

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧ-
НОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

ІНСТИТУТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ (ПОЛЬЩА)

ТОВ «ЕЛЕКТРОТЯГОВІ СИСТЕМИ»



Матеріали
IX Міжнародної науково-практичної конференції
ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТРАНСПОРТУ
«ТРАНСЕЛЕКТРО-2016»

Материалы
IX Международной научно-практической конференции
ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТА
«ТРАНСЭЛЕКТРО-2016»

Proceedings
of the IX International Scientific Conference
ELECTRIFICATION ON TRANSPORT
«TRANSELECTRO-2016»

21 – 23 грудня 2016 р.

Дніпро
2016

УДК 621.331

Електрифікація транспорту «ТРАНСЕЛЕКТРО – 2016»: Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 21–23.12.2016 р.) – Д.: ДНУЗТ, 2016. – 55 с.

У збірнику представлені матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Електрифікація транспорту «ТРАНСЕЛЕКТРО – 2015», яка відбулась 21–23.12.2016 р. у м. Дніпро.

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., проф. (ДНУЗТ, Україна)

Адреса редакційної колегії:

49010, м. Дніпро, 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

Головуючий:

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

Заступники голови комітету:

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

Гетьман Г.К. – д.т.н., проф. зав. кафедри Електрорухомий склад залізниць ДНУЗТ;

Сиченко В.Г. – д.т.н., проф., зав. кафедри Інтелектуальні системи електропостачання ДНУЗТ.

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. (МІІТ, 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. (МІІТ, Росія)

Кричевський М. – проф. (SATEC, Ізраїль)

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

Омарбеков А.К. – д.т.н. (Казахстан)

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

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

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

Стискала 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)

Секретар конференції:

Босий Д. О. – к.т.н., доц. кафедри Інтелектуальні системи електропостачання ДНУЗТ.

Селективне визначення пошкодженого фідера за однофазного замикання на землю

Базилевич М.В., Сабадаш І.О., Національний університет «Львівська політехніка»

Однофазні замикання на землю (ОЗЗ) – найбільш поширений вид пошкоджень в мережах 6÷35 кВ. Селективний захист за ОЗЗ вдалося створити порівняно недавно, з використанням досягнень мікропроцесорної техніки і застосуванням складних алгоритмів обробки сигналів. Додатковим ускладненням створення селективного захисту за ОЗЗ є різноманіття способів уземлення нейтралі: ізольована нейтраль, заземлена через дугогасну котушку, заземлена через високоомний- чи низькоомний опір. В деяких мережах застосовують ще й комбіноване уземлення нейтралі через паралельно з'єднані резистор і компенсаційну котушку. Відомий принцип побудови селективного захисту за ОЗЗ із визначенням пошкодженого фідера по спрямуванню фронтів струму нульової послідовності $3I_0$ і напруги нульової послідовності в перший момент перехідного процесу. Для пошкодженого приєднання напрямки фронтів $3I_0$ і $3U_0$ співпадають в перший момент перехідного процесу, для непошкоджених приєднань – фронти протилежно направлені. Даний алгоритм успішно використовується в пристроях захисту за ОЗЗ «Альтра32» (виробництво ІМСКОЕ).

Задачею досліджень було встановити як різні види уземлення нейтралі впливають на селективність визначення приєднання з ОЗЗ. Було створено модель типової електричної мережі 10 кВ. В моделі враховувались всі основні елементи, що впливають на характер координат за ОЗЗ: силові трансформатори, трансформатор напруги, кабельні лінії і вид уземлення нейтралі. Досліджували ОЗЗ за різної кількості ліній, введених в роботу. Також змінювали місце ОЗЗ.

Дослідження проводились для дугових ОЗЗ, як найбільш поширених видів ОЗЗ. Встановили, що при ОЗЗ рівень високочастотних вільних складових фазних напруг, напруги нульової послідовності та струмів нульової послідовності $3I_0$ сильно залежить як від місця ОЗЗ, так і місця розташування захисту. Пояснюється це тим, що вільні складові струмів протікають по контурах із різними поздовжніми параметрами за замикань в різних точках мережі. Вимушені складові фазних напруг і струмів $3I_0$ набагато менше залежать від місця ОЗЗ.

За дугових ОЗЗ визначити пошкоджене приєднання можливо тільки використовуючи інформацію про координати режиму під час горіння дуги. Після погасання дуги визначити пошкоджене приєднання неможливо – на величину та напрям струмів $3I_0$ впливають заземлюючі пристрої. Тому алгоритм визначення пошкодженого фідера по спрямуванню фронтів $3I_0$ і $3U_0$ має перевагу перед іншими алгоритмами, оскільки з самого початку розрахований на аналіз координат ОЗЗ в перехідному процесі.

Дослідження показали, що різні види уземлення нейтралі суттєво впливають на величину струмів $3I_0$, в тому числі на їх частотний спектр та величину. Також було встановлено, що вільні складові струмів $3I_0$ мають вищі частоти, ніж вільні складові в напрузі $3U_0$. У фазних напругах та напрузі $3U_0$ високочастотні складові мають меншу частоту вільних коливань (порівняно із $3I_0$).

В результаті проведених досліджень було встановлено, що для пошкодженого приєднання фронти напруги $3U_0$ і струму $3I_0$ є спрямовані в одному напрямку, а для непошкодженого приєднання – протилежно. Ця властивість виконується за будь-якого виду уземлення фази та за ОЗЗ в будь-якому місці мережі. На визначення пошкодженого приєднання не впливає конфігурація мережі.

Висновок: алгоритм захисту за ОЗЗ, що використовує дані про спрямування фронтів струмів $3I_0$ та напруги $3U_0$ надійно працює за дугових замикань в мережах 6÷35 кВ із будь-яким видом уземлення нейтралі.

Застосування модифікованої інтерполяційної моделі гістерезису до аналізу процесів в установках намагнічування великогабаритних феромагнітних деталей циліндричної форми

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

Як свідчать численні дослідження, складні закони перемагнічування феромагнетиків практично не підлягають аналітичному опису у достатньо повній мірі. Тому для моделювання процесів в масивних феромагнетиках при симетричних та несиметричних намагнічуючих впливах найбільш перспективним виглядає застосування математичних моделей, що базуються на чисельних методах розрахунку, які реалізуються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Саме до таких моделей і належить модифікована інтерполяційна модель гістерезису, яка дозволяє сформулювати уніфікований підхід до опису перемагнічування будь-яких феромагнітних матеріалів.

Вихідною інформацією для моделі є експериментально отримані сукупності кривих повернення та симетричних гістерезисних циклів. Такі характеристики отримано як для магнітотвердих, так і для магнітом'яких матеріалів.

Шляхом виключення з масиву вихідних даних інформації про одну з кривих перевірено точність інтерполяції за допомогою розробленої моделі за даними про решту кривих гістерезису. Розходження між розрахунковими та експериментальними даними на ділянках різкої зміни характеристик не перевищує 7,5% від граничного значення магнітної індукції. На ділянках малого нахилу кривих ці розходження не перевищують 2, 5%.

Дослідження також показали, що для розрахунку симетричних режимів при перемагнічуванні, як магнітотвердих, так і магнітом'яких матеріалів, при заданій точності не нижче 5-7% від граничного значення магнітної індукції, можна використовувати дані про криві повернення, якщо амплітуда напруженості магнітного поля складає більше 30% від максимального значення напруженості у граничному циклі намагнічування. Для розрахунків симетричного перемагнічування феромагнетиків у слабких полях слід задавати інформацію про симетричні петлі гістерезису.

Таким чином, встановлена застосовність запропонованої моделі для різних магнітних матеріалів при розрахунках симетричних режимів довільних амплітуд, а також несиметричного перемагнічування з виходом на ділянку граничної петлі і відповідну криву повернення. Тобто ця модель є складовою частиною математичних моделей установок намагнічування і розмагнічування великогабаритних феромагнітних деталей циліндричної форми. Такі моделі розробляються передусім з метою визначення ефективних параметрів кола намагнічування або розмагнічування. В подальшому вказані моделі можуть бути також використані при розв'язанні питань про електромагнітну сумісність зазначених установок та підвищення їх енергоефективності під час роботи.

Моделювання та оптимізація параметрів зарядних пристроїв в системах електропостачання

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

На сьогоднішній день все більшу популярність набувають електромобілі. Для їх підзарядки використовують невеликі станції, які розташовуються прямо на вулиці. Живлення цих зарядних агрегатів відбувається від електричних підстанцій по кабелям та лініям електропередач або ж від сонячних батарей, які встановлюють, безпосередньо, біля цих

самих зарядних агрегатів. В умовах міста, пропонується використовувати енергію метрополітену.

Метрополітен розвивається досить швидко. В багатьох містах світу будуються нові гілки та модернізуються вже існуючі, і Україна не виключення.

Так як поїзди, рухаючись по маршруту, роблять багато зупинок, то на них встановлюється система рекуперативного гальмування. Енергія, яка виробляється тяговими двигунами в режимі генератора, могла б використовуватись для живлення зарядних станцій для електромобілів. Зарядні станції, в свою чергу, можуть представляти собою невеличку шафу, в якій будуть розташовуватись: акумулятор достатньої ємності, контролер заряду акумулятора та пристрої необхідні для живлення акумулятора, який встановлений, безпосередньо, на електромобілі. Встановлення акумулятора в шафу дозволить проводити зарядку автомобіля безперебійно. Тобто, в момент, коли тягові двигуни знаходяться в режимі тяги і енергія для зарядки не виробляється, зарядка буде відбуватись від акумулятора, встановленого в шафі.

Використання енергії рекуперації для живлення станцій зарядки електромобілів дозволить знизити споживання електроенергії, яка виробляється на електростанціях і направити її надлишок на експорт.

Определение места короткого замыкания в контактной сети железнодорожной станции

Быкадоров А.Л., Заруцкая Т.А., Триллер А.А., ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», г. Ростов-на-Дону, Россия

Контактная сеть является нерезервируемым элементом инфраструктуры электрообеспечения железных дорог. В связи с этим меры по обеспечению бесперебойной работы контактной сети и по скорейшему восстановлению работоспособности при аварийных ситуациях являются приоритетными и актуальными. Сегодня станции не имеют оборудования для дистанционного определения мест коротких замыканий в контактной сети. Также задачу зачастую усложняют визуальная скрытость дефекта, время суток, погода, разветвленность станций, пути которых заставлены составами. При ошибочном определении такого места или секции происходят повторные короткие замыкания, что негативно сказывается на всех элементах инфраструктуры электроснабжения, а также замедляет процесс восстановления нормального режима. Всё это напрямую влияет на бесперебойность движения.

Разветвлённость электрической схемы контактной сети станции представляет ключевую сложность в разработке решений по дистанционному определению места короткого замыкания на станции. И если для железнодорожного перегона существует множество предложенных методов определения места короткого замыкания в контактной сети, которые реализованы в специальном оборудовании устанавливаемом на тяговых подстанциях, то по станции этот вопрос мало изучен.

Для решения этой задачи возможно использование большого количества параметров аварийного режима. Таких величин как: активное сопротивление, индуктивное сопротивление, полное сопротивление, фазовый угол между током и напряжением, а также величины являющиеся производными от выше указанных. Сравнение этих параметров для каждой точки схемы при различных изменяющихся переменных, таких как сопротивление дуги, позволяет выявлять закономерности. Так для точки, в которой произошло короткое замыкание совпадение, количества параметров совпадающих с расчетными максимально. Каждый из этих показателей чувствителен к разным изменяющимся переменным и в разной степени, поэтому большинство параметров мало изменяются. Это позволяет при

наборі достаточного количества опытов выделять характерный набор показаний в сравнении друг с другом, чтобы учитывать и тем самым минимизировать влияние изменяющихся параметров. Так при достаточной наполненности наработанной базы параметров аварийных режимов для каждой точки контактной сети возможно уменьшение погрешности определения места короткого замыкания из-за влияния дуги. Также, возможно использование не только величин параметров, но и их изменение в сравнении с соседними точками схемы, данные величины дельт параметров также могут быть использованы в качестве дополнительных параметров для определения места короткого замыкания. Дельты некоторых величин оказываются существенно менее зависимыми от различных переменных факторов, чем регистрируемые аппаратурой параметры. Это можно использовать для достижения необходимой точности в дистанционном методе определения места короткого замыкания на станции.

Опробование данного подхода к различным схемам станций, а их существует множество, сделает возможным создание методологии по дистанционному определению места короткого замыкания на станции.

Діагностування релейної апаратури залізничної автоматики

Гаврилюк В.І., Дуб В.Ю., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

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

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

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

Сучасні розробки в галузі штучних нейронних мереж (ШНМ) дозволяють автоматизувати обробку діагностичної інформації, знаходити приховані залежності між несправністю й вихідними сигналами на виводах пристрою, приймати рішення в умовах неповної

інформації, автоматично класифікувати образи вихідних аналогових або дискретних сигналів.

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

Застосування апарата нейронних мереж для діагностування апаратури залізничної автоматики дозволяє вирішувати такі завдання, як класифікація несправностей монтажу без застосування детермінованих алгоритмів діагностування, розпізнавання небезпечних відхилень від заданих часових параметрів, прогнозування стану елементів пристрою. За рахунок аналізу зміни в часі їх параметрів, розпізнавання стану ОД за кривою перехідного струму при його підключенні до джерела живлення, акустичний контроль роботи рухомих механічних частин пристрою та ін. Разом із класичними методами вимірювання параметрів нейромережеві технології дозволяють одержати максимальну кількість інформації про стан пристрою без зняття захисного кожуха. Ця задача стає актуальною, наприклад, при діагностуванні реле, що входять до складу релейних блоків електричної централізації, оскільки в цьому випадку доступ до частини контактів реле, як правило, обмежений.

Дослідження можливості прискореного відключення швидкодіючих вимикачів

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

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

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

Струм короткого замикання зростає по експоненціальному закону. Тому, чим швидше від початку аварії спрацює вимикач, тим менший струм прийдеться гасити в дугогасійній камері. Від технічного стану дугогасійної камери залежить здатність надійно відключити струм к.з. В інструкції по технічному обслуговуванні обладнання тягових підстанцій зазначено, що необхідно виконувати контроль технічного стану вимикача через кожні 1000 кА сумарного відключеного струму. Час відключення аварійного струму швидкодіючим вимикачем складається з трьох частин:

- 1) часу від початку аварії до команди на відключення;
- 2) часу від команди на відключення до початку розходження контактів;
- 3) часу гасіння електричної дуги в дугогасійній камері.

Другий і третій час залежать від конструкції швидкодіючого вимикача, а перший – від чутливості первинних датчиків. Під первинними датчиками тут треба розуміти при-

строї, що дають команду на відключення. Це може бути «розмагнічуючий» виток вимикача, реле РДШ, мікропроцесорний захист та інші.

Мікропроцесорні комплекти мають декілька видів захисту, які реагують на різні ознаки аварії. Найчастіше використовується максимальний струмовий захист. Він спрацьовує коли струм перевищує струм уставки. За умовами чутливості струм уставки повинен бути більше за максимальний робочий струм. Тобто мікропроцесорний захист подасть команду швидкодіючому вимикачу на відключення вже при достатньо великому струмі.

Максимальна швидкість зростання струму к.з. відбувається в перші 2 мс. Було б логічно використовувати саме цей захист для зменшення струму відключення. Але практика показала велику кількість хибних спрацьовувань цього захисту. Існує багато режимів роботи з великою швидкістю зростання струму. До них відносяться проїзд ізолюваного сполучення під струмом, відрив струмоприймача від контактного проводу, пуск електропоїзда, переключення групового з'єднання тягових двигунів, комутаційні короткочасні перешкоди.

Для того, щоб при спрацьовуванні захисту по максимальній швидкості зростання струму, відрізнити струм к.з. від експлуатаційних режимів, необхідно ще деякий час аналізувати закон зміни струму. Були проведені експериментальні дослідження з вимикачем АБ-2/4 по часовим залежностям необхідної витримки часу знеструмлення «утримуючої» котушки від струму, який протікає по витку, що розмагнічує. Виміри показали, що при швидкості зростання струму 150 кА/с є 20 мс для аналізу характеру зміни струму. Якщо за цей час з'ясується, що дана ситуація не аварійна, то можна відмінити відключення, подавши напругу на «утримуючу» котушку. Вимикач при цьому хибно не відключиться.

Особливості струмознімання в зоні струморозділення

Дьяков В. О., Антонов А. В., Звягінцев С. В., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Однією з особливостей зон струморозділення є поява підпалів та перепалів проводів контактної мережі через шунтування цих зон полозом струмоприймача електрорухомого складу (ЕРС). Як правило, це відбувається через помилкові дії машиністів електропоїздів, працівників дистанцій електропостачання, які не виконують вимоги нормативних документів по забезпеченню надійного струмознімання в зоні струморозділення.

На ділянках постійного та змінного струму при проходженні ізолюючого спряження в зоні відключеного поста секціонування ЕРС з піднятим струмоприймачем можливий перепал контактних проводів зрівняльними струмами. В цьому випадку для попередження перепалів контактних проводів обох віток ізолюючих спряжень встановлюють тимчасові вказівники, які сигналізують машиністу ЕРС про відключення секції контактної мережі чи та шунтують ізолюючі спряження секційними роз'єднувачами.

Перепали проводів контактної мережі можливі також і на нейтральних вставках, які розділяють ділянки контактної мережі змінного струму, які отримують живлення від різних фаз. Це відбувається, якщо машиніст ЕРС при проходженні нейтральної вставки не вимикає високовольтний вимикач. Для попередження перепалів проводів контактної мережі на нейтральних вставках встановлюються вказівники, які сигналізують про необхідність відключення високовольтного вимикача при проходженні ЕРС нейтральної вставки; використовують пристрої (конструкції), які забезпечують автоматичне відключення високовольтного вимикача ЕРС при проходженні нейтральних вставок.

Якщо при проходженні нейтральної вставки не забезпечується автоматичне відключення високовольтного вимикача ЕРС та машиніст, під'їжджаючи до знаку «Відключити струм» вимкнув тягове навантаження, а живлення нетягових споживачів (вентилятори,

компресори, освітлення, опалення та інше) залишив, можливий пробій повітряних проміжків та їх іонізація. Особливо це небезпечно для електропоїздів компанії Hyundai, які мають потужне допоміжне обладнання. Такі електропоїзди можуть прослідкувати нейтральну вставку зі швидкістю 160 км/год (45 м/с). В результаті, безструмова пауза на першому (за напрямком руху) повітряному проміжку може тривати менше секунди, чого недостатньо для деіонізації повітряного проміжку. В цьому випадку при шунтуванні струмоприймачем другого повітряного проміжку може відбутися перепал контактного проводу. В зв'язку з цим на електрифікованих залізницях України для попередження перепалів проводів контактної мережі на нейтральних вставках стали додатково встановлювати секційні ізолятори.

Використовуючи закордонний досвід для попередження перепалів проводів контактної мережі на нейтральних вставках можна замість трипрогонних ізолюючих спряжень використовувати чотирипрогонні, при використанні яких, зменшується кут нахилу контактних проводів, що анкеруються. В цьому випадку, зменшується інерційна складова натиску струмоприймача, що дозволяє збільшити довжину нейтрального елемента. Для зменшення кількості пошкоджень контактної мережі та дахового обладнання ЕРС при перепалах контактних проводів на нейтральних вставках можна використовувати барабанні компенсатори, котрі при обриві компенсованого контактного проводу стопорять барабан та запобігають подальшому пошкодженню контактної мережі. Для виключення перепалів проводів контактної мережі в зонах струморозділення можна замість ізолюючих спряжень використовувати конструкцію контактної мережі, яка монтується на переїздах, де експлуатується негабаритний автомобільний транспорт. В цьому випадку, перед переїздом анкеруються контактні підвіски суміжних анкерних ділянок і над переїздом відсутня контактна мережа, ЕРС такий тип спряження проходить з опущеним струмоприймачем.

Вплив системи тягового електропостачання змінного струму на якість електричної енергії у лініях живлення нетягових споживачів

Земський Д.Р., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Відповідність якості електричної енергії до встановлених у нормативних документах допустимих значень показників є основною умовою електромагнітної сумісності та надійного функціонування електротехнічного обладнання. Водночас одним із проявів сучасного розвитку світової економіки є збільшення енергоспоживання у промисловому та побутовому секторі. З цих обставин питання ефективного використання енергетичних ресурсів продовжує бути актуальним.

Для живлення нетягових та сторонніх (незалізничних) споживачів електричної енергії розташованих поблизу електрифікованих на змінному струмі залізниць отримали широкого розповсюдження лінії виконанні за системою «два проводи-рейка» (ДПР). Особливість та перевагою яких є використання рейкової колії замість третього фазного проводу. З іншої сторони у лініях ДПР має місце сильний електромагнітний вплив зумовлений близьким розташуванням тягової мережі та гальванічним зв'язком, що виникає через рейкову мережу. Також, як відомо, у більшості випадків між суміжними тяговими підстанціями неможливо забезпечити двостороннє живлення лінії поздовжнього електропостачання. Вказані чинники здатні суттєво погіршувати якість електроенергії, що проявляється у відхиленнях напруги, спотворенні синусоїдності та наявності несиметрії напруги, і в цілому погіршує умови роботи та збільшує втрати в пристроях живлення інфраструктури електрифікованих залізниць та електроприймачах інших споживачів.

Тривалий час компенсація та визначення електромагнітного впливу тягової мережі на лінії поздовжнього електропостачання залізниць змінного струму є предметом дослі-

дження науковців у галузі енергетики. Існує думка, про цілковиту відмову від ліній ДПР, разом із тим є пропозиції щодо зміни її конфігурації у напрямку відмови від використання рейок та прокладання третього фазного проводу на опорах контактної мережі. Останнє рішення дозволить зменшити несиметрії наруг у споживачів за рахунок зрівняння електромагнітного впливу на трифазну лінію тягової мережі та дає можливість попередити виникнення резонансних явищ. Також є пропозиції щодо удосконалення конструкції штучного заземлювача КТП-25 кВ, а саме за рахунок включення до контуру регульованого індуктивного елементу, завдяки якому можливо зменшити несиметрію струму та напруги у колах лінії ДПР. Необхідно звернути увагу на те що відомі способи не завжди у повній мірі здатні вирішити проблему, найбільш радикальні із них є матеріаломісткими та потребують значних витрат.

Таким чином є актуальною задача аналіз та удосконалення існуючих методів підвищення якості у лініях поздовжнього електропостачання залізниць змінного струму. Проведення детального аналізу умов роботи ліній ДПР; визначення показників якості електричної енергії з наступною їх оцінкою за встановленими у державному стандарті нормам, дослідження можливості застосування пристроїв фазування ліній живлення нетягових споживачів з одночасним підвищенням основних параметрів якості електричної енергії.

Вибір оптимальної структури підсилюючих пунктів для системи тягового електропостачання постійного струму при швидкісному русі

Зюзь Г.О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Пристрої тягового електропостачання не повинні обмежувати максимальні швидкості руху нижче прийнятого експлуатаційними умовами рівня і забезпечувати надійність та безперебійність живлення, стійкість до непередбачуваних впливів і високу енергоефективність. Крім цього, вони повинні бути електромагнітносумісними з навколишнім середовищем на всіх рівнях передачі, перетворення і споживання електричної енергії. Одним з основних показників якості електричної енергії, що передається, є рівень напруги на струмоприймачах електровозів, який, однак, залежить не тільки від зміни тягового навантаження, але і від зміни навантаження районних споживачів і живлячої енергосистеми. Характер факторів, які впливають на напругу, є нелінійним і нестационарним. При цьому рівень напруги, як показник якості, повинен розглядатися як деякий параметр, що оптимізує передачу і споживання електроенергії для електрорухомого складу.

Значно підсилити тягове електропостачання можна не лише за рахунок впровадження новітніх технологій і сучасного устаткування, а й при застосуванні систем розподіленого живлення, тобто, перехід до нової схемотехніки мережі електротяги. Актуальним варіантом підсилення системи 3,0 кВ є установка підсилюючих пунктів на міжпідстанційній зоні, які будуть працювати за принципом децентралізованої системи.

В залежності від ступеня нерівномірності розподілу споживання потужності вздовж міжпідстанційної зони та вимог по забезпеченню заданого рівня напруги на струмоприймачі ЕРС потужність ПП пропонується обирати в діапазоні 0,5...1,5 МВт.

Структурно підсилюючий пункт представляє собою DC/DC перетворювач та накопичувач електричної енергії. Але, беручи до уваги що потенціал рекуперації на магістральних ділянках залізниць не дозволяє накопичити необхідний рівень енергії, постає необхідність в допоміжних джерелах генерування енергії.

При побудові такої системи необхідно визначити оптимальну структуру підсилюючого пункту. Розвиток силової електроніки дає змогу побудувати високоефективні перетворювачі, але їх поєднання значно знижує коефіцієнт корисної дії самої системи. Удо-

сконалення підсилюючого пункту полягає в підборі оптимальних варіантів схеми це буде визначатись на основі техніко-економічних розрахунків.

У загальному випадку впровадження підсилюючих пунктів передбачає зменшення коливання напруги відносно заданого рівня. При цьому, підсилюючі пункти, що розташовуються в місцях найбільшої просадки напруги, дозволяють зменшити втрати напруги та потужності в тяговій мережі, що в свою чергу покращує якість електричної енергії та підвищує енергоефективність СТЕ. При застосуванні накопичувачів енергії можливо частково або повністю усунути нерівномірності енергоспоживання, приймати та накопичувати надлишкову енергію рекуперації, підтримувати на певному рівні потужність тягової підстанції під час експлуатації. Окрім цього використання накопичувачів дозволяє зменшити поглинання енергії з зовнішньої енергосистеми, що дозволяє встановлювати меншу потужність тягової підстанції.

Інтеграція фотоелектричних джерел енергії з накопичувачами в мережі електрифікованого залізничного транспорту

Косарєв Є. М., Чумаченко А. С., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Одним з можливих інноваційних енергозберігаючих напрямків розвитку енергетичної стратегії на залізницях України є впровадження технології «Vehicle-to-Grid» (V2G) [1]. Дана технологія дозволяє підвищити ефективність електропостачання та знизити енергоємність залізничної галузі за рахунок застосування накопичувачів, призначених для запасання енергії рекуперації та компенсації піків струму і втрат напруги при подальшому поверненні її в контактну мережу. Технологія V2G не є новою і експлуатується з 1988 р., але поява нікель метал-гідридних (Ni-MH) акумуляторів та двошарових конденсаторів створили основу для побудови вискоелективних батарейних підстанцій (ABS – auxiliary battery substation), які широко використовуються для підвищення ефективності електрифікованого рейкового транспорту США та країн ЄС і Азії.

У загальному випадку, накопичувач ABS може бути побудованим для запасання як електричної енергії (хімічні акумулятори, суперконденсатори) так і механічної (маховик). Але результати аналізу застосування накопичувачів на лінії метро [2] показують, що для підвищення ефективності роботи ABS різні типи накопичувачів енергії доцільно поєднувати в єдину систему акумулювання (гібридну систему). Серед гібридних систем акумулювання електроенергії найбільшого розповсюдження отримала система побудована на основі хімічного акумулятора та суперконденсатора. Таке поєднання накопичувачів є найбільш прийнятним для електрифікованих транспортних систем, враховуючи специфіку їх роботи. Справа у тому, що батареї мають низьку щільність вихідної потужності і можуть зберігати велику кількість енергії (100 Втгод/кг), але не можуть забезпечити видачу великої кількості енергії за короткий термін, а суперконденсатори мають низький потенціал для зберігання (1 Втгод/кг), але можуть забезпечити великі сплески потужності протягом короткого проміжку часу.

Слід зазначити, що дослідницька діяльність в області накопичувачів для електрифікованого залізничного транспорту спрямована в основному на лінії метро та легкорейкові транспортні мережі, що обумовлено значним потенціалом рекуперації цих систем (до 50 %). В свою чергу, застосування технології «Vehicle-to-Grid» на електрифікованих магістральних залізницях України не дасть належного ефекту через низький потенціал рекуперації. Тому для підвищення ефективності електропостачання та потенціалу енергозбереження на магістральних залізницях наряду з ABS слід встановлювати додаткові генеруючі джерела. Такими джерелами можуть служити фотоелектричні панелі, зосереджені в

полосі відчуження залізниці, при цьому, електроенергію, що генерується геліостанцією, можна безпосередньо використовувати для тяги електрорухомого складу або акумулювати на ABS. В результаті, використання систем накопичення в тяговому електропостачанні дозволить частково або повністю усунути нерівномірності енергоспоживання, приймати надлишкову енергію рекуперації, підтримувати на певному рівні потужність тягових підстанцій під час експлуатації та зменшити втрати енергії в зовнішній системі електропостачання. Окрім цього, накопичення і зберігання електроенергії для повторного використання приведе до зменшення первинного енергоспоживання від зовнішньої системи електропостачання, що може привести до зниження встановленої потужності агрегатів тягових підстанцій.

Дослідження потенціалу енергозбереження за рахунок оптимізації графіку руху поїздів

Кузнецов В.Г., Кравцов А.В., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Сучасний залізничний транспорт – це високотехнологічний механізм із значним споживанням енергоресурсів для забезпечення своєї господарської діяльності. Щорічно залізницями України споживається значна кількість дизпалива, електроенергії, газу, вугілля, мазуту та інших видів ПЕР. В умовному обчисленні це складає 3 250...3 350 тис. туп. Близько 60 % з усіх видів енергоресурсів припадає на електроенергію. У минулому році її спожито Укрзалізницею та підпорядкованими їй підприємствами на власні потреби 6,03 млрд кВт·год, що складає 4,4 % від загального відпуску електроенергії в мережі споживачів України. Щорічна переробка електроенергії залізничними електромережами з урахуванням її транспортування для потреб обласних енергопостачальних компаній та постачання стороннім споживачам складає більше 10 млрд кВт·год або 7,4 % від спожитої по Україні. Із всієї спожитої електроенергії 80...84 % використовується на електротягу поїздів, 15...19 % на експлуатаційно-виробничі потреби та близько 1 % на комунально-побутові потреби залізниць.

Вибір оптимальних режимів руху поїздів є однією з основних задач залізничного транспорту. Задача оптимального руху поїздів, в першу чергу, визначається повнотою обліку сукупності факторів, які характеризують дільницю, моделлю поїздів, різноманітними факторами і умовами процесу руху поїздів по змінному профілю колії, а також силами, які при цьому виникають і т.д. На основі даних про залізничну дільницю (поїзд, локомотив, час руху, обмеження швидкості, тарифи, які застосовуються на електроенергію та ін.) розраховується оптимальний за вартістю режим ведення поїзда у виді карти дільничних швидкостей або перегінних часів ходу. Отримані результати можуть бути основою методики оцінювання економічної ефективності застосування змінних тарифів і вартісної організації процесу перевезень на електрифікованій дільниці та умов ОПЕ, а також створення такої технології.

У тязі поїздів одним з найважливіших факторів спостереження є додержання графіка руху поїздів (ГРП) та мінімізація кількості зупинок вантажних поїздів. Витрати енергії при кожному циклі «зупинка – розгін» вантажного поїзда становлять 1,5-2,0% від повної витрати на поїздку.

В організації пропуску поїздів у випадку пропуску щільним пакетом, що в цілому є прогресивним способом, виникають додаткові втрати електроенергії. Так на ділянках змінного струму при інтервалі попутного прямування 10 хвилин технологічні втрати збільшуються з 2-4 до 7-9 %.

На основі приведених витрат електроенергії треба оптимізувати втрати за рахунок оптимізації графіку руху поїздів.

Аналіз можливостей залучення фінансів під енергоощадні проекти з Програми транскордонного співробітництва Польща-Білорусь-Україна 2014-2020

Кузнецов В.Г., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

В докладі аналізуються можливості дофінансування енергоощадних проектів з транскордонної програми.

Державною стратегією регіонального розвитку на період до 2020 року, затвердженою постановою Кабінету Міністрів України від 6 серпня 2014 р. № 385 (Офіційний вісник України, 2014 р., № 70, ст. 1966), розвиток транскордонного співробітництва визначено одним із пріоритетних завдань реалізації державної регіональної політики. Розвиток транскордонного співробітництва є пріоритетом реалізації політики сусідства ЄС. На сьогодні транскордонне співробітництво здійснюється як на міждержавному рівні, так і на рівні територіальних громад, їх представницьких органів, місцевих органів виконавчої влади. Таке співробітництво сприяє соціальній та економічній конвергенції прикордонних регіонів та створенню нових можливостей для їх розвитку, в тому числі розвитку економічних, соціальних, науково-технічних, екологічних, культурних та інших відносин, обміну досвідом. Україна має кордон із сімома державами, 19 із 27 адміністративно-територіальних одиниць є прикордонними. На території таких прикордонних областей, як Вінницька, Волинська, Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Луганська, Одеська, Сумська, Харківська, Чернівецька, Чернігівська, Донецька, створено дев'ять єврорегіонів - Буг, Верхній Прут, Дністер, Дніпро, Карпатський, Нижній Дунай, Слобожанщина, Донбас та Ярославна, п'ять єврорегіонів створено з державами - членами ЄС (Польща, Словаччина, Румунія, Угорщина). У рамках єврорегіонів транскордонне співробітництво здійснюється з 1993 року.

Програма транскордонного співробітництва Польща-Білорусь-Україна 2014-2020 (Програма) діє у рамках Європейського Інструменту Сусідства (ЄІС). Вона продовжує і розширює співпрацю в прикордонних регіонах трьох країн, яка попередньо здійснювалась в рамках Програми Добросусідства Польща-Білорусь-Україна INTERREG IIIA/Tacis CBC 2004-2006 (Програма Добросусідства) та Програми транскордонного співробітництва ЄІСП Польща-Білорусь-Україна 2007-2013. Загальна мета Програми полягає у підтримці транскордонних процесів розвитку в прикордонних регіонах Польщі, Білорусі та України відповідно до цілей ЄІС, закладених в Регламенті ЄІС. Як і обидві попередні програми, Програма спрямована на польські, українські та білоруські прикордонні регіони та всі некомерційні установи з цих регіонів.

Програмна територія характеризується недостатнім рівнем сполучень і розвитку комунікаційних мереж та систем, що є перешкодою у розвитку транскордонних контактів і здійсненні транзитних перевезень і, в результаті, негативно впливає на інвестиційну привабливість регіону. Деякі заходи були вжиті для виправлення цих недоліків у рамках попередньої Програми ЄІСП Польща-Білорусь-Україна 2007-2013, однак потреби в даній сфері все ще залишаються суттєвими.

Програма транскордонного співробітництва Польща-Білорусь-Україна 2014-2020 має 4 тематичні цілі – спадщина, доступність, безпека та кордони, кожна з цілей має по 2 пріоритети. За своєю направленістю енергоощадні проекти підходять під тематичну ціль доступність – «Покращення доступності регіонів, розвиток надійного та стійкого до кліматичних впливів транспорту, комунікаційних мереж і систем» під пріоритетом «Покра-

щення і розвиток транспортних послуг та інфраструктури». Слід мати на увазі, що під час написання проектів під програму транскордонного співробітництва необхідно передбачити не менше 10% власного внеску на реалізацію проекту. Згадані кошти можна заздалегідь передбачити в районних, міських або обласних бюджетах.

Дослідження ефективності застосування фотоелектричних джерел електроенергії в системах тягового електропостачання. Синтез оптимальної структури силових перетворювачів

Лавренюк О.С., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Сонячні ферми виробляють достатню кількість електричної енергії для передачі її на відстань і споживання. Сонячна батарея і панелі генерують постійну напругу і для її передачі і споживання потрібно перетворити в змінну напругу. Сонячні ферми з'єднуються в єдину систему напруга якої складає до 1000 В. Для її передачі до тягового і нетягового споживання потрібно перетворити її в змінну 3-х фазну напругу для передачі на великі відстані. Для реалізації передачі електроенергії необхідно збирати її на шинах постійного струму до яких підключати перетворювачі DC і AC. Це дає можливість перетворити постійну напругу величиною до 1000 В у змінну.

Дана схема перетворює на номінальну змінну напругу 10 кВ за допомогою цього ми можемо забезпечити живлення споживачів на відстані. Перетворення виконуються за допомогою підвищуючих трансформаторів до 110 кВ і передається в мережу при перетворенні через перетворювачі DC/AC, ККД яких складає 80-95%, тому і мають місце втрати електроенергії.

При генерації електроенергії сонячними панелями потрібно отримати максимальну потужність для цього потрібно відстежити точку максимальної потужності (ВТМП)- спосіб, який використовується для отримання максимальної потужності на виході фотомодулів. Для ВТМП використовуються цифрові пристрої, що аналізують вольт-амперну характеристику для визначення оптимального режиму роботи фотомодулю. Даний пристрій при встановленні в саму роботу фотомодулю починає відстежувати максимальну точку потужності – вимірює вихідні характеристики фотоелемента і застосовує відповідний опір (навантаження) для отримання максимальної потужності в будь-яких умовах навколишнього середовища. Подібні пристрої зазвичай інтегруються в перетворювач електричної енергії, який забезпечує перетворення струму або напруги, фільтрацію і управління різними навантаженнями, у тому числі електричними мережами, акумуляторними батареями або двигунами.

Фотомодулі мають складний взаємозв'язок між умовами навколишнього середовища і максимальної виробленої потужністю. Коефіцієнт заповнення (КЗап) – це параметр, що визначає нелінійність електричної поведінки фотоелемента. Коефіцієнт заповнення визначається як відношення максимальної потужності фотомодуля до добутку напруги холостого ходу і струму короткого замикання.

Для будь-яких заданих умов експлуатації фотоелементи мають одну робочу точку в якій миттєві значення струму (I) і напруги (U) фотоелемента визначають миттєву потужність в робочій точці. При застосуванні пристосуванні ВТМП для сонячних ферм які встановлюються на треках можна досягнути максимальної потужності сонячних фотомодулів.

**Оптимізація параметрів розподіленої системи комбінованого типу
на високошвидкісних магістралях**

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

Оптимізація параметрів розподіленої системи комбінованого типу для використання на високошвидкісних магістралях являє собою важливу складову в забезпеченні необхідного рівня напруги у контактній мережі та мінімізації втрат потужності в системі тягового електропостачання. Основною метою оптимізації є визначення найбільш доцільного розташування тягових підстанцій та за необхідності підсилюючих пунктів на міжпідстанційній зоні для проектування ВШМ. Вирішення питання оптимізації надає змогу мінімізувати втрати напруги та енергії для більш повного використання можливостей енергетичного комплексу; його економічного потенціалу.

Оптимізації є трудомісткою задачею через те, що при вирішенні інженерних задач необхідно:

- 1) встановити границі оптимізованої системи.
- 2) побудувати математичну модель системи.
- 3) скласти цільову функцію.
- 4) визначити критерії оптимальності.
- 5) побудувати оптимізаційний алгоритм та вирішити задачу на знаходження екстремуму.

А система тягового електропостачання, в свою чергу є доволі складною, і її стан залежить від великої кількості факторів: розташування тягових підстанцій, схеми живлення контактної мережі, потужність ТП та ПП, внутрішній опір обладнання підстанції, вплив системи зовнішнього електропостачання, параметри тягової мережі, характер навантаження в парному та непарному напрямках руху, розміри руху і т.д. Через це математична модель підбору оптимальних параметрів є складною багатокритеріальною задачею. Дані ускладнюються у зв'язку з урахуванням впливу сусідніх фідерних зон та раціональним розподілом потужності тягових підстанцій і підсилюючих пунктів, що паралельно працюють для забезпечення мінімуму втрат електричної енергії в тяговій мережі.

Математична модель для розрахунку розподіленої системи тягового електропостачання комбінованого типу виконана на ЕОМ з використанням прикладних програмних засобів (MathCad).

В наслідок використання представлених методів розроблено математичну модель системи тягового електропостачання, отримано алгоритм, що надає змогу отримати вирішення за допомогою векторної оптимізації. З варіаційними параметрами: напруга холостого ходу тягових підстанцій та їх потужність. Через те, що втрати потужності в тяговій мережі не нормуються, оптимальні значення варіаційних параметрів приймаємо за техніко-економічним розрахунком.

При вирішенні питання оптимізації параметрів СТЕ також важливим є підбір оптимального методу оптимізації. Який вирішував поставлену задачу з достатньою точністю та при цілому дозволив би використовувати мінімальну кількість розрахункових операцій.

Отримана в наслідок представлених в роботі методів математична модель дозволяє автоматизувати процес розрахунку та визначення параметрів СТЕ. Що в свою чергу призводить до покращення економічних показників системи. Спрощує розрахунки СТЕ, дозволяє отримати числові характеристики для проектування нових ділянок електрифікованих залізниць, оптимізувати роботу існуючих ділянок, автоматизувати аналіз ефективності при впровадженні нових пристроїв та дослідження режимів роботи при виник-

ненні ненормальних режимів експлуатації, як для звичайних залізниць так і для високошвидкісних з уточненням обмежень параметрів устаткування та нормативної документації.

Діагностування стану ізоляції обмоток силових трансформаторів

Макар В.В., Ляшук В.М., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Системи тягового електропостачання (СТЕ) утворюють значну кількість пристроїв, тривала експлуатація яких без належного діагностування технічного стану може привести до виходу їх з ладу і значного економічного збитку. Для реалізації ефективного діагностування пристроїв тягового електропостачання необхідні методики контролю і сучасні технічні засоби.

При оцінці стану трансформаторів, перш за все з тривалим терміном служби, а також викликають «занепокоєння», в зв'язку з негативною динамікою зміни діагностичних параметрів доцільно проводити комплексні діагностичні обстеження, залучаючи для цього спеціалізовані організації.

В даний час існує обладнання, що дозволяє визначати міжвиткове коротке замикання в обмотках силових трансформаторів. Але діагностування стану ізоляції викликає певні труднощі.

Пропонується ще один варіант проведення тестування, заснований на вимірюванні діелектричних втрат в ізоляції обмоток трансформатора шляхом подачі напруги відносно високої(звукової) частоти. На виміри в великій мірі впливає вологість ізоляції, тому необхідно перед проведенням тестування виміряти її відомими методами.

Попередньо проводиться загальна оцінка стану ізоляції обмотки за методикою вимірювання рівня зворотної напруги. Вимірюється опір ізоляції (при опорі менше 40 МОм подальші вимірювання не проводяться). Аналіз стану ізоляції проводиться за кутом нахилу дотичній до початку кривої зміни рівня зворотної напруги та її величиною.

Подальше діагностування проводиться шляхом подачі змінної напруги високої (звуковий) частоти. Величина напруги на порядок менше рівня робочої.

Щоб рівень випробувальної напруги не впливав на вимірювання, використовується мостова схема вимірювання. Застосовується ємнісний датчик рівня напруги, який переміщується по вздовж обмотки в безпосередній близькості від витків. Для локалізації місця, де ізоляція має суттєві відмінності, подача вимірювальної напруги на об'єкт, що діагностується, проводиться за певним алгоритмом.

Таким чином проводиться неруйнівний контроль стану ізоляції, що запобігає виникненню короткого замикання при експлуатації обладнання і визначення місця розташування короткого замикання, якщо таке є.

Дослідження ефективності роботи автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії побутових споживачів ПАТ ДТЕК Дніпрообленерго

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

Сьогоднішня економічна ситуація та зростання цін на енергоресурси є значним стимулюючим фактором для переведення на автоматизований облік побутових споживачів. Використання автоматизованих систем управління дозволяє здійснювати точний і швидкий контроль за споживанням енергоресурсів, підвищуючи достовірність обліку, оптимізуючи витрати на енергоресурси.

При наявності сучасної автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) підприємство повністю контролює весь свій процес енергоспоживання і має можливість за погодженням з постачальниками енергоресурсів переходити до різних тарифних систем, мінімізуючи свої енерговитрати.

Для споживачів організація автоматизованого обліку дозволяє оптимізувати споживання енергоресурсів за рахунок своєчасного виявлення каналів витоку, перерозподілу потужності, перенесення виконання найбільш енерговитратних операцій на час, коли діє вигідний диференційний тариф, тим самим згладжувати навантаження в енергосистемі. У результаті впровадження АСКОВЕ знижуються витрати на придбання енергоносіїв, зростає ефективність роботи підприємства в цілому.

Крім існуючих в енергетиці України проблем, пов'язаних з подорожчанням енергоресурсів, а також з великими наднормативними втратами електроенергії, існувала ще одна важлива проблема, а саме - нерівномірність добових графіків навантаження по регіонах. Виникла необхідність у вживанні заходів, що сприяють вирівнюванню цих графіків. Вирішення цих проблем є актуальними в нашій країні і в усьому світі, перспективною є реалізація системи, яка дозволила б об'єднати локальні вузли обліку для створення єдиного вимірювально-інформаційного простору для автоматичного контролю над технологічними процесами генерації, транспортування та споживання енергоресурсів, а також організації комерційних розрахунків між постачальниками і споживачами енергоресурсів.

Застосування автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії дозволяє звести до мінімуму участь людини на етапі вимірювання, збору і обробки даних і забезпечує достовірний, оперативний і гнучкий, адаптований до різних тарифних систем облік енергії.

ДТЕК Дніпрообленерго впроваджує АСКОВЕ з 2010 року. Це вигідно, перш за все, клієнтам компанії – побутовим споживачам. «Розумний» лічильник сам враховує споживання електроенергії за двома зонами - нічний, з 23:00 до 7:00, коли електроенергія коштує на 30% дешевше, і за денною - в решту часу зі звичайними тарифами.

АСКОЕ, безумовно, вигідна і енергокомпанії. Вона дозволяє в режимі он-лайн передавати від кожного лічильника свідчення по споживанню електроенергії в загальну систему обліку ДТЕК Дніпрообленерго. АСКОВЕ забезпечує прозорий цілодобовий доступ до даних по споживанню електроенергії.

Мета роботи полягає в розгляді принципу роботи сучасних автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії на базі багатофункціональних високоточних мікропроцесорних електролічильників, аналіз роботи діючих систем обліку і перспективи створення нових АСКОВЕ.

Висновки. Впровадження АСКОВЕ має на меті спрощення процедури розрахунку між абонентом та енергозбутовою компанією, зменшення дебіторської заборгованості за спожиту електроенергію побутовими споживачами, зниження величини комерційних і технічних витрат за рахунок підвищення точності, достовірності вимірів й оперативності надходження вимірювальної інформації від первинних приладів.

Інновації в розвитку електроенергетичної інфраструктури електрифікованого залізничного транспорту України

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

На сьогодні значна частина електроенергетичної інфраструктури залізничного транспорту України вже вичерпала ресурс і вимагає заміни або поетапної реконструкції і оновлення. Крім того, необхідно підвищувати ефективність використання наявного устаткування,

скорочувати експлуатаційні витрати і переходити на ресурсо і енергозбережні технології. Рішенню цих проблем сприяє впровадження новітніх розробок в області енергозабезпечення тяги потягів.

Розвиток вантажного, швидкісного і високошвидкісного руху і зростання його інтенсивності, застосування електрорухомого складу нового покоління потребує заміни застарілого устаткування і елементів низької експлуатаційної надійності на високотехнологічні облаштування підвищеної надійності і збільшеного ресурсу.

Підвищення надійності силового електрообладнання забезпечується в результаті застосування сучасних компонентів в системах енергозабезпечення інфраструктури, а також цифрових інтелектуальних систем управління. Системи діагностування устаткування, що забезпечують можливість його обслуговування за фактичним технічним станом, з використанням мінімальної кількості ремонтного персоналу, теж сприяють підвищенню його надійності та ефективності. Розширення практики побудови систем інфраструктури з функціонально закінчених блоків дозволить якнайповніше використати переваги сучасних компонентів і дає можливість вести поточний моніторинг як окремих функціональних блоків, так і системи в цілому.

Сучасні компоненти використовуються на усіх рівнях розподілу електричної енергії об'єктів інфраструктури залізниць. Захисні вимикачі і комутуюча апаратура лінійних облаштувань електропостачання багато в чому визначають надійність електропостачання і забезпечують безперебійність роботи електропостачання при виникненні нештатних ситуацій, а також розробка сучасних систем управління і вбудованої діагностики функціонально завершених вузлів і модулів служить поштовхом до розвитку автоматизованих систем управління (АСУ) об'єктами електропостачання. Обов'язковою опцією АСУ тягової підстанції стає функція діагностики устаткування завдяки чому можливий перехід від обслуговування за регламентом до обслуговування по фактичному технічному стану. Відповідне програмне забезпечення встановлюється на устаткуванні тягової підстанції. Дані по діагностиці устаткування можуть передаватися на диспетчерські пункти по швидкісних каналах системи передачі даних загальнотехнічного призначення. Накопичення інформації, її обробка, представлення даних користувачам здійснюються за допомогою серверів, що встановлюються на енергоколах.

Необхідно відмітити, що система діагностики може будуватися також і на інтелектуальних терміналах фідерів приєднань, які реалізують функції захисту, управління і автоматики приєднань на тих же апаратних засобах, що і АСУ тягових підстанцій. Додаткові опції по діагностиці вирішуються на програмному рівні. Це дозволить понизити загальні витрати на устаткування тягових підстанцій, а також поліпшити показники надійності в цілому.

Основними цілями створення системи діагностування устаткування залишаються:

- підвищення ефективності роботи системи тягового електропостачання;
- експлуатація тягових підстанцій без постійного чергового персоналу;
- технічне обслуговування найбільш значимого електротехнічного устаткування тягових підстанцій по його фактичному технічному стану.

Також, широке застосування сучасних електронних систем постійно необхідно адаптувати під потреби розвитку інфраструктури електрифікованого залізничного транспорту. Нині в серійне виробництво впроваджуються пристрої, що забезпечують зниження електромагнітного впливу контактної мережі на лінії подовжнього електропостачання, облаштування автоматичного обігріву стрілочних перекладів, тощо. Вони підвищують надійність роботи систем, що впливають на безпеку руху.

Розробка методології удосконалення режиму напруги в тяговій мережі при підвищенні швидкості руху

Мельничук П.Ю., Ляшук В.М., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Аналізуючи різні методи стабілізації напруги в тяговій мережі, їх недоліки і переваги, для зменшення втрат електроенергії та спрощення пристроїв стабілізації напруги в тяговій мережі постійного струму пропонується система електропостачання, коли на підстанції встановлюються чотири тягових агрегати, обмеженої потужності, замість стандартної компоновки проміжної тягової підстанції з двох агрегатів.

Незалежне регулювання і стабілізація напруги по фідерам міжпідстанційної зони дозволить зменшити втрати від зрівняльних струмів. До мінімуму зменшити провали напруги при проходженні швидкісних поїздів.

На тяговій підстанції не встановлюються швидкодіючі вимикачі, так як тяговий агрегат з випрямлячем, зібраним на IGBT транзисторах, виконує функції напівпровідникового швидкодіючого вимикача. Також функції ПСК повинен виконувати транзисторний комутуючий агрегат.

Для зменшення вартості перетворювачів тягових агрегатів можливе послідовне включення не стабілізованого випрямляча з напругою 3,3 кВ і стабілізованого вольтододавального агрегату з напругою 0,5 кВ (можливе використання *тягових агрегатів міського електротранспорту*).

Базовими елементами при розробці системи були обрані сучасні IGBT - транзистори, або модулі, характеристики якого дозволяють працювати з досить великими струмами і напругами.

Потужнострумові модулі з електричною ізоляцією, як правило, містять ключі, з'єднані за полумостовою ключовою схемою або з одноключовою конфігурацією. У цих модулях діапазон номінальних струмів коливається в межах від 25 до 5000 ампер, а робоча напруга доходить до 4.0 кВ.

Привабливими рисами потужнострумових модулів є: наявність електричної ізоляції, простота монтажу з охолоджувачем і легкість зв'язку з іншими модулями для підвищення навантаження кола. Вони також дозволяють уникнути використання паралельного з'єднання ключів для струмів, що перевищують сотні ампер. Необхідна кількість силових напівпровідникових компонентів, з вбудованими зворотними швидкодіючими діодами зменшується на 50 % порівняно з користуванням IGBT і діодів у вигляді окремих елементів.

Установка чотирьох випрямлячів зі стабілізацією напруги, замість стандартної компоновки проміжної тягової підстанції з двома тяговими агрегатами, дає можливість стабілізувати напругу на потрібному рівні в певній фідерній зоні, зменшити втрати від зрівняльних струмів, виключити установку швидкодіючих вимикачів.

Таким чином, при оптимальному алгоритмі управління рівнем напруги можливо організувати процес перевезення вантажів і пасажирів з мінімальними втратами електроенергії.

Розробка математичної моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану електрообладнання

Міронов Д. В., Коваленко І. В., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Для ефективної роботи структурних підрозділів дистанцій електропостачання необхідно забезпечувати безперебійне функціонування електрообладнання. Експлуатація

устаткування тягових підстанцій нерозривно пов'язана зі скороченням його ресурсу. Головним чином цей процес спричинений зношуванням та виходом з ладу окремих деталей та вузлів, що призводить до зниження надійності та ефективності функціонування обладнання, а продовження його експлуатації стає неможливим або неефективним. Технічне обслуговування електрообладнання уповільнює процес скорочення ресурсу, скорочує число відмов у роботі та пов'язані з цим матеріально-фінансові втрати для дистанції електропостачання. Забезпечення контролю, експертизи, нормування та моніторингу технічного стану ЕО, використання інноваційних технологій діагностування є основою стратегії підвищення експлуатаційної надійності будь-якого технічного об'єкту. Новим напрямком у розвитку системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) є розробка підходів, заснованих на індивідуальному спостереженні та прогнозуванні реальних змін технічного стану обладнання в процесі експлуатації. Для цього необхідно розробляти засоби отримання діагностичної інформації, а також математичні методи і моделі, що дозволяють врахувати основні фактори, що впливають на технічний стан ЕО. Одним із шляхів розв'язання задачі математичного моделювання є використання методів теорії планування експерименту.

Для отримання математичної моделі узагальненого діагностичного показника в даній роботі проведено повний факторний експеримент на прикладі швидкодіючого вимикача постійного струму ВАБ-43. В якості функції відгуку використано узагальнений діагностичний показник $D(t)$. Враховуючи критерії оптимальності і кількість факторів вибрано ортогональний центрально-композиційний план другого порядку. В результаті проведення повного факторного експерименту отримано рівняння регресії, яке дозволяє оцінити вплив діагностичних показників на зміну технічного стану вимикача:

$$D = 0.556036886 + 0.02709781 \cdot x_1 + 0.02913 \cdot x_2 - 0.02015008 \cdot x_3 + 0.025485 \cdot x_4 + 0.026203 \cdot x_5 + 0.034245 \cdot x_1^2 - 0.03553 \cdot x_3^2 + 0.037449 \cdot x_5^2.$$

Здійсненою перевіркою на адекватність встановлено, що отримана регресійна модель адекватна ($F_{\text{факт}} = 1,535 < F_{\text{табл}} = 1,6$). Для отримання поліноміальної моделі узагальненого діагностичного показника для швидкодіючого вимикача постійного струму, придатної для застосування у задачах прогнозування, здійснено перехід від кодованих значень змінних до натуральних. В результаті отримано наступний вираз:

$$D_{\text{шв}} = 0.347074 - 0.20529 \cdot x_1 + 0.269718 \cdot x_2 + 0.31173 \cdot x_3 + 0.174552 \cdot x_4 - 0.77776 \cdot x_5 + 0.490774 \cdot x_1^2 - 0.38433 \cdot x_3^2 + 1.135307 \cdot x_5^2.$$

Застосувавши методику проведення повного факторного експерименту отримано поліноміальні моделі узагальненого діагностичного показника і для інших типів силового обладнання тягових підстанцій, а саме: масляні, вакуумні та елегазові вимикачі; силові трансформатори; вимірювальні трансформатори струму та напруги.

Отримані поліноміальні моделі узагальненого діагностичного показника $D(t)$ можуть бути використані для оцінки та прогнозування технічного стану основного силового обладнання тягових підстанцій постійного струму в залежності від зміни діагностичних показників. Використання даних моделей для розрахунку фактичного технічного стану ЕО та прогнозування його зміни при автоматизації технічного обслуговування та діагностування на тягових підстанціях дозволить значно підвищити швидкодію та достовірність процесу моніторингу працездатності обладнання. Значення узагальненого діагностичного показника, отримані з використанням побудованих математичних моделей, можна застосовувати при розробці оптимальної стратегії ТО і Р, базуючись на фактичному технічному стані ЕО. Це дозволить оптимізувати матеріальні та фінансові витрати на проведення ремонтно-профілактичних робіт силового обладнання тягових підстанцій.

Відповідність інфраструктури залізниць України для швидкісного руху

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

Забезпечення надійної та економічної передачі електроенергії електрорухомому складу є однією з головних проблем розвитку швидкісного залізничного транспорту України. Пріоритетним напрямком вдосконалення пристроїв струмознімання являється збільшення їх терміну експлуатації, оскільки, в умовах швидкісного руху, надійність системи «контактний провід – струмознімальний елемент» напряму залежить від стану взаємодіючих поверхонь.

Вважається, що зношування струмознімальних вставок та контактного проводу складається з механічної та електричної складової. Інтенсивність зношування контактної мережі, окрім електромеханічних умов, визначається властивостями і складом струмознімальних елементів, динамічними параметрами контактної мережі і струмоприймачів, властивостями самих контактних проводів. Надійність системи «контактний провід – струмознімальний елемент» напряму залежить від стану взаємодіючих поверхонь. Складний та неоднозначний характер взаємодії механічних та електричних процесів в ковзному контакті носить випадковий характер.

Головним завданням контактної мережі являється надійна передача електричної потужності від стаціонарних пристроїв тягового електропостачання до електрорухомого складу. Процес струмознімання повинен проходити при наявності постійного механічного та електричного контакту, тобто безупинно і з високою надійністю, водночас зношування контактної мережі повинне бути якомога меншим при обґрунтовано високій його довговічності та достатній довговічності струмознімальних елементів.

Якість контакту між контактним проводом і полозом струмоприймача має велике значення для оцінки процесу струмознімання. Поганий механічний контакт може призводити до утворення електричної дуги, при цьому відбуваються підпали контактної мережі, знепружнюється його матеріал, що призводить до інтенсивного зношування контактної мережі в місцях з невідповідною еластичністю (точки фіксації) та можливість появи аварійних ситуацій.

Відомо, що існуюча інфраструктура контактної мережі залізниць України дозволяє забезпечити надійне та безперебійне струмознімання при швидкості руху електрорухомого складу до 160 км/год. Але при введенні швидкісного руху необхідно приймати заходи з модернізації контактної мережі та будувати нові ділянки (заміна контактної підвіски КС-160 на КС-200 та КС-250).

Для впровадження швидкісного руху на залізницях України контактна мережа повинна відповідати умовам:

- еластичність контактної мережі по довжині прогону повинна бути рівномірною;
- мінімізована кількість жорстких точок та зосереджених мас;
- стабілізований натиск струмоприймача;
- збільшення перерізу та натягу проводів;
- повинні використовуватись струмознімальні елементи з підвищеною навантажувальною здатністю.

Незабезпечення цих умов призведе до появи частих пошкоджень вузлів контактної мережі та струмоприймачів, що спричинить появу аварійних ситуацій і, відповідно, затримку поїздів та збільшення вартості перевізного процесу.

Повышение качества токосяема при высокоскоростном движении за счет применения распределенной компенсации

Павличенко М. Е., ООО «ДДК», Екатеринбург, Россия

Увеличение скоростей движения электроподвижного состава выдвигает новые требования к конструкции контактной сети и токоприемников. Одним из существенных ограничений конструкции контактной сети является ограниченность длины анкерного участка. Допускаемая длина 1600 м определяется максимальным отклонением натяжения от номинального в 15% для контактного провода при двухсторонней компенсации. Существует мнение, что для высокоскоростного движения это отклонение не должно превышать 5%. Но в этом случае длина анкерного участка при существующих конструкциях контактной подвески будет очень мала, а сама подвеска получится дорогой и сложной в обслуживании.

Существуют разные способы, позволяющие увеличить длину анкерного участка при соблюдении существующих требований. Например, компенсирующее устройство контактной сети по патенту SU 1414679, где за счет особой конструкции компенсатора натяжение контактного провода меняется в зависимости от температуры окружающей среды. Увеличение максимальной длины анкерного участка в этом случае составляет до 33%. Возможно увеличение длины анкерного участка за счет применения сталемедного контактного провода, при этом, из-за меньшего коэффициента температурного расширения так же возможно увеличение длины анкерного участка. Некоторый эффект может дать увеличение конструктивной высоты контактной подвески, но это решение неприемлемо в местностях с высокой ветровой нагрузкой.

Самым эффективным решением по увеличению максимальной длины анкерного участка можно считать применение пространственно-ромбовидной автокомпенсированной подвески (ПРАКС), где длина анкерного участка может достигать 15 км. Единственный недостаток этой подвески заключается в том, что она совершенно непригодна для высокоскоростного движения.

Главный недостаток всех вертикальных контактных подвесок заключается в том, что компенсация температурных удлинений происходит по краям анкерного участка. Разработана контактная подвеска, в которой реализован другой принцип компенсации, а именно – распределенная компенсация. Изменения длины контактного провода при изменении температуры окружающей среды компенсируются не по краям анкерного участка, а в каждом пролете за счет изменения величины зигзага контактного провода. При больших температурах зигзаг максимален, при низких температурах зигзаг минимален. Долгое время не существовало технического решения, с помощью которого можно было бы реализовать данный принцип компенсации. В настоящее время это решение есть – компенсацию можно проводить с помощью устройства типа ретрактора, то есть спиральной пружины.

Контактная подвеска с распределенной компенсацией обладает целым рядом преимуществ. За счет отсутствия продольных перемещений контактного провода можно значительно снизить конструктивную высоту контактной подвески, что повысит её ветроустойчивость, снизит нагрузку на опоры. Длина анкерного участка такой подвески может не иметь ограничений по длине, в зависимости от климатического района. Параметры такой подвески стабильны по всей длине анкерного участка. Подвеска идеально подходит для высокоскоростного движения.

Аналіз ефективності електроспоживання ПАТ Південного гірничо-збагачувального комбінату

Пилипенко М. І., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Визначення причин нераціонального використання електроенергії та аналіз основних напрямків роботи в питаннях енергозбереження на підприємствах гірничо-збагачувального комбінату (ПГЗК) є актуальною задачею.

Проблема енергозбереження на підприємстві існує з самого початку заснування електричної тяги. Тому на ПГЗК впроваджена програма енергозбереження та застосування організаційно-технічних заходів на економії електроенергії.

Для аналізу ефективності електроспоживання проводиться обстеження підприємств ГЗК, організацій і окремих виробництв з їх ініціативи для визначення можливостей економії енергії яка споживається, впровадження способів допомоги підприємству для здійсненні практичної економії шляхом застосування механізмів енергетичної ефективності.

Для дослідження необхідно проаналізувати можливість і умови підвищення ефективності роботи систем цех мереж і підстанцій на сучасному етапі розвитку підприємств України. Метою роботи є розробка конкретних заходів на підприємстві, які призведуть до значного скорочення витрат енергетичних ресурсів. Для аналізу беруться конкретні системи електропостачання гірничо-збагачувального комбінату.

ПГЗК- підприємство, побудоване для видобутку і збагачення залізистих магнетитових кварцитів з отриманням залізорудного концентрату та доменного агломерату і є найбільше підприємство України по підготовці сировини для металургійної промисловості. До складу комбінату входять: кар'єр, дві збагачувальні фабрики, дві агломераційні фабрики, управління залізничного транспорту з електрифікованим транспортом, що здійснює вивіз гірської маси і відвантаження готової продукції, цех мереж та підстанцій, чотири дробильні фабрики і допоміжні цехи (авто цех, управління по ремонту технологічного устаткування і ін.).

Для вирішення цієї проблеми був проведений аналіз споживання електроенергії підприємства, на основі цього аналізу зроблено пропозиції по зменшенню споживання електроенергії, а саме її економія за рахунок зниження втрат електроенергії в системах електропостачання, а також раціоналізації та вдосконалення технологічного процесу споживання електроенергії. Особливе значення для економії електроенергії мають питання зниження електричного навантаження цеху в години максимуму енергосистеми.

Крім того розглянуті питання по зменшенню споживання теплоенергетичних установок, насосних агрегатів, а також технологічного та допоміжного устаткування.

Ще одним питанням аналізу та економії електроенергії є компенсація реактивної потужності, яка дає можливість отримати значну економію енергетичних ресурсів, енергозбереження в освітлювальних установках.

Аналіз проводився в декілька послідовних кроків. Першим кроком аналізу є визначення розрахункового навантаження системи електропостачання ПГЗК та порівняння з фактичними.

Проблема освітлення набула особливого значення, вона пов'язана з безперервним зростанням масштабів використання електроенергії. На освітлення витрачається до 20% всієї електроенергії, що використовується.

Як бачимо, існує цілий ряд напрямків збереження електроенергії. Оптимальним варіантом є поєднання всіх можливостей роботи з питань енергозбереження на гірничо-збагачувальних підприємствах.

Можливість використання альтернативних джерел електроенергії на власні потреби тягової підстанції «Г»

Полях О.М., Кугаєнко Ю.О. Решетняк Т.П., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

На сучасному етапі розвитку Укрзалізниці при тенденції зниження величини споживання електроенергії, крім того зі складною енергетичною політикою у світі і в Україні все більше уваги приділяється альтернативним джерелам електричної енергії.

У багатьох країнах зараз відбувається вирівнювання вартості енергії традиційних та альтернативних джерел, насамперед у зв'язку з посиленням екологічних вимог та збільшенням вартості енергії традиційних електричних станцій, особливо вугільних, а вартість устаткування для джерел поновлювальної енергетики також безперервно знижується за рахунок технологічного вдосконалення.

З стрімким розвитком відновлювальних джерел електроенергії на території України, збільшенням кількості постачальників, зміною умов надання послуг з електропостачання виникає питання про можливість використання альтернативних джерел електроенергії на власні потреби тягової підстанції «Г» є актуальною темою для вирішення цієї проблеми.

Аналіз можливості впровадження альтернативної енергетики на залізниці має два напрями розвитку. Перший – живлення системи тягового електропостачання від зовнішньої енергетичної системи, в якій, разом з традиційними, функціонують в паралельному режимі і альтернативні джерела електричної енергії. Другий – живлення власних потреб тягової підстанції, об'єктів інфраструктури і нетягових споживачів як напряму так і в паралельному режимі роботи. В даній роботі розглядається другий напрямок розвитку впровадження альтернативних джерел на тяговій підстанції.

Проаналізовано можливість використання альтернативних джерел електроенергії на власні потреби тягової підстанції «Г». Світовий ринок сонячних елементів щорічно збільшується більш ніж на 30%. Сонячна енергія доступна в кожному кутку нашої планети. Вона є екологічно чисте джерело, без негативного впливу на навколишнє середовище. В Україні останніми роками збудовані і введені в експлуатацію більш ніж 20 сонячних електричних станцій (СЕС) загальною потужністю більш ніж 250 МВА. СЕС з технічної точки зору мають переваги: - відсутність необхідності використання будь-якого палива; - відсутні рухомі частини, що зношуються; - відсутність необхідності проводити трудомісткі технічні обслуговування для підтримки системи в працездатному стані; - значна перевага - їх модульність, що дає можливість швидкого монтажу в місцях експлуатації; - відсутність експлуатаційного шуму і джерел шкідливих викидів. Поряд з перевагами існують недоліки СЕС: - це залежність від світлого і темного періоду доби, зима, літо; - погодних умов (хмарно, дощ, зливи); - необхідність в перетворювачі з постійного струму в змінний; - неспожиту електричну енергію необхідно або накопичувати (додаткові втрати на акумулятори), або направляти в енергосистему.

В роботі також розглянуто можливість застосування вітрової енергетики для тягової підстанції на власні потреби, але їх можна використовувати за межами міста. До плюсів ВЕС можна віднести їх екологічність, відсутність у потребах палива, для їх роботи не потрібні вода та кисень, можливість повної автоматизації роботи, відсутність чергового персоналу, короткий строк спорудження та монтажу, а також проста технологія роботи

станції. До недоліків ВЕС відноситься : нестабільність вітру, невисокий вихід електроенергії, висока вартість, небезпека для дикої природи, шум.

При застосування альтернативних джерел енергії на власні потреби тягової підстанції «G» можна зробити наступні висновки. Можливе розташування сонячних джерел електроенергії на дахах і території підстанції. Встановлено закон розподілу споживання електроенергії на власні потреби тягової підстанції. Проаналізовано можливість зменшення споживання електроенергії за рахунок сонячної та вітрової енергії до 20%. Розглянуте економічне питання використання альтернативних джерел електроенергії на власні потреби.

Енергоменеджмент ЕЧ-“Х” та оптимізація споживаної електроенергії при застосуванні нетрадиційних джерел живлення

Полях О.М., Сущенко К.Б., Решетняк Т.П. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

На сьогоднішній день традиційні джерела енергії не задовольняють зростаючі потреби залізниці, тому що тарифи на електроенергію постійно зростають. Українська залізниця залишається однією з найбільш розвинутих серед європейських країн. Постійно створюються програми над впровадження енергозберігаючих технологій. Головною метою є економія енергетичних ресурсів, скорочення необхідних інвестицій у паливно-енергетичний комплекс, а також зниження шкідливої дії енергетичного виробництва на навколишнє середовище. По результатах впровадження заходів програми енергозбереження на залізничному транспорті України наприклад за 2006 – 2010 роки було зекономлено 297 тис. тонн палива, із них 380 млн кВт·год. Електроенергії, 94,2 тис. тонн дизельного палива, 9,7 млн. м³ природного газу, 22,6 тис. тонн вугілля, 3 тис. тонн мазуту та 16,6 тис. Гкал теплової енергії. Енергоменеджмент ЕЧ-“Х” та оптимізація споживаної електроенергії при застосуванні нетрадиційних джерел живлення є актуальною темою на сьогоднішній день.

Система енергоменеджменту являє собою постійну діяльність, що направлена на енергозбереження, яка не закінчується створенням типових проектів. Вона ґрунтується на перевірці виконаної роботи, враховує всі необхідні вимірювання та данні, включає в себе розробку, створення та впровадження енергозберігаючих заходів та «роботу над помилками». Тобто енергетичний менеджмент включає в себе набір заходів, спрямованих на економію енергетичних ресурсів підприємства і є способом управління енергоспоживанням, що дозволяє значно оптимізувати обсяг енерговитрат.

Метою роботи є розробка оптимізації споживаної електроенергії на ЕЧ-“Х” при застосуванні нетрадиційних джерел живлення та формування збалансованого зв'язку “потреби енергії – пропозиція енергії” в залежності з витратами.

В роботі було проведено аналіз електроспоживання ЕЧ, виконані розрахунки при застосуванні нетрадиційних джерел живлення, побудовані графіки оптимізації споживання електроенергії. На території України зараз відбувається впровадження використання енергії сонця та енергії вітру, через що може бути не раціонально використовувати на ЕЧ - “Х” лише один вид нетрадиційних джерел енергії. Найкращим вибором стане застосування сонячної батареї та вітрових турбін одночасно. Це дасть можливість менше залежати від погодних умов, та виробляти більше енергії. Невикористану електроенергію доцільно продавати державі. Так комбінація джерел енергії дасть можливість економити 20-30% коштів. Вдень ЕЧ-“Х” повністю живитиметься власними джерелами енергії, та продаватиме залишки її назад до мережі. Вночі, коли енергії нетрадиційних джерел буде замало, нічні тарифи на електроенергію дадуть можливість значно економити кошти.

Застосування нетрадиційних джерел живлення на ЕЧ -“Х” доцільно лише при одночасному використанні декількох їх видів. Але вітряки можливо використовувати згідно законодавства тільки за територією міста. В сонячні дні дистанція буде повністю забезпечуватись власними енергоресурсами а залишки віддавати в енергосистему мережі. Вночі, будуть застосовуватись двох тарифні лічильники «День – Ніч». Невирішеною проблемою залишається створення інтелектуальної системи управління цими процесами. Така оптимізація дозволить зменшувати потреби електроенергії на ЕЧ -“Х”.

Аналіз стійкості енергетичних систем по напрузі при впровадженні високошвидкісного руху

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

Підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів до та вище 200 км/год за умови зберігання незмінної їх маси неминує призводити до необхідності підвищувати потужність електровозів, що пов'язано зі збільшенням споживаних ними струмів. Потужність високошвидкісних пасажирських електровозів повинна складати 7 - 9 МВт, тобто у 1,5 - 2 рази перевищувати потужність вантажних електровозів, які застосовуються на тих лініях, котрі намічаються у якості ліній швидкісного руху.

Застосування високошвидкісних поїздів ускладнює умови експлуатації пристроїв електропостачання, котрі були спроектовані для забезпечення руху вантажних поїздів. У такому разі підвищуються пікові навантаження тягових підстанцій та втрати напруги і енергії у пристроях електропостачання, ускладнюються умови струмознімання та нагріву проводів. Крім того, зростають блукаючі струми на ділянках, електрифікованих на постійному струмі, та потенціали у рейках на ділянках змінного струму. Таким чином, для забезпечення високошвидкісного руху поїздів необхідно не допускати зниження напруги на струмоприймачах електрорухомого складу, що слідує з цими поїздами; при цьому чим коротше зона та менше час ходу поїзда по зоні, тим більше може бути розрахункова втрати часу у процентах. Для заданого часу ходу поїзда по ділянці при швидкостях більше 200 км/год напруга на струмоприймачах електровозів не повинна бути нижче 2,7 кВ на ділянках постійного струму та 24 кВ на ділянках змінного струму. Ці значення мінімальної напруги відповідають середній напрузі за час ходу під струмом, рівному номінальному.

У даному контексті дуже важливим є поняття стійкості системи по напрузі, тобто підтримання заданих рівнів напруг у нормальних та вимушених режимах роботи системи тягового електропостачання. Дослідження проблеми стійкості по напрузі є фундаментом розробки технічних заходів по плануванню резервів реактивної потужності, направлених на підвищення режимної безпеки енергосистеми як сьогодні, так і в найближчій перспективі. Це дозволить не лише дослідити стійкість по напрузі для існуючих режимних умов, а також визначити вплив запланованого мережевого будівництва, прогнозованого зростання навантаження та зміни структури генерації на стійкість перспективних режимів.

Характерною рисою втрати стійкості є обмеження пропускної здатності ліній через неможливість забезпечення задовільних рівнів напруги та достатніх резервів реактивної потужності.

Таким чином, для підвищення стійкості режимів по напрузі в тяговій мережі необхідно:

- виявляти «вузькі місця» за напругою, тобто приєднання підстанцій або точки тягової мережі;
- планувати необхідні об'єми та місця розташування резервів потужності;

- корегувати схеми живлення тягової мережі та формувати інвестиційні програми з урахуванням необхідних засобів регулювання споживаної потужності;
- організовувати проектування, закупку та впровадження в енергосистему електричної тяги новітніх засобів або технологій для усунення «вузьких місць» за напругою.

Висновок. Враховуючи складність, масштабність та важливість цієї проблеми для енергетики, на сьогоднішній день необхідно провести фундаментальні науково-технічні дослідження для забезпечення стійкості енергетичних систем по напрузі, що дозволить у повній мірі забезпечити потреби високошвидкісного руху в Україні.

Замкнутая система автоматического регулирования напряжения преобразовательного агрегата с активным фильтром-стабилизатором

Семененко Ю.А., Украинский государственный университет
железнодорожного транспорта

Эффективность работы системы тягового электроснабжения постоянного тока при росте скоростей и грузопотоков зависит от решения проблемы повышения качества энергии питания электрического подвижного состава и улучшения электромагнитной совместимости тяговой сети со смежными электроустановками.

Для решения указанных проблем предлагается использовать на тяговой подстанции активный фильтр-стабилизатор последовательного типа. Мостовой преобразователь напряжения активного фильтра-стабилизатора включен последовательно с основной выпрямительной установкой тяговой подстанции, которая представляет собой неуправляемый двенадцатипульсный выпрямитель. На выходе схемы применен пассивный апериодический LC -фильтр, в состав которого входят реактор и конденсатор. Система управления активного фильтра-стабилизатора с другими элементами схемы образует замкнутую систему автоматического регулирования, которая обеспечивает активную фильтрацию и стабилизацию выпрямленного напряжения тяговой подстанции.

Питание преобразователя активного фильтра-стабилизатора осуществляется от емкостного накопителя энергии, включенного в диагональ моста. Для заряда емкостного накопителя предусмотрен трехфазный мостовой выпрямитель, мощность которого составляет 10 % мощности основной выпрямительной установки. Эта энергия заряда емкостного накопителя нужна активному фильтру-стабилизатору для того, чтобы обеспечивать эффективную активную фильтрацию, и главное – стабилизацию среднего значения выходного напряжения тяговой подстанции постоянного тока. Для этого преобразователь активного фильтра-стабилизатора действует одновременно как инвертор напряжения с однополярной ШИМ при формировании переменной составляющей напряжения компенсации пульсации и как широтно-импульсный преобразователь при формировании постоянной составляющей, компенсирующей отклонение среднего значения выходного напряжения от заданного.

Предлагается также применить m -фазную структуру преобразователя напряжения АФС последовательного типа, за счет этого может быть повышена в m раз частота широтно-импульсной модуляции. При повышении частоты модуляции, как известно, улучшается качество стабилизации и быстродействие системы регулирования в переходных режимах, а также качество формирования напряжения компенсации, что позволит более эффективно снижать пульсации выходного напряжения подстанции.

Для повышения эффективности работы тяговой подстанции постоянного тока на участках с интенсивным и скоростным движением целесообразно применение замкнутой системы автоматического регулирования напряжения преобразовательного агрегата с активным фильтром-стабилизатором последовательного типа на базе емкостного накопите-

ля энергии. Она обеспечивает эффективное подавление пульсирующей составляющей выходного напряжения в широком диапазоне частот, а также позволяет поддерживать стабильный уровень выходного напряжения тяговой подстанции постоянного тока. Количество силовых ключей активного фильтра-стабилизатора, потери энергии и стоимость при этом будут ниже, чем в вольтодобавочных преобразователях на базе трехфазных выпрямителей напряжения с широтно-импульсной модуляции, а качество выходного напряжения выпрямительной установки будет выше.

Автоматика високовольтних вимикачів тягової підстанції з використанням програмованого реле

Склярський Б.С., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна

Оснoву електричної мережі залізниці складають тягові підстанції, які безпосередньо являються джерелом живлення контактної мережі. В свою чергу ефективність і надійність тягового електропостачання залізниць залежить від якості роботи високовольтного обладнання, яке в свою чергу прямо залежить від технічного стану. В процесі експлуатації вихідні властивості обладнання безперервно змінюються. З плином часу старіє ізоляція, зношуються струмопровідні частини, контактна система, механічні пристрої, порушуються умови нормального функціонування, тобто на ТП накопичуються пошкодження.

На сьогодні світові технології дозволяють нам застосування все більш надійних та розумних пристроїв в енергетиці. Виходячи з цього можна запропонувати метод впровадження програмованого електронного реле серії EASY. Застосування мікропроцесорів в системах керування значно підвищують потенціальні можливості, адже даний тип реле фактично складається з різноманітних типів функціональних реле та модулів. Однією з переваг є можливість його програмування. Дана операція виконується у спеціально розробленому програмному забезпеченні EASY.

Отже планується застосування розглядуваного реле у ланцюг разом з вимикачем. Такий підхід дає нам можливість заміни відповідних, деяких рухомих частин у схемі управління й сигналізації вимикача. Але пріоритетною ціллю є облік. Можливий широкий спектр вимірювань даного пристрою дає можливість вести облік процесів, які проходять у ланцюгу високовольтного вимикача. Наприклад, облік комутаційних процесів. В результаті цього полегшується контроль за якістю вимикача, що являється складовою технічного обслуговування.

Отже можна зазначити, що застосування цього підходу складає основу подальшої роботи з вдосконалення роботи високовольтного вимикача не лише процесом технічного обслуговування та модернізації схеми, а й всього підприємства в цілому. Впровадження такого засобу дозволяє поліпшити безпеку контактної мережі та зробити крок у майбутнє електрифікації залізниць.

Про можливість застосування ПРАКМ на мостах з їздою понизу

Сушко О. Ю., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна

На електрифікованих залізницях України експлуатуються велика кількість штучних споруд, які мають обмежені габарити (мости, тунелі, віадуки, шляхопроводи та інші).

Одними з таких штучних споруд являються мости з їздою понизу.

На мостах з їздою понизу повинні бути витримані встановлені відстані підвіски контактної мережі над рівнем головки рейки і частин контактної мережі, що перебувають під напругою до заземлених частин споруди, які наведені в нормативній документації.

На мостах з їздою понизу, як правило, застосовується одинарна ланцюгова контактна підвіска з малою конструктивною висотою. Це досягається за рахунок зменшення довжини прольотів до 10...25 м. При цьому кріплення несучого тросу виконується різними способами в залежності від конструкції мосту. Для кріплення несучого тросу, як правило, застосовується П – подібні кронштейни.

Конструкція кріплення підтримуючих і фіксуючих пристроїв контактної мережі на залізничних мостах повинна протистояти впливу вібрації, що виникає при проході рухомого складу. У межах залізничних мостів, що піддаються вібрації, не допускається застосування фарфорових ізоляторів. У цих залізничних мостах необхідно застосовувати полімерні ізолятори, а кріплення контактної підвіски потрібно виконувати безболтровою арматурою.

Фіксатори контактних проводів закріплюються на прольотних спорудженнях мостів. Для запобігання недопустимого наближення контактної мережі до заземлених конструкцій мосту, встановлюють відбійники контактної мережі чи обмежувачі підняття контактної мережі. Відстань від контактної мережі до ізольованого відбійника повинна відповідати відстаням наведеним в нормативній документації.

На ряду з традиційними одинарними контактними підвісками з малою конструктивною висотою, малою конструктивною висотою також володіє і просторово – ромбовидна автокомпенсована контактна мережа (ПРАКМ).

ПРАКМ являє собою ланцюгову контактну підвіску з двома несучими тросами та двома контактними проводами, які розміщені в виді ромбу по відношенню до осі колії. Для цього контактні проводи в прольоті з'єднують шарнірною планкою, а в середині прольоту між шарнірними планками кожен контактний провід кріпиться до відповідного несучого тросу за допомогою гнучких фіксаторів.

Фіксатори виконують дві основні функції: вони являються точками підвішування контактних проводів та фіксують контактний провід відносно осі колії.

Така конструкція забезпечує компенсацію проводів ПРАКМ при температурних змінах. При цьому відсутні повздовжні переміщення проводів. В зв'язку з цим, ПРАКМ являє собою автокомпенсовану систему, що знімає обмеження за довжиною анкерних ділянок.

Крім цього ПРАКМ маючи малу конструктивну висоту дозволяє використовувати її на залізничних мостах з обмеженими габаритами, в тому числі і на мостах з їздою понизу.

Дослідження та вибір типу накопичувачів електроенергії в системах електричної тяги

Тюрин М. В., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені акад. В. Лазаряна

Історично склалося що залізниці України є однією із провідних транспортних систем. Це обумовлено тим що, залізниці мають досить велику перевізну здатність, незалежність від кліматичних умов, а також не велику собівартість перевезень пасажирів та вантажів.

В загалом залізниці є дуже потужним споживачем електроенергії. За статистичними даними за рік, залізниці в середньому споживають близько 6,3 млрд.кВт.г електроенергії. Але не зважаючи на це електровоз може виступати в плані генератора електричної

енергії. Це обумовлено тим що двигуни електровоза можуть працювати у режимі тяги, а також у режимі генератора. Відповідно в момент гальмування електровозу, двигуни перемикаються в режим генерації, і при цьому відбувається рекуперація електричної енергії. Дана енергія може бути направлена до ближчого електровозу, або до тягової підстанції, на якій дана енергія перетвориться і направиться у зовнішню систему електропостачання.

Для підвищення ефективності використання рекуперації можливе також застосування накопичувачів електроенергії. Це дозволить запасати надлишкову електроенергію, а при необхідності використовувати її. Накопичену енергію можна безпосередньо використовувати як на тягу електровозів, так і на власні потреби залізничної інфраструктури та в цілому. Також на майбутню перспективу розвитку дані накопичувачі можливо використовувати також для заряджання електромобілів, які в майбутньому будуть мати великий попит.

Накопичувачі електроенергії бувають таких типів:

1. Акумуляторні
2. Надпровідні

Висновок. Використання накопичувачів електричної енергії дозволить підвищити енергетичну ефективність системи тягового електропостачання. Це дозволить заощадити до 20% енергії необхідної для тяги електровозів, або направити дану енергію на потреби населення.

Дослідження систем тягового електропостачання постійного струму для впровадження організації високошвидкісного руху

Шарипкін А.Р., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Останнім часом на існуючих ділянках залізничного транспорту України, які електрифіковані постійним струмом 3,0 кВ, пристрої електропостачання нерідко обмежують пропускну спроможність ділянок. Ці обмеження обґрунтовуються значним зниженням рівня напруги на струмоприймачі електровоза, що призводить до втрати рухомим складом швидкості та до перегрівання проводів контактної мережі, що викликає втрату їх механічної міцності.

Для подальшого усунення цих обмежень та прийняття рішень що до розробки та впровадження систем керованого електропостачання на основі підсилюючих пунктів с окремою живлячою лінією, система тягового електропостачання потребує проведення детального аналізу параметрів та показників тягової мережі.

Оскільки для такого аналізу не підходить метод математично-імітаційного моделювання передбачається розробка методу безпосереднього діагностування чисельних значень параметрів та показників тягової мережі, за допомогою пересувних пристроїв електротехнічної лабораторії та електронно-обчислювальної техніки з власним пакетом програмного забезпечення. Цей організаційно технічний захід допоможе: провести якісний детальний аналіз параметрів та показників системи тягового електропостачання постійного струму, виявити місця які обмежують пропускну спроможність ділянок, отримати графіки та діаграми струмів та напруг, що в свою чергу спростить сам розрахунок системи тягового електропостачання та введе до прийняття конкретних рішень стосовно модернізації та вдосконалення даної системи.

Таким чином можна зробити висновки, з метою якісного аналізу систем тягового електропостачання постійного струму 3,0 кВ для організації високошвидкісного руху передбачається розробка методу безпосереднього діагностування чисельних значень параметрів та показників тягової мережі з подальшим впровадження електронно-

обчислювальної техніки з власним пакетом програмного забезпечення. Цей метод надасть змогу для проведення якісної модернізації систем тягового електропостачання постійного струму та дасть основу для дискусій щодо конкурентноспроможності цієї системи.

Вплив якості електричної енергії в лініях «два проводи-рейка»

Шевченко Ю. В., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

На сьогодні питання якості електричної енергії в системах електропостачання залізниць України набуває все більшої актуальності, адже, значення її показників нормуються та мають конкретні вимоги дотримання, а їх порушення призводить до таких наслідків, як збільшення втрат електроенергії елементах мережі, технологічного збитку, зниження продуктивності праці, строків служби електрообладнання та надійності електропостачання.

Поява в середині минулого століття системи тягового електропостачання змінного струму 25 кВ знаменувала не тільки технологічний прорив для залізничного транспорту, а й стала потужним поштовхом для активізації розвитку економіки районів, прилеглих до залізниць. Останнє безпосередньо пов'язано з появою трифазних ліній поздовжнього електропостачання «два дроти-рейка» (ДПР), від яких отримують живлення не лише нетягові споживачі залізничного транспорту, а й велика кількість сторонніх споживачів. Основною перевагою ліній ДПР є відносно невелика вартість та простота в експлуатації. Це полягає у відсутності додаткової обмотки тягового трансформатора, підключення безпосередньо до шин тягової підстанції, розміщенні живлячих проводів на опорах контактної мережі та використанні залізничних рейок в якості третьої фази. Недоліком використання даної електричної мережі стала її висока схильність до електромагнітного впливу від близько розташованої тягової мережі. Саме цей фактор обумовлює зниження якості електроенергії у споживачів, які живляться від ліній ДПР.

Низька якість електричної енергії в лініях ДПР негативно відбивається на режимах роботи нетягових та сторонніх споживачів, призводить до появи недообліку при формуванні фізичних балансів постачання та споживання електроенергії, що ускладнює процес розрахунків споживачів за фактичну спожиту електричну енергію. В умовах інтенсивного перевізного процесу, зростання тягових навантажень, що призводить до збільшення електромагнітного впливу на суміжні лінії ДПР, та нестабільності ситуації у сфері тарифоутворення, електропостачання нетягових та сторонніх споживачів від ліній ДПР електроенергією з низькими показниками якості тягне за собою, як наслідок, не лише економічні збитки через небаланс електричної енергії у системі, а й зменшення кількості платоспроможних сторонніх споживачів.

Окрім цього, навантаження третьої фази (рейок) даних ліній створюють додаткові перешкоди в рейкових ланцюгах автоблокування, що знижує надійність електропостачання пристроїв залізничної автоматики та загрожує безпеці руху поїздів і нормальному функціонуванню залізниці.

З огляду на всі вищеперераховані обставини, проблема підвищення якості електричної енергії в лініях поздовжнього електропостачання (ДПР) є, безсумнівно, актуальною і вимагає до себе підвищеної уваги. Шляхом її усунення може стати детальний аналіз режимів роботи ліній ДПР з обов'язковим визначенням показників якості електричної енергії та наступним їх порівнянням зі встановленими державними нормами, з подальшим впровадженням пристроїв фазування ліній живлення нетягових та сторонніх споживачів та підвищенням основних показників якості електричної енергії.

Дослідження ефективності застосування фотоелектричних джерел електроенергії в системах тягового електропостачання. Рациональне конструктивне виконання

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

В наш час все більшої популярності набирає альтернативна енергетика. Великого розвитку і застосування знайшли сонячні батареї і панелі.

На світових ринках спостерігається велика кількість сонячних батарей. Основними являються: монокристалічні сонячні батареї і полікристалічні сонячні панелі. Якщо порівняти, то можна зробити висновок, що при застосуванні монокристалічного матеріалу для сонячних панелей ми отримуємо більш високий ККД (коефіцієнт корисної дії) який досягається до 22 %. А при використанні полікристалічного матеріалу його ККД складає 18 %. При економічних затратах для виготовлення панелей або батарей можна вважати, що полікристалічний матеріал більш дешевше.

Для підвищення ККД сонячної батареї такої як монокристалічної ми використовуємо сонячний трекер для цієї батареї. Дана конструкція призначена для відстеження положення сонця і орієнтування несучої конструкції таким чином, щоб отримати максимальне ККД від сонячних батарей. Конструкція трекера дуже проста, вона дає можливість використання положення батареї по осі X та Y. Це дає нам відстеження положення сонця і періодичного повороту сонячних панелей для максимальної генерації електроенергії протягом дня. Трекер з точністю $\pm 5^\circ$ забезпечує уловлювання панеллю понад 99,6% енергії прямих променів і 100% - від розсіяну світла. Враховуючи особливості щоденної траєкторії руху сонця можна сказати, що ефективний кут повороту панелей – близько 160° .

З усього вищесказаного можна зробити висновок, що сонячні панелі або батареї більш ефективно використовувати за допомогою трекера для кращого і більшого отримання потужності.

Розробка енергоефективної технології перевізного процесу при сумісній роботі системи централізованого тягового електропостачання та системи розподілених альтернативних джерел електроенергії

Сиченко В.Г., Кузнецов В.Г., Вернигора Р.В., Огороков А.М., Папахов О.Ю., Жарко І.О. (ДНУЗТ), Пулін М. М. (Львівська залізниця)

На сьогоднішній день ефективна організація руху транспортних засобів розвивається в напрямку розробки технологій енергоекономічного управління їх рухом у реальному часі (ECO-driving). Враховуючи, що інфраструктура електрифікованого транспорту, поєднаного єдиною живлячою мережею, є найбільш придатною до застосування інформаційних технологій управління енергоефективністю (рухом транспортних засобів та оптимальним енергорозподілом між окремими елементами системи електропостачання) то в ній можуть бути організовані оптимальні режими електроспоживання, здатні забезпечити мінімізацію споживання електричної енергії з урахуванням диференціації тарифів на електроенергію та оптимізованих графіків руху поїздів. Потужним інструментом у реалізації даних властивостей транспорту є концепція розумних мереж SMART GRID, яка сьогодні успішно використовується для інтелектуального управління локальними електромережами загального призначення.

Існуючі системи тягового електропостачання були введені в експлуатації в середині минулого століття. На даний час основне силове обладнання електропостачання залізниць зношене на 70-80% і не забезпечує раціональну каналізацію електричної енергії. У

відповідності до Енергетичної стратегії України до 2030 р. активно розвивається альтернативна генерація. Це підвищує енергетичну безпеку країни, зменшує залежність від постачання паливно-енергетичних ресурсів з інших країн. При впровадженні альтернативних джерел генерації електричної енергії для живлення споживачів залізниць виникає завдання по розробленню раціональної технології сумісної роботи класичних систем електропостачання тяги поїздів та альтернативних джерел енергії. При цьому необхідно визначити раціональні параметри систем, запропонувати модернізовані методи розрахунку, визначитись з принципами діагностування таких систем з метою захисту від аварійних режимів та забезпечити їх надійність. Вирішення даної проблеми потребує комплексного підходу, вирішення низки теоретичних питань з теорії електромагнітної сумісності, надійності тягового електропостачання та організації руху поїздів.

Наукове обґрунтування пропонованої енергоефективної технології сумісної роботи системи централізованого тягового електропостачання та системи розподілених альтернативних джерел електроенергії наряду з оптимальною організацією руху поїздів може бути виконано з аналізу покращення енергетичних показників транспортної системи на основі автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії. Це буде зроблено шляхом порівняння витрат та втрат електроенергії до і після впровадження розроблених технологій. Розроблені схемні рішення по побудові системи розподіленого вимірювання напруги, системі пунктів підживлення, системі автоматизованого діагностування, які в сукупності будуть реалізовувати енергоощадну технологію перевізного процесу є корисними практико-методичними напрацюваннями.

Вибір концепції тягового електроприводу для швидкісного електрорухомого складу

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

На даному етапі розвитку Українські залізниці стоять на порозі впровадження швидкісного руху. Проблема створення швидкісного електрорухомого складу і вибір раціональних його параметрів є комплексною і одночасно вимагає поглибленого дослідження питань тяги, колії, вагонобудування, експлуатації та економіки.

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

В процесі становлення і розвитку швидкісного залізничного транспорту за кордоном кожна країна стояла перед вибором тієї чи іншої концепції електроприводу ЕРС. Деякі країни з часом поміняли свої погляди відносно прийнятої раніше концепції, віддавши перевагу розподіленій тязі, це в першу чергу стосується залізниць Франції.

Значні коливання мас пасажирських потягів на різних напрямках при електровозній тязі, як правило, призводять до неповного використання потужності локомотива і підвищення собівартості пасажирських перевезень. Тому при використанні зосередженої тяги в міжміському пасажирському сполученні, при зменшенні пасажиропотоків, зменшується частота руху пасажирських потягів, тобто погіршується якість обслуговування пасажирів.

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

Крім того моторвагонна тяга має ще ряд важливих переваг, а саме:

- рівномірний розподіл потужності і сили тяги по потягу, що призводить до зменшення навантаження від осі на рейку, а отже, і зниження сил, які впливають на верхню будову колії;
- ефективне вирішення проблеми електричного гальмування, оскільки використовується зчіпна вага усіх моторних осей потягу, що значно підвищує гальмівну ефективність і забезпечує зниження довжини гальмівного шляху;
- в широкому діапазоні може змінюватися число вагонів в поїзді при збереженні тягових властивостей, оскільки зі зміною числа вагонів міняється і загальна потужність електропоїзда 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 покращує 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 залізниць України, вартість уположення яких може бути дуже значною.

Узагальнення вітчизняного і закордонного досвіду експлуатації електрорухомого складу показало, що для широкого застосування моторвагонної тяги в швидкісному пасажирському сполученні має бути створений тип електропоїздів, який відповідає реальним умовам експлуатації залізниць. Згідно з цим, в першу чергу, має бути створений, новий електропоїзд, максимально полегшений, такий, що має хороші аеродинамічні характеристики і забезпечує за своїми ходовими якостями і загальною динамікою високі швидкості руху, особливо в кривих ділянках колії.

Выбор структуры и параметров тягового электропривода автономного моторвагонного подвижного состава

Афанасов А.М., Арпуль С.В., Демчук Р.Н., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Опытная эксплуатация тягового и моторвагонного подвижного состава с использованием в качестве источника электроэнергии современных тяговых аккумуляторов в настоящее время ведется на железных дорогах целого ряда стран Западной Европы. Повышение интереса к аккумуляторным локомотивам и поездам у ведущих мировых производителей железнодорожной техники связан, прежде всего, с высокими достижениями производителей электрохимических накопителей электроэнергии и суперконденсаторов.

Отсутствие в существующем парке автономного подвижного состава железных дорог Украины аккумуляторных локомотивов и поездов объясняется, в основном, высокой себестоимостью современных электрохимических источников энергии высокой энергоемкости. Но, как показывает анализ развития производства тяговых аккумуляторов, в ближайшем будущем применение таких накопителей на моторвагонном подвижном составе будет оправданным как с экономической, так и экологической точки зрения.

Решение задачи выбора структуры и параметров тягового привода перспективных аккумуляторных поездов будет определять как технические возможности создания такого подвижного состава, так и экономическую эффективность его эксплуатации. Решающим вопросом в данном решении является выбор типа тягового двигателя, который будет определять себестоимость всего электропривода, его надежность, а также суммарные расходы на содержание и ремонт перспективного подвижного состава.

На новом электроподвижном составе ведущих мировых производителей используется, как правило, асинхронный привод, тем не менее, высокую конкуренцию асинхронному приводу в последнее время составляет синхронный. Без сомнения можно назвать фурором появление на рынке тягового электромашиностроения синхронных тяговых двигателей с постоянными магнитами (технология PMM). Удельная масса синхронного тягового двигателя с постоянными магнитами типа 12LCS3550C компании Alstom составляет всего 0,87 кг/кВт, что на порядок меньше этого же показателя современных коллекторных тяговых двигателей и в 3 ÷ 4 раза меньше удельной массы современных асинхронных тяговых двигателей той же компании Alstom. Следует отметить, что номинальная частота вращения данного электродвигателя достигает 3500 об/мин.

Силовая схема и система управления аккумуляторным поездом должны обеспечивать автоматический пуск и рекуперативное торможение, а также режим поддержания постоянной скорости с автоматическим переходом из режима тяги в режим рекуперативного торможения. Суммарная мощность тягового привода должна выбираться из расчета обеспечения на площадке пускового ускорения $0,7 \text{ м/с}^2$. В качестве дополнительного накопителя энергии, применяемого в режимах пуска и остановочного торможения, необходимо использовать суперконденсаторы, разряд и заряд которых возможен с высокими значениями мощности при незначительных потерях.

Учитывая сложность использования автономных электропоездов в высокоскоростном движении, высокие массо-габаритные показатели современных тяговых двигателей, возможность увеличения скорости аккумуляторного поезда в номинальном режиме, отсутствие токоприемников и части стандартного тягового оборудования, можно сделать вывод, что с технологической точки зрения наиболее целесообразным для таких электропоездов будет применение сосредоточенной тяги. При этом тяговые аккумуляторы и пуско-тормозные суперконденсаторы будут размещаться в прицепных вагонах.

Експериментальні дослідження роботи електромашинного перетворювача електропоїзду ЕПЛ2Т у режимі рекуперативного гальмування

Богданов С. Є., ПАТ "УЗ" РФ "Придніпровська залізниця",
Муха А. М., Балійчук О. Ю. Бондаренко Ю. С., Куриленко О.Я., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

На електропоїздах серії ЕПЛ2Т живлення допоміжних машин, пристроїв і обладнання здійснюється від перетворювача 1ПВ.6, який являє собою складний двомашинний агрегат, що перетворює постійний струм в трифазний змінний. В ході експлуатації під впливом нестационарних та аварійних режимів роботи параметри вихідної напруги перетворювача можуть змінюватись. Їх коригування здійснюється відповідними функціональними блоками, що входять до складу принципової схеми регулювання перетворювача та одночасно виконують функції пуску та захисту останнього.

Надійність функціонування вказаного перетворювача, а також його складових блоків багато в чому визначає надійність роботи допоміжного обладнання. Так відхилення напруги мережі живлення власних потреб нижче встановлених норм може бути причиною нестабільної роботи окремих функціональних елементів (модулів освітлення, перетворювачів напруги, прожекторів), а перевищення встановлених норм взагалі може бути причиною повного виходу з ладу охарактеризованого обладнання.

За останні сім років співробітниками Дніпропетровського моторвагонного депо РПЧ-1 зафіксовано підвищення випадків виходу з ладу допоміжного обладнання, а саме електронних пуско-регулюючих апаратів, перетворювачів напруги, прожекторних ламп тощо. При цьому основною причиною такого виходу з ладу є підвищення напруги у мережі живлення власних потреб, понад встановлені норми, у режимі рекуперативного гальмування. Це вказує на ненадійність роботи електромашинного перетворювача або його керуючих блоків та формулює задачу, яку необхідно вирішити.

Виконання експериментальних досліджень здійснено у відповідності до розробленої та затвердженої двостороннім порядком «Програми проведення експерименту по зняттю часових залежностей струму та напруги перетворювача 1ПВ.6, блоків керування перетворювачів (блоки БУП та БРЧ) електропоїзду ЕПЛ2Т-027 в режимі рекуперативного гальмування».

Експериментальна поїздка проводилась між станціями «Дніпропетровськ – П'ятихатки» на електропоїзді ЕПЛ2Т-027 (РПЧ-1 Придніпровської залізниці).

Аналізуючи результати експериментальних досліджень можна зробити наступний висновок, що в режимі реальної експлуатації на електропоїздах серії ЕПЛ2Т блоки БУП та БРЧ, з точки зору порівняння отриманих осцилограм з еталонними, відпрацьовують алгоритм стабілізації вихідної напруги перетворювача 1ПВ.6, проте такий результат є характерним для режиму «неповного» рекуперативного гальмування, тобто в умовах зміни навантаження синхронного генератора без врахування збільшення його вихідної напруги внаслідок збільшення обертів приводного двигуна. В той же час в умовах повного рекуперативного гальмування спостерігається значне збільшення вихідної напруги генератора понад нормоване значення, що в той же час не призводить до спрацювання захисту F1. Блок БУП у вказаних умовах майже не здійснює коригування вихідної напруги – основною ланкою корекції виступає блок БРЧ. Тобто стабілізація напруги досягається шляхом коригування обертів приводного двигуна, а сам процес стабілізації носить коливальний затухаючий характер.

Таким чином все вище вказане дозволяє зробити попередній висновок, що однією з можливих причин нестабільної роботи перетворювача 1ПВ.6 є відхилення параметрів ок-

ремих елементів схем, в особливості таких параметрів, як уставки спрацювання блоку захисту F1 та регулятора FR блоку БУП.

Покращення енергосумісності рухомого складу і мережі живлення

Васильєв В.Є. Скрыбін І.П., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Залізниця є однією з основних транспортних артерій нашої країни, нею виконується більше половини загального вантажообігу і третина пасажирських перевезень в країні. Проте, недостатні об'єми виробництва локомотивів, низькі якісні і економічні показники експлуатації обладнання викликають серйозні ускладнення в нормальному функціонуванні залізничного транспорту.

Без прийняття найближчими роками радикальних заходів по відновленню експлуатаційних властивостей пасажирських електровозів постійного струму за відсутності постачання нових електровозів можуть виникнути серйозні проблеми по забезпеченню пасажирських перевезень.

Найбільш економічним способом вирішення проблеми переоснащення парку електровозів являється програма виробництва нового виду ремонту - КРП. Під час проведення робіт до силової схеми електровоза ЧС2 повинні бути внесені істотні зміни, а саме застосування в схемі перемикачів тягових двигунів електропневматичними контакторами і перехідних діодів, також повністю повинен бути скомпонований пусковий реостат. Це все дозволить підвищити енергосумісність рухомого складу і мережі живлення, знизити кидки струму під час переходів з позиції на позицію і між з'єднаннями.

Робота виконана методом імітаційного моделювання електромагнітних процесів в силовому колі електровоза постійного струму за допомогою програмного пакету MatLab.

В результаті розрахунків по впливу розкиду термінів включення електропневматичних контакторів показують, що значно зменшуються імпульси струму і їх тривалості практично на всіх з'єднаннях тягових електродвигунів, що підвищує працездатність цих контакторів.

При порівняльних розрахунках рушання і розгону електровоза ЧС2К з регулятором швидкості стосовно до двох варіантів компонування пускового реостата виявлені переваги пропонованої схеми компонування: реалізація більш високих величин пускового струму, сили тяги і прискорення; зниження величини похідної від прискорення, тобто здійснення більш плавного пуску; зниження часу на розгін поїзда до максимальної заданої величини.

Моделювання електромагнітних процесів в силових колах електровозів постійного струму

Васильєв В.Є. Скрыбін І.П., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Недостатні об'єми виробництва локомотивів, низькі якісні і економічні показники експлуатуемого обладнання викликають серйозні ускладнення в нормальному функціонуванні залізничного транспорту.

Для модернізації електричних схем пропонується використовувати метод імітаційного моделювання електромагнітних процесів в силовому колі електровоза постійного струму за допомогою програмного пакету MatLab, в який включена формула неявного багатокрокового різницевого методу Гіра (формула диференціювання назад) із змінним кроком інтеграції, розробленої для інтеграції жорстких систем диференціальних рівнянь.

Рішення жорсткої задачі містить як складову, що повільно змінюється, так і швидко затухаючий компонент. Явище жорсткості проявляється значніше при моделюванні електричних процесів у взаємозв'язку з механічними, при цьому постійні часу цих процесів відрізняються на декілька порядків.

При розробці математичної моделі вихрові струми і розкид магнітних характеристик не враховувались. Силове коло електровозу постійного струму моделюється у вигляді блоків: блоку тягових електродвигунів, блоку послаблення збудження двигунів, блоку силових електропневматичних контакторів, блоку автоматичного набору позицій, блоку пускових опорів, блоку обчислення рівняння руху потягу та ін. З'єднання усіх елементів в блок-схемі співпадають із з'єднанням в силовому колі електровоза, послідовність замикавання контакторів визначена таблицею замикавання.

Таким чином, застосування пакету MatLab дозволило врахувати характерні особливості релейно-контакторної системи управління. Розроблена методика моделювання електромагнітних процесів в силових колах може бути використана і при дослідженні інших електровозів постійного струму.

Вид графіків перехідних процесів, отриманих при розрахунку моделі електровоза в пакеті MatLab, співпадає з експериментальними даними, отриманими під час дослідних поїздок. Таким чином, модель силових схем адекватно відбиває характер перехідних процесів, що протікають на реальному електровозі і її можна використовувати в розрахунках для перевірки і поліпшення різних елементів силових схем локомотиву.

Система климатизации пассажирских вагонов с использованием термоэлектрических элементов

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

В настоящее время на железнодорожном транспорте, как и в других отраслях народного хозяйства Украины остро встает проблема экономии топливно-энергетических ресурсов при сохранении и даже повышении уровня комфортности пассажиров. Это требует поиска новых подходов к способам обогрева и кондиционирования пассажирских вагонов. Одним из таких подходов является использование термоэлектрических устройств для этих целей. В том случае, когда через цепь двух разнородных материалов пропускается постоянный ток, один из спаев начинает нагреваться, а другой – охлаждаться. Это явление носит название термоэлектрического эффекта или эффекта Пельтье. На использовании этого эффекта действуют системы кондиционирования и обогрева. Термоэлектрические устройства имеют ряд преимуществ по сравнению с другими типами холодильных и нагревательных машин: отсутствие движущихся и изнашивающихся частей, бесшумность работы, высокая надежность, возможность плавного и точного регулирования холодопроизводительности и температурного режима, устойчивость к механическим воздействиям, возможность работы в любом пространственном положении, легкость перехода из режима охлаждения в режим нагрева. Конструкция термоэлектрического элемента легко вмонтируется в воздушный канал вентиляции вагона. Когда температура наружной среды больше 22°C , одна сторона элемента Пельтье выделяет тепло и отдает его в наружную среду, так как температура его будет равна приблизительно 30°C – 35°C . Другая же сторона будет иметь температуру 13°C – 16°C . Поэтому свежий воздух проходя по каналу вентиляции будет охлаждаться. Зимой все будет наоборот. То есть реализация реверсного режима работы является для термоэлемента достаточно простой задачей. Для этого не обходимо только изменить полярность пропускаемого тока. Предварительные расчеты показывают, что при частом торможении вагона кинетической энергии превращенной в электрическую вполне хватает для обеспечения

комфортных условий для пассажиров вагона. Таким образом, можно сделать вывод, что на железнодорожном транспорте уже сейчас использование термоэлектрических кондиционеров воздуха является технически целесообразным и экономически оправданным, несмотря на то что холодильный коэффициент термоэлектрического *кондиционера* несколько ниже, чем у компрессионных кондиционеров. Однако высокое значение теплового коэффициента термоэлектрического кондиционера делает его значительно экономичнее обычно применяющегося способа электрообогрева. Предварительные расчеты показывают, что термоэлектрический кондиционер по суммарному потреблению энергии (в обоих режимах) будет на 20 - 30 % экономичнее системы электрообогрева и холодильной машины. К недостаткам термоохлаждающих устройств следует отнести их низкую экономичность и повышенную стоимость. Экономичность термоэлектрических холодильных машин по сравнению с паровыми приблизительно на 20-50% ниже.

Випробування нових типів рухомого складу на електромагнітну сумісність з системами сигналізації та зв'язку

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

В останні десятиріччя в Україні вводяться в експлуатацію нові типи електрорухомого складу (ЕРС) з асинхронним тяговим приводом (АТП) та імпульсним регулюванням. Загальною програмою приймальних випробувань нових типів ЕРС передбачено випробування їх на ЕМС з системами сигналізації та зв'язку. Вимоги з ЕМС рухомого складу сформульовано у міжнародних і національних нормативних документах. Велика різноманітність систем тягового електропостачання, сигналізації та зв'язку в країнах Європи потребує проведення сертифікаційних випробувань в кожній країні окремо, що перешкоджає інтегруєбельності і збільшує вартість ЕРС. Навіть в одній країні після проведення повного циклу випробувань нових типів ЕРС на ЕМС з пристроями сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) можуть виявлятися збої в їх роботі систем залізничної автоматики на окремих дільницях.

Метою роботи є проведення аналізу вимог до електромагнітної сумісності ЕРС з системами сигналізації та зв'язку, 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.

Нормативними документами, прийнятими в Україні, визначаються обов'язкові граничні рівні електромагнітних завад від ЕРС і в цілому від тягової мережі, які мають контролюватися в процесі приймальних випробувань рухомого складу. В процесі випробувань нових типів ЕРС на електромагнітну сумісність з пристроями сигналізації і зв'язку проводять вимірювання таких параметрів:

- рівень заважаючого і небезпечного впливу електрообладнання ЕРС на рейкові кола, колійні пристрої сигналізації;
- рівень заважаючої напруги, який наводиться тяговим струмом ЕРС в колі контрольного кабелю зв'язку (пософометрична напруга);
- рівень напруженості поля радіозавад від електрообладнання ЕРС;
- рівні радіозавад на частотах технологічного радіозв'язку і передачі даних.

Рівень напруженості поля радіозавад визначаються ГОСТ 29205-91, згідно до якого квазіпікові значення напруженості поля радіозавад в децибелах відносно 1 мкВ/м, не повинні перевищувати певні граничні значення в смузі частот 0,15—300 МГц. В Євросоюзі аналогічні норми щодо ЕМС на залізничному транспорті встановлюються стандартом EN 50121 Railway applications - Electromagnetic compatibility, що складається з 6-ти частин.

Граничні норми радіозавад від рухомого складу визначено частиною 3-2 стандарту EN 50121, де смуга частот, в якій потрібно контролювати радіозавади від ЕРС простирається від 9 кГц до 1 ГГц. В Україні з цих стандартів введено в дію тільки частина 1 і 4.

Допустимі рівні радіозавад на частотах технологічного радіозв'язку (2,1 і 153 МГц для українських залізниць) визначається нормами безпеки.

Розрахунковий рівень заважаючої напруги, який наводиться тяговим струмом ЕРС в колі контрольного кабелю зв'язку (псофометричне значення) має не перевищувати рівень 1,2 мВ згідно вимог норм безпеки. Псофометричне значення напруги визначено в додатках до нормативу EN 50121 Railway applications - Electromagnetic compatibility, Part 3-1: Rolling stock.

Рівні впливу електрообладнання ЕРС на рейкові кола визначається нормами безпеки для всіх частот, на яких функціонують рейкові кола (25, 50, 420, 480, 580, 720, 780, 4545, 5000, 5555 Гц). ЕМС з колійними пристроями в Євросоюзі регулюється нормами EN 50238:2003.

Об особенностях выбора параметров номинального режима электропоездов с асинхронным тяговым приводом

Гетьман Г. К., Марикуца С. Л., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Параметры номинального режима относятся к важнейшим эксплуатационным показателям тяговых средств, поэтому задачи выбора их оптимальных значений всегда неизбежно возникают при формировании технических требований на новый подвижной состав. Для железных дорог Украины эти задачи в настоящее время являются особо актуальными в связи с необходимостью обновления локомотивного парка в условиях острого дефицита денежных средств.

Ранее задачи определения параметров номинального режима электропоездов рассматривались только применительно к коллекторному тяговому приводу. В настоящей статье излагаются особенности указанных задач для электропоездов с асинхронным тяговым приводом при двухзонном и трехзонном частотном регулировании мощности.

Мощность номинального режима перспективного электроподвижного состава должна быть выбрана таким образом, чтобы обеспечивалась возможность реализации заданного времени хода по участку или заданной скорости движения. При такой "размытой" постановке задачи ее решение содержит множество вариантов и при установлении правила отбора лучших для электропоездов предложено применять следующие показатели оптимизации: удельный расход электроэнергии на тягу; суммарная избыточная мощность парка; среднее значение кратности тяги. Применительно к электропоездам актуальным является только первый из названных показателей, поскольку в общем случае при рассредоточенной по длине поезда тяговой мощности, удельная мощность, т.е. приходящаяся на 1 т массы поезда, не зависит от его составности. Для электропоездов, где тяговые двигатели расположены на концевых вагонах, в расчет должна приниматься максимальная масса поезда.

Про визначення еквівалентного ухилу залізничних колій підприємств по відкритому видобутку корисних копалин

Гетьман Г. К., Васильєв В. Є., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

При виконанні ряду розрахунків, пов'язаних з експлуатацією кар'єрного залізничного транспорту використовують поняття еквівалентного ухилу.

Визначення цього показника є достатньо трудомістким, оскільки потребує розрахунку усіх складових витрат електричної енергії на тягу. Для умов кар'єрного транспорту задача ускладнюється частою зміною планів та профілів колій.

В роботі запропоновано спрощену методику визначення еквівалентного ухилу залізничних колій для кар'єрного транспорту підприємств по відкритому видобутку корисних копалин.

Аппроксимация универсальной магнитной характеристики

Друбецкий А.Е., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

В практике проектирования тяговых электродвигателей постоянного и пульсирующего тока, широко используется так называемая универсальная магнитная характеристика (УМХ). Она представляет собой зависимость магнитного потока от магнитодвижущей силы (МДС) обмотки возбуждения в относительных единицах и используется для построения магнитной характеристики проектируемой машины в абсолютных единицах. Магнитная характеристика, в свою очередь, является базовой, определяющей все остальные электрохимические характеристики. Построение магнитной характеристики по УМХ выполняют после определения коэффициента насыщения в номинальном режиме. Также, при известном коэффициенте насыщения существующих машин, можно построить их магнитную характеристику без использования скоростной характеристики.

В настоящее время, при широком использовании ЭВМ для проектирования и моделирования электрических машин, возникает задача в представлении УМХ в виде аналитического выражения. Однако, во всех известных аналитических выражениях, в качестве аргумента аппроксимирующей функции выступает только МДС обмотки возбуждения. Такой подход является очень удобным, если описываемая такой функцией характеристика, используется для расчетов или моделирования только при заданном коэффициенте ослабления возбуждения. Однако, для получения выражения, описывающего изменение магнитного потока во всем диапазоне изменения тока двигателя и степени ослабления возбуждения, необходимо аппроксимировать УМХ функцией, зависящей и от МДС обмотки возбуждения и от МДС реакции якоря.

Методичні основи обстеження тягового рухомого складу залізниць та способи попередження передчасних руйнувань з утворенням надзвичайних ситуацій

Коваленко В.В., Горобець В.Л., Заяць Ю.Л., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Безпека руху на залізничному транспорті є безперечним пріоритетом при організації як пасажирських, так і вантажних перевезень. Під час постійного зростання вартості

енергоносіїв та собівартості залізничних перевезень, а також враховуючи дуже велику вартість рухомого складу, завчасне попередження руйнувань відповідальних конструкцій, деталей та елементів конструкцій, які під час коштують незначні гроші і спричиняють як пожежі, так і сходи потягів, набирає ще більшої актуальності.

Пропоновані методики обстеження з виявленням перегріву окремих вузлів, елементів конструкцій та деталей під час експлуатації рухомого складу вимагають аналізу статистики передчасних руйнувань, причин сходів і пожеж за умов відмови техніки. За цією статистикою щорічно трапляються вищезгадані надзвичайні ситуації, частку з яких розслідує наш університет.

За результатами розслідувань причин пожеж електровозів, передчасних руйнувань валів тягових електродвигунів та інших відповідальних конструктивних елементів факту настання надзвичайної ситуації у вигляді пожежі, злому під час експлуатації зі сходом потягу з рейок передувала стадія розігріву дефектної деталі, або конструктивного елементу. Розігрів відбувався за рахунок або невідповідності хімічного складу конструкторській документації, або внутрішнім дефектам в сталях і сплавах (екзогенним ендогенним включенням та лікваціям), або тріщинам, що утворилися внаслідок тривалих вібрацій в процесі експлуатації рухомого складу. Такий розігрів для відповідальних механічно навантажених деталей є «симптомом» майбутнього руйнування, що може провалувати сход потягу з рейок, а для електрично навантажених деталей може провокувати розплавлення деталі та утворення осередку пожежі.

Декілька останніх пожеж електровозів, причини яких розслідував наш університет, показали, що всі дефектні відповідальні деталі знаходилися поблизу трансформатора і їх руйнування спровокувало загоряння трансформаторного масла. Потужність полум'я пожежі не в змозі була загасити жодна з сучасних протипожежних систем.

Подібні деталі працюють на усіх типах електровозів вітчизняних або закордонного виробництва та застосовуються на елементах живлення електричним струмом тепловозів.

Попередження надзвичайних ситуацій під час руху залізничних потягів найбільш актуально для особливо небезпечних ділянок залізничних колій розташованих в гірській місцевості та в довгих і найбільш довгому у світі тунелі Мілан-Цюрих. В означених ділянках факт утворення потужного осередку полум'я не дає шансів виживання пасажирів та локомотивній бригаді, тому що вихрова пожежа миттєво охоплює увесь потяг та випалює кисень в об'ємі тунелю. На гірських схилах під час виникнення вищезгаданих надзвичайних ситуацій потяг втрачає стійкість та перекидається в прірву.

Виходячи з вищесказаного фахівці нашого університету пропонують включити регулярні обстеження рухомого складу залізниць за нашою методикою, а особливо на небезпечних ділянках, до списку обов'язкових в регламенті дій локомотивних бригад.

Питання енергоефективності та економії енергії в діяльності сучасних систем життєзабезпечення пасажирського рухомого складу залізниць

Колесников С.Р., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Питання енергоефективності та енергозбереження в діяльності систем життєзабезпечення пасажирського рухомого складу залізниць (поїзд, метропоїзд, трамвай, високошвидкісні трамвай та електричка, маглев) є предметом постійного обговорювання фахової спільноти в різних країнах світу. В загальному вигляді дане питання можна умовно розділити на два напрямки: перший – це модернізація існуючих систем і технологій; другий – розробка та впровадження нових систем і технологій, які дозволять компенсувати дефіцит традиційного палива та інших джерел енергії. В той же час необхідно відмітити, що, на-

віль в економічно розвинених країнах світу, інноваційні науково-теоретичні розробки вказаних систем і технологій та їх практичне впровадження поки що відбуваються епізодично.

Намагаючись створити найбільш комфортні умови для пасажирів й обслуговуючого персоналу пасажирського рухомого складу, з однієї сторони, та враховуючи питання енергоефективності та економії енергії, – з іншої, дослідники працюють в напрямках систем електропостачання, водопостачання, опалювання, вентиляції, кондиціювання, а також враховують фактори шуму, вібрації, гравітації, випромінювання тощо. Тобто враховуються всі компоненти системи життєзабезпечення, які є життєво-важливими для забезпечення нормального існування й роботи людей у замкненому приміщенні під час знаходження в вагоні (протягом усього часу рейсу). Безумовно, що все повинно базуватись на використанні сучасної інженерної думки і практики.

Доведено, що в залізничних пасажирських транспортних засобах типові системи опалювання, вентиляції, кондиціювання (HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning) потребують до 30% від загальних потреб на енергію (M. Schmitt, T. Berlitz, 2014). Тому ефективність використання енергії (відносно інвестиційних витрат) може бути розглянута в якості ключового параметра оцінки HVAC. Це підтверджується наукометричним дослідженням вчених ДНУЗТ (Колесникова Т.О., Помінова О.В., Колесников С.Р., 2016) із визначення світових топ-тем наукових розробок у напрямку «кондиціювання повітря» на залізничному транспорті. Такими темами є: клімат-комфорт, енергоефективність, термокомфорт.

Вчені світу активно шукають способи підвищення енергоефективності залізничних транспортних систем. Це, наприклад, дослідження щодо використання сонячної енергії, яка отримується завдяки фотоелектричним панелям, закріпленим на дахах пасажирських вагонів Ірану (E. Roohollahi et al., 2013). Вченими ДНУЗТ (Габринєць В.О., Титаренко І.В., 2014) розглядаються шляхи застосування сонячної енергії, яка надходить у вагон через його вікна, для терморегуляції. Застосування вікон із селективними властивостями дозволить зберегти, за попередніми розрахунками, близько 91,080 ГВт-год. Цікавими є дослідження залежності зниження енергетичного навантаження на системи кондиціювання повітря із теплоізоляційними характеристиками матеріалів, що використовувались при створенні вагонів високошвидкісного поїзда (Shi S. et al., 2013).

Безумовно, що сьогодні всі інноваційні розробки, спрямовані на транспорт майбутнього, пов'язані з високошвидкісними транспортними засобами. Так як перша високошвидкісна залізнична система Shinkansen була запущена в експлуатацію в Японії в 1964 році, то за більш ніж 50 років цей напрямок розвитку залізничного транспорту сприяв значному покращенню міжміських транспортних перевезень в усіх країнах Європи, США і Східної Азії. Вже в 2014 р. 13 країн світу мали сучасні високошвидкісні залізничні системи, які здатні витримувати швидкість поїзду більше, ніж 250 км / год) (R. Smith and J. Zhou, 2014). Дослідники підкреслюють, що існує конфліктна ситуація між метою високошвидкісного руху і зниженням витрат енергії (Yu. Gao et al., 2016). Проте в загальному сенсі продуктивність високошвидкісного поїзда перевершує звичайний поїзд зі значною перевагою швидкості та лише незначним збільшенням споживання енергії.

В той же час система життєзабезпечення високошвидкісних поїздів передбачає необхідність зміни парадигми. Це, наприклад, спостерігається у створенні систем термокомфарту – від дизайну конструкцій для колективних середовищ до індивідуально контрольованих умов, персоніфікованих мікро-екологічних систем. При цьому додатковий вплив на суб'єктивне сприйняття пасажирями та екіпажем теплового комфорту мають також деякі фактори, що безпосередньо не впливають на температуру оточуючого середовища. Ними є: якість повітря (вміст пилу, вміст мікроорганізмів, гази і пари, запахи, вміст іонів, електричні й електростатичні поля), шум, вібрації, освітлення, колірна схема і т.д.

Зарубіжні тенденції в розробці досконалих систем життєзабезпечення залізничних транспортних засобів можливо буде вже найближчим часом прослідкувати на прикладі реалізації «Roll2Rail project» (<http://www.roll2rail.eu/>). Цей проект був розпочатий в травні 2015 року та підтримується програмою Європейської комісії Горизонт-2020. «Roll2Rail project» спрямований на розробку і втілення інновацій у 8 різних напрямках, в тому числі інтер'єрів поїздів, шуму, вібрації та ефективності використання енергії.

Необхідно відмітити, що «Roll2Rail project» також є одним з маяків проектів Shift2Rail – першої європейської спільної ініціативи в галузі залізничного транспорту, яка спрямована на дослідження та інноваційні розробки, а також впровадження нових і перспективних технологій в залізничну промисловість.

Система комбинированного энергоснабжения специализированных вагонов

Мямлин С.С., Кебал И.Ю., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Развитие железнодорожного транспорта сопровождается внедрением современных инновационных технологий, которые способствуют повышению эффективности функционирования как элементов инфраструктуры, так и подвижного состава. Одним из перспективных направлений совершенствования конструкции железнодорожного подвижного состава является создание комплексных систем жизнеобеспечения с комбинированным энергоснабжением, поэтому направление данного исследования является актуальным.

Как правило, пассажирский подвижной состав оборудуется системами централизованного и индивидуального (автономного) энергоснабжения для питания электроэнергией основных систем жизнеобеспечения, к основным из которых относятся следующие системы: освещение, отопление, вентиляция, кондиционирование. Под централизованным принято понимать энергоснабжение подвижного состава от локомотива, который в зависимости от типа тяги либо передает электроэнергию после преобразования от линии тягового энергоснабжения, либо от генераторной установки локомотива. К индивидуальному энергоснабжению относят генераторные установки, которые находятся на ходовых частях (тележках) и приводятся в движение за счет вращения колесных пар, а также автономные силовые генераторные установки и аккумуляторные батареи или другие источники питания. В данном исследовании рассматривается как раз такие источники питания, которые позволят осуществлять независимое энергоснабжение потребителей на железнодорожном подвижном составе.

В связи с ростом рынка электромобилей и необходимостью их транспортировки различными видами транспорта, в том числе и железнодорожным, возникает научно-прикладная задача по созданию систем комбинированного энергоснабжения специализированных вагонов для перевозки электромобилей. Так как данный тип подвижного состава предполагается использовать в составе пассажирских или туристических поездов, то он должен удовлетворять требованиям не только для грузовых вагонов, но и к пассажирских. Особенно это касается системы энергоснабжения. Поэтому вагон для перевозки электромобилей должен иметь возможность установки и закрепления электромобилей различных модификаций и типоразмеров, а также должен обеспечивать необходимый уровень зарядки аккумуляторов перевозимых электромобилей. При этом система энергоснабжения должна исключать возможность перезарядки или резкого перепада параметров питающей сети. Для этого предусматривается специальная система автоматического регулирования.

В качестве инновационного технического решения предложена также дополнительная подсистема зарядки от альтернативных источников питания, что позволяет обес-

печивать процесс зарядки электромобилей независимо от функционирования остальных систем. Данное техническое решение защищено патентом на полезную модель.

Таким образом, в работе поставлена и решена научно-прикладная задача по созданию системы комбинированного энергоснабжения специализированных вагонов для транспортировки электромобилей железнодорожным транспортом. Данное исследование выполнено в рамках бюджетной научно-исследовательской работы в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна.

Модернізація тепловозу ЧМЕЗ з використанням гібридної силової установки та вентильно-індукторних двигунів

Помазан Д.П., Буряковський С.Г., Маслій А.С., Денис І.В., Український державний університет залізничного транспорту

Як показує статистика, більше 40% маневрової роботи приходить на простій з двигуном, що працює, а 10-15% часу приходить на пересування без вагонів.

Дивлячись на це, використання потужних маневрових тепловозів не оправдане економічно, тому що їх використання при частковому завантаженні веде до перевитрат палива.

Нами пропонується варіант модернізації тепловозу із встановленням дизель-генераторної установки невеликої потужності із синхронним генератором, яка працює на зарядку акумуляторної батареї. Від батареї живляться через статичні перетворювачі тягові вентильно-індукторні двигуни.

При однаковій з серійними тепловозами потужності, тепловоз витрачає менше палива і вимагає менших витрат на технічне обслуговування. Крім того, даний тепловоз буде більш екологічний – використання в конструкції нового дизеля дозволяє істотно скоротити викид шкідливих речовин в атмосферу. Робота гібридного локомотива найбільш ефективна в режимі, який передбачає часті гальмування, зупинки, запуск і розгін тепловоза.

В якості тягового обраний вентильно-індукторний двигун, який відрізняється високою надійністю та високим ККД. Використання статичних перетворювачів покращує тягові характеристики тепловоза, тому що це дозволяє здійснити плавний пуск із необхідним прискоренням.

Перевагами вентильно-індукторних двигунів з використанням статичних перетворювачів є:

- простота конструкції;
- висока надійність;
- низька собівартість;
- низький момент інерції;
- можливість роботи у складних умовах;
- висока ремонтпригодність;
- низькі втрати в роторі;
- мінімальні температурні коефіцієнти.

Ці переваги показують перспективність застосування даного типу електромеханічних перетворювачів у якості тягових.

Для підтвердження доцільності модернізації обчислене річне споживання дизельного пального базовим тепловозом та модернізованим – річна економія пального складає близько 100 тонн. За життєвий цикл служби тепловоза у 10 років економічний ефект складає 4921490 грн.

Деякі аспекти використання бортової системи діагностики електровозу ВЛ10М6 для визначення енергетичних показників електричної тяги

Рипюк Д.П., ПАТ "УЗ" РФ "Придніпровська залізниця", Муха А.М., Балійчук О.Ю., Бондаренко Ю.С., Куриленко О.Я., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Оцінка ефективності роботи електровозів передбачає визначення складових повної потужності, показників якості і втрат електроенергії, а також коефіцієнта потужності чи коефіцієнта реактивної потужності. На сьогодні практично існують три способи визначення цих енергетичних характеристик і показників: апаратний (чи приладний); моделюванням; розрахунково-аналітичний по реально записаних в умовах експлуатації напругам і струмам досліджуваної системи.

Під час проведення аналізу результатів експериментальних поїздок для визначення основних енергетичних показників, було використано розрахунково-аналітичний, як найбільш ефективний і точний.

Для проведення глибокого аналізу і розрахунку основних енергетичних показників, аналізу роботи схеми електровоза ВЛ11М6, проведення необхідних розрахунків було проведено декілька експериментів:

- 1) моніторинг напруг та струмів в режимі тяги електровоза;
- 2) відеореєстрація роботи машиніста і схеми електровоза разом з моніторингом напруг та струмів під час рекуперації електровоза.

Перший етап був здійснений шляхом запису показів бортової системи. Як відомо, бортова система керування ДЛ5.3N призначена для обробки і відображення діагностичної інформації в кольоровому зображенні, а також для організації керування машиністом системою.

Прилад відображення блока ДЛ5.3N включає в свій склад відеомонітор, контролер, клавіатуру і здійснює:

- 1) функції аналізу діагностичної інформації з метою виявлення відхилень від норми;
- 2) керує процесом відображення аварійних і попереджувальних повідомлень на моніторі;
- 3) реєстрацію інформації в енергонезалежному модулі пам'яті, яка встановлена всередині системи.

Саме остання функція була використана для здійснення моніторингу напруг і струмів електровоза ВЛ11М6. Всі дані були перенесені з системи за допомогою флеш-пам'яті на ПК для оцифровування і подальшого аналізу та розрахунків. Для запису було здійснено декілька поїздок, в трьох з яких застосовувалось рекуперативне гальмування.

Другий етап базувався на відеореєстрації роботи машиніста і схеми електровоза разом з моніторингом напруг та струмів під час рекуперації електровоза. Для цього було використано відеореєстартор, який під час рекуперативного гальмування записував покази приладів панелі керування, дії та коментарі машиніста по роботі схеми та підходам керування.

Отримані за допомогою бортової системи діагностування значення струмів, напруг та інших показників роботи електровоза склали основу подальшої статистичної обробки. Як свідчать результати попередніх досліджень, часові залежності напруг на струмоприймачі і струмів в силовому колі електровоза в режимі рекуперації являються випадковими процесами. А як відомо, загалом в залежності від характеру зміни випадкових процесів – стаціонарний чи нестаціонарний, ергодичний чи неергодичний – способи визначення їх імовірнісних характеристик різні. Проведені подальші досліджень напруг і струмів, як

випадкових процесів, дозволили встановити характер зміни цих процесів, згідно з ознаками, які наведені в теорії випадкових функцій.

Романит-УВЛШ - современный высокотехнологичный материал для накладок токоприемников электроподвижного состава, обеспечивающий создание защитно-восстановительного покрытия рабочей поверхности контактного провода

Романов С.М., ТОВ «КИН», Муха А. М., Балийчук А.Ю., Куриленко О.Я,
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

В период с 14.06.2016 г. по 26.07.2016 г. на участке Городок-Затока-Мшана ЛЖД проводилась опытная эксплуатация накладок полоза токоприемников из материала "Романит-УВЛШ". Доля проходов электроподвижного состава оборудованного накладками из "Романит-УВЛШ" к концу периода испытаний достигло 76,25%. Одним из основных положительных результатов использования нового материала является улучшение качества рабочей поверхности контактного провода.

На фотографиях, снятых 26 июля 2016 года хорошо видна поверхность контактного провода - ровная, жирная, блестящая, покрытая защитной предохранительной токопроводящей пленкой, все шероховатости, подранности, потертости, борозды и вырывы заполнены глобулами углерода, которые предохраняют контактный провод от износа и как результат произошло восстановление изношенной и подранной поверхности контактного провода.

Это явление объясняется тем, что основной составляющей материала «Романит-УВЛШ» является многослойная глобула углерода размером около 10 нм, структура которой очень активна в окислительно-восстановительных реакциях, обладающая сорбционными и каталитическими свойствами и обладающая наиболее высокой симметрией и большой стабильностью. В связи с этим материал «Романит-УВЛШ» представляет собой элементоорганическое соединение глобулы углерода размером 10 нм, с дисульфидом молибдена, высокопрочными модульными углеродными волокнами типа «Урал», медью и гранулами графита, так называемые нити жемчуга, при этом глобулы углерода выполняют роль основной цепи. Это подтверждается металлографическим анализом, произведенным словацкой фирмой "Трибо-металл" в лабораториях Германии.

В материале «Романит-УВЛШ» присоединение к многослойной глобуле углерода, размером около 10 нм, металлсодержащего радикала уменьшает сродство этой молекулы к электрону, в результате чего обеспечивается высокая прочность материала, износостойкость, низкое удельное сопротивление, способность создания высокопрочной предохранительной защитной пленки на поверхностях трения, как на контактном проводе, так и на самой накладке, низкий коэффициент трения $\mu=0,005-0,008$ (исследования проведенные Институтом Проблем Материаловедения НАН Украины).

Накладки полоза токоъемников материала «Романит-УВЛШ» под вакуумом пропитываются графитсодержащим маслом. Частицы графитсодержащего масла в результате пропитки под вакуумом заполняют полость глобулы углерода, и частица графитсодержащего масла прочно удерживается атомами глобулы углерода в полости глобулы, образуя с ней одно целое.

Защитная пленка на контактном проводе образовалась уже при 1300 проходах токоприемников из материала «Романит-УВЛШ». Высокую прочность этой пленки подтверждает то, что ее не в состоянии счистить 24% проходов применяемых в настоящее время токоприемников от общего числа проходов. Такая высокая прочность предохранительной защитной пленки объясняется прочным соединением глобулы углерода с матери-

алом контактного провода, что к тому же резко снижает потери электроэнергии. Полученные результаты показывают способность накладок полоза токоприемников из материала «Романит-УВЛШ» восстанавливать изношенную поверхность контактных проводов и увеличивать их срок службы в 20-30 раз.

Inverter operation modes for the power supplying of the air conditioners of passenger cars with the double-generator independent system

Khomenko I. Yu., Dnipropetrovsk national university of railway transport
named after academician V. Lazaryan

Usually if the passenger car is equipped with an air conditioning system for the electrical equipment power supplying one powerful generator with the belt drive from the wheelset axle center is used. Significant cost of such equipment doesn't allow the mass old cars modernization during which the air conditioners should be installed. That is why a variant of reducing modernization costs without air conditioning system quality impairment is studied.

Double-generator independent power supply system of passenger cars that consist of generators and drive belts of the cars that doesn't have air conditioning systems but instead of one two generators with the belt drive from the wheel set axle flank are installed on the car, one generator on each bogie. Such system can be an alternative to the one-generator power supply scheme. This system usage can reduce the modernization cost in several times but there are some difficulties due to the limitation of the generators total power; the necessity of the usage of economical equipment and atypical modes of its operation.

Depending on the scheme of connection, generators in a double-generator system can work parallel if they have shared load or independently from each other, that is each generator is used for its own consumers supplying. In this paper the ways of overcoming the obstacles that appear while the additional generator operates, when its load is a compressor engine of the air conditioner, are studied.

Usually if there is only one source of power the car air conditioner uses just a part of generator power, not more than 50%. Accumulator battery and other car equipment are also its power consumers. In the double-generator independent system, the single load of the additional generator is an air-conditioner compressor engine, which is engaged through the inverter. Consumption power of the compressor engine can reach nominal power of the generator. First testing of the experimental passenger car with such power supplying system has shown that there were harmonic oscillations of the frequency and voltage and it was impossible to remove them by the voltage regulator adjustment. The other methods such as putting damping coils into generator; the capacitance increase of the reservoir capacitor in inverter etc also did not help. All this led us to do in-depth analysis of the generator-inverter-load (engine of the air conditioner compressor) system stability.

Conducted theoretical research of the different loads and inverter operation modes allowed to ground and to realize on practice inverter operation mode on the experimental passenger car. This mode is characterized by the fact that output inverter frequency and voltage are in direct proportion to the input inverter voltage. The testing of the experimental passenger car with changes in the power supply system that were done according to the conducted research have proved sufficient quality of the car electrical equipment operation.

Obtained results allow to solve different problems connected with the reliable power supply of the car air conditioning systems in those cases when the generator power is limited for example in the case when the double-generator scheme of the power supply is used.

In the article experimental data of the prototype passenger car that was modernized according to the mentioned double-generator scheme are used. The reasons of the unstable opera-

tion of the electrical equipment in the network generator-inverter-engine (of the air conditioner compressor) are studied and operation mode that provide stable equipment work in the double-generator independent system is proposed.

Про необхідність пошуку схемоконструктивних рішень перетворювальних агрегатів при модернізації тепловозів ЧМЕЗ багатодизельними силовими установками

Шаповалов Д. Ю., Забарилло Д. О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Проведені в Україні модернізації тепловозів ЧМЕЗ в однодизельному варіанті виконувалися на основі наступних вимог:

- продовження терміну служби рами та візків на 25 років;
- заміна дизеля та генератора новими більш сучасними;
- заміна частини елементів пневматичної системи (в тому числі компресора);
- установка нової модульної кабіни машиніста.

Оскільки сучасні дизелі мають більші номінальні швидкості обертання, в якості нового тягового генератора були обрані синхронні машини, до найголовніших переваг яких відносяться кращі масо-габаритні показники та більша експлуатаційна надійність.

Проміжною ланкою між синхронним генератором та колекторними двигунами постійного струму служить випрямляч. В дводизельному варіанті при використанні такої схеми виникають певні труднощі, оскільки на тепловоз мають бути встановлені два дизеля та два синхронних генератори. Це забезпечує режим 50% живучості, але ставить ряд питань щодо:

- живлення компресора та приводів допоміжних потреб, оскільки дизелі працюють по черзі (в роботі завжди дизель з меншим числом напрацьованих мотогодин);
- прогріву дизеля, який зупинено, у зимовий час;
- опалення кабіни машиніста;
- роботи світлосигнальних приладів та світильників на ходовій частині.

Однією з важливих задач, що потрібно вирішити при застосуванні дводизельної системи, - це поєднання двох синхронних генераторів в одну єдину ланку, щоб забезпечити стабільним живленням як тягових двигунів, так і допоміжних машин разом з пристроями власних потреб. Оскільки частота обертання валів двох генераторів практично завжди буде різною, то і величина напруги на їх затискачах також буде відрізнятися, тому безпосередньо паралельно з'єднувати генератори неможна, оскільки, внаслідок різниці е. р. с., будуть протікати вирівнюючі струми. Тому, як один з можливих варіантів, потрібно спочатку випрямити напругу, а потім паралельно з'єднати випрямлячі. Далі із загальної ланки можна жити постійною напругою як тягові, так і нетягові споживачі.

На даний час проводяться дослідження інших варіантів схемних рішень, направлених на забезпечення стабільної роботи багатодизельних систем з синхронними генераторами.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ»

Селективне визначення пошкодженого фідера за однофазного замикання на землю Базилевич М.В., Сабадаш І.О. (Львівська політехніка)	5
Застосування модифікованої інтерполяційної моделі гістерезису до аналізу процесів в установках намагнічування великогабаритних феромагнітних деталей циліндричної форми Бондар О.І. (ДНУЗТ)	6
Моделювання та оптимізація параметрів зарядних пристроїв в системах електропостачання Борщ Б.О. (ДНУЗТ)	6
Определение места короткого замыкания в контактной сети железнодорожной станции Быкадоров А.Л., Заруцкая Т.А., Триллер А.А. (РГУПС)	7
Діагностування релейної апаратури залізничної автоматики Гаврилюк В.І., Дуб В.Ю. (ДНУЗТ)	8
Дослідження можливості прискореного відключення швидкодіючих вимикачів Данилов О.А., Сировець А.В. (ДНУЗТ)	9
Особливості струмознімання в зоні струморозділення Дьяков В. О., Антонов А. В., Звягинцев С. В. (ДНУЗТ)	10
Вплив системи тягового електропостачання змінного струму на якість електричної енергії у лініях живлення нетягових споживачів Земський Д.Р. (ДНУЗТ)	11
Вибір оптимальної структури підсилюючих пунктів для системи тягового електропостачання постійного струму при швидкісному русі Зюзь Г.О. (ДНУЗТ)	12
Інтеграція фотоелектричних джерел енергії з накопичувачами в мережі електрифікованого залізничного транспорту Косарев Є. М., Чумаченко А. С. (ДНУЗТ)	13
Дослідження потенціалу енергозбереження за рахунок оптимізації графіку руху поїздів Кузнецов В.Г., Кравцов А.В. (ДНУЗТ)	14
Аналіз можливостей залучення фінансів під енергоощадні проекти з Програми транскордонного співробітництва Польща-Білорусь-Україна 2014-2020 Кузнецов В.Г. (ДНУЗТ)	15
Дослідження ефективності застосування фотоелектричних джерел електроенергії в системах тягового електропостачання. Синтез оптимальної структури силових перетворювачів Лавренюк О.С. (ДНУЗТ)	16
Оптимізація параметрів розподіленої системи комбінованого типу на високошвидкісних магістралях Липський М. Г. (ДНУЗТ)	17

Діагностування стану ізоляції обмоток силових трансформаторів Макар В.В., Ляшук В.М. (ДНУЗТ)	18
Дослідження ефективності роботи автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії побутових споживачів ПАТ ДТЕК Дніпрообленерго Мартиненко В.І. (ДНУЗТ)	18
Інновації в розвитку електроенергетичної інфраструктури електрифікованого залізничного транспорту України Матусевич О. О. (ДНУЗТ)	19
Розробка методології удосконалення режиму напруги в тяговій мережі при підвищенні швидкості руху Мельничук П.Ю., Ляшук В.М. (ДНУЗТ)	21
Розробка математичної моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану електрообладнання Міронов Д. В., Коваленко І. В. (ДНУЗТ)	21
Відповідність інфраструктури залізниць України для швидкісного руху Омельчук М. В. (ДНУЗТ)	23
Повышение качества токосяема при высокоскоростном движении за счет применения распределенной компенсации Павличенко М. Е. (ООО ДДК)	24
Аналіз ефективності електроспоживання ПАТ Південного гірничо-збагачувального комбінату Пилипенко М.І. (ДНУЗТ).....	25
Можливість використання альтернативних джерел електроенергії на власні потреби тягової підстанції G Полях О.М., Кугаєнко Ю.О., Решетняк Т.П. (ДНУЗТ).....	26
Енергоменеджмент ЕЧ-Х та оптимізація споживаної електроенергії при застосуванні нетрадиційних джерел живлення Полях О.М., Сущенко К.Б., Решетняк Т.П. (ДНУЗТ)	27
Аналіз стійкості енергетичних систем по напрузі при впровадженні високошвидкісного руху Рогоза А.В. (ДНУЗТ).....	28
Замкнутая система автоматического регулирования напряжения преобразовательного агрегата с активным фильтром-стабилизатором Семененко Ю.А. (УкрГУЖТ).....	29
Автоматика высоковольтных выключателей тяговой подстанции с использованием программированного реле Склярський Б.С. (ДНУЗТ)	30
Про можливість застосування ПРАКМ на мостах з їздою понизу Сушко О. Ю. (ДНУЗТ).....	30
Дослідження та вибір типу накопичувачів електроенергії в системах електричної тяги Тюрин М. В. (ДНУЗТ).....	31

Дослідження систем тягового електропостачання постійного струму для впровадження організації високошвидкісного руху Шарипкін А.Р. (ДНУЗТ)	32
Вплив якості електричної енергії в лініях два проводи-рейка Шевченко Ю. В. (ДНУЗТ)	33
Дослідження ефективності застосування фотоелектричних джерел електроенергії в системах тягового електропостачання. Раціональне конструктивне виконання Євглевський І.В. (ДНУЗТ)	34
Розробка енергоефективної технології перевізного процесу при сумісній роботі системи централізованого тягового електропостачання та системи розподілених альтернативних джерел електроенергії Сиченко В.Г., Кузнецов В.Г., Вернигора Р.В., Огороков А.М., Папахов О.Ю., Жарко І.О. (ДНУЗТ), Пулін М. М. (Львівська залізниця)	34
<i>СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ»</i>	
Вибір концепції тягового електроприводу для швидкісного електрорухомого складу Арпуль С. В., Пушкар С. В. (ДНУЗТ)	36
Выбор структуры и параметров тягового электропривода автономного моторвагонного подвижного состава Афанасов А.М., Арпуль С.В., Демчук Р.Н. (ДНУЗТ)	37
Експериментальні дослідження роботи електромашинного перетворювача електропоїзду ЕПЛ2Т у режимі рекуперативного гальмування Богданов С. Є. (Придніпровська залізниця), Муха А. М., Балійчук О. Ю. Бондаренко Ю. С., Куриленко О.Я. (ДНУЗТ)	38
Покращення енергосумісності рухомого складу і мережі живлення Васильєв В.Є. Скрыбін І.П. (ДНУЗТ)	39
Моделювання електромагнітних процесів в силових колах електровозів постійного струму Васильєв В.Є. Скрыбін І.П. (ДНУЗТ)	39
Система климатизации пассажирских вагонов с использованием термоэлектрических элементов Габринец В.А., Титаренко И.В., Решетняк Т.П., Макуха К.С. (ДНУЗТ)	40
Випробування нових типів рухомого складу на електромагнітну сумісність з системами сигналізації та зв'язку Гаврилюк В.І. (ДНУЗТ)	41
Об особенностях выбора параметров номинального режима электропоездов с асинхронным тяговым приводом Гетьман Г. К., Марикуца С. Л. (ДНУЗТ)	42
Про визначення еквівалентного ухилу залізничних колій підприємств по відкритому видобутку корисних копалин Гетьман Г. К., Васильєв В. Є. (ДНУЗТ)	43
Аппроксимация универсальной магнитной характеристики Друбецкий А.Е. (ДНУЗТ)	43

Методичні основи обстеження тягового рухомого складу залізниць та способи попередження передчасних руйнувань з утворенням надзвичайних ситуацій Коваленко В.В., Горобець В.Л., Заяць Ю.Л. (ДНУЗТ)	43
Питання енергоефективності та економії енергії в діяльності сучасних систем життєзабезпечення пасажирського рухомого складу залізниць Колесников С.Р. (ДНУЗТ)	44
Система комбінированного енергоснабження специализированных вагонов Мямлин С.С., Кебал И.Ю. (ДНУЗТ)	46
Модернізація тепловозу ЧМЕЗ з використанням гібридної силової установки та вентильно-індукторних двигунів Помазан Д.П., Буряковський С.Г., Маслій А.С., Денис І.В. (УкрДУЗТ)	47
Деякі аспекти використання бортової системи діагностики електровозу ВЛ10М6 для визначення енергетичних показників електричної тяги Рипюк Д.П. (Придніпровська залізниця), Муха А.М., Балійчук О.Ю., Бондаренко Ю.С., Куриленко О.Я. (ДНУЗТ)	48
Романит-УВЛШ - современный высокотехнологичный материал для накладок токоприемников электроподвижного состава, обеспечивающий создание защитно-восстановительного покрытия рабочей поверхности контактного провода Романов С.М. (ТОВ КИН), Муха А. М., Балійчук А.Ю., Куриленко О.Я. (ДНУЗТ)	49
Inverter operation modes for the power supplying of the air conditioners of passenger cars with the double-generator independent system Khomenko I. Yu. (DNURT).....	50
Про необхідність пошуку схемоконструктивних рішень перетворювальних агрегатів при модернізації тепловозів ЧМЕЗ багатодизельними силовими установками Шаповалов Д. Ю., Забаріло Д. О. (ДНУЗТ)	51