для дослідження характеристик контактних пар тертя пристроїв струмознімання та їх зрівняльної оцінки необхідно розробити спеціалізований стенд, на якому можна проводити комплексні дослідження роботи контактної пари «контактний провід – струмознімальна вставка».

ВИБІР КОНЦЕПЦІЇ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

Арпуль С. В., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна

На даному етапі розвитку Укрзалізниця стоїть на порозі впровадження швидкісного та високошвидкісного руху. В цілому проблема створення швидкісного і високошвидкісного електрорухомого складу і вибір раціональних його параметрів є

комплексною і вимагає одночасно поглибленого дослідження питань тяги, колії, вагонобудування, експлуатації, економіки та ін.

В даній роботі розглядаються питання тяги, а саме переваги розподіленої (моторвагонної) концепції електрорухомого складу (ЕРС) над зосередженою (електровозною).

В процесі становлення та розвитку високошвидкісного залізничного транспорту за кордоном кожна країна стояла перед вибором тієї чи іншої концепції ЕРС. Деякі країни згодом поміняли свої погляди стосовно прийнятої раніше концепції, це в першу чергу стосується залізниць Франції, віддавши перевагу розподіленій тязі. Тому Укрзалізниця слід врахувати досвід залізниць світу та прийняти найвигідніший варіант впровадження високошвидкісного руху.

У швидкісному і особливо високошвидкісному пасажирському русі застосування моторвагонної електричної тяги має значні переваги в порівнянні з електровозною.

У зв'язку зі значною розосередженістю і порівняно невеликими пасажиропотоками по окремих напрямках формування пасажирських потягів по вазі, при електровозній тязі для заданої потужності електровозів, як правило, призводить до неповного заповнення вагонів, а отже, і підвищення собівартості пасажирських перевезень. Тому в умовах електровозної тяги в міжміському пасажирському сполученні при зниженні пасажиропотоків відповідно до їх сезонних коливань, як правило, зменшується частота руху пасажирських потягів, тобто погіршується якість обслуговування пасажирів.

Секціонування електропоїздів дозволяє за наявності резервів в пропускній спроможності застосовувати будь-яку композицію пасажирських потягів міжміського сполучення і зберігати доцільну частоту та якість обслуговування пасажирів.

Крім того до основних переваг моторвагонної тяги можна віднести наступні:

- рівномірний розподіл потужності і сили тяги по потягу, що сприяє зменшенню навантаження від осі на рейку, а отже, і зниженню сил, що впливають на верхню будову колії;

- ефективне вирішення проблеми електричного гальмування, оскільки використовується зчіпна вага усіх моторних осей потягу, що значно підвищує гальмівну ефективність потягу і забезпечує зниження довжини гальмівного шляху;

- у широких межах може змінюватися число вагонів у складі пасажирського потягу при збереженні тягових властивостей, оскільки зі зміною числа вагонів відповідно змінюється і загальна потужність тягових двигунів в потязі при збереженні питомої потужності, а отже, і величини прискорюючих зусиль;

- створюються можливості організації човникового руху, що забезпечує скорочення часу обороту складів на кінцевих станціях і поліпшення використання пропускної спроможності станцій.

Переваги моторвагонної тяги стають вирішальними тоді, коли при електровозній тязі високі швидкості обмежує наявність великої кількості кривих малого радіусу, що властиво для багатьох напрямків залізниць України, вартість уположення яких може бути дуже значною, а отже дасть змогу заощадити на даному етапі кошти.

РЕГУЛИРОВАНИЕ НЕБАЛАНСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОМЕНТА ПРИ ВЗАИМНОМ НАГРУЖЕНИИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Афанасов А. М., Друбецкий А. Е., Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта им. академика В.Лазаряна

Требования соответствующих стандартов и правил ремонта тягового и моторвагонного подвижного состава магистрального и промышленного транспорта

предусматривают проведение приёмо-сдаточных испытаний каждой вновь изготовленной или вышедшей из ремонта тяговой электромашины. Эти испытания представляют собой важную и неотъемлемую часть технологического процесса изготовления или ремонта электромашины, материальные затраты на которую входят в себестоимость конечной продукции. Испытания на нагрев, проверка частоты вращения и реверсирования, а также проверка коммутации требуют обязательного нагружения тяговых электромашин.

Высокую энергетическую эффективность при относительно невысокой суммарной мощности источников питания обеспечивают системы взаимного нагружения, в которых происходит энергообмен между испытываемыми электромашинами. Источники внешнего питания в таких системах нагружения требуются только для покрытия потерь мощности в испытываемых электромашинах.

Покрытие отдельных видов потерь мощности в системах взаимного нагружения может осуществляться как прямыми, так и косвенными методами, при использовании косвенных способов покрытие потерь обеспечивается за счёт небалансной электромагнитной мощности испытываемых электромашин, которая может создаваться за счёт разности либо электродвижущих сил электромашин, либо разности их электромагнитных моментов.

Небалансный электромагнитный момент взаимно нагруженных тяговых электромашин обеспечивает небалансную электромагнитную мощность, необходимую для реализации электрического способа покрытия потерь холостого хода в испытываемых электромашинах.

Регулирование небалансного электромагнитного момента взаимно нагруженных тяговых электромашин может осуществляться изменением разницы токов якорей, разницы магнитных потоков и разницы угловых скоростей вращения якорей электромашин.

Разработаны общие принципы управления режимами взаимного нагружения тяговых электрических машин постоянного и пульсирующего тока путем регулирования их небалансного электромагнитного момента. Получены аналитические выражения для небалансного электромагнитного момента взаимно нагруженных электрических машин. Сформулированы требования к системам автоматического регулирования стендами взаимного нагружения тяговых электромашин постоянного и пульсирующего тока магистрального и промышленного транспорта.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ В УМОВАХ ЛЬВІВСЬКОЇ ЗАЛІЗНИЦІ

Баб'як М.О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, Львівська філія

Виконання плану перевезень потребує від працівників залізничного транспорту якісного знання справи, систематичного удосконалення професійної майстерності, підвищення загальної культури виробництва, вишукування нових резервів, які направлені на покращення використання рухомого складу, підвищення продуктивності праці при безумовному забезпеченні безпеки руху. Безпека руху поїздів – комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безаварійної роботи та утримання в справному стані залізничних споруд, колій, рухомого складу, обладнання та пристроїв.

З моменту виникнення залізничного транспорту склалася система реакцій на порушення та відмови в його роботі, яка в процесі свого розвитку перетворилася в систему забезпечення безпеки руху, вимоги якої є обов'язковими для всіх працівників залізничного транспорту при організації та виконанні робіт з: підтвердження відповідності персоналу

виконаній роботі; перевезень пасажирів та вантажів; розробки та впровадження нових технічних засобів та технологічних процесів; замовлення на проектування та будівництво нового рухомого складу; його експлуатації, обслуговування і ремонту.

Під час експлуатації електровоза витрачається ресурс надійності, який закладено в його конструкцію при проектуванні та побудові, що призводить до відмови в експлуатації і може стати причиною транспортної події, а значно частіше порушення розкладу руху, зниження швидкості, перевитрати електроенергії, зупинок на ділянках обслуговування.

Аналіз допущених порушень безпеки руху свідчить, що однією з головних причин аварійності є недбалість та безвідповідальність деяких працівників, недостатній рівень трудової і технологічної дисципліни. Виправдовувати такі порушення безпеки руху посиленнями лише на фінансові труднощі, недостатнє матеріально-технічне постачання, несвоєчасне оновлення технічних засобів залізничного транспорту не виправдано.

У даний час необхідний обсяг перевезень на електрифікованих постійним струмом ділянках Львівської залізниці, у всіх видах руху забезпечують застарілі електровози ВЛ10 та ВЛ11м. Розглядається можливість частково оновити локомотивний парк електровозами постійного струму 2ЕС6 та 2ЕС10 виробництва ВАТ "Уральський завод залізничного машинобудування" (Росія), що є представниками рухомого складу третього покоління.

Однак, на сучасному рухомому складі, з новим обладнанням, використовуються елементи з гіршими експлуатаційними показниками, аніж у тих, що експлуатуються, на електровозах ВЛ10 та ВЛ11м. Зокрема, це стосується струмоприймачів типу ТА-СТМ 140, на яких застосовані металокерамічні накладки типу ВЖЗп. При випробовуванні в умовах Карпатського перевалу розраховано середній знос накладок в $\text{мм}/10^4 \text{ км}$, інтенсивність зносу, ресурс накладок ВЖЗп, який не перевищує 40 тис. км, а також дана характеристика зносу залежно від характеру роботи електровоза. Основною причиною зносу накладок є електроерозія внаслідок високих струмів в режимі тяги і рекуперативного гальмування.

Для забезпечення пропонованих виробниками електровозів серій 2ЕС6 та 2ЕС10 міжремонтних пробігів в умовах Львівської залізниці пропонується використовувати в якості накладок на струмоприймачах електровозів контактні пластини марок ПКД, або БрЗГ, які мають вищі (у 1,6...2,4 рази) експлуатаційні показники ніж у пластин ВЖЗп.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОВАЗ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С КОЛЛЕКТОРНЫМИ ТЯГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ И ТРАНЗИСТОРНЫМИ ВЫПРЯМИТЕЛЬНО-ИНВЕРТОРНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

Власьевский С.В., Малышева О.А., ДВГУПС; Мельниченко О.В., Яговкин Д.А., ИРГУПС

Сегодня для тягового подвижного состава на магистральных железных дорогах остро стоит проблема повышения надёжности, безопасности и энергосбережения. Особенно актуальным это является для Российских железных дорог, на которых уже достаточно много лет организовано движение грузовых поездов большой массы и длины. В связи с этим надо посмотреть на те возможности наших электровозов, которые бы могли решать обозначенные проблемы. На протяжении последних сорока лет нашей отечественной промышленностью выпущен целый ряд грузовых электровозов переменного тока (ВЛ80Р, ВЛ85, ВЛ80ТК, 2(3,4)ЭС5К - Ермак), оснащенных тиристорными выпрямительно-инверторными преобразователями (ВИП), с помощью которых можно обеспечить плавное регулирование напряжения на тяговых электрических двигателях и применить рекуперативное электрическое торможение. Эти достоинства тиристорных преобразователей позволяют сегодня водить тяжеловестные поезда с приемлимыми

показателями надежности и безопасности. Однако затраты электроэнергии на тягу поездов у данных электровозов достаточно большие, что является следствием не высокого коэффициента мощности. Так коэффициент мощности этих электровозов в номинальном (лучшем) режиме не превышает величины 0,84. С таким состоянием вопроса по использованию электроэнергии электровозами на тягу поездов сегодня уже нельзя мириться. В последние 2-3 года появились возможности значительного повышения энергетических показателей этих электровозов благодаря научно-исследовательским работам ИрГУПС и ДВГУПС. Прежде чем говорить об этих работах надо выразить свое отношение к типу тягового электропривода, который может более эффективно реализовать полученные результаты исследований этих ВУЗов по повышению энергетических показателей электровозов.

Для целей электрической тяги грузовых поездов и учета сложных условий их движения (перевалистый профиль пути с большим количеством подъемов и кривых рельсовой колеи, значительное количество временных и постоянных ограничений скорости движения поездов, когда скорость не превышает 30-40 км/ч) электровозу необходимо иметь мягкие тяговые характеристики, когда сила тяги локомотива меняется обратно пропорционально скорости его движения. Причем, эти характеристики желательно приближать к виду квадратичной зависимости, когда уменьшение скорости вдвое приводит к увеличению силы тяги в четыре раза и т.д. Такими характеристиками обладают только коллекторные тяговые двигатели постоянного тока с последовательным возбуждением, у которых сила тяги изменяется в квадратичной зависимости от тока якоря в большей части диапазона регулирования скорости. С помощью таких характеристик электровоз ценой некоторого уменьшения скорости за счет значительно возрастающей силы тяги способен преодолевать большие силы сопротивления движению поезда от подъемов и кривых профиля пути железной дороги и доставлять таким образом груз к месту назначения. Особенно это свойство важно иметь грузовым электровозам, которые водят на сети железных дорог России грузовые поезда большой массы и длины. У этих локомотивов определяющим является параметр силы тяги, а не скорость движения, как например, для пассажирских электровозов и электропоездов, где решающим фактором является именно скорость в силу необходимости убыстрения по времени перевозки пассажиров. Исходя из этого для пассажирских электровозов и электропоездов возможно применение асинхронного привода, тогда как для грузовых электровозов, которые эксплуатируются с пониженными скоростями движения, предпочтительнее применять коллекторный привод. Асинхронный привод при пониженных скоростях согласно теории электропривода может иметь мягкие тяговые характеристики, однако это потребует одновременного регулирования как частоты переменного тока, подводимого к статорным обмоткам асинхронного двигателя, так и величины входного его переменного напряжения, подаваемого с инвертора. При таком регулировании в области низких скоростей, а значит и низких частот резко начнут возрастать электрические потери в обмотках двигателя, величина которых пропорциональна скольжению. Увеличение потерь ведет к значительному снижению КПД двигателя. В результате, получение мягких тяговых характеристик электровозов с асинхронным приводом в области низких скоростей экономически невыгодно.

Не высокий коэффициент мощности электровозов переменного тока с тиристорными преобразователями обусловлен большим углом сдвига фаз между напряжением и током в первичной обмотке тягового трансформатора, что приводит к возникновению достаточно большой величины реактивной энергии в электровозе. Для значительного уменьшения угла

сдвига фаз между напряжением и током в первичной обмотке тягового трансформатора в ИрГУПСе был разработан новый преобразователь на IGBT – транзисторах, в котором транзисторы включены последовательно с диодами. В этом преобразователе с помощью нового алгоритма управления его транзисторными плечами и оригинальной новой системы управления были достигнуты высокие энергетические показатели, а именно коэффициент мощности в режиме тяги, начиная от 0,7 первой зоны и до конца четвертой зоны во всём диапазоне регулирования держится на уровне 0,96. При такой величине коэффициента мощности угол сдвига фаз приближается к нулю.

Такой преобразователь по массогабаритным показателям может быть установлен как на ранее существующих, так и на новых электровозах Ермак. Кроме повышения энергетических показателей новый преобразователь позволяет перейти в электровозе от традиционного централизованного управления преобразователями к индивидуальному, для чего каждый двигатель будет питаться от отдельного своего преобразователя. Это позволит решить вопрос равномерного распределения тока по тяговым двигателям и поосного регулирования силы тяги и торможения под контролем сцепления, осуществить поосную пескоподачу, что снизит расход песка. Дополнительно для обеспечения непрерывности тока двигателя параллельно цепи выпрямленного тока преобразователя предлагается включить разрядное диодное плечо, через которое будет разряжаться накопленная в индуктивностях сглаживающего реактора и двигателя электромагнитная энергия. Его работа предусмотрена как в режиме тяги, так и в режиме рекуперативного торможения. Кроме того, диодное плечо повышает надёжность работы ВИП электровоза в том, что в случае не открытия какого либо плеча ВИП непрерывность выпрямленного тока обеспечивается за счёт разряда электромагнитной энергии, накопленной в течение предыдущего полупериода напряжения сети в индуктивностях сглаживающего реактора и двигателя, через диодное плечо и саму цепь выпрямленного тока. Таким образом, диодное плечо является ещё и резервным любому другому не открывшемуся плечу преобразователя. Кроме силового транзисторного преобразователя предлагается применить в электровозе и новый возбудитель (ВУВ) для режима рекуперативного торможения, построенный на тех же принципах, что и основной транзисторный преобразователь. Далее предлагается вместо индуктивного шунта системы ослабления поля использовать электронный шунт, построенный также на базе силового транзистора. Все существующие сегодня системы автоматического регулирования и управления процессами работы электровоза Ермак, выполненные на базе микропроцессорной техники, будут дополнены подобными системами автоматики для предлагаемых выше технических решений. Надо иметь в виду, что практически все предлагаемые технические решения были апробированы на математических моделях, на физических стендах достаточно большой мощности и на электровозе ВЛ80Р. Во всех случаях подтверждена адекватность процессов.

Экспериментальные исследования по сравнению результатов работы тиристорного и транзисторного преобразователей в режиме выпрямителя показали следующие результаты. В равных условиях сравнения исходных параметров предлагаемый транзисторный преобразователь потребляет в 2,5 раза меньше реактивной мощности, а в равных условиях нагрузки потребляет на 25% больше активной мощности, что позволяет увеличить на 20% напряжение на тяговых двигателях и на 10% величину выпрямленного тока. Это означает, что электровозы, оснащенные транзисторными преобразователями, будут способны при одной и той же мощности тяговых двигателей вести грузовые поезда большей массы за счет увеличения силы тяги при сохранении одной и той же скорости движения (увеличивается провозная способность поездов), или вести грузовые поезда неизменной массы с большей

скоростью при сохранении одной и той же силы тяги (увеличивается пропускная способность поездов).

Таким образом, при прочих равных условиях предлагаемые новые технические решения в области силовых транзисторных преобразователей являются значительным научным и практическим достижением в области грузовых электровозов переменного тока с коллекторным приводом, способными работать с высокими энергетическими показателями как в режиме тяги, так и в режиме рекуперативного торможения.

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИЛЬНОТОЧНЫХ СКОЛЬЗЯЩИХ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Гершман И.С., ВНИИЖТ, Россия; Сыченко В.Г., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна; Большаков Ю.Л., ООО «Глория»

Режимы эксплуатации скользящего контакта электрических машин требуют, чтобы свойства материалов и характеристики совместной работы пары контактных элементов изменялись в широких пределах. При всем этом интервал изменения свойств, например, контактного провода сети ЖД является весьма ограниченным. В результате, выполнение требований эксплуатации, наряду с конструктивным исполнением, удовлетворяется за счет выбора материалов, из которых изготавливаются токосъемные вставки (ТВ) токоприемников электроподвижного состава ЖТ. Эти материалы предоставляют собой многокомпонентные композиции, состоящие из порошков графита, кокса, сажи и меди.

С появлением на ЖД стран СНГ более мощных и современных электровозов постоянного и переменного тока типа «Ермак» и других проявились недостатки углеродных ТВ типа «А» в основном из-за достаточно высокого УЭС: отечественного производства 25-30 мкОм.м, зарубежного 35-54 мкОм.м. Эксплуатация на указанных типах электровозов мягких углеродных ТВ «Б» (УЭС до 15 мкОм.м) отечественного производства выявила их недостаточную твердость и прочность, и как следствие малую износостойкость. Применение металлокерамических ТВ приводит к повышенному износу контактного провода, что обуславливает установку параллельно для его смазывания мягких углеродных ТВ «Б».

Ранее было показано, что решение проблемы возможно с использованием металлоуглеродных вставок, для которых характерно твердая углеродная основа

($HR_c=70-90$) и низкое электросопротивление (УЭС до 8 мкОм.м). Такие характеристики достигаются за счет введения в полидисперсную углеграфитовую композицию металлических добавок. Использовались различные варианты апробирования вида металлических добавок и их содержание. Сделан вывод, что для предотвращения схватывания с контактным проводом и его повышенного износа объемное содержание металла различного свойства не должно превышать 35%. Подобное достигается только пропиткой или объемно-дискретным армированием углеродной основы ТВ металлическими волокнистыми материалами.

Перспективность данного направления нашла отражение в межгосударственном стандарте ГОСТ 32680-2014, где регламентируются свойства углеродных вставок с содержанием металла, тип УМ.

О ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЯГУ КАРЬЕРНЫХ ПОЕЗДОВ ЗА СЧЕТ ЧАСТИЧНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ ЧАСТИ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Гетьман Г. К., Васильев В. Е., Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна

Применительно к тяговым агрегатам постоянного тока рассмотрена возможность снижения затрат электроэнергии на тягу за счет частичного отключения тяговых двигателей, а также взаимосвязь удельного расхода электроэнергии и уровня напряжения в контактной сети. Исследования выполнены применительно к условиям эксплуатации карьерного транспорта постоянного тока на предприятиях по открытой добыче полезных ископаемых.

Особую актуальность вопросы повышения энергетической эффективности железнодорожных перевозок приобрели в последние десятилетия в связи с удорожанием топливно-энергетических ресурсов как в нашей стране, так и за рубежом [1, 2]

Возможность экономии электроэнергии на тягу за счет отключения части тяговых двигателей можно получить путем сопоставления удельных расходов электроэнергии для сравниваемых вариантов тяги.

Удельный расход электроэнергии можно установить, определив последовательно для каждого варианта: энергетические характеристики ЭПС; установившуюся скорость движения поезда на рассматриваемом участке; удельный расход электроэнергии на тягу.

Энергетические характеристики позволяют определить удельный расход электроэнергии на тягу по известной скорости движения.

При решении задачи для каждого значения тока, последовательно определяются: магнитный поток, частота вращения вала тягового двигателя и скорость движения электровоза; потери холостого хода и добавочные потери; потери в тяговом редукторе; расчетная сила тяги двигателя и электровоза; полное сопротивление движению поезда.

Полученные результаты дают возможность оценить изменение энергоемкости перевозок, обусловленные изменением напряжения в контактной сети и отключением части тяговых двигателей при каждом уровне напряжения в сети с учетом необходимой точности расчетов (точность определения к.п.д. не ниже, чем 0,5% [3]).

В результате выполненных исследований получены следующие выводы:

1 На постоянных путях откатки карьеров с уклонами 15÷40 ‰ для тяговых агрегатов ПЭ2^М наиболее выгоден режим работы на последовательно – параллельном соединении с включением всех тяговых двигателей. Движение на последовательном соединении сопровождается ростом расхода электроэнергии на тягу на 2-4 %. При учете затрат на собственные нужды разница расходов энергии на этих режимах достигает 6-10%.

2 Приведенные в п. 1 выводы справедливы при изменении напряжения в контактной сети в допустимых пределах (3,7÷2,2 кВ). С понижением напряжения работа на последовательном соединении становится все более «невыгодной» (расход энергии на 10-13% больше, чем при работе на последовательно – параллельном соединении).

3 На постоянных путях откатки с уклонами до 15‰ для ведения груженых поездов целесообразно использовать 4 или 8 двигателей. Снижение затрат энергии составляет 2÷10%.

4 При движении без груза на участках с уклонами $i \leq 30\%$ целесообразно использование 8 тяговых двигателей.

5 Расход электроэнергии на транспортировку горной массы на постоянных путях откатки при повышении напряжения в контактной сети с 1500 В до 3000 В снижается на 4-8 %.

6 Поскольку на энергоёмкость транспортировки влияет большое количество факторов (тип подвижного состава, составность поезда, характеристики профиля и плана пути маршрутов, уровень напряжения в контактной сети и многие другие), задачу целесообразно решать применительно к условиям работы карьерного электротранспорта на конкретном предприятии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Курбасов А.С. Электровозы нового поколения как фактор улучшения базовых показателей работы железных дорог. / А.С. Курбасов // Железнодорожный транспорт. – 2003. – №10. – С. 55-58.

2 Ясукава С. Энергосберегающие методы управления движением высокоскоростных поездов / С Ясукава, С. Като // Железные дороги мира. -1990. №7.-С. 43-46

3 ГОСТ 2582-81. Машины электрические тяговые. Общие технические требования. Введ. 1981-01-01. – М.: Издательство стандартов. – 1981. – 27 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДОМ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКИ

Друбецкий А.Е., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика Лазаряна

В связи с возросшими требованиями к экономии энергии и уменьшению затрат на ремонт и эксплуатацию подвижного состава, возникает необходимость автоматизации испытаний тяговых электродвигателей.

Характер управления параметрами взаимного нагружения тяговых электромашин при их приёмо-сдаточных (послеремонтных) испытаниях во многом определяет как качество самих испытаний, так и общие экономические затраты на их проведение. Существует ряд вариантов систем взаимной нагрузки электромашин, применение которых в ручном режиме регулирование крайне затруднено из-за проблем с их электромеханической устойчивостью.

В соответствии с ГОСТ 2582-81 система автоматического управления стендом взаимного нагружения тяговых электрических машин должна обеспечивать:

- стабилизацию напряжения на тяговой электромашине, работающей двигателем;
- стабилизацию тока тяговой электрической машины, работающей двигателем;
- стабилизацию частоты вращения валов тяговых электромашин;
- защиту от перегрузок по всем трём управляемым параметрам.

Была собрана и испытана в лабораторных условиях система автоматического управления стендом взаимной нагрузки, работающего по схеме с последовательно-параллельным включением источников питания. В результате опытов были определены несколько путей оптимизации работы стенда. Также был получен материал для научного решения проблем экономии энергии при выполнении программы приёмо-сдаточных испытаний.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НАНОКРИСТАЛІЧНИХ СПЛАВІВ НА ЕЛЕКТРОРУХОМОМУ СКЛАДІ

Забарило Д. О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка Лазаряна

Останнім часом проводяться активні розробки в області зниження маси тягового привода рухомого складу, зокрема його електричної частини. Така можливість з'явилась завдяки стрімкому розвитку силових напівпровідникових приладів. Основним підходом до вирішення цієї проблеми є використання замість вхідного тягового трансформатора, який працює на промисловій частоті, проміжного трансформатора підвищеної частоти. Як показують дослідження це дозволяє знизити масу тягового трансформатора в 1,5...3 рази в залежності від його потужності і типу електро рухомого складу. Також трансформатор підвищеної частоти використовується в електричних колах живлення допоміжних машин. Тут зниження маси трансформатора відносно традиційного можливе більше ніж в п'ять разів. Потрібно відмітити, що подібний підхід вже досить тривалий час використовується для зниження маси і габаритів блоків живлення різноманітних електронних пристроїв.

Основною проблемою при застосуванні тягових трансформаторів підвищеної частоти є відведення тепла від нього, оскільки з ростом частоти прикладеної напруги зростають магнітні втрати. Зі зменшенням об'єму трансформатора зменшується і його площа поверхні охолодження, а отже зростає питомий нагрів. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є застосування магнітомягких матеріалів, питомий опір яких повинен бути вищий ніж у електротехнічних сталей, оскільки нагрів трансформатора викликаний в основному втратами від вихрових струмів в магнітопроводі.

Серед альтернативних матеріалів електротехнічній сталі набули широкого використання аморфні та нанокристалічні сплави. Такі сплави дещо поступаються електротехнічним сталям за величиною максимальної магнітної індукції насичення, однак мають ряд вагомих переваг, таких як високий питомий опір, механічна та корозійна стійкість, стабільність магнітних характеристик при зміні температури.

Аморфні сплави – це сплави, які мають випадкову (некристалічну) структуру. До складу сплаву входять дві групи елементів – перехідні метали і аморфоутворюючі елементи. Аморфна структура сплаву утворюється лише при визначеній швидкості його охолодження – сотні тисяч градусів за секунду. Сьогодні найбільше розповсюдження отримали магнітомягкі аморфні сплави, в яких поєднані високі магнітні і механічні властивості. Такі сплави мають вузьку петлю гістерезису. Для виготовлення магнітопроводів тягових трансформаторів найбільш придатні аморфні сплави на основі заліза, які мають найбільшу індукцію насичення.

Нанокристалічні сплави – сплави зі змішаною аморфно-кристалічною структурою, яка може включати кристали твердого розчину кремнію в α -залізі розмірами 10...20 нм і аморфної фази, яка утворює оболонку навкруги цих кристалів. Такі сплави застосовуються в сердечниках силових та вимірювальних трансформаторів струму промислової та підвищеної частоти (50...100 кГц), імпульсних високочастотних трансформаторів, роторів електродвигунів, датчиків, перемикачів та інших пристроїв, основними вимогами до яких є значна індукція насичення, низькі втрати на перемагнічування, високі значення магнітної проникності.

Нанокристалічні матеріали мають високу корозійну стійкість. Особливий інтерес викликають механічні властивості об'ємних нанокристалічних матеріалів. Зменшення розміру кристалу з 10 мкм до 10 нм дає підвищення міцності приблизно в 30 разів.

Сьогодні вже розроблені сплави з нанозернами α -Fe («наноперм») α '-FeCo («хитперм»), які мають високе значення індукції насичення – 1,7...2,0 Тл. Такі сплави згодом повністю витіснять електротехнічні сталі трансформаторів, які працюють на підвищених і високих частотах.

ВИКОРИСТАННЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ РЕКУПЕРАТИВНОГО ГАЛЬМУВАННЯ НА ЛОКОМОТИВАХ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ВЛ11М6

Костін М. О., Муха А. М., Нікітенко А. В., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Як відомо, однією із найважливіших складових електрозберігаючих технологій перевізного процесу на залізницях України є рекуперація електроенергії електрорухомим складом. І в той же час в силу ряду причин рекуперація на дорогах України за останні 20-25 років не лише не розвивається, але навіть відпрацьовані раніше її режими використовуються дуже слабо. В той же час, завдяки використанню рекуперативного гальмування можливо повернути електроенергію об'ємом до 8...12% від енергії, витраченої на електротягу поїздів, більш того деякі дослідження збільшують ці відсотки до 15...30% для електропоїздів. Та попри все в останні 20-25 років об'єм енергії рекуперації не перевищує 2,21% від спожитої.

Зазначене вище обумовлене рядом причин і, насамперед, тим, що надійність, стабільність і електрична ефективність існуючих режимів рекуперативного гальмування в більшості залежить від системи тягового електропостачання. Її інфраструктура не в повній мірі відповідає сучасним вимогам з ефективності отримання, передачі та використання енергії рекуперації. Крім того, «жорсткі» умови можливого здійснення рекуперативного гальмування і «погане» неефективне використання рекуперованої і переданої в контактну мережу електроенергії призводять до зривів рекуперації і знижують віру машиністів у її надійність, в результаті вони часто уникають застосовувати рекуперативне гальмування.

За нашою думкою, зазначену проблему можна частково розв'язати розробкою і впровадженням, зокрема на вантажному електровозі ВЛ11М6, автономного фазового режиму рекуперативного гальмування на основі бортового ємнісного накопичувача енергії рекуперації. Аналіз останніх публікацій показує, що аналогічні системи вже використовуються в європейських країнах для накопичення і подальшого використання енергії рекуперативного гальмування на електрокарах, тролейбусах, трамваях та деяких електропоїздах.

Для розрахунку параметрів бортового накопичувача було здійснено ряд поїдок на ділянці Нижньодніпровськ-Вузол – П'ятихатки Ст. В режимах рекуперативного гальмування локомотива ВЛ11М6 зареєстровано регістрограми напруги на струмоприймачі та струму в силовому колі, швидкість руху, схеми з'єднання, позиції.

За результатами моніторингу і розрахунків встановлено, що об'єм електроенергії, рекуперований електровозом ВЛ11М6 за одну поїздку на дослідній ділянці, складає від 807 до 1118,8 кВт•год. При цьому за одну поїздку спостерігається 11...16 фаз (разів різною

тривалістю) рекуперації, на кожній з яких кількість рекуперованої електроенергії коливається від 0,5 до 172 кВт•год. Для заощадження в бортовому (з робочим діапазоном напруги 4000-3000 В) ємнісному накопичувачі усієї за поїздки рекуперованої електроенергії, яка потім віддається ТЕД в режимі тяги, потрібен блок суперконденсаторів ємністю від 400 до 560 Ф і об'ємом від 45 до 60 мЗ; такий «вільний» об'єм на існуючому ВЛ11М6 відсутній. В існуючій конструкції електровоза ВЛ11М6 об'єм «вільного» місця 6,92 мЗ, в якому можливе розташування блоку суперконденсаторів (БК) ємністю 26,4 Ф, що накопичує (при робочому діапазоні 3700-1100В) енергію рекуперації об'ємом ≈ 46 кВт•год за фазу рекуперації і потім живить нею мотор-вентилятор і (при необхідності) електричну піч.

В якості конденсаторів БК доцільно використовувати суперконденсатори типу E-cells, виробник Yunasko (Україна). Блок суперконденсаторів містить 1370 елементів з'єднаних послідовно і 6 паралельно.

ПЕРЕХІД НА ДВОДИЗЕЛЬНУ СТРУКТУРУ ЕНЕРГОСИЛОВОЇ УСТАНОВКИ НОВИХ ТА МОДЕРНІЗОВАНИХ ТЕПЛОВОЗІВ ЯК СПОСІБ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ

Панасенко М.В., Шаповалов Д.Ю., ДП «Укрзалізничпроект»

Сучасний парк маневрових тепловозів залізниць України складається переважно з локомотивів ЧМЕЗ, експлуатаційний термін служби яких вже наближається до граничного. Разом з тим, виконувана ними станційна, гірська та деповська робота у 80% випадків потребує всього 7-40% потужності штатного дизеля, який при цьому працює в неекономічних режимах.

Найголовнішим етапом модернізації тепловоза з продовженням терміну його служби є ремоторизація – заміна штатного дизеля, який відпрацював свій ресурс і не відповідає екологічним нормам. Штатна силова установка може бути замінена на нову такої ж, або більшої потужності, або складатися з двох чи більше дизель-генераторних установок. Вітчизняні та зарубіжні дослідження в області модернізації локомотивів ЧМЕЗ та їм подібних показують, що перехід на дводизельну енергосилову установку є не тільки можливим з технічної точки зору, але й економічно доцільним у випадках, коли локомотив постійно знаходиться в «легких» та «середніх» умовах експлуатації. Така структурна побудова силового агрегату дозволяє суттєво знизити витрати паливно-мастильних матеріалів, підвищити ресурс роботи застосованих дизелів, збільшити міжремонтні пробіги тепловозів.. Вказаний позитивний ефект досягається за рахунок роботи нового дизеля в діапазоні навантажень, близькому до оптимального за витратами палива та мастила. Збільшення моторесурсу силового агрегату досягається за рахунок того, що в області малих навантажень другий дизель відключається.

Серед найбільш актуальних на цей час дводизельних ремоторизацій тепловозів ЧМЕЗ слід звернути увагу на ту, що була виконана в Росії. Окрім зниження витрат паливно-мастильних матеріалів та збільшення ресурсу дизелів вдалося знизити викиди шкідливих речовин в повітря та занизити капоти. Останній фактор дозволяє збільшити огляд колії при роботі на станціях, сортувальних гірках, в депо та на перегонах. Разом з тим, проведений аналіз показує, що при проведенні цієї модернізації були враховані не всі можливості для зменшення експлуатаційних витрат.

Основними напрямками модернізації ЧМЕЗ в Україні є ремонт головної рами та візків і ремоторизація з подовженням терміну служби тепловоза. Аналіз етапів ремонту рами та візків на Полтавському тепловозоремонтному заводі показує, що існують всі умови для встановлення на відремонтовані рами дводизельної енергосилової установки, та модульної кабіни машиніста. При цьому, ще одним фактором зменшення експлуатаційних витрат є перекомпонування обладнання. Наприклад, при заміні штатного дизеля ЧМЕЗ двома дизелями Caterpillar C15 або C18 та розташуванні кабіни машиніста по центру головної рами над паливним баком можливо отримати більш рівномірний розподіл статичного навантаження на головну раму тепловоза, аніж при їх класичному розташуванні. Така концепція побудови модернізованого тепловоза зараз вивчається на предмет відповідності міркуванням безпеки та нормам динамічному впливу на колію з боку екіпажної частини модернізованого тепловоза. Слід також відзначити, що додаткову економію виробленої дизель-генераторною установкою енергії можна отримати за рахунок відключення частини тягових електродвигунів модернізованого тепловоза при рівномірному розподілі навантаження між тими, що залишаються в роботі. Це питання зараз також вивчається.

Таким чином, виконання дводизельної ремоторизації тепловозів ЧМЕЗ, які відпрацювали свій нормативний ресурс дозволяє отримати сучасну більш надійну, економічну та екологічну машину. Разом з тим, така схема потребує розробки принципово нових методів та систем управління та переходу до нової структури тягового електроприводу.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВУХДВИГАТЕЛЬНЫМ ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ РУДНИЧНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА

Синчук О.Н., Сёмочкин А.Б., Федотов В.А., Жеребкин Б.В., Криворожский национальный университет

Основным видом транспорта железорудных шахт является электровозный, обеспечивающий 100% подземных грузоперевозок..

Электровозный транспорт является одним из основных потребителей электрической энергии (ЭЭ), потребляя 18 – 20% ЭЭ от всей потребляемой подземными потребителями железорудных шахт. Для решения этой проблемы в Украине возобновлены работы по созданию отечественных электроэнергоэффективных видов ТЭМС базе IGBT-преобразователей и асинхронных тяговых электрических двигателей (АТД).

При этом, предпочтение отдается векторному управлению, поскольку оно обладает достаточно высоким качеством регулирования.

Однако, для двухдвигательного тягового комплекса, работающего параллельно на общую нагрузку, в силу ряда причин присущи различные моменты нагрузок ТЭД, которые механически жестко связаны каждый со своей колесной парой.

Выравнивание нагрузок между двигателями можно осуществить с помощью нечеткого регулятора (FUZZY- регулятора). Система управления многодвигательным электроприводом состоит из двух уровней: нижнего с классической схемой векторного управления ТАД, и верхнего с регулятором нечеткой логики- регулятором сигналов задания скорости вращения роторов ТАД (индивидуально для каждого электропривода).

На вход Fuzzy-регулятора поступают сигналы рассогласования $\Delta\omega_1$ и $\Delta\omega_2$ фактической скорости вращения роторов ТАД $\Delta\omega_1$ и $\Delta\omega_2$ с заданным значением $\omega_{зад}$ и производные по скорости вращения электроприводов $\frac{d\omega_1}{dt}$ и $\frac{d\omega_2}{dt}$.

Полученные на выходе нечеткого регулятора четкие значения корректирующих сигналов u_1 и u_2 , добавляются к последним значениям сигналов задания скорости вращения тяговых электроприводов $\omega_{зад1}$ и $\omega_{зад2}$ и поступают на вход системы управления многодвигательным асинхронным тяговым электроприводом.

Графическое представление работы FUZZY-регулятора, изображенное на рис. 1, есть поверхность в пространстве состояний объекта регулирования.

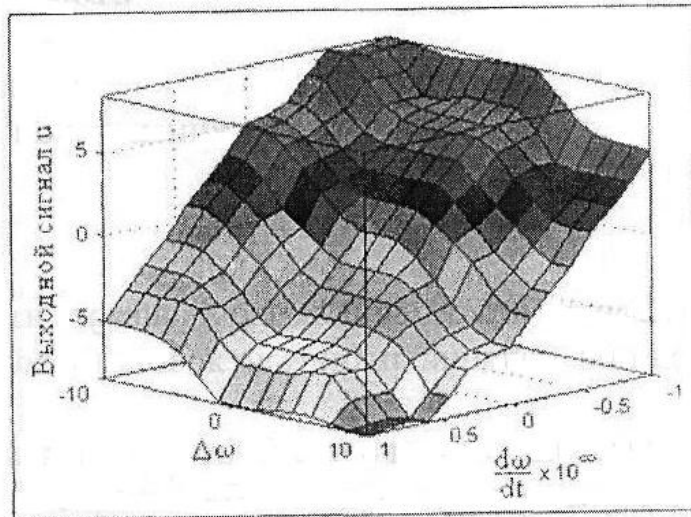


Рисунок 1. Графическое представление работы FUZZY-регулятора

ОЦІНКА СПОСОБІВ АНАЛІЗУ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ РУДНИЧНИХ ЕЛЕКТРОВІЗІВ

Чорна В.О., Кременчуцький національний університет імені Михайла
Остроградського

Теплові процеси в тягових електричних двигунах (ТЕД) рудничних електровозів є одним з визначальних чинників надійності та довговічності як самих двигунів, так і всього електромеханічного комплексу транспортних одиниць.

Промислові та лабораторні дослідження процесу нагрівання показали, що в тепловому відношенні ТЕД являє собою досить складне тіло, температурне поле якого навіть при всіх спрощених передумови класичної теорії нагрівання визначається складно і не завжди забезпечує збіг з розрахунковим перегрівом.

На даний час відомі ряд теоретичних способів визначення теплових режимів і вентиляційних розрахунків в електричних двигунах. Однак, як свідчать результати досліджень вчених різних наукових шкіл в даному напрямку, жоден з них не може дати реальну оцінку розподілу теплових втрат в елементах ТЕД шахтних електровозів. Причиною є особливості режимів функціонування ТЕД, а саме той факт, що більшу частину часу (близько 60%) двигуни працюють в несталих режимах.

Так, широко поширений спосіб непрямої оцінки нагріву двигуна, який дозволяє за величиною втрат енергії в електричній машині встановити рівень її нагрівання. Однак, даний спосіб має суттєвий недолік – низька точність кінцевих результатів. Інший відомий метод оцінки нагріву електричної машини, що полягає у використанні середньоквадратичного струму, не відображає дійсну зміну температури нагріву двигуна протягом рейсу або зміни. Використання відомих технічних рішень для контролю температурних процесів в двигунах неприйнятні і важко реалізувати в шахтних умовах.

Враховуючи характер зміни температури ТЕД протягом рейсу, відповідним дослідницьким апаратом для вивчення теплових процесів в ТЕД є теорія стаціонарних випадкових функцій. Як встановлено в результаті досліджень, кореляційна функція дає досить змістовну характеристику стаціонарного процесу нагрівання обмоток ТЕД.

В результаті багаточисельних досліджень встановлено, що теорія стаціонарних випадкових функцій дозволяє просто визначати ймовірнісні характеристики теплових процесів, що протікають в ТЕД при змінному графіку їх навантаження. За допомогою математичної обробки експериментальних даних отримані вихідні параметри для розрахунків перевищення температури обмоток ТЕД протягом рейсу.

Проведені розрахунки ступеня перевищення температури обмотки якоря ТЕД протягом рейсу з використанням параметрів стаціонарної функції температури, отриманих на основі математичної обробки виробничих факторів, що формують нагрів ТЕД, характеризують фізичну картину протікання теплових процесів ТЕД залежно від конкретних умов виробництва.

Більш того, в результаті досліджень встановлена достатній ступінь збіжності експериментальних даних з розрахунковими (відхилення параметрів не перевищує 5%), що дозволяє говорити про можливість використання теорії стаціонарних випадкових функцій для вивчення процесу зміни температури ТЕД в процесі його роботи в комплексі шахтних електровозів.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

Шидловський Р.М., 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 оновлення рухомого складу України є оновлення та модернізація залізничного рухомого складу з метою збільшення його строку служби, підвищення безпеки та швидкості руху.

Першочерговим для підприємств локомотивного господарства Укрзалізниці є модернізація тягового рухомого складу з метою продовження його строку експлуатації. Особливо це питання актуальне для Львівської залізниці, оскільки її інвентарний парк складають електровози серій ВЛ10, ВЛ11м, ВЛ80, що випущені у 1970-1980 роках.

Аналізу стану безпеки руху поїздів в локомотивному господарстві Львівської залізниці за 2014 рік показує, що, нажаль, постійно збільшується кількість позапланових ремонтів тягового рухомого складу, здебільшого з причин неякісного виконання ремонту і передчасного зношування вузлів та агрегатів. Особливо тісно питання позапланових ремонтів пов'язане з несправностями механічної частини. Зокрема, найбільш зношуваними є такі елементи вузлів механічної частини електровозів серій ВЛ10, ВЛ11м, ВЛ80, 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, що виготовлені із високомарганцевистої зносостійкої сталі 110Г13Л. Висока в'язкість і, одночасно, спроможність зміцнюватись, надають цій сталі стійкість проти зношування, що задовільняє умовам надійності ЕРС в експлуатації.

При відсутності втулок із сталі 110Г13Л у 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 креслярських розмірів. Можливе виготовлення втулок із сталі 45 з наступною механічною обробкою.

Використання втулок із даних сталей в повній мірі не може забезпечити надійність ЕРС в експлуатації, внаслідок їх інтенсивного зношування. Це призводить до збільшення випадків постановки електровозів на позапланові ремонти, збільшення відсотку браку при ремонті ПР-3, а також збільшенню затрат робочого часу та матеріалів на відновлення.

Для ремонтного виробництва локомотивних депо 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, змащування елементів тертя, правильне регулювання підвішування з дотриманням зазорів, використання нових типів матеріалів дозволяють збільшити довговічність вузлів.

У роботі проведено аналіз технічної та додаткової літератури, розглянуті розробки вітчизняних та закордонних вчених у напрямку удосконалення вузлів механічного обладнання. На основі відомих патентів та власного досвіду нами розроблені рекомендації щодо підвищення експлуатаційної надійності механічної частини електровозів серій ВЛ10, ВЛ11, ВЛ80, ВЛ82 та їх аналогів, як в умовах локомотивного депо, так і в умовах локомотиворемонтних заводів.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ»

Азюковський О.О., ДВНЗ «НГУ»

Адаптація системи активного захисту від електрохімічної корозії до зміни електротехнічних параметрів об'єкту захисту 6

Бадёр М.П., Лобынцев В.В., МГУПС (МИИТ)

Математическое моделирование и освоение в тяговом электроснабжении ограничителей тока на основе высокотемпературной сверхпроводимости..... 7

Баранюк Р. А., Тодоренко В.А., НТУ «КП»

Аналіз характеру перехідних процесів ключових перетворювачів електроенергії..... 7

Бех П.В., ДНУЗТ

Принципи побудови та архітектура інтегрованих інформаційних систем 8

Божко В. В., Демченко С. В., ДП «Укрзалізничпроект»

Сучасні технічні рішення по підвищенню енергоефективності тягових підстанцій залізниць України..... 9

Бойко С.М., КрНУ імені Михайла Остроградського; Пироженко А.В., Металургічний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет»

Специфіка побудови локальних електротехнічних систем на базі альтернативних джерел енергії в умовах підприємств гірничодобувної галузі 10

Бойко С.М., КрНУ імені Михайла Остроградського; Саблін О.І., ДНУЗТ

Автоматичне регулювання електропостачання на базі вітрових мініелектростанцій в умовах підприємств гірничо-видобувного комплексу..... 11

Бондар О.І., ДНУЗТ

Методи визначення електричних ємностей силових трансформаторів 12

Bosiy D.O., Kosarev E. M., DNURT

Modeling of the traction power supply system in the space-time coordinates 13

Бялонь Анджей, Інститут залізничного транспорту, Варшава

Защита контактной сети 3kV DC от перенапряжений с использованием варисторов..... 14

Васильев И.Л., Павличенко М.Е, УрГУПС; Татарченко Г.О., СТИ, Луганск;

Сыченко В.Г., ДНУЖТ

Диагностика состояния подземной части железобетонных опор контактной сети..... 20

Гаврилюк В.І., ДНУЗТ; Мелешко В.В., Укрзалізниця

Електромагнітна сумісність системи тягового електропостачання з пристроями сигналізації та зв'язку 21

Гончарова Л.Л., ДЕТУТ

Методи захисту інформації в комп'ютерних мережах управління електропостачанням 22

Гребченко М.В., Національний університет біоресурсів і природокористування України;

Максимчук В.Ф., Департамент електрифікації та електропостачання Укрзалізниці
Підвищення надійності роботи системи електропостачання ліній СЦБ..... 22

Гриб О.Г., Гапон Д.А., Иерусалимова Т.С., Дяченко А.В., НТУ «ХПИ»

Мониторинг качества электрической энергии в системах электротранспорта 24

Губський П.В., Бусурулов А.І., ДНУЗТ; Черниш Я.В., інженер

Удосконалення керування потужністю в тяговій мережі постійного струму при швидкісному русі 25

Данилов О.А., Сингаївський Ю.П., ДНУЗТ

Аналіз перехідних процесів в тяговій мережі постійного струму для поліпшення захисних характеристик мікропроцесорного захисту..... 26

Денисюк С.П., Опришко В.П., НТУ «КП»

Мультиагентний підхід до керування попитом на електроенергію 27

Денисюк С.П., Опришко В.П., НТУ «КП»

Основні програми реалізації DSM..... 28

Запара О.А., Босий Д.О., ДНУЗТ

Оптимізація потужності підсилюючих пунктів для живлення тягової мережі високошвидкісних магістралей..... 29

Заруцкая Т.А., Долгушевский Н.А., ФГБОУ ВПО «РГУПС»

Повышение безопасности работ на отключенной секции контактной сети путем оптимизации выбора мест установки устройств защиты от наведенного напряжения..... 30

Кирилюк Т.І., Карук В. О., Карук О. О, ДНУЗТ

Особливості системи контролю та аналізу норм споживання електроенергії для нетягових споживачів електротранспорту 31

Ким Ен Дар, УИПА

О контроле полимерных изоляторов с использованием стеклянных изоляторов 32

Колыхаев Е.Г., ДНУЖТ

Проблемы энергоэффективного управления потоками поездов 33

Кордин А.П., Деркач В.А., Мандыч В.Г., Приднепровская. ж.д.

Параллельная работа трансформаторов СЦБ тяговых подстанций Александрия – Пятихатки – Железняково – Верховцево..... 34

Костін М.О., ДНУЗТ Енергетичні спектри випадкових процесів тягових напруг і струмів систем електротранспорту.....	35
Кузнецов В. В., Николенко А. В., НМетАУ Разработка вероятностной модели цеховой электрической сети.....	37
Курган М. Б., Байдак С.Ю, Лужицкий О. Ф., Хмелевська Н.П., ДНУЗТ Дослідження зміни тягово-енергетичних показників на напрямках впровадження швидкісного руху поїздів	38
Курган М. Б., Лужицкий О. Ф., ДНУЗТ Додаткові втрати електроенергії при проходженні поїздів через залізничні переїзди	40
Ларюшкин В.Л., Татарченко Г.О., СТИ Техническое регулирование. Подсистема инфраструктуры (энергоснабжение).....	41
Лашков О.В., ДНУЗТ Інформаційна інтеграція в транспортній логистиці.....	42
Логвінова Н.О., ДНУЗТ Розробка енергооптимального графіка руху поїздів на залізничних напрямках з паралельними ходами.....	43
Матвієнко Х. В., Папахов О. Ю., ДНУЗТ Оптимізація плану формування поїздів на основі використання показника економії електроенергії на тягу поїздів	44
Матусевич О. О., ДНУЗТ Підвищення ефективності системи технічного обслуговування і ремонту тягових підстанцій на основі методики FMEA.....	45
Міронов Д. В., ДНУЗТ Методика оцінки фактичного технічного стану обладнання тягових підстанцій	46
Міщенко Т.М., ДНУЗТ Метод ідентифікації параметрів пристроїв системи електротяги при проектуванні швидкісного руху поїздів	47
Мироничев А.В., Перекрест В.В., Тодоренко В.А., Тюрютиков А.И., НТУ «КПИ» Новые направления конструирования установок компенсации реактивной мощности	48
Окороков А. М., ДНУЗТ Аналіз проблем експлуатації залізниць при організації нічного руху вантажних поїздів	49

Панасенко М. В., Краснов О. О., ДП «Укрзалізничпроект» Імітаційне моделювання системи електричної тяги змінного струму напруги 25 кВ, 50 Гц в пакеті MATLAB для дослідження показників якості електроенергії.....	50
Пилипенко Ю.В., Інститут електродинаміки НАН України; Максимчук В.Ф., Департамент електрифікації та електропостачання Укрзалізниці Розвиток оперативно-інформаційного комплексу служб електропостачання.....	51
Пісаревських К. В., Босий Д.О., ДНУЗТ Проблеми інтеграції української енергосистеми в мережу європейських.....	52
Полях О.М., Гула Ю.В., ДНУЗТ Вдосконалення методів діагностування опор контактної мережі при впровадженні високошвидкісного руху	53
Притискач І.В., НТУ «КПІ» Параметрична ідентифікація математичних моделей діагностичних параметрів силового трансформатора	55
Прихода М.С., ДНУЗТ Аналіз спрацювання комутаційного обладнання тягової підстанції при приєднанні сонячної електростанції до шин різного класу напруги	56
Пшінько О.М., Матусевич О.О., ДНУЗТ Проблемні питання удосконалення технічного обслуговування та ремонту системи тягового електропостачання залізниць у сучасних умовах	57
Рагимов Р.Г., главный консультант проекта; Рагимов А. Р., инженер, "АТЕФ Группа компаний" Переход тягового электроснабжения от 3 кВ постоянного тока на 27,5 кВ переменного тока на участке Баку - Беюк Кярик АЖД	58
Рудевіч Н.В., НТУ «ХПІ» Підвищення якості професійної підготовки майбутніх інженерів-електриків	73
Саблін О.И., Иванов А.П., Кузнецов В.Г., ДНУЖТ Распределение избыточной энергии рекуперации в системе электрического транспорта с применением нечеткого управления	74
Саенко Ю.Л., Бараненко Т.К., ГВУЗ «ПГТУ» Компенсация реактивной мощности на крупных металлургических промышленных предприятиях	76
Саенко Ю.Л., Бараненко Т.К., ГВУЗ «ПГТУ» Практическое решение задачи компенсации реактивной мощности на крупном промышленном предприятии.....	77

Саенко Ю.Л., Дьяченко М.Д., ГВУЗ «ПГТУ» Предпосылки повышения надежности энергосистемы за счет совершенствования методов и средств мониторинга состояния высоковольтных линии электропередач	78
Саенко Ю. Л., ГВУЗ «ПГТУ»; Калюжный Д. Н., Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова Принцип наложения в математической модели распределения фактических вкладов линейных источников искажений в искажения напряжений в системах электроснабжения.....	79
Саенко Ю.Л., Любарцев В.В., ГВУЗ «ПГТУ» Прогнозирование электрических нагрузок с помощью нейронных сетей.....	80
Саенко Ю.Л., ГВУЗ «ПГТУ»; Попов А.С., ПАО «ДОНБАССЭНЕРГО», Старобешевская тепловая электрическая станция Феррорезонансные процессы при коммутации двухскоростных двигателей в сетях собственных нужд ТЭС.....	81
Сиченко А. В., Борщ Б. А., ДНУЗТ Підсилення системи тягового електропостачання постійного струму при швидкісному русі	82
Сиченко В.Г., Босий Д.О., ДНУЗТ; Кузнєцов В.В., НМетАУ Якість електричної енергії в мережах нетягових споживачів електрифікованих залізниць	83
Сокол Е.И., Замаруев В.В., Ересько А.В., Стысло Б.А., НТУ «ХПИ» Система управления батареями накопителей электрической энергии в системе электроснабжения железной дороги.....	84
Стасюк О.І., ДЕТУТ Методи організації розподілених комп'ютерних систем керування електропостачанням	85
Федько А.С., Босий Д.О., ДНУЗТ Покращення показників якості та зниження втрат потужності на тягових підстанціях постійного струму швидкісних магістралей	86
Шама О. В., ВСП «Енергозбут» Придніпровської залізниці Аналіз діяльності залізниці у якості ліцензіату з постачання електричної енергії.....	87
Ягуп В.Г., Харьковский национальный университет городского хозяйства; Щербак Я.В., Ягуп Е.В., Украинский государственный университет железнодорожного транспорта К исследованию выходного напряжения тяговых выпрямителей по параметру мешающего напряжения на компьютерных моделях	88

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ»

Албу А.А., ДВНЗ «НГУ»

Визначення ступеня гібридизації та оптимального співвідношення компонентів приводу гібридного транспортного засобу за критерієм маса/потужність(ємність) гібридного автомобіля, що рухається в умовах міста для досягнення мінімальних витрат палива..... 89

Андриенко П.Д., ООО «НИИ «Преобразователь»

Повышение эффективности эксплуатируемого парка электровозов типа ВЛ-80..... 89

Антонов А. В., ДНУЗТ

Підвищення ефективності роботи вугільних струмознімальних вставок струмоприймачів електрорухомого складу..... 91

Антонов А. В., Манко В. О., Головка С. М., ДНУЗТ

Необхідність використання високоефективних засобів діагностування струмознімальних елементів струмоприймачів електрорухомого складу в експлуатації..... 92

Арпуль С. В., ДНУЗТ

Вибір концепції електрорухомого складу для високошвидкісного руху на залізницях України 92

Афанасов А. М., Друбецкий А. Е., ДНУЖТ

Регулирование небалансного электромагнитного момента при взаимном нагружении тяговых электрических машин 93

Баб'як М.О., Львівська філія ДНУЗТ

Підвищення надійності електровозів для забезпечення безпеки руху в умовах Львівської залізниці..... 94

Власьевский С.В., Малышева О.А., ДВГУПС; Мельниченко О.В., Яговкин Д.А., ИрГУПС

Энергоэффективный электровоз переменного тока с коллекторными тяговыми двигателями и транзисторными выпрямительно-инверторными преобразователями 95

Гершман И.С., ВНИИЖТ, Россия; Сыченко В.Г., ДНУЖТ; Большаков Ю.Л., ООО «Глория»

Современные направления совершенствования сильноточных скользящих контактных элементов..... 98

Гетьман Г. К., Васильев В. Е., ДНУЖТ

О возможности снижения расхода электроэнергии на тягу карьерных поездов за счет частичного отключения части тяговых двигателей 99

Друбецкий А.Е., ДНУЖТ

Разработка системы управления стендом взаимной нагрузки 100

Забарило Д. О., ДНУЗТ

Перспективи застосування нанокристалічних сплавів на електрорухомому складі 101

Костін М. О., Муха А. М., Нікітенко А. В., ДНУЗТ

Використання суперконденсаторних накопичувачів енергії рекуперативного гальмування на локомотивах постійного струму ВЛ11М6 102

Панасенко М.В., Шаповалов Д.Ю., ДП «Укрзалізничпроект»

Перехід на дводизельну структуру енергосилової установки нових та модернізованих тепловозів як спосіб зменшення енергоексплуатаційних витрат 103

Синчук О.Н., Сёмочкин А.Б., Федотов В.А., Жеребкин Б.В., Криворожский национальный университет

Автоматическое управление двухдвигательным тяговым электромеханическим комплексом рудничного электровоза 104

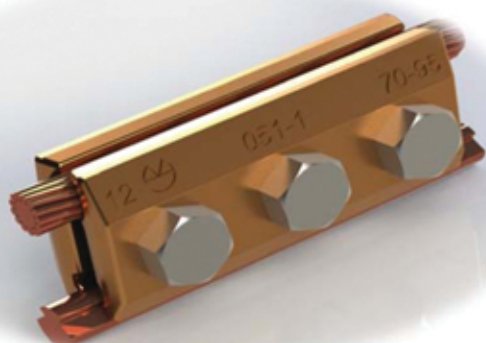
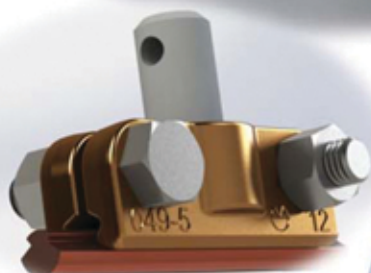
Чорна В.О., КрНУ імені Михайла Остроградського

Оцінка способів аналізу температурних режимів тягових електричних двигунів рудничних електровозів 105

Шидловський Р.М., Львівський коледж транспортної інфраструктури;

Баб'як М.О., Львівська філія ДНУЗТ

Аналіз можливостей підвищення надійності механічної частини електрорухомого складу..... 106



2 8 6 2 3, Украина,
 Киевская обл., Васильковский р-н,
 п. г. т. Калиновка, ул. Железнодорожная, 166
 тел/факс: (044) 515-31-47; (045) 714-14-05
 тел: (050) 44-000-22

www: vesta.ua
 e-mail: fme@vesta.ua

т.+38-0562-34-02-51
www.avserv.dp.ua

ООО ПКФ «Автоматика-Сервис»

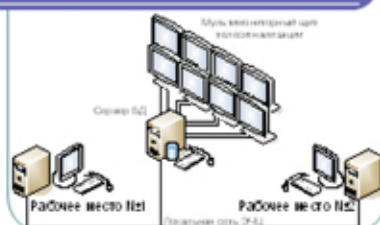
Основные направления деятельности:

- Разработка аппаратуры телемеханики (диспетчерской и линейной аппаратуры)
- Разработка сопутствующей данной теме аппаратуры
- Разработка АРМ линейного энергодиспетчера и АРМ Центрального энергодиспетчера службы (АРМ ЦЭДП)

Преимущества аппаратуры телемеханики Лоза:

- Интуитивная понятность
- Полная прозрачность при замене старой аппаратуры на новую
- Подробная документация
- Малогабаритность, малая энергоёмкость, удобство при монтаже и обслуживании

Схема АРМ с 2-мя ПК и мультитермом:



Топаз-2000 заменяет всю канал-образующую аппаратуру ДП



ЦЭДП, Свердловской ЖД



На счету предприятия «Автоматика - Сервис» более 250 автоматизированных рабочих мест диспетчеров различных служб на Куйбышевской, Северо-Кавказской, Северной, Московской, Октябрьской, Свердловской, Восточно-Сибирской, Западно-Сибирской, Юго-западной, Южно-Уральской железных дорогах ОАО РЖД, автоматизированные рабочие места на Донецкой и Одесской железных дорогах, в Киевском метрополитене, в Днепропетровском, Днепродзержинском и Пензенском трамвайно-троллейбусных управлениях;

- Центральные Энергодиспетчерские Пункты на Московской, Горьковской, Красноярской, Куйбышевской, Свердловской, Восточно-Сибирской, Западно-Сибирской, Южно-Уральской, Северной железных дорогах;

- Разработка конструкторской документации и изготовление экспериментального образца информационно-измерительного комплекса контроля основного и резервного электропитания постов ЭЦ. Заказчик - Государственная администрация железнодорожного транспорта Украины, Главное управление развития и инвестиций.

- Разработка информационно-измерительного комплекса по тягово-энергетическим испытаниям электровагонов для динамометрических вагонов-лабораторий. Заказчик - Днепропетровский научно-производственный комплекс «Электровагоностроение», Государственная администрация железнодорожного транспорта Украины, Главное управление развития та инвестиций.

Телемеханика «Лоза» нашей разработки отличается компактным исполнением, рекордно малым количеством компонентов, большими функциональными возможностями, простотой в эксплуатации и способностью работать совместно с другими видами телемеханики.