

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНСТИТУТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ (ВАРШАВА)
НВП «УКРТРАНСАКАД»
ТОВ «ЕЛЕКТРОТЯГОВІ СИСТЕМИ»



МАТЕРІАЛИ
VI Міжнародної
науково-практичної конференції
“ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ
ТА В ПРОМИСЛОВOSTІ”
(10.06 – 13.06.2015)

Воловець
2015

УДК 621.331

Енергозбереження на залізничному транспорті та в промисловості:
Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції
(Воловець, 10 червня – 13 червня 2015 р.) – Д.: ДНУЗТ, 2015. – 134 с.

У збірнику представлені матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ ТА В ПРОМИСЛОВОСТІ», яка відбулася 10 червня – 13 червня 2015 р. в смт. Воловець, Закарпатської обл.

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

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Мямлін С. В. – д.т.н., професор (ДІТ, Україна)

Кузнецов В. Г. – д.т.н., професор (ДІТ, Україна)

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

Адреса редакційної колегії:

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

Матеріали у збірнику друкуються мовою оригіналу в редакції авторів.

Зміна електротехнічних параметрів підземного металевого трубопроводу під впливом високочастотної складової напруги станцій катодного захисту

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

Трубопровідний транспорт є найбільш ефективним для транспортування значних об'ємів сировини на великі відстані. Природний газ є важливою складовою енергетичної системи України, яка має одну з найбільш розгалужених трубопровідних систем в Європі. Понад 90 відсотків цієї системи складають підземні металеві трубопроводи. Забезпечення транспортування енергетичної сировини без втрат є важливою задачею. Неконтрольовані витoki природного газу, аміаку, нафти окрім фінансових збитків несуть значні екологічні ризики. Мінімізацію втрат забезпечує цілісність трубопроводу, як елемента системи транспортування. Порушення цілісності металевого трубопроводу значною мірою зумовлено електрохімічною корозією. Зниження інтенсивності електрохімічних корозійних процесів забезпечується системою електрохімічного захисту від корозії підземних металевих трубопроводів. До цієї системи в якості активних елементів входять станції електрохімічного (катодного) захисту (СКЗ). СКЗ створюють захисний потенціал на трубопроводі шляхом формування сталої напруги певної величини, яка містить періодичні пульсації. Це зумовлює таке поле струмів в ґрунті, що перешкоджає стіканню струмів з трубопроводу.

Підвищення якості захисту підземного металофону забезпечується використанням СКЗ нового схемотехнічного рішення. До такого відносяться використання високочастотних інверторів струму (напруги), що значно покращує не тільки масо-габаритні показники, але й забезпечує широкі регульовальні властивості СКЗ. Водночас, перехід до високочастотного перетворення електричної енергії вносить певні особливості у роботу електротехнічного комплексу системи електрохімічного захисту від електрохімічної корозії підземних металевих трубопроводів.

На активний опір трубопроводу значною мірою впливає не тільки частота але й радіус трубопроводу. Характер зміни індуктивності відрізняється для різних діаметрів трубопроводів та частот. Трубопроводи великого діаметру (магістральні, середнього та низького тиску природного газу) мають значення індуктивності близькі одне до одного. Для трубопроводів з радіусом до 0,25 м. (розподільчі мережі низького тиску) цей параметр коливається в значних межах. Реактивний опір трубопроводу також має тенденцію до збільшення зі зменшенням діаметру трубопроводів й зростанням частоти напруги, й має найбільше значення для діаметрів, що властиві розподільчим мережам (радіусом трубопроводу менше 0,5 м.). Слід зауважити, що збільшення опору трубопроводу зумовлює збільшення струмів, що стікають.

Аналіз впливу частотного спектру вихідної напруги станцій катодного захисту підземного металевого трубопроводу на електротехнічні параметри системи «СКЗ – підземний трубопровід – ґрунт – залізнична колія» свідчать про можливість побудови нового підходу до процесу формування захисного потенціалу шляхом врахування змін у величинах індуктивності, сталої розповсюдження (опосередкованої характеристики струмів, стікання з трубопроводу), частотного впливу на об'єкт, що захищається. Вказаний підхід найбільшою мірою є ефективним при використанні його у розподільчих газотранспортних мереж з трубопроводами невеликого діаметру, які є такими, що домінують за кілометражем у загальній газотранспортній системі України. До того ж, трубопроводи низького тиску розташовані в місцях, в яких є активними струми, що блукають, які зумовлені техногенними факторами.

Використання енергозберігаючих віртуальних тренажерів в процесі підготовки фахівців інженерних спеціальностей

Акулов А.С., Железнов К.І., Заболотний О.М., Чабанюк Є.В., Швець А.О.,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
ім. акад. В. Лазаряна (ДНУЗТ)

Інформаційні технології стали невід'ємною частиною життя сучасного суспільства. У зв'язку з цим перед сучасною системою освіти ставиться складне завдання випередження підготовки нового покоління до умов існування та професійної діяльності в глобальному інформаційному суспільстві.

Однак на сьогоднішній день багато навчальних закладів стикаються з проблемами, що знижують ефективність придбання студентами практичних навичок:

- у вузів часто обмежені можливості забезпечення студентів обладнанням, матеріалами та іншими засобами, за допомогою яких учень придбав би практичні навички, засвоївши при цьому раніше отримані теоретичні знання;
- обсяг практичних занять, що відводяться на освоєння дисциплін, стає дуже обмежений, внаслідок чого швидкоплинність проведення лабораторних робіт не дозволяє студентам встигнути осмислити проведені дослідження;
- проведення лабораторних робіт на натурних установках супроводжується відповідними експлуатаційними витратами, основною статтею яких зазвичай є витрати на електроенергію.

Таким чином, саме завдання освоєння практичних навичок є однією з найбільш складних завдань у процесі навчання й підготовки фахівців. Завдяки розвитку комп'ютерної техніки та інформаційних технологій з'явилася можливість вирішити це завдання за рахунок застосування мультимедійних тренажерних засобів.

При роботі на грамотно спроектованому тренажері студент, застосовуючи наявні знання, отримує досвід, дуже близький до роботи в реальних умовах, й одночасно йде процес уточнення та закріплення його теоретичних знань. Важливо, що при цьому студентам обов'язково доводиться міркувати, творчо підходити до вирішення поставленого завдання. В результаті не просто розвиваються навички роботи з обладнанням або формується звичка дій по необхідному алгоритму, але й розвивається логічне та образне мислення, здатність вирішувати завдання на основі засвоєного обсягу теоретичної інформації. Таким чином, в роботі на тренажерах максимально зближуються процеси отримання та закріплення знань. Тренажерні технології активізують пізнавальні процеси учня, не обмежуючи його свободу дій в процесі пошуку вірного рішення.

Як переваги використання тренажерів (навіть у порівнянні з роботою на реальних лабораторних стендах) можна відзначити наступне:

- інтенсифікація навчання без втрати якості засвоєння матеріалу;
- можливість проведення лабораторних робіт фронтальним методом, що істотно підвищує ефективність цього виду навчання;
- можливість широкої зміни умов експерименту;
- можливість моделювання й безпечного дослідження екстремальних та аварійних режимів роботи обладнання;
- можливість відносно легкої та швидкої модифікації елементів досліджуваного обладнання до новітніх промислових зразків;
- забезпечується суттєве енергозбереження в порівнянні з використанням реальних лабораторних стендів, економія навчальних площ, зниження капітальних, експлуатаційних та інших витрат.

Исследование взаимодействия контактных подвесок с токоприемниками

Антонов А. В., Стороженко А. С., Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта им. акад. Лазаряна

В настоящее время, железная дорога является главным средством транспортировки пассажиров и грузов. Повышение скоростей движения поездов вызывает необходимость ужесточения требований по надежности и безопасности движения, при этом, весь комплекс устройств системы тягового электроснабжения работает на обеспечение бесперебойной работы электроподвижного состава (ЭПС). Главным электрическим аппаратом, с помощью которого осуществляется обеспечение необходимой мощностью ЭПС является токоприемник и уже на протяжении более ста лет, вопрос надежности его работы и увеличения срока службы токосъемных элементов является актуальным.

С целью повышения надежности работы токоприемника, при высоких скоростях движения, широко применяют методы анализа его взаимодействия с контактной сетью. Задачей которых является свести к минимуму колебания токоприемника, которые превышают граничные условия при движении вдоль пролета. Методы исследований взаимодействия контактной подвески с токоприемником можно разделить на аналитические, моделирующие и экспериментальные. Эти методы анализа могут способствовать более точно и эффективно моделировать все процессы, происходящие в области контакта пары трения «вставка – контактный провод».

Для развития высокоскоростного движения в развитых странах мира используются модальные анализы, различные методы расчета жесткости контактной подвески, методы теории вероятности и как основной – метод численных моделей, который основан на базовой концепции системы уравнений движения контактной численной модели с токоприемником.

Основная идея данного метода заключается в том, что данные о движении ЭПС в пределах всего диапазона, будут обновляться с определенным интервалом и на всех уровнях движения, включая в себя контактную сеть и действующий токоприемник.

Алгоритм данного метода включает в себя:

- контроль за положением скорости;
- вычислительные процессы интеграции осуществляются после каждого шага;
- фиксирование смещения линии соприкосновения токоприемника и контактного провода.

Для проверки предложенного метода существует международный стандарт BS EN 50318 «Системы сбора тока. Оценка моделирования динамического взаимодействия между пантографом и воздушной контактной линией». Анализ данного метода начинает работать после получения равновесия подвижных кронштейнов, которые установлены на опорах каждого диапазона движения.

Для исследования взаимодействия между токоприемниками поезда и контактной сети существует трехмерная методология для вычислительного анализа, основанная на методе конечных элементов, используемых для поддержки моделирования токоприемника.

Для анализа работы колебательной системы взаимодействия токоприемника с контактной сетью, определения кривой нажатия вдоль пролета, эластичности контактной подвески и поджатий контактного провода в жестких точках необходимо разработать цепную модель, которая будет анализировать изменяемые параметры токоприемника. Она должна представить собой подробное описание динамики взаимодействия контактной сети и токоприемника.

Діагносування вугільних вставок як засіб ресурсозбереження

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

Коли йде мова про підвищення ефективності використання ресурсу контактної мережі, мають на увазі доведення її строку експлуатації до максимально можливого, при якому менших затратах на обслуговування та ремонт.

Струмознімальні елементи та контактний провід, в процесі експлуатації піддаються механічному, електричному та електромеханічному зношуванню. Механічний знос виникає у результаті впливу абразиву, а електрична складова зносу з'являється при появі відривів.

При аналізі характеру зносу вставок, викликаного тим, в якому із трьох рядів розташований струмознімальний елемент, встановлені два різних види зносу його поверхні. Передній і задній ряд вставок мають сколи різної площі, для переднього ряду сколи розташовуються ближче до передньої частини вставок, а для заднього ряду – ближче до задньої.

Поява сколів на передній, набігаючій частині вставок першого ряду, полягає в ударному впливі на це місце вставки контактного проводу, а сколи на збігаючій частині вставки третього ряду в основному викликані іскровим та дуговим впливом. Вставки другого ряду мають менше всього бокових сколів, поверхня має шліфовану поверхню.

При впливі електричної дуги на поверхню вугільної вставки, простежується руйнування вибухом з появою лунок. Необхідно відмітити, що руйнування вибухом не тільки приводить до руйнування самої вставки, але ще й впливає на межі міцності та текучості контактного проводу, що викликає руйнування останнього.

Впровадження в експлуатацію вугільних вставок значно знизило знос контактного проводу, але цього вдалося досягти за рахунок зниження міцнісних характеристик вставок. Відомо, що твердість та питомий електричний опір зв'язані між собою, так від твердості зносостійкість залежить наступним чином: чим вона вища тим менша складова механічного зносу, але вища електрична.

Аналіз пошкоджуваності елементів та конструкцій об'єктів струмознімання електрифікованих залізниць, а також застосування різноманітних матеріалів в пристроях контактної мережі та струмоприймачах електрорухомого складу, способів виробництва та обробки, методів оцінки якості та придатності для конкретних випадків практичного застосування – все це визначає нагальну необхідність в комплексному вивченні властивостей матеріалів та виробів і їх поведінку при різноманітних навантаженнях, близьких до умов експлуатації.

Робота по забезпеченню необхідного рівня надійності та зменшенню витрат на ремонт і експлуатацію, можлива за рахунок створення високоефективних засобів для діагностування вугільних струмознімальних вставок.

Визначення потужності швидкісного електрорухомого складу для залізниць України

Арпуль С. В., Білозора Д. І., Орлов А. О. (ДНУЗТ)

Україна має високорозвинену мережу залізниць. Велика провізна спроможність залізниць, стабільність їх роботи та порівняна дешевизна перевезень сприяли тому, що залізничний транспорт був і залишається у країні основним перевізником.

Однак сьогодні залізниці вже не повною мірою відповідають сучасним вимогам, які висуваються до транспорту, насамперед щодо тривалості поїздок.

Незважаючи на вжиті за останні роки заходи з оновлення верхньої будови колії, земляного полотна та рухомого складу, максимально дозволена швидкість руху поїздів на залізницях залишається невисокою.

Радикальним заходом, який дасть залізницям змогу зберегти передові позиції у сфері пасажирських перевезень, є створення мережі швидкісних магістралей, що забезпечить значне зростання обсягів залізничних перевезень, у тому числі за рахунок залучення пасажирів з інших видів транспорту. Це підтверджує і досвід Західної Європи, де завдяки підвищенню швидкості руху поїздів залізниці мають перевагу перед авто- та авіатранспортом на відстанях 250...500 км і на рівних конкурують з авіацією на відстанях 500...1000 км.

З метою впровадження швидкісного руху необхідно розв'язати проблеми, які раніше не стояли перед залізничним транспортом. Це, зокрема, кардинальне підвищення технічного рівня інфраструктури залізниць, організація виробництва швидкісного рухомого складу та іншої залізничної техніки, створення нових комп'ютерних систем, засобів передачі енергії, інформації і т.і.

В даній роботі вирішується проблема визначення раціональної, з точки зору енергоефективності, потужності швидкісного електрорухомого складу для залізниць України.

Ряд важливих експлуатаційних характеристик залізниці залежить від номінальної швидкості та сили тяги електрорухомого складу. Саме вони визначають значення припустимої составності поїзда, максимального прискорення, що реалізується у період розгону та реалізації конструктивної швидкості руху поїзда. Тому вирішення задачі визначення оптимальної потужності зводиться до пошуку раціональної комбінації зазначених вище параметрів і повинно базуватися на дослідженні взаємозв'язку цих параметрів з основними параметрами, що характеризують процес перевезень.

В якості показника раціональності вибраних параметрів швидкісного електрорухомого складу запропоновано витрати електроенергії на тягу поїздів при заданій тривалості поїздки. Визначення цього показника базується на результатах тягових розрахунків, тому вирішення поставлених завдань вимагає розробки методик визначення параметрів рівняння руху та витрат електроенергії на тягу поїздів.

Використання енергоефективного електрорухомого складу забезпечить високі показники експлуатаційної роботи, сприятиме залученню залізницями додаткових обсягів міжміських та міжнародних перевезень, підвищенню мобільності населення у результаті позитивних змін в економіці та соціальній сфері, розширенню міжнародного співробітництва.

Анализ режимов пуска автономного электропоезда при питании тягового электропривода от ионистора

Афанасов А.М., Арпуль С.В., Неверова В.С. (ДНУЖТ)

Наличие неэлектрифицированных участков в сети железных дорог Украины требует использования автономного тягового и моторвагонного подвижного состава. В настоящее время данная проблема решается за счёт эксплуатации тепловозов и дизель-поездов. Отсутствие в парке автономного подвижного состава аккумуляторных электропоездов объясняется, в основном, высокой себестоимостью и низкими энергетическими показателями современных электрохимических источников энергии.

Анализ истории и перспектив развития электрохимических источников показывает, что в ближайшем будущем применение таких накопителей энергии на моторвагонном подвижном составе будет экономически целесообразным и сопоставимым по энергетическим показателям с существующим вариантом питания тягового электропривода от контактной сети. При этом основной проблемой питания тягового электропривода от электрохимических источников будет оставаться ограничение мощности разряда и заряда накопителя (батареи). Режимы пуска и остановочного электрического торможения требуют отбора и возврата энергии со значениями мощности, на порядок большими, чем в установившихся режимах движения электропоезда. Решением данной проблемы может быть применение в качестве дополнительного накопителя энергии ионисторов (суперконденсаторов).

Разряд и заряд ионисторов возможен с высокими значениями мощности при незначительных потерях энергии. Плотность накопленной энергии для ионисторов значительно меньше, чем для электрохимических источников, поэтому использование только ионисторов в качестве накопителя энергии будет нецелесообразным. Наиболее рациональным будет решение об использовании электрохимического источника, как основного накопителя энергии, и ионистора, как дополнительного накопителя, используемого только в режимах пуска и остановочного торможения.

Главной особенностью режима пуска электропоезда с питанием электропривода от предварительно заряженного ионистора заключается в том, что по мере разгона требуется повышение напряжения питания тягового электропривода, а напряжение на суперконденсаторе при этом снижается. Такой характер изменения напряжений на источнике и потребителе электроэнергии требует применения специального преобразователя. Требуется преобразователь, который в начале пуска будет обеспечивать преобразование мощности с понижением напряжения, а в конце пуска – с повышением.

Результаты анализа режимов пуска автономного электропоезда на площадке при питании тягового электропривода от ионистора показывает, что для обеспечения пуска электропоезда до скорости 30 м/с (108 км/ч) с питанием электропривода от ионистора с плотностью энергии $4 \cdot 10^4$ Дж/кг (реальное значение плотности энергии) требуется повышение нагрузки на ось электропоезда не более, чем на 1,8 %. Необходимая общая масса ионисторов на один вагон электропоезда массой 80 т для данных характеристик пуска составляет приблизительно 1,4 т.

Использование ионистора в качестве накопителя электроэнергии на дизель-поездах с электрической передачей даст возможность применять рекуперативное торможение с последующим использованием накопленной энергии в режиме тяги и, тем самым, позволит снизить расход топлива.

Комплексні порівняльні випробування накладок пантографів на мережі постійного струму

Баб'як М.О., Львівська філія ДНУЗТ

Робота електричних контактів пов'язана із складними фізико-хімічними процесами, які протікають на їх поверхнях та у внутрішніх областях. В експлуатації, в результаті хімічних реакцій і проходження струму, на поверхні контактів формуються особливі шари, відмінні від шарів, що утворюються при окисленні звичайних фрикційних пар тертя, що можуть значно вплинути на первинні властивості матеріалу. Таким чином, процеси, що протікають в контакті, в сукупності дають багатонаправлену дію на матеріал контактів. Все це необхідно враховувати при аналізі пошкоджуваності контактної дроти.

і струмоз'ємних елементів, при виборі умов їх роботи і матеріалу для них, аби забезпечити найбільшу надійність роботи струмоз'ємного вузла.

Зняття великих струмів при високій напрузі забезпечується парою ковзного контакту, що складається з контактного дроту і струмоз'ємних елементів, встановлених на полозах струмоприймачів електрорухомого складу. У зв'язку з цим, дуже важливим є вивчення процесів на поверхнях контактів і в міжконтактному проміжку, що дозволяють оптимізувати вимоги до матеріалів контактів, умов їх роботи і в кінцевому підсумку підвищити надійність передачі струму від контактної мережі до електрорухомого складу.

Однією з актуальних проблем електрифікованих залізниць залишається підвищення надійності і збільшення ресурсу роботи струмоз'ємного вузла, особливо на перевалах, де крім важких умов проходження кривих є складність забезпечення струмових навантажень у режимі тяги одночасно чотирьох електровозів, а також при рекуперативному гальмуванні.

У 2009-2014 роках фахівцями ДНУЗТ досліджувалися різні типи накладок струмоприймачів в умовах локомотивних депо Львів-Захід та Мукачево Львівської залізниці.

Останні етапи роботи здійснювались згідно договору № 85/2012-ЦТех-217/2012 – ЦЮ від 21.09.2012 р., під керівництвом головного наукового співробітника, д.т.н. В.Л. Горобця. Проведено аналіз нормативної документації, даних експериментальних і експлуатаційних досліджень; розроблено технічне рішення з порівняльною оцінкою експлуатаційних якостей накладок для пантографів різних українських виробників на мережі постійного струму.

Проведені дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. Відсутність єдиних вимог до геометричних розмірів вставок та розміщення елементів їх кріплення призводить до незручностей при їх монтажі, таким чином, ці вимоги потрібно стандартизувати.

2. На поточний момент на магістральній мережі постійного струму доцільно переважно експлуатувати накладки ПКД-4 виробництва ТОВ «Інтер-Контакт-Пріор», м. Київ, Україна та частково (в більш сухому, континентальному кліматі - Донецька, частково Південна залізниці) НМГ-1200, виробництва НТЦ «Реактивелектрон» НАНУ, м. Донецьк, Україна,

3. Необхідно провести повторне дослідження після удосконалення контактної пластини на бронзовій основі для струмоприймачів електровозів постійного струму БрЗГ, виробництва ПП «Вега», м. Львів, Україна, які мають найвищі експлуатаційні характеристики.

Вибір оптимальної частоти комутації силових ключів автономного інвертора напруги

Бакутін А.В., Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»

Відкриття та запирання силових ключів, що входять до складу інверторів напруги для живлення керованих асинхронних приводів, відбувається у важких умовах за наявності перекриття великого струму колектора та напруги колектор-емітер, що викликає значні імпульси втрат енергії, які можуть сягати значень більших за втрати у відкритому стані ключа. Струмове навантаження силових ключів залежить від режиму роботи електропривода, робота якого в свою чергу визначається технологічним процесом виконуючого механізму. Так для металорізальних верстатів за технологічними вимогами

відносно обробки металу різанням швидкість головного електропривода має регулюватися за постійної потужності, оскільки силове різання виконується на менших частотах обертання шпинделя, а чистове різання – на високих частотах обертання з меншими зусиллями. Діаграма навантаження залежить від кількості та послідовності переходів інструмента, глибини зрізання матеріалу, подачі, сили різання та швидкості, при чому у верстатах, режим навантаження яких змінюється та має повторно-короткочасний характер, електродвигуни можуть працювати зі значними перевантаженнями $(2...3)M_n$. При врізанні інструмента в деталь спостерігається ударне прикладення навантаження, особливо при обробці матеріалів з міцним поверхневим припуском. Значні втрати енергії на перемикання силових ключів викликають їх підвищене нагрівання за недостатньої тепловіддачі встановленого радіатора з самовентиляцією в промислових умовах, що негативно впливає на характеристики їх роботи та може призвести до виходу пристрою з ладу. Для відведення тепла необхідно використовувати примусову вентиляцію, для встановлення якої не завжди є можливість, особливо в електроприводах малої потужності через обмеження габаритів встановленого обладнання. Тому дослідження умов та характеристик керування силовими ключами з урахуванням втрат енергії та нагрівання є актуальною задачею.

При проектуванні інвертора напруги для приводу головного руху металорізального верстату, який може працювати в режимах зі значними перевантаженнями, вибір силових ключів необхідно здійснювати не тільки за параметрами номінального навантаження, а й з урахуванням режимів роботи зі значним перевантаженням. Через те, що силові ключі є найдорожчою частиною перетворювача, вибір ключа з номінальним струмом, що дорівнює максимальному струму навантаження, може призвести до значного подорожчання вихідного продукту при тому, що більшу частину часу ключ буде працювати в режимі недовантаження. Тому слід враховувати максимально допустимі параметри, за яких забезпечується нормальна робота силового ключа. Межі області максимальних режимів обмежуються максимально допустимими значеннями вихідного струму, напруги, потужності розсіювання, а також допустимою температурою переходу. Зі зменшенням тривалості протікання струму максимальне струмове навантаження ключа збільшується, що призводить до розширення меж області максимальних режимів за однакових максимальної напруги та температурного обмеження. Тобто можна зробити висновок, що за підвищеної частоти комутації силових ключів, коли тривалість протікання струму зменшується, силовий ключ може пропускати струмом, значення якого більше максимального неперервного струму. При цьому слід пам'ятати, що частота комутації обмежується часом відкривання та закривання силового ключа, часом відновлення паралельного діода, параметрами драйвера та часом мертвої зони між перемиканням ключів одного плеча, а також комутаційними перенапругами при перемиканні. Крім того з підвищенням частоти комутації збільшуються втрати енергії на перемикання силових ключів, тому вибір частоти комутації з підвищеним струмом необхідно виконувати з урахуванням температурного режиму силового ключа.

Оптимальная конфигурация привода гибридного электрического автомобиля

Балахонцев А.В., Албу А.А., Национальный горный университет

Рост цен на бензин и дизельное топливо ощутили абсолютно все – частные автовладельцы, бизнес и производство практически всех отраслей, рядовые граждане. Грубые подсчеты дают стоимость проезда одного километра примерно 2,50 грн. Между тем, при использовании электрического транспортного средства, затраты электроэнергии

составляют около 0,5 кВт*час, что даже с учетом перспективы роста цены на электроэнергию, намного выгоднее. Эта разница даст ощутимый толчок и без того интенсивным разработкам в области гибридных и чисто электрических транспортных средств.

Вследствие временного отсутствия инфраструктуры по заряду и обслуживанию аккумуляторов, а также в связи с их значительной стоимостью, гибридные автомобили будут превалировать в ближайшем будущем. Факторами, которые обуславливают экономичность гибридного автомобиля по сравнению с традиционным, являются:

- утилизация энергии торможения (ее накопление в батарее и последующее использование для движения);
- оптимизация работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС);
- отключение ДВС при стоянке автомобиля.

Оптимальная конфигурация электромеханической трансмиссии (электропривода) гибридного автомобиля должна строиться исходя из этих факторов и с учетом требований, предъявляемых к приводам транспортных средств. К этим особенностям относятся:

- высокое соотношение максимальной к эквивалентной мощности;
- старт-стопный режим движения.

Привод седана среднего класса при движении со скоростью 80 км/час должен развивать всего около 6-7 кВт. Во время разгона, требуемое усилие (и, с некоторыми оговорками, мощность), должны быть как минимум в 5 раз больше.

Этап и характеристики торможения даже более важны в расчетах экономичности, чем участок разгона. Для улавливания как можно большего количества энергии электропривод должен обладать большей пропускной способностью – необходимо выбирать электродвигатель с запасом по мощности, соответствующий преобразователь и батарею, допускающую интенсивный заряд. С другой стороны, все это повышает массу привода, и, соответственно, требуемое усилие.

Исследования показывают, что оптимальный процент гибридизации составляет около 30% (мощность электропривода по отношению к мощности ДВС), а оптимальная емкость накопителя составляет около 75% от запаса кинетической энергии, накапливаемой транспортным средством при движении со скоростью 80 км/час.

Свой вклад в повышение экономичности вносит также закон управления состоянием заряда накопителя. Он должен подбираться с учетом наиболее вероятной циклограммы движения транспортного средства.

Перспективным решением является применение расщепленного накопителя энергии – ультраконденсатора и литий-ионной батареи. Ультраконденсатор выступает в роли буфера мощности, позволяя улавливать энергию в режиме рекуперации без ограничения по току заряда. Также возможно применение гибридной батареи – литий-ионной батареи с асимметричными электродами, сочетающей в себе энергоемкость гальванических накопителей и высокую удельную мощность ультраконденсаторов.

Поліпшення якості електричної енергії, що живить допоміжні машини електропоїздів змінного струму

Балійчук О.Ю., (ДНУЗТ)

Бортові системи живлення електропоїздів змінного струму серії EP9M характеризуються низьким рівнем якості електричної енергії. Зокрема високою

несиметрією живлячої напруги та значними відхиленнями величини напруги від її номіналу.

Однак, в цих системах застосовуються загальнопромислові асинхронні двигуни, які в свою чергу призначені працювати в мережах із більш сприятливими умовами з точки зору якості електричної енергії. Це призводить до додаткових перегрівів ізоляції обмотки статора двигунів, її передчасного старіння і виходу.

При цьому відомо, що найбільш можливе відхилення живлячої напруги в експлуатації спричиняє додатковий перегрів обмотки статора на 16°C, який може бути компенсований шляхом вибору більшого запасу за потужністю, а також певними схемними рішеннями, виконаними в системі живлення допоміжних машин електропоїзда. А несиметрія живлячої напруги впливає на температуру обмоток статора асинхронних допоміжних машин більш суттєво – при реальній експлуатації допоміжних машин на електропоїздах серії EP9M несиметрія напруги може складати до 10%, що призводить до перегріву обмотки статора вдвічі у порівнянні із номінальним симетричним режимом живлення. Вибір більшого запасу за потужністю для двигуна з метою зменшення впливу несиметрії на додатковий нагрів в реальній експлуатації не є достатнім заходом з точки зору його ефективності. Тому необхідно вживати заходів щодо симетрування системи лінійних напруг, якою живляться допоміжні машини на електропоїзді серії EP9M.

Із практики експлуатації мереж загального користування та енергозабезпечення промислових підприємств відомо, що несиметрію напруг можна обмежити до певного допустимого значення застосовуючи як різні схемні рішення, так і спеціальні симетруючі пристрої. Для вирішення поставленої задачі пропонується на електропоїздах змінного струму серії EP9M застосовувати індивідуальні керовані дискретні симетруючі пристрої на кожній допоміжній машині, принцип симетрування якими, полягає в компенсації еквівалентного струму зворотної послідовності, що обумовлений напругою зворотної послідовності за допомогою ємнісних реактивних елементів.

Розроблено структуру пристрою, яка базується на застосуванні несиметричної батареї конденсаторів, ємність якої набирається в залежності від величини коефіцієнта несиметрії живлячої напруги. Розроблено методику визначення гранично допустимих значень ємності на ступенях симетруючого пристрою та алгоритм налаштування пристрою для роботи із кожною допоміжною машиною.

Очікуваним ефектом від застосування названого симетруючого пристрою повинно стати відновлення повної або часткової симетрії системи трифазної напруги, якою живляться допоміжні машини на електропоїздах серії EP9M, і як результат цього зниження їх додаткових перегрівів і підвищення терміну служби машини.

Побудова ефективної системи впровадження енергозбереження на підприємствах залізничного транспорту та промисловості України

Бардас А. П., заступник директора Державного підприємства
«Дніпропетровський орган з сертифікації залізничного транспорту»

На теперішній час актуальність підвищення енергетичної незалежності країни визначена в якості одного з пріоритетних напрямків інноваційного розвитку держави. З стрімким зростанням вартості паливно-енергетичних ресурсів, економічних та політичних складових України першочерговим етапом втілення енергетичної незалежності є економія енергоресурсів у тому числі і на залізничному транспорті.

Ефективність впровадження енергозбереження на підприємстві є найбільш продуктивною за умови розгляду підприємства, як єдиної системи, з визначенням основних складових та побудування взаємодії між ними.

Основними складовими структури підприємства, як системи в цілому є:

- технічні складові;
- організаційне забезпечення;
- кваліфікаційне забезпечення.

Опираючись на відомі європейські стандарти ДСТУ ISO 50001:2014 «Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT)», ДСТУ ISO 9001:2009 «Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT)», ДСТУ Б EN 15217:2013 «Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель (EN 15217:2007, IDT), ДСТУ OHSAS 18001:2010 «Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги (OHSAS 18001:2007, IDT)», та розглядаючи підприємство як систему, гарантовано отримуєш високі результати з впровадження енергозбереження.

При розгляді технічних складових підприємства необхідно приділити увагу заміні застарілого обладнання на менш енергоємне, впровадження пристроїв компенсації реактивної потужності, реконструкція систем теплопостачання, утеплення будівель та ін.

Кваліфікаційний потенціал підприємства також є одним з основних факторів впливу на ефективне впровадження енергозбереження підприємств. Як правило, енергозбереженням на підприємстві займаються декілька висококваліфікованих фахівців енергоменеджерів, які залучають у процес весь персонал підприємства.

Організаційне забезпечення енергоефективності на підприємстві є найбільш важливим аспектом системного підходу. До нього відносяться:

- планування та впровадження процесів енергозбереження;
- моніторинг ефективності впровадження енергозбереження;
- коригування та покращення процесів енергозбереження на підприємстві.

Інструментом реалізації такого комплексу заходів покликана стати ефективна структура внутрішнього енергоменеджменту на підприємстві.

Від впровадження комплексу вищезазначених заходів залежить собівартість продукції та наданих послуг підприємства, ефективність та фінансовий результат його діяльності.

Вариант модернизации электропоездов ЭР9М

Белухин Д. С., (ДНУЖТ)

На железных дорогах Украины длительное время эксплуатируются электропоезда переменного тока серии ЭР9. Эти электропоезда имеют несколько модификаций. Выпуск серии начался с электропоезда ЭР9, а далее последовали ЭР9П, М, Е, Т. Некоторое время, холдинговая компания “Лугансктепловоз” выпускала электропоезда переменного тока ЕПЛ9Т для железных дорог Украины. На всех этих электропоездах применено ступенчатое автоматическое регулирование напряжение на тяговых двигателях от вторичной обмотки трансформатора с помощью вентильных пробок, так называемая, схема с несимметричной нагрузкой трансформатора. Кроме того, общим для электропоездов серии ЭР9 является тяговый трансформатор ОЦР-1000/25.

Электропоезда ЭР9 давно выведены из эксплуатации, а ЭР9П остались в малом количестве и их дальнейшее улучшение не целесообразно. Наибольшее количество

электропоездов выпущенных и находящихся в эксплуатации ЭР9М. Во время ремонтов электропоезда в условиях депо и завода необходимо существенное количество запасных частей давно снятых с производства. Это и элементы силовых контроллеров, и элементы преобразователя и т. п. Так, например, тяговый преобразователь укомплектован диодами типа ВЛ-200-6, которые сняты с производства еще в начале 70-х годов 20 века. Во время ремонтов их заменяют на более современные диоды. Однако, интересным вариантом модернизации электропоездов серии ЭР9 было бы применение известного в электровозостроении плавного регулирования на основе четырех зонного преобразователя, по аналогии с электровозами ВЛ80Р, ВЛ85, 2ЕЛ5. Применение плавного регулирования на электропоездах известно на железных дорогах Финляндии, Швеции и других стран.

Трансформатор ОЦР-1000/25 имеет 9 выводов тяговой обмотки, что дает возможность подключить четырех зонный выпрямитель. Тяговая обмотка трансформатора имеет 8 ступеней с напряжением между выводами по 276 В, что позволяет иметь две ступени по 552 В и одну ступень 1104 В для подключения четырех зонного выпрямителя. При этом существующее соединение двигателей в секции электропоезда сохраняем. Размещение тиристоров в тех же подвагонных ящиках с существующим принудительным охлаждением, которое принято в схеме на основе диодов базового электропоезда ЭР9М.

Одним из критериев при принятии решения в пользу такой модернизации может оказаться несоответствие мощности тягового трансформатора, мощности, которая требуется для питания системы плавного регулирования напряжения. Известно, что средний коэффициент мощности при четырех зонном регулировании составляет значение 0,781. Однако, полная мощность тягового трансформатора при плавном регулировании определяется режимом пуска, когда коэффициент мощности существенно ниже среднего. Предварительные расчеты показывают, что требуемая мощность тяговой обмотки трансформатора при внедрении четырех зонного регулирования составляет $\approx 460 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ при паспортной 773 $\text{кВ} \cdot \text{А}$, что дает существенный запас для возможных перегрузок и позволяет сохранить тот же трансформатор. Причиной запаса служит то, что трансформатор ОЦР-1000/25 выпущен для работы со схемой с несимметричной нагрузкой, которая создает постоянную гармонику подмагничивания сердечника и поэтому его мощность завышена.

Таким образом, эксперименты, направленные на модернизацию существующей схемы тягового преобразователя электропоезда серии ЭР9М с целью внедрения многозонного преобразователя могут оказаться успешными. Преимущества таких преобразователей общеизвестны.

Застосування інформаційних технологій на залізничному транспорті

Бех П.В., Лашков О.В. (ДНУЗТ)

Вітчизняний залізничний транспорт, особливо в питаннях, які пов'язані з міжнародними перевезеннями, одним з перших в нових економічних умовах відчув необхідність впровадження інформаційних технологій в управління перевізним процесом. Конкуренція на ринку транспортних послуг у зв'язку з виникненням безлічі дрібних приватних компаній і активним освоєнням східного напрямку перевезень іноземцями у поєднанні з жорсткою податковою політикою і дорожчанням ресурсів поставили транспортні організації перед необхідністю мобілізувати усі внутрішні резерви. Очевидним стало те, що ефективна діяльність транспортних компаній вже неможлива без широкого використання інформаційних технологій і персональних комп'ютерів.

Ефективність управління перевізним процесом значною мірою залежить від ефективності інформаційного забезпечення системи.

Темпи розвитку і розширення сфери інформації нині дуже високі. Характерною рисою більшості процесів, у тому числі і транспортних, являється постійне розширення і створення нових інформаційних зв'язків, які удосконалюються і набувають нові функції завдяки застосуванню сучасної техніки і технології. Ефективність функціонування системи залежить від ефективності управління технологічними, організаційними і іншими процесами. Отже, найбільш важливим стає забезпечення безперервності керованих процесів у вузлових точках, де здійснюється проходження вантажів між мережами різних транспортних агентів і тим самим там, де здійснюється проходження інформації між різними мережами. Це стосується, наприклад, перевалочних пунктів (портів, залізничних станцій, аеровокзалів і так далі), а також організації безперебійних змішаних перевезень (залізничний/річковий транспорт, залізничний/автомобільний транспорт).

Традиційно ефективність інформаційного забезпечення процесів транспортування вантажів зв'язувалася із застосуванням інформаційно-пошукових систем (ІПС). Проте практика експлуатації таких систем показала їх недостатню ефективність. Це обумовлено тим, що функції ІПС обмежені, що впливає з їх назви, пошуком інформації, тоді як суть діяльності в ринкових умовах складає вибір і ухвалення рішень з урахуванням інтересів усіх учасників доставки. Дійсно, ІПС не інформує споживача про предмет запиту в тому сенсі, що якимось змінює його знання по цьому предмету. Вона інформує його лише про наявність (чи відсутність) документів, що мають відношення до його запиту, і про те, де ці документи можна знайти.

Аналіз показав недостатній рівень розвитку технічних і програмних засобів, призначених для прийому, обробки і передачі інформації.

Сучасні інформаційні технології, такі, наприклад, як системи підтримки ухвалення рішень, експертні системи і інші, забезпечують можливість для ефективного аналізу техніко-економічних проєктів, моделювання процесів, підготовки і представлення результатів для наступного ухвалення рішень. Застосування сучасних інформаційних технологій дозволяє підвищити ефективність доставки вантажів за рахунок можливості швидкого доступу до інформації про суб'єктів (покупець, перевізник, термінал) і об'єкти (товари, послуги) доставки.

Інформаційна інтеграція потрібна для побудови єдиного інформаційного простору транспортно-логістичного ланцюга, який дозволяє забезпечити необхідну в сучасних умовах швидкість, повноту і точність отримання потрібних для надання транспортної послуги відомостей. Особливого значення якість інформаційного забезпечення набуває при використанні точних технологій доставки товарів типу. Складність інформаційної інтеграції в транспортній складовій обумовлена безліччю інформаційних каналів і взаємозалежністю інформаційних потоків.

З розвитком інтеграційних процесів на транспорті і в економіці в цілому проблема організації і оптимізації інформаційних потоків стає все актуальнішою. З'являється інформаційна надмірність, що гальмує ділові процеси із-за необхідності переробляти величезну кількість непотрібних даних. І ця проблема не менш важлива, чим проблема інформаційної недостатності. Оптимізація інформаційних потоків в транспортних системах можлива шляхом інформаційного моделювання. Інформаційне моделювання вимагає опис інформаційних джерел і каналів передачі даних, їх характеристик, формалізації отримуваних по каналах передачі цих сполучень з перетворенням їх в інформацію, придатну для обчислення критеріїв ефективності транспортних операцій.

Усе більш широке застосування на транспорті в Німеччині і Бельгії, наприклад, знаходить технологія диференційованого економічного обліку роботи транспортних засобів з аналізом продуктивності, рентабельності і управлінням використанням шляхом

ремонту, списання і комбінування маршрутів. Диференційований контроль на трасі за допомогою бортових ЕОМ і електронний обмін даними дозволяють істотно збільшити оборот інформації, відмовитися від путніх документів і тим самим економити величезні суми. У Шотландії, Ірландії і Англії, а тепер і в усіх країнах ЄС застосовуються електронні тахографи і бортові обчислювальні системи з магнітними носіями інформації, що дозволяють автоматизувати облік роботи транспортного засобу і водіїв, оперативно контролювати дотримання режимів праці і відпочинку. Крім того, багато фірм займаються розробкою і продажем спеціальних програм маршрутизації і калькуляції собівартості перевезень, оптимального завантаження транспортних засобів, постачання запасними, частями. З їх допомогою можливо виконувати розрахунки протяжності маршрутів, часу їх проходження, зупинок на пограничних переходах і пунктах екіпірування.

Нові завдання, пов'язані з впровадженням логістичних принципів у сфері перевезень, вимагають створення інформаційної інфраструктури, що дозволяє організовувати, збирати і передавати інформацію усім учасникам транспортної мережі. Це припускає ідентифікацію і стандартизацію джерел інформації, засобів її обробки і передачі. Ядром інтегрованої інформаційної системи є модуль автоматизованої обробки товарно-транспортних документів. Він великою мірою визначає ефективність усієї інтегрованої інформаційної системи, оскільки максимально задіяний в повсякденних бізнес-операціях. За оцінками зарубіжних дослідників, застосування електронного обміну транспортними документами між фірмами щорічно зростає на 30-40%. Все більше виникає транспортно-експедиційних компаній, прагнучих розширити ринок транспортних послуг за рахунок можливостей електронної реклами і віртуальних способів організації фрахту.

Одним з головних завдань сучасних ТЛК є забезпечення своєчасного постачання інформації потрібної якості менеджерам в цілях досягнення ефективності управлінських рішень, що приймаються.

Проблеми побудови інтегрованої інформаційної системи відомі. Це:

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

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

- сховище первинних даних і витягнутої з них корисної інформації із засобами стискування і упаковки;
- система інтелектуалізації даних (фільтрація, конвертація, трансформація, збагачення і тому подібне);
- система інтелектуального аналізу даних і забезпечення підтримки ухвалення рішень;
- пакет для поглибленої аналітичної обробки інформації;
- система пошуку по запитах і формування звітів;
- блок фінансових і бухгалтерських застосувань;
- моніторингова диспетчерська система з геоінформаційними можливостями;
- пакет дослідницьких застосувань, включаючи системи моделювання транспортних процесів;
- модуль ділового аналізу (риски, інвестиції, надійність і тому подібне);
- канал виходу в глобальні інформаційні мережі;
- система управління якістю і ефективністю руху товару;
- додатки для розробки і трансляції в глобальну мережу реклами;

- система оперативної розробки і інформаційної системи менеджера.

Совершенствование конструкции сортировочной горки с целью сокращения энергетических затрат на надвиг и роспуск составов

Бобровский В. И., Демченко Е. Б., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

В современных условиях к конструкции и техническому оснащению сортировочных горок наряду с требованиями обеспечения бесперебойного и безопасного расформирования составов с установленной скоростью все чаще предъявляются требования по минимизации энергетических затрат, связанных с надвигом составов и торможением отцепов.

В качестве решения указанной проблемы была разработана конструкция сортировочной горки с двумя горбами разной высоты, расположенными на двух путях надвига. При этом высота основной горки в соответствии с действующими нормами обеспечивает докатывание расчетного плохого бегуна при неблагоприятных климатических условиях до расчетной точки на трудном пути. Горка уменьшенной высоты сконструирована с использованием минимально допустимого уклона первого скоростного участка спускной части.

Выбор горки для роспуска очередного состава осуществляется в соответствии с оперативной обстановкой в подсистеме расформирования и необходимой интенсивностью сортировочного процесса. При этом в период сгущенного прибытия поездов целесообразно использовать горку расчетной высоты, которая обеспечивает высокую скорость расформирования составов. И наоборот, при уменьшении интенсивности входящего потока поездов сортировочная работа может выполняться с использованием пониженной горки, которая позволит достичь экономии энергоресурсов при надвиге составов и торможении отцепов.

Одним из основных критериев оценки конструкции горки, характеризующих качество сортировочного процесса, является величина интервалов между отцепами на разделительных элементах. Указанная величина должна быть достаточной для обеспечения благоприятных условий разделения отцепов. При этом рациональное распределение интервалов между отцепами состава достигается путем оптимизации режимов их торможения.

Исследования влияния режимов торможения на величину интервалов между отцепами на разделительных элементах были выполнены на основе имитационного моделирования процесса расформирования потока составов при различных скоростях роспуска ($v_0 = 1,2$ м/с, $1,4$ м/с и $1,7$ м/с). В результате исследований получены зависимости интервалов от скорости роспуска, которые использованы для оценки качества сортировочного процесса на основной и пониженной горках.

Анализ полученных результатов исследований позволяет сделать вывод о том, что при роспуске составов на горках как расчетной, так и уменьшенной высоты обеспечивается надежное разделение отцепов на стрелках при безусловном выполнении требований прицельного регулирования их скорости. При этом установлено, что конструкция продольного профиля пониженной горки приводит к уменьшению интервалов между отцепами на первых разделительных стрелках. Поэтому роспуск составов на данной горке целесообразно проводить с уменьшенной скоростью, что допустимо в случаях сокращения потока поездов и при достаточно благоприятных климатических условиях. Это позволит в такие периоды сократить расходы

енергоресурсов на расформирование составов и в то же время обеспечить необходимое качество сортировочного процесса.

Складання прогнозу енергоспоживання підприємства машинобудівної галузі

Богодист К.П., Чорна В.О., Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського

У зв'язку із структурною перебудовою економіки України істотно зростає роль перспективного плану розвитку виробничих систем, тобто науково обґрунтованих прогнозів, розрахованих як на найближчу перспективу, так і на тривалий час.

За допомогою прогнозу визначаються сфери і можливості, в рамках яких можуть бути сформульовані цілі розвитку, виявлені напрямки, найважливіші проблеми, які повинні стати об'єктом розробки та ухвалення планових рішень. Без прогнозу неможливе ефективне перспективне планування споживання паливно-енергетичних ресурсів підприємствами оскільки воно повинно здійснюватися, враховуючи темпи і пропорції їх розвитку, визначене на перспективу.

Об'єктом досліджень є Кременчуцький автоскладальний завод, який спеціалізується на велико-вузловій зборці автомобілів, виконанні передпродажної підготовки, гарантійного й післягарантійного обслуговування автомобілів.

Складання прогнозу енергоспоживання й виробництва продукції на наступний рік для досліджуваного підприємства проведено за допомогою пакета програм Statgraphic з дотриманням однакової точності розрахунків згідно критерію Кохрена та перевіркою прогнозної моделі на адекватність за допомогою критерію Фішера.

Загальна логічна послідовність найважливіших операцій розробки прогнозу зводиться до наступних основних етапів:

1. Передпрогнозна орієнтація, що полягає у формулюванні цілей та завдань, предмета, проблеми й робочих гіпотез, визначення методів, структури й організації дослідження.
2. Побудова вихідної моделі прогнозованого об'єкта методами системного аналізу.
3. Збір даних.
4. Побудова динамічних рядів показників.
5. Побудова серії гіпотетичних (попередніх) пошукових моделей прогнозованого об'єкта методами пошукового аналізу профільних і фонових показників з конкретизацією мінімального, максимального й найбільш імовірних значень.
6. Побудова серії гіпотетичних нормативних моделей прогнозованого об'єкта методами нормативного аналізу з конкретизацією значень абсолютного і відносного оптимумів.
7. Оцінка вірогідності й точності, а також обґрунтованості прогнозу.
8. Розробка рекомендацій для рішень у сфері керування на основі зіставлення пошукових і нормативних моделей.

Під час проведення аналізу випуску продукції з'ясовано, що річне зростання виробництва складає в середньому 5,4 %, відповідно до цього збільшуються обсяги енергоспоживання підприємства. При зростанні енергоспоживання збільшується навантаження на розподільчі підстанції, кабельні лінії, збільшується витрата енергоносіїв, тому важливим завданням є впровадження заходів енергозбереження.

Однією з розроблених рекомендацій щодо зниження витрат на енергоносії є заміна існуючої системи освітлення в цеху на люмінесцентні лампи, що дасть можливість зекономити 22 тис грн за рік та має термін окупності 2 місяці. Іншим заходом зменшення витрат на енергоносії є заміна існуючої системи опалення. Даний енергозберігаючий захід

передбачає встановлення інфрачервоних обігрівачів, завдяки чому підприємство має можливість отримати річну економію близько 125 тис грн з терміном окупності 4 місяці.

Енергозберігаючі режими розгону поїздів

Боднар Б.Є., Капіца М.І., Кислий Д.М. (ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна)

Питання енергозбереження на залізничному транспорті, серед яких є пошук раціонального співвідношення витрати енергоресурсів на тягу поїздів та часу ходу поїзда, є актуальним питанням стратегії розвитку залізничного транспорту. При виборі енергозаощаджуючих траєкторій руху поїзда та при розробці режимних карт ведення поїздів необхідно враховувати змінні параметри, такі як профіль ділянки, масу складу, серію локомотива та ін. При роботі тягових електродвигунів або генератора, в них відбуваються втрати енергії, що викликають нагрів їх частин та деталей, які в першу чергу залежать від навантаження. Чим більший струм проходить по обмотках електричної машини, тим більші втрати енергії в ній. Втрати в міді, які збільшуються пропорційно квадрату струму, й магнітні втрати в якорі та полюсах, що зростають зі збільшенням частоти обертання якоря, тобто із збільшенням швидкості руху локомотива. Отже, перші досягають значних величин при розгоні, другі – при прямованні в тяговому режимі з високими швидкостями.

Крім того при передачі електричної потужності між тяговим генератором змінного струму та тяговими електродвигунами постійного струму відбуваються втрати при випрямленні напруги. Енергетичні показники випрямлячів – це коефіцієнт корисної дії (ККД), коефіцієнт потужності χ та $\cos \varphi$. Якість випрямленої напруги характеризує коефіцієнт пульсації.

Дизель тепловоза, як джерело механічної потужності, має свої характеристики, а саме залежності моменту, ККД, витрати палива та ін., які мають більш складний характер по відношенню до електричних машин та перетворювачів. Оскільки керування локомотивом здійснюється шляхом управління потужністю дизеля, то останній є найбільш впливовою частиною системи передачі потужності.

Вибір енергозаощаджуючого режиму розгону локомотива передбачає узгоджені найбільш економічні режими роботи всіх послідовно включених елементів передачі. Складність полягає в тому, що більшість характеристик мають нелінійний характер.

За мету дослідження поставлено отримання енергозаощаджуючої функції управління потужністю при рушанні та розгоні, що призведе до зменшення питомих витрат енергоресурсів за рахунок удосконалення алгоритму розрахунку багатоваріантних траєкторій руху поїзда. Запропоновано методику вибору енергозаощаджуючої траєкторії руху при розгоні поїзда та управління потужністю електровозів та тепловозів з електричною передачею в основу якої покладено математичні методи рівномірного пошуку та параметричної оптимізації. Для оцінки ефективності режимів рушання та розгону виконано розрахунок багатоваріантних траєкторій розгону поїзда з варіативними вихідними даними та оптимізацією їх по двох параметрах – витраті енергоресурсів g та часу ходу поїзда t .

Для змінних параметрів складу та поїзної ситуації побудовано двохпараметричну функціональну залежність управління потужністю локомотива та аналітично визначено ефективність запропонованого алгоритму, який дозволяє зменшити витрату енергоресурсів від 13% до 25% залежно від маси складу та ухилу порівняно з методикою ПТР. Отримана енергозаощаджуюча функція управління тягою на відміну від існуючих розробок раціонального ведення поїздів потребує значно менше машинного часу при

високій точності розрахунків, що дає можливість її впровадження в бортову систему керування локомотивом та економії енергоресурсів. Алгоритм є складовою частиною бортового програмного комплексу визначення енергозощаджуючих режимів ведення поїздів.

Енергоефективні методи діагностування тепловозного дизеля

Боднар Б. Є., Очкасов О. Б., Черняєв Д. В. (ДНУЗТ)

Технічне діагностування дизеля є складним процесом, що потребує витрат робочого часу, енергетичних та інтелектуальних ресурсів, тому доцільно застосовувати та розробляти нові енергозощаджуючі методи діагностування.

Методи діагностування дизелів на основі мікрометрування передбачають вимірювання геометричних параметрів окремих деталей, що потребує часткового розбирання об'єкту діагностування. Широко розповсюджені методи діагностування, що передбачають контроль діагностичних параметрів під час роботи дизеля потребують спеціальних умов або режимів. Наприклад одночасне індиціювання всіх циліндрів дизеля значно збільшують трудомісткість випробувань, а в деяких випадках (з конструктивних причин) взагалі неможливе, тому найчастіше оцінку якості робочих процесів дизеля виконували за якимось «середнім» циліндром. Однак правильний вибір такого циліндра ускладнений в зв'язку з обмеженими можливостями оцінки робочого процесу без індиціювання. Для поршневих двигунів внутрішнього згоряння характерна циклова нерівномірність (невідтворність циклів) на одному і тому ж самому режимі та в тому ж самому циліндрі. Циклова нестабільність зумовлюється рядом об'єктивних факторів, таких як крутильні коливання системи колінчастий вал-маховик-тяговий генератор, а також вплив крутильних коливань розподільчого валу на фази газорозподілу. Все це пояснює розкид індикаторних показників окремих циліндрів багатциліндрового дизеля може сягати 15-20%, тому необхідно використовувати імовірісно-статистичні методи для оцінки роботи всіх циліндрів. Все це накладає достатньо велику похибку.

У зв'язку із цим актуальним завданням є пошук таких методів діагностування, які мали б найбільшу інформативність та потребували невеликих витрат енергоресурсів. Одним з перспективних напрямків вирішення цього завдання є методи нерозбірного діагностування та моніторингу, що дозволяють отримувати інформацію про технічний стан дизеля під час експлуатації, серед яких вигідно виділяється метод вимірювання нерівномірності обертання колінчастого вала, яка дозволяє комплексно охарактеризувати якість роботи дизеля.

Різниця циліндрових потужностей впливає на нерівномірність кутової швидкості валу дизеля, тому запропоновано використовувати нерівномірність частоти обертання колінчастого валу дизеля для діагностування його технічного стану. Для задач діагностування необхідно визначити вплив параметрів робочого процесу двигуна на форму нерівномірності обертання вала. Відомо, що від частоти обертання колінчастого вала через кутове прискорення можна перейти до обертового моменту. На форму характеристики обертового моменту впливають багато факторів: конструктивні, технологічні, регульовальні та діагностичні. Останні можна використати для визначення технічного стану.

Як переваги цього метода можна виділити необхідність встановлення лише одного датчика, що вимірює зміну кутової швидкості вала та непотрібність спеціальних умов для визначення технічного стану дизеля. Процес контролю технічного стану можна вести безперервно протягом виконання поїзної або маневрової роботи. Розглянутий спосіб

діагностування можна використовувати не лише в системах моніторингу технічного стану у процесі експлуатації, але і при налаштуванні систем паливоподачі та газорозподілу, доводці двигуна та експрес-діагностуванні.

Скорочення енергозатрат при випробуванні тягових електродвигунів за рахунок удосконалення діагностування

Боднар Б. Є., Очкасов О. Б. Шевченко Я. І. (ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна)

Ефективне використання енергоресурсів є найбільш важливим і економічно доцільним способом підвищення прибутковості підприємств. Одним із способів скорочення енергозатрат може бути удосконалення діагностування тягових електродвигунів.

Проведений аналіз показав наявність великої кількості різноманітних методів діагностування електричних машин. Розглянуті методи можуть бути використані для проведення прийнятно-здавальних випробувань і контролю якості виконаного ремонту. Існуючі методи дозволяють визначити несправності або електричного або механічного характеру. В той самий час для удосконалення процесу діагностування необхідно запропонувати комплексний діагностичний параметр (або систему параметрів) який би дозволяв визначати та розділяти несправності електромагнітного так і механічного характеру.

Головним недоліком методів, що застосовуються для діагностування тягових електродвигунів в процесі ремонту, є необхідність їх розбирання, що вимагає значних витрат часу, енергоресурсів та суттєво підвищує трудомісткість.

Представляє інтерес задача розробки нових науково обґрунтованих методів, з урахуванням можливостей застосування сучасних вимірювальних систем та способів аналізу інформації. Актуальність такої задачі пояснюється прагненням підвищити якість та глибину діагностування несправностей електричних машин, а також зменшенням часу випробувань та зменшення енерговитрат при їх проведенні.

Для виявлення дефектів тягових електродвигунів застосовуються діагностичні комплекси для віброакустичного діагностування. Їх недоліком є складність розрізнення пошкоджень механічного та електричного характеру. Цього недоліку позбавлені технічні засоби для діагностування тягового електродвигуна за нерівномірністю обертання вала якоря електродвигуна. Які є значно дешевшими та при застосуванні сучасних вимірювальних систем дозволяють отримати достатню кількість діагностичної інформації.

При діагностуванні за нерівномірністю частоти обертання на електродвигуні встановлюється лише один датчик, в той час як при діагностуванні віброакустичними методами необхідне встановлення великої кількості (до декількох десятків) датчиків, що підвищує трудомісткість процесу і знижує надійність діагностичного комплексу. Діагностування за нерівномірністю обертання якоря проводиться при роботі електродвигуна на холостому ході. Така система діагностування доступна і не потребує значних капіталовкладень на її впровадження.

В той же час система є досить енергоефективною, так як зменшується час на проведення діагностування і, як наслідок, зменшується споживання двигуном енергоресурсів.

Діагностування проводиться при роботі встановленого на стенді двигуна на холостому ході. До вала двигуна приєднується датчик, який вимірює частоту обертання якоря, після чого проводиться пуск двигуна при пониженій напрузі. Нерівномірність обертання вала якоря фіксується при нормальній роботі двигуна і в режимі вибігу.

Діагностування тягових електродвигунів за нерівномірністю обертання вала якоря не потребує використання складного обладнання і, відповідно, може бути впроваджене без значних матеріальних витрат. В той же час при застосуванні сучасних методик обробки діагностичної інформації за допомогою ЕОМ даний метод дозволяє з достатньою точністю визначати дефекти як механічного так і електричного характеру зі значною мінімізацією енергозатрат.

Модель розрахунку енергозаощаджуючих режимів ведення вантажних поїздів

Боднар Б. Є., Бобирь Д. В., Ляшук В. М., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Співробітниками Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту створений апаратно-програмний комплекс з розрахунку раціональних режимів ведення поїзда і видачі режимних карт, що пройшов випробування на кількох залізницях України. У його основі лежить імітаційна модель, в якій є:

1. управляючі параметри – режим руху (тяга, вибіг, рекуперація, пневмогальма), схема з'єднання тягових двигунів (постійний струм) або схема з'єднання трансформатора (змінний струм), величина поля збудження; позиція пускових реостатів (постійний струм);
2. параметри оптимізації – швидкість, вище якої тяга не використовується, максимальне прискорення, максимальне уповільнення, мінімальний коефіцієнт корисної дії;
3. параметри траєкторії руху – швидкість, сила тяги, струм, напруга на пантографі.

У моделі є поняття темпу руху. Темп руху може збільшуватися шляхом переходу по ланцюжку: рекуперація – вибіг – тяга. У середині зазначених режимів темп регулюється більш дрібними кроками. У будь-якому випадку модель змінює темп руху на мінімально можливий крок в повному діапазоні режимів. Їй надходить команда збільшити темп або зменшити темп. А вона вже сама виставляє управляючі параметри. Необхідно відмітити, що темп змінюється на мінімально можливу величину, яку допускають управляючі параметри. Управляючі параметри моделі служать для зміни темпу руху.

Тяговий розрахунок виконується дискретно з кроком dx . Модель на кожному кроці, по встановленим якимось чином управляючим параметрам, розраховує параметри оптимізації і параметри траєкторії руху. Потім виконуються:

- аналіз параметрів траєкторії на наявність обмежень режиму (по струму, зчепленню, по потенційним умовам на колекторі і т.д.);
- аналіз параметрів оптимізації на їх перевищення.

Якщо не виявлено обмеження режиму і параметри оптимізації не перевищують заздалегідь встановлених значень, автоматично формується команда на збільшення темпу руху (на мінімальну величину) і розрахунок повторюється. Це відбувається до тих пір, поки не наступить одна з подій: обмеження режимів або перевищення параметрів оптимізації. Потім темп зменшується (на мінімальну величину) і крок, нарешті, виконується.

Якщо відразу ж виявлені обмеження або перевищення параметрів оптимізації, то формується команда на зниження темпу і розрахунок повторюється. Так відбувається до тих пір, поки не зникнуть обмеження або перевищення параметрів оптимізації. Тільки після цього робиться черговий крок.

Розрахована частина траєкторії, при зміні режиму піддається коректуванню з метою вписування в неї оптимальної вставки вибігу між режимними переходами. Фізичний сенс цієї процедури полягає в тому, що якщо поїзд іде на гору, але попереду є спуск, то доцільно закінчити режим тяги ще до того, як поїзд вибереться на вершину гори. Поки він

буде їхати ще на гору вже на вибігу, швидкість буде падати до деякої критичної, але потім після перелому профілю швидкість буде зростати. Мета цієї вставки – уникнути втрат енергії в подвійному перетворенні енергії (тяга–рекуперація) або прямих втрат енергії при подальшому пневмогальмуванні на спуску. Зазначена критична швидкість також є параметром оптимізації, а оптимальна вставка підбирається таким чином, щоб її досягти в точці мінімуму швидкості на переломі.

Слід зазначити, що вписування в обмеження по швидкості здійснюється шляхом зворотного ходу на максимальному уповільненні. Таким чином, якщо задати фіксовані параметри оптимізації модель відпрацює єдину траєкторію руху, що володіє характеристиками її якості: часом руху і витратою енергії.

Друга стадія розрахунку – оптимізація за допомогою моделі. Спочатку задаються такі параметри оптимізації, яким відповідає мінімальний час ходу, але максимальне споживання енергії. За допомогою моделі виходить відповідна траєкторія. Потім виконуються пробні кроки, змінюючи по чергово параметри оптимізації. Визначається внесок кожного параметра в зниження витрати енергії при найменшому зниженні середньої швидкості руху (відношення dA/dV). У якого параметра це відношення найкраще, той і змінюється вже в цьому кроці. Взагалі можна змінювати всі параметри пропорційно їх чутливості, як у методі «найшвидшого спуску». Таким чином, спрямовано змінюючи параметри оптимізації, отримуємо нові траєкторії руху, кожна з яких відрізняється від попередньої меншою витратою електроенергії, але великим часом ходу. На якому моменті зупинитися – це вже завдання економістів, що цінніше – час або енергія. А взагалі можна звести двокрітеріальну задачу (енергія, час) до однокрітеріальної (гроші).

В результаті експериментальних поїздок встановлено, що використання рекомендацій апаратно-програмного комплексу дозволяє зменшити питому витрату електроенергії на тягу приблизно на 4–12%.

Скорочення витрат енергоресурсів під час випробувань тепловозних дизелів

Боднар Б.Є.¹, Мінчук В.П.², Очкасов О.Б.¹, Черняєв Д.В.¹

¹ Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, ² ПАТ «Промтепловоз»

Відповідно до правил ремонту після капітального ремонту дизелі тепловозів проходять випробування. Програма випробувань включає холодну і гарячу обкатку дизеля, які є основними видами випробування дизелів. Обкатка, як заключний етап у технологічному процесі, дозволяє визначити якість ремонту двигуна, стан вузлів і деталей. Якісна обкатка дизеля забезпечує збільшення ресурсу агрегатів більш ніж на 80%.

Скорочення витрат енергоресурсів при обкатці дизелів можливе як на етапі холодної так і на етапі гарячої обкатки дизеля.

При холодній обкатці колінчастий дизеля примусово приводиться в обертання зовнішнім електродвигуном. Обкатка проводиться на випробувальному стенді, обладнаному системою примусової циркуляції мастила з підігрівом. Основним способом економії енергоресурсів на цьому етапі є скорочення тривалості холодної обкатки, і як наслідок скорочення витрати електроенергії, що споживається приводним електродвигуном. При цьому необхідно забезпечити достатній рівень припрацювання пар тертя.

В період холодної обкатки зменшення тривалості припрацювання можна добитися шляхом правильного вибору режимів обкатки двигунів і застосуванням спеціальних добавок.

Одним з способів, що дозволяє скоротити тривалість холодної обкатки є впровадження технології адаптивної обкатки. Адаптивність обкатки полягає у впровадженні технології з використанням якої тривалість проведення холодної обкатки дизеля тепловоза визначається в залежності від ряду параметрів, які характеризують технічний стан дизеля. В якості контрольних параметрів приймають: значення температури по циліндрах, обертовий момент, частоту обертання. Адаптивність обкатки полягає в перенесенні навантаження на ті циліндри, які помітно відрізняються від інших за потужністю механічних втрат

Для удосконалення технології обкатки дизелів авторами запропоновано впровадити спосіб визначення тривалості холодної обкатки на основі аналізу струму привідного електродвигуна. Суть цього методу полягає в тому, що привідний електродвигун з'єднують з датчиком, яким вимірюють струм привідного електродвигуна, синхронізують отримані сигнали струму за порядком роботи циліндрів дизеля за допомогою сигналу від датчика синхронізації частоти обертання колінчастого вала, таким чином отримують струмові характеристики припрацювання циліндрів дизеля тепловоза. За допомогою цих характеристики в режимі реального часу виконується аналіз припрацювання циліндрів, що в свою чергу дозволяє адаптувати процес холодної обкатки відповідно до технічного стану кожного циліндра дизеля. Реалізація такого підходу дозволяє в потрібний момент закінчувати обкатку циліндра, тим самим скорочуючи як витрату електроенергії, в наслідок зменшення моменту опору, так і виключити зайве зношування елементів шатунно-поршнєвої групи циліндрів які вже завершили обкатку.

Для подальшого удосконалення запропонованого способу необхідно розробити математичні методи спільного аналізу зміни температури по циліндрах, частотних та амплітудних характеристик струму приводного електродвигуна, значень компресії по циліндрах дизеля. Встановити функціональні зв'язки між амплітудними та частотними характеристиками струму приводного електродвигуна і ступінню припрацювання елементів шатунно-поршнєвої групи.

Підвищення ефективності використання електроустаткування на випробувальному стенді можна також реалізувати за рахунок рекуперації енергії при гарячій обкатці дизельного двигуна. При цьому в якості навантаження дизеля використовується електродвигун який працює в режимі генератора.

Представлений метод дозволить підвищити ефективність випробування тепловозних дизелів, при цьому зменшити час затрачений на проведення холодної обкатки, не допустити непотрібного припрацювання вже притертих циліндрів, а також зменшити енерговитрати.

Система електропостачання підприємств гірничо-видобувного комплексу на базі вітроенергетичних установок

Бойко С. М., Дозоренко О. В, Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського (КрНУ)

Підприємства гірничо-металургійної галузі промисловості України є одними з найбільших споживачів паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) держави. Частину ПЕР вищезгадані підприємства отримують від обленергосистем електричних мереж, а іншу частину виробляють на власних електростанціях. Через високу енергоемність продукції,

постійне збільшення цін на енергоносії (природний газ, нафтопродукти, електроенергія та ін.) енергетичної складової в собівартості продукції гірничо-збагачувальних підприємств сягає 27-32%. Впровадження та використання автономних джерел енергії веде до децентралізації виробництва електричної енергії, рівномірного розподілу енергетичних ресурсів та до зменшення впливу на навколишнє середовище. Все актуальнішим стає збільшення обсягів отримання енергії за рахунок використання поновлювальних джерел, у тому числі енергії вітру, силами самих гірничорудних підприємств.

В результаті дослідження аеродинамічних характеристик повітряних потоків гірничо-видобувних комплексів (ГВК) було зроблено висновок про те, що використання вітроенергетичних комплексів (ВЕК), що працюють як автономно так і в складі системи електропостачання, є доцільним і достатньо рентабельним.

Як приклад запропоновано розташування ВЕК на відвалах та між відвалами кар'єрів, що дозволяє досягти збільшувати коефіцієнт використання вітрового потоку при будь-якому напрямі вітру на поверхні. Швидкість потоку повітря на поверхні відвалів достатньо для генерації певного обсягу електричної енергії вітроустановкою. Виходячи з результатів цих досліджень є сенс для умов кар'єрів ГВК будувати ВЕК.

Беручи до уваги наведені вище результати дослідження, та потужності вітрогенераторів, можна зробити висновок про можливість використання вітрогенераторів на відвалах кар'єрів ГВК для живлення освітлювальної мережі кар'єру та для передачі залишкової згенерованої потужності в мережу.

Енергетика промислових підприємств включає процеси: виробництва, перетворення, транспортування, розподілу та споживання енергії, обслуговування цих процесів та розвитку об'єктів керування.

В результаті використання атмосферних повітряних потоків в умовах кар'єрів ГВК, з перетворенням вітрової енергії в електричну, є реальна можливість генерувати і використовувати електричну енергію для власних потреб підприємств ГВК, зекономивши при цьому засоби на її закупівлю.

Розробка і реалізація в практику роботи підприємств ГВК ВЕК, як додаткових автономних джерел живлення у складі системи електропостачання, є актуальним для забезпечення умови безперебійності та надійності електропостачання електроприймачів та дозволить зменшити собівартість видобутку корисних копалин.

Застосування в системах управління комутацією електричних мереж інтелектуальних систем, є одним із варіантів інтелектуального управління електропостачанням відповідальних об'єктів, що дає можливість підвищити надійність та якість управління електропостачанням.

Особливості проектування та функціонування автономних вітроенергетичних комплексів, що експлуатуються в умовах підземних виробок залізрудних шахт

Бойко С.М. (КрНУ), Саблін О.І. (ДНУЗТ)

Одним із чотирьох заходів, запропонованих Міжнародною енергетичною агенцією для підвищення енергоефективності в країнах світу, є збільшення використання вітрової енергії в загальному обсязі виробництва електричної енергії.

У турбулентному потоці повітря виникають вихрові потоки, що не є стійкими та призводять до дисипації їх механічної енергії.

На роботу вітроенергетичної установки (ВЕУ) в підземних виробках залізрудних шахт (ЗРШ) суттєво впливають інерційні сили, фізичні особливості потоку повітря, форма виробок, розташування вітрового колеса (ВК) відносно напрямку руху повітряного потоку

у підземній виробці, а також форма лопатей ВК.

Конструктивні особливості ВЕУ безпосередньо залежать від умов в місцях їх встановлення. Отже, необхідно детально їх проаналізувати та оцінити рентабельність встановлення ВЕУ.

Детальне вивчення всіх складових процесу впровадження ВЕУ в умовах ЗРШ є досить всебічним, багатограним, науково містким і технічно складним процесом, який має забезпечити оптимальні умови впровадження та роботи ВЕУ. В основу досліджень покладено використання сучасного математичного апарату та обчислювальної техніки для аналізу процесів та фізично обґрунтованих явищ, пов'язаних із впровадженням ВЕУ, їх роботою, економічного аналізу рентабельності та доцільності вітроенергетичного комплексу в умовах ЗРШ.

Система керування вертикально-осьовою ВЕУ, яка працює на електричну мережу, будується за такою ідеологією. За даних умов необхідно підтримувати оптимальну швидкість обертання вітрового колеса та максимальну потужність, що відбирається від нього, шляхом керування ємнісним струмом та баластним навантаженням ВЕУ. Якщо ці параметри будуть змінюватися, також змінюватиметься амплітуда вихідної напруги установки, а також амплітуда напруги на виході інвертора, що зумовить зміни струму навантаження. Це, в свою чергу, впливатиме на зміну моменту навантаження вітрового колеса аж до забезпечення оптимальної швидкості обертання, відповідно до поточної швидкості вітру. Така система дасть змогу автоматично підтримувати кутову частоту обертання вітроколеса шляхом регулювання моменту навантаження ВЕУ. Швидкість буде стабілізуватися за рахунок збільшення струму віддачі у мережу.

Важливою умовою покращення техніко-економічних показників ВЕУ є відповідність характеристик вітроагрегату вітровому режиму. На даний час існує низка систем керування, які дозволяють ВЕУ працювати із нерегульованою швидкістю, забезпечуючи відбір максимальної потужності від вітроколеса шляхом регулювання моменту навантаження генератора.

В практиці використання ВЕУ з вертикальною віссю обертання запропоновано структуру електромеханічного перетворювача з повітровідбивачем для збільшення коефіцієнта використання енергії вентиляційного повітряного потоку.

Нормування витрати дизельного палива при проведенні судових залізнично-транспортних експертиз

Болжеларський Я.В., Львівська філія ДНУЗТ, Львівський НДІ судових експертиз

У експертних установах Міністерства юстиції України у останні роки спостерігається збільшення кількості судових експертиз по кримінальних провадженнях та адміністративних справах, які відкриті по випадках нецільового використання дизельного палива та його перевитраті у локомотивних депо Укрзалізниці. При цьому перед судовими експертами ставиться ряд питань стосовно відповідності прийнятих у депо норм витрати палива вимогам нормативних документів, що діють на залізничному транспорті України, перевитрати дизельного палива та відповідності нормативних та фактичних дій працівників, які відповідальні за нормування палива.

Підставою для відкриття кримінальних проваджень чи порушення адміністративних справ у багатьох випадках стає сам лише факт перевищення фактичної витрати дизельного палива у поїзді відносно витрати, яка розрахована за встановленою у депо нормою для даної ділянки. Причому при розрахунку вказаної витрати враховується лише вага поїзда. Такі нормоутворюючі фактори, як швидкість руху, осьове

навантаження, кількість неграфікових зупинок, фактичний технічний стан конкретного тепловоза, втрати на додаткові розгони та гальмування не враховуються, хоча від них безпосередньо залежить норма витрати і, відповідно, кількість витраченого палива у конкретній поїзді. Вказані фактори неможливо визначити наперед, що і не передбачається нормативними документами. Тобто, норма витрати дизельного палива, яка встановлена для конкретної ділянки є потенційною плановою нормою, що по своїй суті передбачає ймовірність її недотримання у випадку відхилення нормоутворюючих факторів у конкретній поїзді від значень, які були закладені при розрахунку норми. До уваги необхідно приймати не сам факт перевитрати дизельного палива відносно значення, що розраховано за потенційною плановою нормою, а причини, які цього призвели. І лише при відсутності об'єктивних причин для перевитрати палива можна говорити про некваліфіковані дії машиніста при веденні поїзда (перепал) або про нецільове використання дизельного палива (крадіжки).

З цією метою експертами встановлюється норма витрати дизельного палива, враховуючи значення нормоутворюючих факторів, які спостерігалися у конкретній поїзді і за цим значенням визначається теоретична витрата дизельного палива. Вирішення цієї задачі ускладнюється рядом факторів, серед яких визначальними є важкість ретроспективного встановлення ряду факторів, які входять до розрахункової формули визначення норми.

Досвід проведення судових залізнично-транспортних експертиз у Львівському НДІСЕ показує, що ситуація значно покращується у випадку обладнання тепловозів системами автоматичної реєстрації параметрів руху поїзда, найпоширенішою з яких є система «Дельта-СУ» виробництва НПК «Дніпротехтранс». Система має наступні можливості: вимірювання, запис та індикація швидкості від 0,5 км/год з дискретністю 0,5 км/год; запис пройденого шляху з дискретністю 1 м; вимірювання та запис динаміки кількості палива у баку з дискретністю 1 л; порівняння розрахункової витрати з показами датчика кількості палива у баку; постійне діагностування дизель-генераторної установки; контроль місцеположення локомотива та запис його переміщення; фіксація режиму гальмування та параметрів роботи дизель-генераторної установки. Аналіз цих параметрів дає можливість встановити фактичне значення витрати дизельного палива для умов конкретної поїздки і надавати відповідні висновки.

Надійність і ресурсозбереження залізниць

Бондаренко І.О. (ДНУЗТ)

Надійність системи конструкцій верхньої та нижньої будов колії це властивість цієї системи зберігати у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах та умовах експлуатації при встановленій системі технічного обслуговування. Необхідними функціями в даному випадку є пропуск рухомого складу зі встановленими швидкостями руху. Умови експлуатації встановлюються на основі "Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України" ("Положення...") за якими виділено сім категорій колії з певними значеннями вантажонапруженості ділянки та максимально встановлених швидкостей вантажних і пасажирських поїздів.

Залізнична колія була побудована біля ста п'ятдесяти років тому під навантаження на вісі локомотивів 130 кН, а вагонів - 50 кН з максимальними швидкостями руху 80 км/год. За сучасними вимогами до потужності колії ці навантаження не тільки збільшились до 235 кН для вагонів (максимальна швидкість яких 120 км/год.), але й

змінили режим навантажень, так як масовість вагонів, що обертається по колії значно більша ніж локомотивів. За всі роки експлуатації залізничної колії не передбачалось ані відновлення піщаної подушки у конструкції верхньої будови колії, яка виконує функції розділення, армування, фільтрації та дренажу, ані відновлення стану земляного полотна під існуючі умови експлуатації. Все це призводить до того, що значення середнього модуля пружності приблизно у два рази (1,85) нижче, ніж потрібно за нормативними документами, тому наслідками є збільшення коливань колії під впливом рухомого складу, в середньому, у вертикальній площині на 67%, у горизонтальній – на 24%.

Враховуючи зазначене, забезпечити параметри безвідмовності та довговічності колії на рівні, встановленому за критеріями "Положення..." при зазначеному в них ресурсі (пропущеному тоннажі або кількості років) між модернізаціями, посиленними капітальними та капітальними ремонтами без додаткових вкладень, не передбачених міжремонтними схемами та поточним утриманням, не можливо. Це проявляється у зменшенні строку між ремонтами за фактичним станом системи з конструкцій верхньої та нижньої будов колі у 1,4...3,8 рази (в залежності від жорсткості колії) в порівнянні з нормативними строками. А витрати на поточне утримання інфраструктури колійного господарства на теперішній час перевищують 7,5 млрд. грн. на рік, тому стоїть питання необхідності зниження витрат на обслуговування інфраструктури колійного господарства, які сягають 40 % усіх експлуатаційних витрат залізниць за рахунок ефективного виконання ремонтів, зважаючи на їх значну вартість (за підсумками 2014 року вартість модернізації 1 км колії сягнула 4 млн. грн.).

Коливання екіпажу викликаються багатьма причинами: нерівностями колії; нерівнопружністю підрейкової основи; режимом тяги та її силою; нерівностями на колесах рухомого складу. Види та розмах коливань рухомого складу, їх наростання або згасання залежать як від конструктивних особливостей рухомого складу, так і від стану системи з конструкцій верхньої та нижньої будов залізничної колії. Оскільки зазначена система не відповідає сучасним умовам експлуатації за показниками надійності, отже призводить до посиленого функціонування рухомого складу та збільшення енергетичних витрат на це функціонування. Таким чином, для надійної роботи залізниць з мінімальною витратою матеріалів та енергії для їх обслуговування необхідно привести їх стан відповідно до сучасних умов експлуатації та переглянути діючі норми улаштування й утримання виходячи не тільки з дотримання умов міцності та стійкості, а із положень надійності.

Модифікований підхід до апроксимації петель гістерезису

Бондар О.І. (ДНУЗТ)

Наявність у більшості електротехнічних пристроїв, що знаходять застосування в системах електропостачання, магнітопроводів з феромагнітних матеріалів зумовлює необхідність аналізу процесів, які відбуваються у феромагнетиках під дією електромагнітних полів. Початок системному вивченню властивостей феромагнітних матеріалів було покладено ще у роботі Столетова «Про функцію намагнічування заліза» (1873 р.), у якій вперше було описано крива магнітної проникності феромагнетика. Аналітичну залежність для гістерезисної петлі при слабких полях, яка була придатною для інженерних розрахунків, вперше запропонував Релей у 1887 р. Цей вираз пізніше було розповсюджено і на зміщені петлі, що дозволяє розраховувати часткові несиметричні цикли при малих амплітудах намагнічуючої сили. Пізніше, на початку ХХ ст.. Маделунг сформулював «правила намагнічування» - ряд положень, які стосуються вигляду петель

гістерезису часткових циклів намагнічування. В подальшому І.М. Сирота показав, що в практичних розрахунках для більшості електротехнічних сталей окремими правилами Маделунга можна знехтувати.

Пошуки раціональної і по можливості більш точної апроксимації петель гістерезису продовжувалися і в наступні роки. Детальний огляд робіт у цьому напрямку міститься в монографії Л.А. Бессонова. Зокрема це апроксимації на основі степеневих функцій, коефіцієнти при яких визначаються виходячи із втрат від гістерезису і максимального значення функції а також заміна гістерезисних петель при слабких полях паралелограмами. В цілому ці апроксимації характеризуються недостатньою точністю при широкому діапазоні зміни величин зовнішнього магнітного поля. Більш складні апроксимації базуються на використанні степеневих, гіперболічних та експоненціальних функцій, однак при цьому виникають значні труднощі у підборі постійних коефіцієнтів. Означений недолік є характерним зокрема для апроксимацій, запропонованих Дж.Гілтаєм та Б. Янковичем. Роботи Ю.А. Савиновського, В.С. Нерсисяна та Г.А. Архангельської присвячені створенню так званої аналітичної моделі гістерезису. Для опису перемагнічування феромагнетика консервативні та дисипативні процеси у ньому відокремлені, завдяки чому спрощується їх аналітичний опис. У якості апроксимуючих функцій застосовані гіперболічний та круговий синуси, що дало добре спів падіння апроксимованих кривих з дослідними. Проте автоматизація розрахунків при цьому ускладнена через необхідність визначення коефіцієнтів апроксимації за номограмами вручну.

Загалом описані вище способи апроксимації дають можливість в ряді випадків розрахувати картину поля у перерізі феромагнетика, визначати втрати на гістерезис. Проте у більшості своїй вони недостатньо враховують різноманітність магнітних матеріалів та не дозволяють застосувати єдиний підхід до дослідження стаціонарних та нестаціонарних магнітних полів у феромагнетиках для різних форм намагнічуючої сили.

На нашу думку більшою універсальністю володіють чисельні інтерполяційні моделі гістерезису. Зокрема, модель, яка пропонується у модифікованому вигляді, у якості вихідної інформації містить криві повернення зі спадаючої вітки граничної петлі до області насичення або ж родину симетричних гістерезисних циклов. За допомогою такої моделі можна вести розрахунок не тільки усталених, але й перехідних режимів, отримувати часткові цикли при несиметричному перемагнічуванні (щоправда при монотонній зміні поля і з амплітудою, яка перевищує граничне значення напруженості поля на граничній петлі гістерезису). Зазначене обмеження викликано передусім відсутністю достатньої інформації про поведінку конкретного досліджуваного феромагнетика в слабких полях. В той же час зазначений підхід успішно застосовано для дослідження електромагнітних полів у циліндрах як з магнітотвердих, так і магнітом'яких матеріалів.

Удосконалення системи тягового електропостачання постійного струму при швидкісному русі

Борисовська Ю.А., Сиченко А.В. (ДНУЗТ)

Останнім часом, коли ріст економіки окремої країни чи регіону багато в чому залежить від транспортної політики держави, дуже важливими критеріями ефективності залізничних перевезень є швидкість та пропускна спроможність. Тому в багатьох передових країнах було впроваджено швидкісний та високошвидкісний рух.

Як показує світовий досвід, забезпечити швидкість руху до 250 км/год можна при будь-якій існуючій системі живлення тягової мережі. Однак, на значному полігоні

електрифікованих залізниць України основні елементи системи тягового електропостачання вичерпали свій ресурс, або знаходяться близько до цього показника. Тому все більшої актуальності набирає вирішення питань, пов'язаних з оновленням основних фондів та енергозбереженням на електрифікованому залізничному транспорті. Важливою також залишається проблема розширення полігону електрифікації та вантажообігу на ньому. У зв'язку з цим з'явилась потреба в підвищенні тягово-енергетичних можливостей існуючих видів електричної тяги, а також впровадження сучасних, високонадійних пристроїв і технологій тягового електропостачання.

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

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

Необхідно прийняти до уваги, що сучасний стан тягового електропостачання постійного струму характеризується зростаючим дефіцитом електричної енергії для забезпечення необхідного режиму напруги в тяговій мережі при впровадженні швидкісного та високошвидкісного руху. Існуючі системи електропостачання електрорухомого складу, які мають значну встановлену потужність тягових підстанцій, не дозволяють забезпечити потрібний рівень питомої потужності тягової мережі в межах 1,5 – 2 Мвт/км. Приведені фактори ставлять задачу дослідити можливість використання незалежних джерел електричної енергії для живлення ПЖ.

Перевага живлення перетворюючих пунктів від сонячних батарей полягає в тому, що немає необхідності в монтажі додаткової живильної лінії від тягової підстанції і незалежність їх роботи від неї. Схема лінійного перетворюючого пункту складається з однофазного інвертора на IGBT транзисторах, перетворюючого трансформатора і випрямляча. Для зменшення масогабаритних розмірів трансформатора використовується напруга підвищеної частоти, а сердечник трансформатора виконаний з аморфного сплаву.

Для удосконалення функціонування системи тягового електропостачання пропонується використання на міжпідстанційній зоні 1-го, 2-х або 3-х лінійних перетворюючих пунктів.

Удосконалення режиму напруги тягової підстанції змінного струму при транзиті потужності тяговою мережею

Босий Д. О., Міщенко С. М., Шама О. В., Дніпропетровський національний
університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Електрифіковані залізниці змінного струму є специфічним споживачем електричної енергії. Причиною цього є живлення тягової мережі від різних вузлів однієї або декількох енергосистем. Покращення умов сполучення систем зовнішнього та тягового електропостачання (зниження втрат при паралельній роботі тягових підстанцій) може бути досягнуто за рахунок оптимізації деяких параметрів ділянки та режиму роботи ділянки електроенергетичної системи.

Якщо суміжні підстанції живляться від різних енергосистем, то різниця напруги на вводах може досягати чималих значень. Іншими словами, вузли живлення тягової мережі, що мають різні зовнішні характеристики, замикаються через систему тягового електропостачання. До того ж має місце деяка відмінність за модулем та фазою напруг у пунктах живлення тягової мережі. Підключення системи тягового електропостачання до системи зовнішнього електропостачання при двосторонньому живленні міжпідстанційних фідерних зон призводить до складних енергетичних процесів від їх взаємного впливу. Вирішення цієї проблеми йде шляхом удосконалення систем електропостачання змінного струму та пошуку способів підвищення ефективності передачі електричної енергії від мереж загального призначення до електрорухомого складу.

Після проведення натурних експериментів по визначенню існуючого режиму сполучення, здійснених на Одеській залізниці, чітко прояснюються причини виникнення вище зазначених проблем, які, згідно отриманими даними, постають перед нами через наявність додаткового кута зсуву між фазами, що досягає 10° та викликає появу вивірнювального струму значенням 200 А.

Метою роботи є покращення умов сполучення систем зовнішнього та тягового електропостачання за рахунок оптимізації параметрів ділянки та режиму роботи електроенергетичної системи. На межі балансової належності систем зовнішнього і тягового електропостачання умови їх узгодження характеризуються якістю спожитої електроенергії та перетіканнями реактивної потужності.

Актуальність роботи обумовлена проблемою нерівномірного споживання електроенергії, що свідчить про підвищені складові технологічних втрат та неідеальні умови сполучення систем зовнішнього та тягового електропостачання. Тобто, має місце завдання по забезпеченню рівномірності розподілу та компенсації споживаної реактивної потужності.

В результаті застосування методу імітаційного моделювання даної міжпідстанційної зони для ідеалізації умов сполучення після проведення натурних експериментів виконано розробку практичних методів та пристроїв з компенсації реактивної потужності, що забезпечить стабільний та якісний режим напруги кожному поїзду під час руху міжпідстанційною зоною та зменшення транзиту електричної енергії тяговою мережею.

Шляхом вирішення даного питання прийнято застосування пристроїв плавної компенсації реактивної потужності в системі електричної тяги змінного струму, яка встановлюється у відсмоктуючий фідер та, який, порівняно з іншими методами, має деякі переваги. Цей метод дозволяє отримати оптимальні струми компенсації, які, в свою чергу, забезпечують необхідний режим напруги на шинах підстанції, відсутність перетікань реактивної електроенергії та мінімально можливий рівень несиметрії напруги через усунення ефекту випереджуючої та відстаючої фази у тяговій мережі.

Інтелектуальне управління режимами систем тягового електропостачання електрифікованих залізниць

Босий Д. О., Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Розгалуженість та протяжність систем тягового електропостачання електрифікованих залізниць, які представлені шістьма суб'єктами господарювання, що володіють інфраструктурою та розподілені за територіальним принципом, обумовлює актуальність впровадження інтелектуальних технологій до керування режимами їх роботи. Причиною є те, що кінцевий споживач в системі тягового електропостачання постійно змінює свої параметри у часі та просторі та нерідко на межах залізниць виникають спірні питання, пов'язані з особливістю споживання електричної енергії електрорухомим складом, недосконалістю системи обліку електричної енергії та режимами напруги в системі електропостачання. Електричну енергію залізниці України отримують з оптового ринку електроенергії, користуючись при її передачі до тягових підстанцій мережами суміжних ліцензіатів, які розподілені територією країни за адміністративно-територіальним поділом, що додатково вносить складнощі при вирішенні спірних питань та пошуку причин їх виникнення.

Під режимом роботи системи тягового електропостачання розуміється неперервний технологічний процес передачі, розподілу та споживання електроенергії, який характеризується величинами напруги, струмів, кутів зсуву фаз, коефіцієнтів потужності та втрат електроенергії на всьому шляху її передачі та перетворення. Будь-яке перетворення електричної енергії в системах тягового електропостачання зумовлене процесами випрямлення чи трансформації електроенергії на тягових підстанціях та безпосередньо на електрорухомому складі. Можливість виконання оптимізаційних розрахунків системи тягового електропостачання неможливе без складання моделі системи в просторово-часових координатах. Саме просторово-часове уявлення всіх електричних величин, які необхідні для розрахунків систем тягового електропостачання, дозволяє побудувати інтелектуальні системи керування режимами систем тягового електропостачання.

Система електропостачання тяги постійного струму представляє собою розподілену у просторі сукупність електротехнічних пристроїв для живлення електрорухомого складу. Напруга в контактній мережі залежить від великої кількості взаємопов'язаних і взаємовпливаючих факторів. Існуючі системи регулювання напруги на шинах тягових підстанцій не вирішує існуючу проблему повною мірою, через збільшення втрат потужності на міжпідстанційних зонах та відповідних експлуатаційних витрат. Необхідність у контролі рівнів напруги у заданому діапазоні на струмоприймачах електрорухомого складу при русі міжпідстанційною зоною за будь-якої кількості поїздів обумовлює застосування інтелектуальних систем з використанням сучасної вимірювальної техніки. Пропонується стабілізувати напругу в контактній мережі електрифікованої залізниці постійного струму безпосередньо на струмоприймачі кожного електрорухомого складу. Суть полягає в тому, що окрім напруги на шинах суміжних тягових підстанцій необхідно додатково виміряти розподіл напруги уздовж міжпідстанційної зони за допомогою пристроїв з бездротовою передачею даних. Послідуюча обробка цих даних визначить необхідну потужність генерації підсилюючими пунктами. Регулювання таким чином потужності генерації підсилюючого пункту тягової мережі забезпечує номінальний рівень напруги кожному електрорухомому складу на міжпідстанційній зоні та, в залежності від поїзної ситуації, зменшує втрати електроенергії в контактній мережі на 20-30 %.

Обробка інформації від розробленої системи традиційними способами з використанням аналітичних методів навіть для сучасної обчислювальної техніки займатиме багато часо-машинних ресурсів. Тому доцільним є застосування апарату нейронних мереж до розрахунку керуючого впливу джерелами розосередженої генерації. Безпосереднє навчання нейронної мережі можна виконати залежностями, отриманими в результаті використання просторово-часової моделі системи тягового електропостачання.

Для системи електричної тяги змінного струму для нормального режиму роботи не характерні проблеми з рівнем напруги в контактній мережі. Цьому сприяє майже на порядок вищий рівень напруги та значний резерв потужності на тягових підстанціях. Попри це, система змінного струму характеризується значними перетіканнями реактивної потужності, значним рівнем струмів зворотної послідовності та електромагнітним впливом на оточуюче середовище. Для забезпечення безперебійності технологічного процесу перевезень для більшості ділянок встановлені нормальні схеми паралельної роботи тягових підстанцій. У випадках порушення нормальної схеми живлення в системі зовнішнього електропостачання між векторами однойменних первинних напруг виникає кут зсуву фаз, який викликає відповідну векторну різницю напруг на шинах тягового навантаження підстанцій. Під дією різниці напруг, зумовленою саме кутом зсуву фаз тяговою мережею протікає майже активний вирівнювальний струм. Тому керування режимом роботи системи змінного струму повинне керуватись кутом зсуву фаз векторів напруги суміжних тягових підстанцій. Сучасний рівень розвитку вимірювальної техніки дозволяє отримати кути зсуву фаз шляхом застосування пристроїв WAMS PMU, які в своїй роботі керуються прецензійною синхронізацією в часі супутниковими каналами зв'язку систем глобального позиціонування. Активний характер вирівнювальних струмів в такому випадку ускладнює технічну реалізацію заходів протидії транзитним перетіканням. Тому застосування компенсації реактивної потужності впливатиме лише на реактивну складову вирівнювального струму. Перемикання положень анцапф трансформатора внесе певні корективи але не повністю не дозволить уникнути перетікань вирівнювальних струмів. Вирішення проблеми можливе застосуванням фазозсуваючих силових трансформаторів з інтелектуальною системою управління. Вимірювальними органами системи повинні бути пристрої комплексних вимірювань електричних параметрів мережі, а виконавчими – пристрої перемикання обмоток трансформаторів, які зібрані за схемою зигзагу.

Таким чином, система електричної тяги постійного струму підлягає удосконаленню в частині управління режимом напруги безпосередньо на струмоприймачах електровозів, що дозволяє забезпечити нормований рівень при провадженні швидкісного та важковагового руху і значно знизити втрати потужності в тяговій мережі, а електрифіковані ділянки системою змінного струму доцільно удосконалювати в частині зниження режимних перетікань транзитної потужності при відхиленнях кута зсуву фаз між однойменними фазами.

Электропривод стрелочного перевода моношпального типа на базе линейного электродвигателя

Буряковский С.Г., Маслий Ар.С. Маслий Ан.С., Український державний університет залізничного транспорту

Внедрение в жизнь скоростного движения в Украине ставит задачи перехода на новые более эффективные, быстродействующие и надежные типы стрелочных переводов,

поскольку они являются одним из важнейших исполнительных элементов железнодорожной автоматики, обеспечивающим пропускную способность.

Стрелочные переводы могут ограничивать эксплуатационную готовность и пропускную способность железнодорожных линий, если допустимая на них скорость движения поездов не соответствует скорости на главных или боковых путях. С отказами стрелочных переводов связаны частые нарушения движения поездов. А высокоскоростной перевод с очень длинными острьяками должен развивать тяговое усилие значительно больше чем обычный.

Наряду с усовершенствованием существующих стрелочных приводов путем замены ненадежных элементов, мировыми компаниями производится работа над созданием новых их типов. Общая концепция новых стрелочных переводов, как для обычного, так и высокоскоростного движения, сводится к обеспечению максимальной надежности и безопасности, при которых затраты на текущее содержание минимальны, а также к снижению затрат времени на укладку стрелочного перевода за счет отказа от предварительного монтажа на вспомогательной площадке, снижение энергопотребления, расширение функциональных возможностей привода. Современные стрелочные переводы оснащаются модифицированной и оптимизированной системой привода.

Одним из путей повышения интенсивности движения является создание стрелочных переводов, позволяющих сократить время перевода остряков. Другим важным аспектом интенсификации движения является автоматизация процесса подбивки балласта специальными автоматизированными комплексами, которые работают в непрерывном режиме движения по магистрали. Кратчайшим путем решения этой задачи применительно к стрелочному переводу есть внедрение приводов «моношпального» типа. Таким образом, предлагаемый путь создания новых стрелочных переводов является актуальным с точки зрения необходимости перехода к новой, современной, элементной базе систем автоматики.

Основными задачами при разработке моношпального вентильно-индукторного привода стрелочного перевода было упрощение кинематической линии, а также создание регулируемого микропроцессорного электропривода, что позволило обеспечить возможность варьирования времени перевода, осуществлять плавный довод остряка к рамному рельсу, обеспечить защиту двигателя от перегрузок без использования фрикционного сцепления. Значительная часть энергии стрелочного привода тратится в механической части, а именно редукторе. Эту проблему можно решить путем применения в стрелочном переводе безредукторного привода на базе линейного электродвигателя, над которым интенсивно ведутся разработки.

Особенности использования солнечной энергии при распределенном электроснабжении

Васильев И.Л., Ковалев А.А., Павличенко М.Е. (УрГУПС, Екатеринбург)

В настоящее время энергетика переживает революционные изменения, которые меняют не только саму энергетику, но и весь мир. В зависимости от степени развитости энергетики той или иной страны и с учетом исторических традиций и территориальных особенностей для производства электроэнергии используются различные топливно-энергетические ресурсы. Большинство этих ресурсов используют энергию солнца, запасенную за миллионы лет существования планеты в том или ином виде – газ, нефть, уголь. Эти ресурсы являются невозобновляемыми, и при их использовании возникает ряд проблем, в том числе и экологических.

В последнее время во всем мире отмечается рост интереса к альтернативной энергетике. Если еще буквально десять лет назад разница в цене традиционного киловатта и альтернативного различалась на порядки, то сейчас разница составляет разы, а то и меньше. По сообщениям ряда источников, в 2010 году стоимость «чистого» киловатта сравнялась со стоимостью киловатта, полученного на АЭС.

Наибольший интерес, по мнению автора, представляет солнечная энергетика, то есть получение электроэнергии с помощью солнечных панелей. Расчеты показывают, что для того, чтобы получить всю генерируемую электроэнергию на планете, требуется покрыть солнечными панелями площадь квадрата со стороной 150 км. Если пересчитать на каждого жителя Земли, то получится примерно 3,5 квадратных метра. Когда это случится, а это когда-нибудь произойдет, человечество сможет отказаться от использования минеральных источников энергии, и нефть, газ и уголь будут использоваться по другому назначению.

Вокруг технологии получения электроэнергии от солнца существует много легенд и заблуждений. Чаще всего утверждается, что это очень дорого, неэкологично, не позволяет генерировать энергию, достаточную для комфортного проживания. Опыт эксплуатации автономной фотоэлектрической системы позволяет опровергнуть большинство из этих заблуждений. Расчеты показывают, что себестоимость 1 кВт*ч, выработанного солнечной панелью, составляет 0,02 \$. По наблюдениям, панель установленной мощностью 100 Вт способна генерировать 0,5 кВт*ч/сутки. Иными словами, каждый квадратный метр крыши дома с солнечными панелями может генерировать до 15 кВт*ч в месяц.

Автономные системы имеют ряд существенных недостатков, главный из которых – высокая стоимость устройств накопления энергии. Применение сетевых инверторов, позволяющих отдавать в сеть энергию при её переизбытке, позволяет уменьшить долю стоимости накопителей в системе. Наиболее перспективным решением можно считать систему распределенного электроснабжения. В этом случае не требуется протяженных ЛЭП, повышающих и понижающих трансформаторных подстанций, где происходят значительные потери электроэнергии. Распределенное электроснабжение за счет перераспределения мощности внутри одного населенного пункта позволяет снизить потери при преобразовании и передаче электроэнергии.

Применение систем солнечного распределенного электроснабжения требует создания и апробации новых методик расчета и способов оптимизации эксплуатационных и экономических показателей. Наиболее точные показатели может дать опытная эксплуатация в рамках населенных пунктов различных масштабов.

Совершенствование модели возникновения и развития коррозии в железобетонных опорах контактной сети

Васильев И.Л., Ковалев А.А, Павличенко М.Е, (УрГУПС, Екатеринбург)
Татарченко Г.О. (СТИ), Сыченко В.Г. (ДИИТ)

В настоящее время считается, что коррозия железобетонных опор происходит из-за протекания тока из рельсовых цепей через неисправный искровой промежуток, через консоль на арматуру опоры и затем, стекая с арматуры, ток вызывает коррозионное разрушение металлической арматуры опоры, что снижает её несущую способность.

В качестве подтверждения этой версии часто звучит аргумент о наличии «блестящего металлического контакта» между арматурой стойки и деталями консоли. По мнению некоторых исследователей, существуют сомнения в том, что блестящая поверхность стали может свидетельствовать о прохождении тока, а скорей всего

свидетельствует об отсутствии протекания тока и о наличии механического перемещения деталей.

Для уточнения численных показателей существующей теории на протяжении ряда лет производились эксперименты по измерению величины потенциала арматуры опоры относительно земли и его изменения при различных потенциалах «рельс-земля». Проведенные исследования позволяют усовершенствовать подходы к диагностике коррозионного состояния арматуры опоры и к прогнозированию её несущей способности.

В результате проведения исследований ни на одной из исследованных опор не удалось найти следов протекания тока через консоль. Выяснилось, что потенциал «арматура-земля» не зависит от потенциала «рельс-земля» и лишь незначительно изменяется при резком изменении потенциала рельса.

Из этого следует, что измерение омического сопротивления опоры не может нести полной информации об её коррозионном состоянии. При измерении данного сопротивления различные приборы дают значения, отличающиеся в разы и даже на порядки. Более полную информацию могут дать измерения, при которых опора рассматривается, как активно-емкостное нелинейное сопротивление.

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

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

С учетом результатов проведенных исследований диагностику состояния арматуры железобетонных опор контактной сети возможно проводить на основе измерения величины потенциала арматуры относительно земли и характера его изменения при изменении потенциала рельса. Данный способ позволяет однозначно сделать вывод об отсутствии или наличии протекания тока с консоли на арматуру. Применение данного высокотехнологичного метода позволяет отказаться от малоэффективного метода откопок опор.

До питання вибору раціонального оснащення вантажних пунктів на під'їзних коліях промислових підприємств та портів

Вернигора Р.В., Березовий М. І., Малашкін В.В. (ДНУЗТ)

Для сучасного реального сектору економіки одним з найбільш пріоритетних напрямків забезпечення високої ефективності роботи та конкурентоздатності на ринку є впровадження прогресивних ресурсо- та енергозберігаючих технологій, в тому числі на етапі проектування виробничих потужностей. Безумовно, для транспортного сектору, як кровеносної системи економіки, ресурсо- та енергозбереження також є однією з найактуальніших задач сьогодення.

Залізничний транспорт під'їзних колій (ЗТПП) промислових підприємств та портів є важливим елементом у логістичному ланцюзі переміщення матеріальних потоків, тому що забезпечує безпосередню взаємодію по передачі вантажів між магістральними залізницями й вантажовласниками. Більше 90% усіх залізничних вантажопотоків України зароджуються та погашаються саме на під'їзних коліях підприємств різної форми власності. Якість роботи ЗТПП суттєвим чином впливає на ефективність усієї логістичної системи доставки вантажів залізничним транспортом. Однак, наразі існуюча система організації роботи багатьох під'їзних колій і їх взаємодії із залізницями демонструє свою неефективність, що призводить до додаткових невиробничих простоїв вантажопотоків та, відповідно, до росту собівартості продукції. Однією з причин такої ситуації є невідповідність існуючої технології та технічного оснащення ЗТПП новим умовам роботи.

Модернізація основних фондів ЗТПП, зношеність яких досягає 80%, вимагає застосування сучасних наукових методів для вибору комплексу найбільш ефективних і економічно виправданих заходів щодо збільшення перероблювальної спроможності. Однієї з основних завдань, що виникають при цьому, є визначення потрібної перероблювальної спроможності під'їзної колії і її окремих вантажних пунктів. Потрібна потужність технічних засобів у більшості випадків визначається, виходячи з розрахункових добових обсягів роботи як $N_{\text{розр}} = K_{\text{нер}} \cdot N_{\text{доб}}$, де $K_{\text{нер}}$ – розрахунковий коефіцієнт нерівномірності; $N_{\text{доб}}$ – середньодобові обсяги роботи. Однак, визначення розрахункового коефіцієнта нерівномірності являє собою досить непросте та суперечливе завдання. Завищення цього коефіцієнта може привести до необхідності спорудження та утримання надлишкових виробничих потужностей; заниження – приводить до зниження рівня експлуатаційної надійності даного технічного обладнання, а, значить, і всього транспортного підприємства в цілому.

У сучасних умовах роботи нерівномірність у перевезеннях вантажів усе більш збільшується, що викликає істотні втрати як на магістральному, так і на промисловому залізничному транспорті. Однією із причин цього є перехід від системи глобального державного планування до ринкових методів складання планів виробництва. Ряд досліджень показує, що за роки незалежності внутрішньорічна нерівномірність перевезень зросла в середньому на 7-10%, а добова – на 50%. Особливо актуальною проблема нерівномірності перевезень є для ЗТПП, функціонування якого характеризуються коливаннями обсягів роботи в значних межах. Слід зазначити, що питанням дослідження нерівномірності перевізного процесу й прогнозування розмірів вантажопотоків в експлуатаційній науці присвячена досить значна кількість наукових праць. Окрім того, у ряді нормативних документів залізничних адміністрацій СНД викладені методики визначення розрахункових обсягів роботи для вантажних пунктів під'їзних колій, у яких наведені математичні вирази для визначення розрахункових коефіцієнтів нерівномірності вагонопотоків. Авторами була виконана оцінка різних методик визначення розрахункових обсягів роботи для вантажних фронтів великого морського порту та ряду металургійних підприємств України.

За статистичним даними, отриманим на вказаних підприємствах, були побудовані часові ряди надходження вагонів на вантажні fronti підприємств. На основі методів RS-аналізу було встановлено, що досліджувані часові ряди є антиперсистентними. Окрім того, дослідження показали, що розподіл добових коливань вагонопотоків, які надходять на під'їзні колії, практично у всьому діапазоні коливання обсягів може описуватися нормальним законом розподілу.

Порівняльний аналіз різних методик визначення розрахункового коефіцієнту нерівномірності надходження вагонів на вантажні пункти показав, що методи визначення коефіцієнта нерівномірності та розрахункових обсягів роботи, наведені в нормативних документах залізничних адміністрацій УЗ та РЖД забезпечують рівень експлуатаційної

надійності в межах 75%...85%. Найбільш точним виявився метод, який базується на зворотній нормованій функції Лапласа. Вказаний метод дозволяє отримати значення $N_{\text{розр (доб)}}$, яке не буде перевищене на протязі року із заданою ймовірністю P (звичайно в технічних розрахунках $P=0,95$): $N_{\text{розр (доб)}} = N_{\text{серед (доб)}} \cdot \sigma \cdot t_p$, $t_p = \Phi'(P - 0,5)$, де Φ' – зворотна функція Лапласа. Однак, при цьому виникає проблема вибору найбільш раціонального значення P , що забезпечує, з однієї сторони високу експлуатаційну надійність у роботі окремих вантажних пунктів і під'їзної колії в цілому, з іншого боку – мінімальні експлуатаційні витрати, пов'язані із забезпеченням необхідної перероблювальної спроможності під'їзної колії і її роботою в заданих експлуатаційних умовах. Особливу актуальність ця задача здобуває при проектуванні нових вантажних пунктів або реконструкції існуючих технічних засобів у випадку зміни перспективних обсягів роботи. Розв'язок даної проблеми можливий тільки із застосуванням сучасного математичного апарата та методів імітаційного моделювання на ЕОМ.

Вплив вібрації і кута нахилу на динамічні характеристики теплової труби

Габрінець В.О., ДНУЗТ, Марченко О.Л., Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

На потреби транспорту витрачається до 30% усіх споживаних енергоресурсів. По об'ємах споживання енергії транспорт займає друге місце після промисловості. У перерахунку на умовне паливо це складає сотні мільйонів тонн. Здійснення енергозберігаючих заходів у цих галузях є актуальним завданням.

У процесах використання і перетворення енергії більша частина доводиться на теплові явища, тому детальніше вивчення, інтенсифікація і удосконалення цих явищ є одним з шляхів підвищення енергоефективності.

Одним із способів організації ефективної передачі теплоти від гарячого джерела до холодного є теплова труба. У цьому пристрої теплота передається за рахунок енергії фазового переходу, яка в сотні разів більше можливостей теплопровідності або прокачування рідкого теплоносія. Найбільше застосування теплові труби знайшли в ракетно-космічній і авіаційній техніці для транспортування теплоти і вирівнювання температурних полів. Останнім часом спостерігається застосування цих пристроїв в комп'ютерній техніці, електроніці. У продажу з'являються радіатори опалювання, принципи дії яких ґрунтуються на принципі теплової труби, що дозволяє значно зменшити об'єм теплоносія в системі опалювання і скоротити час подачі тепла від джерела. Великі перспективи представляє широке застосування теплових труб в поновлюваних джерелах енергії, таких як сонячні колектори, геотермальні джерела енергії, енергія вторинних джерел і таке інше.

Слід зазначити, що в промисловості і на транспорті теплові труби практично не застосовуються. Проте, теоретичні передумови для застосування цих пристроїв мають місце. Наприклад, вирівнювання температурних полів в кокіллі для литва металу, охолодження фурми металургійної печі, відведення тепла від гальмівних колодок залізничного транспорту, підігрівання мазуту перед зливом із залізничних цистерн і таке інше.

Нині теплові труби досліджені досить добре. Існує багато робіт по дослідженню впливу матеріалу корпусу, гніту, а також робочого тіла на роботу теплової труби. Також дані рекомендації щодо розрахунку та проектування теплових труб.

Проте недостатньо повно, а то і взагалі не досліджені експлуатаційні характеристики, які можуть мати місце при використанні теплових труб на транспорті. До

таких чинників можна віднести зміну вектору сили тяжіння а також наявність вібрацій при роботі пристрою.

Дана робота є експериментальним дослідженням впливу зміни вектору гравітації на запуск і зупинку теплової труби, а також впливу вібрації корпусу, які можуть мати місце при роботі пристрою. В результаті експериментальних досліджень отримані значення допустимих кутів нахилу теплової труби для ефективної роботи, також визначені області кутів нахилу, при яких теплообмін значно погіршується. Також досліджений вплив вібрації на роботу теплової труби при різних кутах нахилу. Загальним висновком цих досліджень є значне підвищення тепло передаючої здатності теплових труб. Ці дані можуть бути застосовані на практиці в різних сферах , де ці труби застосовуються. Потрібні подальші дослідження впливу коливань, які є характерними при русі потягів на роботу теплових труб. Результати досліджень представлені у вигляді графіків і можуть бути використані для практичних рекомендацій по застосуванню і експлуатації теплових труб для транспортних і промислових задач.

Использование грунтовых аккумуляторов для энергоснабжения удаленных объектов железной дороги

Габринец В. А., Титаренко И. В., Козюк В. А., Водолага В. М. (ДНУЖТ)

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам экономии топливно-энергетических ресурсов на транспорте. Это в первую очередь связано с глобальным энергетическим кризисом, вызванным постепенным истощением традиционных энергоресурсов и в связи с быстрорастущими ценами на традиционные источники энергии: газ, нефть, уголь. С другой стороны, важной проблемой является обеспечение комфортных условий для работников, обслуживающих отдаленные от населенных пунктов железнодорожные объекты. Это требует затрат энергии на обогрев жилых и производственных помещений в холодный период года и его кондиционирование в летний период. Это, в свою очередь, требует оценки энергоэффективности систем энергоснабжения таких объектов. Для решения этой проблемы возможно использование возобновляемых источников энергии, в частности, солнечной.

Так как солнечная энергия, отличается непостоянством поступления, как посезонно, так и посуточно, то необходимо для ее эффективного использования создание надежных, дешевых аккумуляторов, обеспечивающих аккумуляцию солнечной энергии в периоды ее отсутствия. Длительность аккумуляции может быть самой различной – от суток до целого сезона.

При разработке аккумуляторов с большой длительностью функционирования на первое место выдвигаются вопросы стоимости и эффективности. Стоимость в первую очередь связана с эффективностью тепловой изоляции, которая определяет величину тепловых потерь, а также со стоимостью самого теплоаккумулирующего материала (ТАМ) и стоимостью конструкции самого теплового аккумулятора (ТА). Эффективность связана с теплофизическими свойствами ТАМа, а именно коэффициентами теплоемкости, теплопроводности и температуропроводности. Комплексное решение всех вышеперечисленных вопросов возможно при использовании грунтового теплового аккумулятора. Схема такого аккумулятора может быть следующей. В качестве ТАМа используется обыкновенный грунт, в который вделаны устройства для подвода и отвода тепловой энергии. В качестве таких устройств может быть выбрана тепловая труба или трубка Фильда. Внешний грунт по отношению к теплоаккумулирующим слоям одновременно является теплоизолятором.

При разработке такого аккумулятора важно определиться с длительностью аккумуляирования. Этот фактор будет определять шаг и конфигурацию размещения теплоподводящих и теплоотводящих труб. Очевидно, с точки зрения минимизации тепловых потерь размещение этих труб должно быть близким к гексагональному. Важной задачей является определение граничных условий на поверхности теплообменного устройства. Так как грунт является слабопроводящей средой, то в первом приближении можно считать, что температура внешней поверхности теплообменного устройства при этом будет постоянной и равной 80°C , что технически вполне реализуемо. Авторами были проведены расчеты по аккумуляированию солнечной энергии в грунтовом аккумуляторе в течении 90 суток и в течении одного дня. При этом в качестве длительности аккумуляирования бралось время равное половине вышеуказанных, что в общем соответствует средней длительности солнечного сияния.

Количество тепла, подсчитанное с использованием 7 теплообменных труб составляет для 90 суточного аккумуляирования $3,63 \cdot 10^{10}$ Дж, а для аккумуляирования в течении суток (12 часов) – $4,04 \cdot 10^8$ Дж. При использовании другого метода количество тепла для 90 суточного аккумуляирования составляло $6,49 \cdot 10^{10}$ Дж, а для аккумуляирования в течении суток (12 часов) – $7,21 \cdot 10^{10}$ Дж. Погрешность расчетов по обоим методикам не превосходит 50 % как для суточного и 90-суточного периодов аккумуляирования. Таким образом грунтовой аккумулятор может стать возможной альтернативой для аккумуляирования больших количеств тепла с малыми капитальными затратами на единицу аккумуляированного тепла.

Энергоактивное покрытие для пассажирских вагонов

Габринец В. А., Титаренко И. В. (ДНУЖТ)

Энергоактивные покрытия широко используются в практике строительства жилых и производственных помещений. Такие покрытия, размещенные с наружной стороны зданий и сооружений, активно поглощают как прямое солнечное излучение, так и диффузное с последующим нагревом теплоносителя, циркулирующего через эти покрытия. Этот нагретый теплоноситель, в свою очередь, используется для климатизации, так и для горячего водоснабжения тех объектов, на которых размещены эти покрытия.

В настоящей работе предлагается использование энергоактивных покрытий для климатизации пассажирских вагонов. С этой целью предлагается всю нижнюю часть пассажирских вагонов с двух сторон покрывать плоским, прозрачным поликарбонатным покрытием с продольными внутренними каналами, по которым может прокачиваться воздух, как теплоноситель. При такой конфигурации покрытия стоимость его будет минимальной. Толщина такого покрытия составляет 10...20 мм. Это покрытие с одной стороны играет роль гелиоколлектора, обеспечивающего нагрев воздуха, циркулирующего через внутренний объем покрытия. Этот воздух может подаваться на вентиляцию вагона. С другой стороны покрытие является дополнительной теплоизоляцией для вагона в зимний период. Большая площадь такого покрытия ($\approx 30 \text{ м}^2$) только с одной стороны вагона может обеспечить поступление 15...10 кВт тепловой энергии в осенне-весенний периоды. Этого количества тепла вполне хватает для поддержания комфортных условий внутри вагона в эти периоды. Двухстороннее покрытие вагонов позволяет солнечному излучению практически всегда взаимодействовать с энергоактивным покрытием, независимо от направления маршрута следования, то есть положения вагона относительно солнечного излучения. В зимний период наличие энергоактивного покрытия может обеспечить только 5...8 кВт тепловой

енергии. Однако, в этот период его наличие существенно сокращает тепловые потери самого пассажирского вагона. Так при средней температуре окружающего воздуха в январе равной $-18...-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ эти потери уменьшаются приблизительно на $10...15\text{ кВт}$ в зависимости от внутренней конфигурации поперечного сечения такого покрытия. Дополнительным положительным эффектом от такого покрытия будет улучшение эстетического вида и снижение эксплуатационных расходов на мытье вагонов с энергоактивными покрытиями.

Таким образом, это энергоактивное покрытие будет эффективно работать на протяжении всего календарного года эксплуатации пассажирского вагона. При этом достигается значительная экономия энергоресурсов.

Використання сонячної енергії для опалення пасажирських вагонів

Габрінець В.О., Терентьєва Н. Л., Чумель Л. Е., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Згідно з підписаними міжнародними угодами Україна зобов'язується обмежувати викиди в атмосферу відпрацьованих продуктів горіння, а згідно з підписаним Кіотським протоколом наша держава зобов'язується обмежувати викиди в атмосферу вуглекислого газу. До того ж на даний час, як ніколи гостро, постає питання економії енергоресурсів, які використовуються в різних галузях будь-якої країни сучасного світу. Це, в першу чергу, обумовлено зростанням собівартості викопного палива та зростанням витрат на його транспортування.

З іншого боку для України, яка знаходиться в центрі Європи и через яку проходить велика кількість залізничних колій, важливим питанням є забезпечення комфортних умов для перевезення як транзитних пасажирів, так і вітчизняних. Це потребує відповідних витрат енергії та енергоресурсів для обігріву в зимовий період. В даній роботі для забезпечення теплового режиму всередині вагонів пропонується застосувати таке відновлюване джерело енергії, як сонячна. Сонячна енергія є невичерпною, достатньо доступною для будь-якого району України, а її утилізація не утворює відходів, що є шкідливими для екології. Потенціал сонячної енергії в нашій країні є достатньо високим для широкого впровадження геліосистем теплоенергетичного впровадження практично на всій території. Сонячне випромінювання на території України складає $3500 - 5200\text{ МДж/м}^2$ за рік. Сезонний період для активного використання сонячної енергії у північних регіонах продовжується з квітня по вересень, а у південних з березня по жовтень, що становить $1900 - 2400$ годин в рік. За даних умов використання для теплопостачання сонячної енергії для кліматизації пасажирських вагонів є достатньо ефективним. В даній роботі розглядаються шляхи застосування сонячної енергії, яка надходить в вагон через його вікна для терморегуляції.

З урахуванням нових підходів було розраховано середньомісячну кількість сонячної радіації, яка надходить на поверхню вікна вагону у м. Дніпропетровськ, – $188,2\text{ Вт/м}^2$. Розрахунок проведено з урахуванням довідкових метеорологічних даних висоти сонця над обрієм, тривалості світлового дня, прозорості атмосфери та хмарності для кожного місяця даного конкретного регіону. Необхідно відмітити, що даний розрахунок виконано для найбільш ймовірного випадку, отримані результати є усередненими та можуть відрізнятися від дійсних у кожному конкретному році.

Для забезпечення теплопостачання вагону за допомогою сонячного випромінювання в зимовий період необхідно, щоб вікна були оптично прозорими та пропускали енергію для довжин хвиль видимого та інфрачервоного випромінювання.

Видима частина спектру лежить в діапазоні довжин хвиль 0,39-0,76 мкм та складає 56 % сонячної енергії, інфрачервона – в діапазоні 0,76-4,0 мкм та складає 36 %. Таким чином енергія сонячного випромінювання, яка знаходиться в діапазоні хвиль 0,39-4,0 мкм повинна повністю проходити до внутрішнього об'єму вагону та бути джерелом забезпечення комфортного режиму. Для забезпечення таких селективних властивостей вікон вагона пропонується їх внутрішній об'єм заповнювати сумішшю газів з відповідними селективними властивостями, наприклад, для цього можна застосувати вуглекислий газ CO_2 .

Транспортний парк Укрзалізниці нараховує близько 8800 пасажирських вагонів. Застосування вікон з селективними властивостями дозволить зберегти, за попередніми розрахунками, близько 91,080 ГВт·год.

Визначення питомої витрати електроенергії на тягу при встановленому режимі руху поїзда

Гетьман Г.К., Васильєв В. Є. (ДНУЗТ)

На сьогоднішній день актуальним завданням є зниження електроспоживання на тягу кар'єрних поїздів з використанням методів і алгоритмів адекватного оцінювання енергетичних параметрів кар'єрних локомотивів [1].

При розв'язку питання для обраного варіанта вихідних даних (напруги в контактній мережі, число включених тягових двигунів і тип рухомого складу) на кожному кроці розрахунків, тобто для кожного значення струму, послідовно визначаються магнітний потік (у вигляді питомої е.р.с.) [2]; втрат холостого ходу і додаткових втрат; втрат в тяговому редукторі; розрахункової сили тяги двигуна і електровоза, повного опору руху поїзда.

Питому витрату електроенергії пропонується встановлювати графічним способом, за допомогою енергетичних характеристик, послідовно для кожного варіанта виконавши розрахунки і побудову енергетичних характеристик електрорухомого складу; визначення встановленої швидкості руху на розглянутій ділянці; визначення і порівняння питомої витрати електроенергії на тягу при різних варіантах руху. Питомий основний опір руху визначається згідно з рекомендаціями [3], спосіб розрахунків характеристик тягових двигунів постійного струму, який базується на використанні результатів кваліфікаційних випробувань і рекомендацій ГОСТ 2582-81 викладений в [4].

Алгоритм розрахунків передбачає визначення проміжних значень магнітного потоку за допомогою інтерполяційної формули Лагранжа. Доцільно для визначення проміжних значень магнітного потоку використовувати три табличні значення магнітної характеристики і у якості інтерполяційної формули використовувати поліном другого ступеня.

У результаті розрахунків для кожного з обраних значень уклону визначається встановлена швидкість руху і питома витрата електроенергії. При необхідності можна врахувати також витрату електроенергії на власні потреби.

Таким чином, наведений спосіб розрахунків питомої витрати електроенергії на тягу для встановленого режиму руху поїзда відкриває можливість розв'язку ряду задач, що вимагають порівняння енергоємності перевезень розглянутих варіантів.

Необхідно відмітити, що в кожному конкретному випадку реальне зменшення витрат енергії, яке може бути отримане, повинне вирішуватися після аналізу профілю колії, шляхом виконання тягових розрахунків і проведення тягово-експлуатаційних випробувань.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- 1 Розенфельд В.Е. Теория электрической тяги / В.Е. Розенфельд, И.П. Исаев, Н.Н. Сидоров. - М.: Транспорт, 1983 - 328 с.
- 2 Осипов С.И. Теория электрической тяги / С.И. Осипов, С.С. Осипов, В.П. Феоктистов. - М.: Маршрут, 2006. - 436 с.
- 3 Правила тяговых расчетов для поездной работы промышленных электровозов постоянного тока. – Госстрой СССР, ПромтрансНИИпроект вып. 4322. – Москва, 1977, - 230 с.
- 4 Гетьман Г.К. Расчет характеристик тяговых электрических машин постоянного тока. Электротехника и электромеханика. 2002 г. №2, с 37 – 38.

Дослідження пульсаційно-резонансного способу спалювання палива в процесі сушіння сталерозливних ковшів

Гічов Ю.О., Ступак М.Ю., Національна металургійна академія України;
Попова А.С., Перцевий В.О., Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Сушіння футеровки сталерозливних ковшів є важливою операцією перед постановкою ковша під плавку, яка визначає якість та строк служби футеровки ковша. Процес сушіння сталерозливних ковшів є достатньо енергоємним.

В залежності від місткості на процес сушіння одного ковша витрачається 2500...5000 м³ природного газу.

Жорсткі технологічні умови процесу сушіння, а також відсутність можливостей кардинальної зміни технології термообробки ковшів, обмежують варіанти вибору технічних рішень, що стосуються економії палива.

В таких умовах доречним є застосування технології пульсаційно-резонансного спалювання палива, оскільки такий підхід створює передумови для економії палива без зміни основних принципів існуючої технології термообробки.

В основу пропонованої в роботі технології покладено умову досягнення резонансного режиму пульсаційного спалювання палива, при якому частота пульсацій, що генеруються потоком палива, співпадає з частотою власних коливань сталерозливного ковша.

Застосування пульсаційно-резонансного способу спалювання палива дозволяє підвищити ефективність спалювання палива та інтенсифікувати теплообмін між продуктами згоряння палива та футеровкою ковша.

В роботі висвітлюються питання, пов'язані з експериментальними методиками пошуку резонансних частот при імпульсному способі подачі палива; з дослідно-промисловими дослідженнями пульсаційно-резонансного спалювання палива в процесі сушіння сталерозливних ковшів; з аналізом енергетичної та економічної ефективності при застосуванні імпульсного способу подачі палива; з розробкою математичних моделей газодинаміки та теплообміну при пульсаційно-резонансному способі спалювання палива в процесі сушіння сталерозливних ковшів.

Проведено дослідно-промислові дослідження процесу пульсаційно-резонансного спалювання палива за результатами якого встановлено наступне: умови реалізації максимального акустичного резонансу виявлено в діапазоні частот 18...25 Гц; зменшення витрат палива та, відповідно, його економія знаходяться в межах 7,8...25,3 %; при витратах палива в діапазоні 80...150 м³/год відзначається істотне зниження світності полум'я, що свідчить про перехід факельного режиму спалювання палива в об'ємний

(безполум'яний); пульсації тиску продуктів згоряння палива в робочому просторі ковша в залежності від витрат палива знаходяться в діапазоні 200...1000 Па.

Виконано фізичне та математичне моделювання пульсаційно-резонансного способу спалювання палива в процесі сушіння сталерозливних ковшів. Похибка математичної моделі складає 4,8%, що свідчить про адекватність запропонованої математичної моделі для визначення границі переходу об'ємного режиму спалювання палива у факельний.

Різниця між розрахунковими та експериментальними значеннями температури продуктів згоряння палива на виході з ковша не перевищує 2,2%. Це дозволяє рекомендувати запропоновану модель для визначення розподілу температури продуктів згоряння палива та температури зовнішньої поверхні футеровки за висотою робочого простору ковша.

Визначення параметрів математичної моделі тягово-енергетичних характеристик електровозів

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

Загальні витрати електроенергії залізничного транспорту України складають близько 4,5 млрд. кВт·год. електроенергії за рік. Як відомо, значна частина цих витрат припадає на електричну тягу. Тому питання економії – одне з основних, які стоять перед галуззю.

Розробка досконаліших методів визначення витрат електроенергії на тягу поїздів є одним з напрямків економії цих витрат. Зокрема, підвищення точності розрахунків дозволить встановлювати оптимальні параметри тягових засобів та режими водіння поїздів, точніше планувати витрати електроенергії на конкретних ділянках залізниці.

На думку автора, перспективним є визначення витрат електроенергії за роботою сили тяги з застосуванням тягово-енергетичних характеристик електровоза. Такий підхід, у разі якісного визначення параметрів математичної моделі тягово-енергетичної характеристики, дозволяє отримати результат з необхідною точністю на основі тягових розрахунків без застосування струмових характеристик тягового електродвигуна, які обов'язково необхідні для ряду найуживаніших на залізничному транспорті методів.

Для апроксимації тягово-енергетичних характеристик зручно використовувати поліноміальні множинні регресійні моделі, параметри яких визначаються на основі вихідних даних: наборів незалежних (F_k – сила тяги та v – швидкість руху електровоза) та залежної (η – коефіцієнт корисної дії) змінних.

У дослідженні здійснено аналіз можливих способів отримання вихідних даних за такими критеріями: доступність, достовірність та повнота. Останній критерій вимагає від вузлових точок, на основі яких виконується апроксимація, рівномірно накривати всю область визначення тягово-енергетичної характеристики електровоза, тобто на інтервалах зміни незалежних змінних $F_k \in [0, F_{k \max}]$ і $v \in [0, v_{\max}]$.

У результаті аналізу виявлено, що вихідні дані для визначення параметрів математичної моделі тягово-енергетичних характеристик електровозів доцільніше визначати аналітично за допомогою методики розрахунку характеристик тягових електродвигунів, яка забезпечує високу точність розрахунку коефіцієнтів корисної дії на базі обмеженого об'єму експериментальних даних.

Розрахунок горіння рідкого палива в камері згорання дизельного ДВЗ

Горячкін В.М., Булгаков Д.О. (ДНУЗТ)

Дизельні двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ), внаслідок цілого ряду їхніх переваг як транспортабельного джерела енергії, широко застосовуються на наземних транспортних засобах, в тому числі і на залізниці. В сучасних дизельних ДВЗ найбільш поширеним є об'ємно-плівкове сумішоутворення, коли випаровування краплин розпиленого палива відбувається в потоці повітря лише частково, а значна його частина випаровується на стінках камери згорання. Разом з тим відомо, що об'ємне сумішоутворення, коли паливо повністю випаровується в потоці повітря, дозволяє підвищити к.к.д. двигуна на 3...5%. Зважаючи на це, одним із шляхів підвищення ефективності дизельних ДВЗ є перехід при їх розробці від об'ємно-плівкового до об'ємного сумішоутворення.

Вирішення цієї задачі є неможливим без створення умов, необхідних для спалювання палива в камері згорання. Час, що відводиться на спалювання палива для більшості дизельних ДВЗ складає 1,2...2 мс. Впорскування палива в камеру згорання зазвичай здійснюється форсункою у вигляді струменя з високою швидкістю. Враховуючи, що на розпад струменя потрібен час, значний шлях паливо проходить при умовах, коли питома поверхня випаровування є значно нижчою ніж після розпаду паливного струменя, що не сприяє об'ємному сумішоутворенню, оскільки краплини до потрапляння на стінку камери згорання встигають випаруватись лише на 20...30 % від свого початкового об'єму.

Для об'ємного сумішоутворення більш доцільно застосовувати відцентрові форсунки, які дозволяють, навіть при тиску меншому порівняно з штифтовими форсунками, отримати краплинну структуру факелу практично одразу на виході з сопла. Утворені дрібні краплини підхоплюються повітрям, їх відносна швидкість стає близькою до нуля, а повітряний потік лише переносить їх, розподіляючи в об'ємі камери згорання.

В таких умовах для розрахунку випаровування і горіння краплин палива може бути використана дифузійна модель горіння, розроблена Г.А. Варшавським. Згідно з нею горіння парів палива відбувається в тонкому шарі навколо краплини, в якому створюються умови для стехіометричного горіння внаслідок дифузії парів палива з одного боку і кисню з оточуючого середовища з іншого боку. Товщина шару вважається достатньо малою порівняно з розміром краплини, що відповідає умові нескінченно великої швидкості горіння. Це означає, що кисень з оточуючого середовища до краплини не проникає, а швидкість горіння визначається тільки швидкістю дифузії кисню і парів палива. Випаровування краплини, яке призводить до зменшення її температури, відбувається за рахунок теплоти, що надходить до неї від повітря. Перенос теплоти враховується тільки за рахунок теплопровідності. Залежністю теплофізичних властивостей від температури при цьому традиційно нехтують, приймаючи їх за середніми значеннями, оскільки в іншому випадку суттєво ускладнюється аналітичний розв'язок відповідних рівнянь. Однак, оскільки перепад температур в камері згорання при спалюванні палива є значним, теплофізичні властивості навіть за короткий проміжок часу можуть суттєво змінюватись. Сучасні обчислювальні методи дозволяють підійти до моделювання процесу горіння краплини палива без подібних припущень і врахувати цю залежність.

В роботі було розроблено удосконалену методику розрахунку процесу горіння краплини рідкого палива, для чого були використані відомі залежності теплофізичних властивостей від температури. Розв'язок отриманих рівнянь для зміни діаметру краплини в часі здійснюється чисельно методом Рунге-Кутта.

Як показали отримані результати та їх порівняння з відомими експериментальними даними, запропонована методика розрахунку більш адекватно відображає залежність між розміром краплин та часом їх випаровування порівняно з класичною дифузійною моделлю горіння, а розроблена методика може бути використана при розрахунках об'ємного сумішоутворення в камері згоряння дизельного ДВЗ.

Енергозберігаюча технологія двостадійної газифікації біомаси для когенераційних установок

Губинський М.В., Адаменко Д.С., Кремнева К.В.,
Національна металургійна академія України

Скорочення споживання викопного палива, в тому числі і природного газу, наразі є загальнодержавним завданням в Україні, спрямованим на підвищення її енергетичної та екологічної безпеки. Збільшення обсягів використання відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі країни сприятиме вирішенню цього завдання. Для стимулювання розвитку відновлюваної енергетики уряд України підписав угоду про приєднання до Європейського енергетичного співтовариства, що вимагає розширення використання відновлюваних джерел енергії. Відповідно до «Національного плану з відновлюваної енергетики на період до 2020 року» з відновлюваних джерел має вироблятися не менше 11% всієї електричної енергії. Планом дій передбачається довести виробництво електричної енергії з використанням біомаси до 4220 (ГВт·год)/рік, для чого планується ввести в експлуатацію когенераційні установки сумарною потужністю 660 МВт.

Основним стримуючим фактором впровадження когенераційних установок є значний вміст смол у генераторному газі з біомаси, що потребує його додаткового очищення і підвищує собівартість енергії. Вирішення цієї проблеми відбувається у двох напрямках: вдосконалення систем очищення газу та розробка технологій отримання генераторного газу з малим вмістом смол.

У роботі запропоновано та досліджено нову ефективну технологію двостадійного процесу газифікації дрібнодисперсної біомаси. ехнологія заснована на розділенні процесів окислювального піролізу вихідної біомаси та газифікації коксового залишку. Процес окислювального піролізу реалізується в щільному шарі в режимі фільтраційного горіння. Джерелом теплоти в даному випадку є теплота, яка виділяється при частковому окисленні піролізного газу та витрачається на сушіння, нагрівання і піроліз нижніх шарів біомаси. Фронт горіння рухається назустріч потоку повітря за рахунок теплопровідності шару біомаси. Над фронтом горіння утворюється шар коксового залишку з температурою 500...670°C, який одночасно забезпечує термічну обробку продуктів піролізу і розкладання смол у піролізний газ. На основі експериментальних досліджень двостадійного процесу газифікації дрібнодисперсної біомаси в щільному шарі з використанням створеної пілотної установки потужністю до 100 кВт отримані наступні результати:

- визначено, що стабільний процес окислювального піролізу дрібнодисперсної біомаси в щільному шарі при температурі у фронті горіння не більше 800°C забезпечується питомими витратами повітря 25...55 м³/(м²·год);
- встановлено, що величина швидкості просування зворотної теплової хвилі в процесі окислювального піролізу дрібнодисперсної біомаси в режимі фільтраційного горіння визначається товщиною частки біомаси та становить: 11,4...18,2 см/год – для шкаралупи волоського горіха; 45...90 см/год – для лузги соняшника;
- показано, що питомий вихід продуктів окислювального піролізу складає

- 0,99...1,33 м³/кг_{біомаси} газу та 0,23...0,35 кг/кг_{біомаси} коксового залишку. Теплота згорання піролізного газу 8,1...8,3 МДж/м³. ККД процесу становить 96...98%;
- встановлено, що питомі витрати повітря при газифікації коксового залишку 403,4...445,3 м³/(м²·год) забезпечують температуру процесу 950...1000°C. Вихід генераторного газу складає 3,8...4,5 м³/кг_{коксу}, його теплота згорання – 5,1...5,5 МДж/м³, а вміст смол – 6,5...7,1 мг/м³.

Зазначені показники відповідають технічним умовам експлуатації ДВЗ, тому генераторний газ може бути використаний в когенераційних установках без додаткового очищення. При цьому ККД процесу газифікації коксового залишку дорівнює 96...97%.

Методи підвищення енергетичної ефективності систем тягового електропостачання

Губський П.В., Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

На сьогоднішній день енергетична ефективність розглядається в якості основного напрямку економічного росту у всьому світі. Активна реалізація потенціалу енергетичної ефективності буде сприяти суттєвому зниженню енергозатрат. Проблеми підвищення енергетичної ефективності вимагають комплексного підходу і дуже актуальні у транспортному секторі в цілому і особливо на залізничному транспорті. Енергетична ефективність є найважливішим показником конкурентоспроможності залізниць на внутрішньому та зовнішньому ринках транспортних послуг.

На залізницях України експлуатуються системи тягового електропостачання постійного струму 3 кВ, та змінного струму 25 кВ з частотою 50 Гц. Ці системи з'явилися досить давно і зараз не можуть у повній мірі забезпечити раціональне використання електроенергії, пропускну потужність та необхідні швидкості. Енергозберігаюча діяльність залізниць виражається економією ПЕР, які зв'язані з процесом перевезень. З початку реформування залізниць головним моментом розробки етапів реалізації стратегії енергозбереження є оцінка потенціалу підвищення енергоефективності на найближчу та віддалену перспективу. Основна частина резервів (легко досяжних) була вичерпана за минулий період. Але резерв підвищення енергоефективності діючих систем має свою межу.

Одним з найпростіших шляхів до підвищення енергоефективності є модернізація застарілого обладнання тягових підстанцій та розподільчих мереж. Також, є такі методи підвищення енергоефективності як використання систем тягового електропостачання підвищеної напруги, управління режимами руху, застосування рекуперативного гальмування, компенсація реактивної потужності. Усі ці методи мають свої переваги та недоліки.

Але на фоні світових тенденцій, найперспективнішим напрямком розвитку систем тягового електропостачання є впровадження FACTS, Smart-Grid технологій, вставок постійного струму та інших систем які замінюють форму напруги з синусоїдальної на меандр, що дозволяє скоротити втрати у мережі майже на 50%. Щоб забезпечити оптимальний розвиток систем тягового електропостачання України, потрібно поєднувати їх модернізацію з оптимізацією систем управління на основі інтелектуальної електричної мережі Smart-Grid, для досягнення мінімального рівня втрат електроенергії та мінімальних затрат на своє обслуговування. При такому комплексному підході можна досягти системного ефекту, зокрема за рахунок:

- найбільш ефективного використання енергоресурсів;
- зниження втрат електроенергії (до 50%) та її економія;

- зниження часу аварійного відключення;
- підвищення ефективності завантаження обладнання;
- використання альтернативних джерел живлення;
- забезпечення двостороннього зв'язку зі споживачем;
- покращення якості електроенергії;
- забезпечення автоматизованого обліку електроенергії.

Впровадження Smart-Grid на залізницях України повинно здійснюватись шляхом підвищення ефективності існуючих мереж, впровадженням сучасних пристроїв силової електроніки та раціональним керуванням енергоспоживанням.

У цій доповіді були проаналізовані основні переваги використання системи тягового електропостачання зі вставками постійного струму на базі технологій Smart-Grid.

Експериментальні дослідження часу відключення швидкодіючого вимикача АБ-2/4

Данилов О.А., Войтушенко І.О. (ДНУЗТ)

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

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

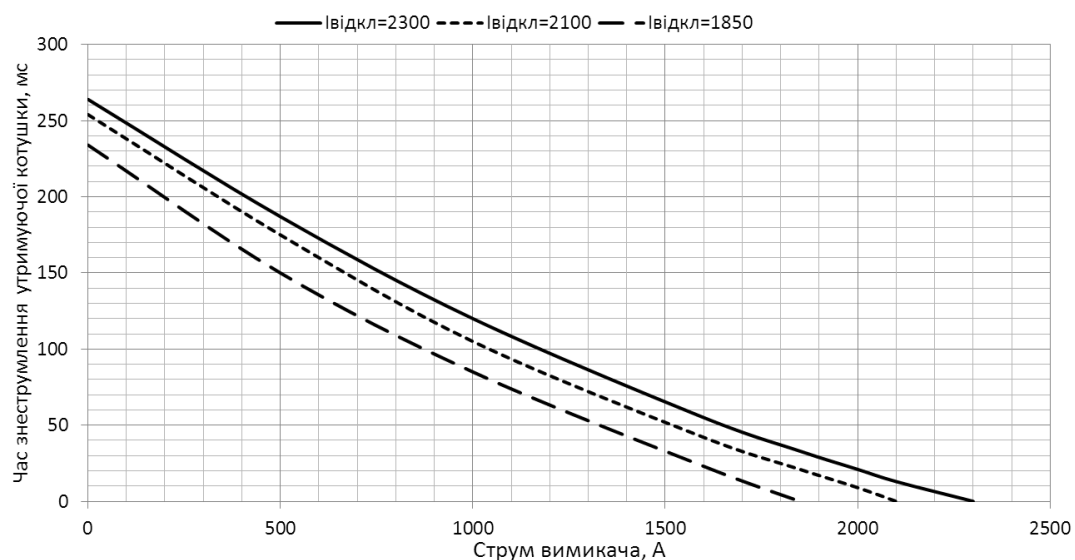


Рис. 1 Залежність часу відключення вимикача АБ-2/4 від робочого струму

Час відключення в вимикачах, які мають «розмагнічуючий» виток, залежить від робочого струму. Тому були проведені експериментальні дослідження для визначення часу відключення швидкодіючого вимикача в залежності від струму уставки і струму, який протікає через головні контакти. Були проведені виміри для струмів уставки 2300, 2100 і 1850 ампер. Для завдання струму використовувалася установка УВМР-4000-75. На рис. 1 зображені залежності часу відключення вимикача АБ-2/4 від струму уставки і від робочого струму.

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

Протикорозійний захист підземних споруд при переводі електрифікованих ділянок постійного струму на швидкісний рух

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

При переводі інфраструктури залізниць України на швидкісний рух необхідно здійснити модернізацію залізничної колії, що призведе до суттєвого збільшення вхідного опору «рейки-земля» і як наслідок збільшиться зона розтікання блукаючих струмів в тому числі і рейкового транспорту постійного струму. У зв'язку з цим велика кількість підземних металевих споруд буде піддаватися корозійному впливу блукаючих струмів.

Крім того, проблема корозійного руйнування підземних металевих споруд України викликана тим, що більшість підземних споруд вичерпали свій ресурс, що суттєво позначилось на діелектричних властивостях їх ізоляції. Таким чином все більш актуальним стане протикорозійний захист цих споруд.

Підземна корозія, яка викликає електрохімічне руйнування металевих елементів підземних споруд в процесі експлуатації, підрозділяється на електрокорозію від блукаючих струмів рейкового транспорту постійного струму і ґрунтову корозію від дії навколишнього агресивного середовища. Основним джерелом блукаючих струмів є електрифікований магістральний транспорт постійного струму. Відсутність повної ізоляції колійного господарства від землі, недосконалість пристроїв електропостачання та інші причини викликають витік тягових струмів з рейок в землю. Розтікаючись в землі і зустрічаючи на своєму шляху різні підземні споруди (трубопроводи, металеві оболонки кабелів і т. п.), питомі опори яких менше опору землі, блукаючі струми входять в споруди та проходять по них у напрямку до тягових підстанцій. Критерієм небезпеки корозії, що викликається блукаючими струмами, є наявність позитивної чи знакозмінної різниці потенціалів між спорудою і землею (анодні або знакозмінні зони). Корозійний стан підземних споруд викликаний блукаючими струмами оцінюють на підставі електричних вимірювань. Корозійну активність ґрунтів по відношенню до підземних споруд визначають за трьома показниками: величиною питомого електричного опору ґрунту, втрати маси зразків і щільності поляризуючого струму.

Існують пасивні та активні методи протикорозійного захисту підземних металевих споруд. Для пасивного захисту проводять вибір раціональної траси прокладання споруди, нанесення підсиленого протикорозійного покриття, прокладання металевих підземних споруджень в ізолюючій каналізації, пристрої поздовжнього електричного секціонування металевих підземних споруджень, заземлення металевих підземних споруджень і т.п.

Активний захист металевих підземних споруджень забезпечується їх катодною поляризацією здійснюваною електродренажним, катодним та протекторним захистом. Основними різновидами електродренажу є поляризований та підсилений.

Під протикорозійним захистом розуміється електрохімічний захист підземної споруди, потенціал якої знижується методом катодної поляризації за допомогою зовнішнього джерела електричного струму. На металевих спорудах, не обладнаних контрольно-вимірювальними пунктами для вимірювання поляризаційних потенціалів, або прокладених в ґрунтах з опором 150 Ом·м і більше, допускається здійснювати катодну поляризацію таким чином, щоб значення потенціалів споруди по відношенню до мідно-сульфатному електроду порівняння (які включають поляризаційну і омичну складові) знаходилися в межах -0,87... -2,5 В. Металеві підземні споруди підлягають захисту від корозії, що викликається блукаючими струмами, шляхом катодної поляризації в анодних і знакозмінних зонах незалежно від корозійної активності ґрунту. Але катодна поляризація може викликати шкідливий вплив на сусідні металеві споруди. Шкідливий вплив захисту на суміжні підземні металеві споруди може бути усунуто зменшенням струму захисту; регулюванням режиму роботи захисту на суміжних спорудах (якщо вони є); включенням суміжних споруд в систему спільного захисту.

Для захисту підземних споруд від корозії, що викликається блукаючими струмами, слід застосовувати, в першу чергу, електродренажний захист (поляризовані або посилені дренажі). Електродренажний захист полягає у відведенні блукаючого струму з підземної споруди через поляризовану дренажну установку в рейки. Поляризований дренаж застосовують, коли середній потенціал споруди вище за середній потенціалу рейок. Посилені дренажі використовують для захисту від корозії в тих випадках, коли застосування поляризованих дренажів неефективно або не виправдано за економічними показниками.

На сьогоднішній день швидкісний і високошвидкісний рух - перспективний напрямок розвитку транспорту. Уряди багатьох країн визнають швидкісний рух стратегічним, вкладаючи величезні державні інвестиції в будівництво інфраструктури. В Україні ж динаміка розвитку швидкісного руху поки залишається на низькому рівні, так як не вирішена проблема стану рейкових стиків. А це в свою чергу значно збільшує величину блукаючого струму, що негативно впливає на потенціальний стан підземного металевого спорудження та створює їх корозійну небезпеку.

Тому організація швидкісного руху пасажирських поїздів вимагає масштабного оновлення пристроїв залізничної автоматики та зв'язку - систем управління рухом поїздів на станціях. Для впровадження швидкісного руху при виконанні робіт використовуються нові матеріали і технології, одночасно з електрифікацією ділянок повністю замінюється верхня будова колії, укладаються безстикові суцільні рейки довжиною з перегін (від станції до станції), для більш комфортного та безпечного руху поїздів вперше на залізницях застосували новий метод зварювання стрілочних переводів - алюмінієстермічний.

Модернізація інфраструктури залізниць України під швидкісний рух дозволить суттєво зменшити величину блукаючих струмів так як збільшиться електропровідність рейкових стиків, збільшиться перехідний опір «рейка-земля» та т.п., що дозволить покращити корозійний стан підземних металевих споруд. Крім того, застосування сучасних електрохімічних способів захисту суттєво збільшить термін служби підземних комунікацій.

Застосування імпульсних перетворювачів при випробуваннях тед постійного струму по методу взаємного навантаження

Забарило Д. О. Марікуца С. Л. (ДНУЗТ)

Згідно ГОСТ2582-81 випробування тягових електричних двигунів (ТЕД) потрібно виконувати під навантаженням. Найбільш доцільним методом навантаження є метод взаємного навантаження, при якому можливо випробувати два тягові двигуни без розбору схеми стенду.

Суть методу полягає в тому, що два однотипні ТЕД з'єднуються між собою, як механічно (за допомогою муфти) так і електрично (включені в єдину електричну схему). При цьому одна з машин працює в режимі генератора та живить своєю енергією іншу машину, яка працює в режимі двигуна. Але як відомо при роботі електричних машин виникають втрати, які необхідно компенсувати. В схемі стенду взаємного навантаження для компенсації усіх втрат у двигуні та генераторі використовуються вольтододавальна машина (ВДМ) та лінійний генератор (ЛГ). При чому ВДМ компенсує електричні втрати, а ЛГ – механічні, магнітні та додаткові. ВДМ та ЛГ виконують роль джерела струму та джерела напруги відповідно. За допомогою керування ЛГ та ВДМ регулюють параметри випробуваних ТЕД.

Як правило у традиційній схемі стенду взаємного навантаження, в якості ВДМ та ЛГ використовують обертові машини постійного струму, потужність яких визначається з урахуванням можливого перевантаження випробуваних двигунів. Але безпосередньо в ЛГ та ВДМ виникають власні втрати, крім цього для роботи вказаних генераторів необхідні збуджувачі та приводні двигуни (асинхронні машини).

Застосування електромашинних перетворювачів енергії призводить до зниження загального ККД випробувального стенду, ускладнює схему та вимагає значної площі для розміщення обладнання.

Для вирішення вказаних проблем можливо використовувати в якості джерела струму та напруги статичні перетворювачі, конфігурація яких головним чином визначається наявним первинним джерелом живлення. В умовах локомотивних депо, як правило, первинним джерелом живлення є мережа трифазної напруги 380 В. А згідно ГОСТ 2582-81 джерело живлення повинно забезпечувати напругу в 1,3 рази більше, ніж номінальна напруга двигуна. Наприклад, при випробуванні ТЕД типу ТЛ2К (електровоз ВЛ11) потрібно мати напругу джерела не менш ніж 2000 В, що значно вище первинного джерела живлення (380 В, 50 Гц).

В якості ВДМ необхідно мати регульоване джерело живлення напругою близько 200 В та струмом близько 1000 А.

Отже, замість обертових машин в якості джерел живлення можливо використовувати статичні перетворювачі, які можна реалізувати за наступними схемами. Замість ЛГ – підвищуючий трифазний трансформатор та керований випрямляч. Замість ВДМ – понижаючий трифазний трансформатор та керований випрямляч, або використовувати одну фазу трифазної мережі та керований однофазний мостовий випрямляч разом з конденсаторним фільтром.

Сучасна елементна база дозволяє використовувати у якості необхідних джерел живлення імпульсні перетворювачі, які по відношенню до вищевказаних схем мають підвищений ККД та кращі масо-габаритні показники.

Попередні розрахунки показали, що масу статичних перетворювачів разом з трансформатором можна знизити більш ніж в двічі, застосувавши у якості джерел живлення імпульсні перетворювачі.

Особенности перехода к цифровым системам управления статическими преобразователями электрической энергии

Замаруев В.В., Кривошеев С.Ю., НТУ «ХПИ»

Использование статических преобразователей электрической энергии во всех областях применения на железной дороге имеет как техническое, так и экономическое обоснование. Современные преобразователи не только расширяют функциональные возможности оборудования, но и позволяют экономно использовать энергоресурсы. Широко используются преобразователи для питания тяговых двигателей, вспомогательного оборудования и собственных нужд, устанавливаемые на подвижном составе. Модернизация тяговых подстанций с установкой выпрямительно-инверторных преобразователей позволяет в полной мере использовать рекуперирование электроэнергии и ее возврат во внешнюю питающую сеть. Использование вольтодобавочных устройств повышает качество электрического напряжения контактной сети.

Переход к международным стандартам, определяющим параметры поставляемой энергии и потребляемого тока, требует использования фильтров высших гармоник тока, потребляемого тяговыми подстанциями, симметрирования нагрузки фаз питающей сети и т.д. Большинство этих задач могут быть решены с применением полупроводниковых преобразователей. Для компенсации колебаний мощности, потребляемой из питающей сети, и использования источников возобновляемой энергии необходимо устанавливать батарейные накопители электрической энергии, в структуру которых должны быть включены накопители нескольких типов, способных работать в разных частотных диапазонах, при этом система управления (СУ) таким гибридным накопителем должна обеспечивать возможность взаимной передачи энергии между накопителями различных типов и оптимальное планирование передачи энергии потребителю.

Оставаясь в рамках использования аналоговых СУ, невозможно выполнить современные требования к преобразовательным системам как в отношении надежности, устойчивости и динамических характеристик, так и в отношении их функциональности. Реализация алгоритмов аналоговых СУ на цифровой элементной базе, что часто практикуется разработчиками, не позволяет улучшить динамических характеристик базовых структур.

Применение цифровых алгоритмов, в том числе, частотного анализа и прогноза, требует адаптации классических методов цифровой обработки сигналов к условиям управления полупроводниковыми преобразователями в масштабе реального времени. Сигналы, поступающие на вход цифровой СУ не только должны удовлетворять теореме Котельникова, но и частота дискретизации этих сигналов должна обеспечивать определение амплитуды и фазы сигнала с заданной точностью с учетом аппаратной реализации АЦП СУ.

Использование антиалиасинговых фильтров (ААФ) вносит в канал обратной связи цифровой СУ амплитудные и фазные искажения. Выбор порядка ААФ и его частоты среза производится на основании информации о ширине спектра измеряемого сигнала и характере его затухания. Например, использование ААФ первого порядка может привести к 70% отклонению регулируемой величины от заданного значения, если частота измеряемого сигнала равна частоте среза ААФ. RC-фильтр может использоваться в качестве ААФ цифровой СУ в случае узкополосного НЧ сигнала обратной связи с максимальной частотой не превышающей (5-10)% частоты среза фильтра. Задавшись допустимым значением влияния ААФ, можно определить максимальную частоту сигнала, при которой вносимое искажение не превышает допустимого. Расчет проводится на основании АЧХ и ФЧХ ААФ и спектра измеряемого сигнала.

Дослідження порушення енергетичного обміну між випрямним агрегатом тягової підстанції та живлячою мережею

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

Оцінка ефективності енергозберігаючих заходів з урахуванням якості електричної енергії часто вимагає вирішення задачі знаходження балансу електричної енергії в окремих видах обладнання та систем електропостачання. Впровадження будь-яких енергозберігаючих заходів в системі тягового електропостачання, потребує аналізу та розвитку методів, спроможних визначити складові електроенергії, яка генерується, споживається та циркулює у мережі з врахуванням спотворення показників її якості. Як відомо, зв'язок між складовими електроенергії встановлює баланс активної та реактивної потужності, за яким будується система показників, що характеризують співвідношення та рівновагу різних явищ та процесів. Тому дослідження балансу електроенергії з врахуванням її якості на тяговій підстанції постійного струму є актуальною задачею і потребує вирішення до масового впровадження ефективних заходів з енергозбереження.

З досвіду експлуатації системи тягового електропостачання відомо, що несиметрична напруга є характерним проявом погіршення якості електричної енергії на вводах тягових підстанцій постійного струму у зв'язку із підключенням останніх до мережі загального користування. Під час проведених досліджень для характеристики рівня несиметрії напруги використано коефіцієнт несиметрії напруги по зворотній послідовності. Несиметрія живлячої випрямляч напруги спричиняє появу неканонічних (аномальних для конкретної схеми випрямлення) гармонік, що додатково спотворюють криву випрямленої напруги, збільшуючи або зменшуючи окремі напівхвилі, викликає перерозподіл часу перебування вентильних плечей у відкритому стані та змінює середній струм у фазі кола змінного струму випрямляча. Наведенні фактори порушують енергетичний обмін між випрямлячем та живлячою мережею та впливають на баланс активної та реактивної потужності.

З метою проведення необхідних дослідів у лабораторних умовах реалізована фізична модель тягової підстанції та відповідна їй імітаційна модель у програмному середовищі MATLAB/Simulink. Для одночасного вимірювання електричних величин у колах постійного та змінного струму фізичної моделі застосовано АЦП із можливістю передачі даних на ЕОМ для реєстрації та обробки отриманих даних. Для узгодження параметрів вимірювальних кіл з АЦП розроблено 8-канальний пристрій узгодження, з 3-ма входами змінної напруги до 220 В, 3-ма входами змінного струму до 5 А, 1-м входом постійної напруги до 100 В та 1-м входом постійного струму до 20 А. При визначенні основних енергетичних показників було використано інтегральний підхід, що вмотивовано відсутністю потужності спотворення та відсутністю потреби у спектральному аналізі вимірюваних дискретних значень.

За результатами дослідження, проведеного у лабораторних умовах на фізичний моделі, визначено залежність коефіцієнта вищих гармонік від коефіцієнта несиметрії напруги по зворотній послідовності, оцінено вплив несиметрії на коефіцієнти потужності у колах постійного та змінного струму.

Таким чином, проведені дослідження та розроблені фізичні моделі і вимірювальні пристрої дозволяють поглибити наукові знання з питань якості електричної енергії, сприяють розробці методів з підвищення ефективності енергообмінних процесів між тяговою мережею та мережею загального користування, зменшенню витрат електроенергії та економії матеріальних ресурсів.

Усовершенствование методов расчета оптимальных по стоимости режимов ведения грузовых поездов

Иванов А.П. (ДНУЖТ имени академика В. Лазаряна)

Актуальность проблемы стоимостной оптимизации режимов ведения поездов возросла в связи с вхождением железных дорог Украины в оптовый рынок электроэнергии (ОРЭ). Наибольшее потребление электроэнергии идет на тягу поездов. В докладе представлены методы расчета оптимальных режимов ведения поездов в условиях переменных тарифов на электроэнергию за счет более полного и точного учета стоимости электропотребления на тягу поездов (различная стоимость активной и реактивной электроэнергии). На основе стоимостных оценок режимов тяги построены уточненные критерии эффективности применения переменных тарифов оплаты электроэнергии.

Существенное различие режимов электрической тяги поездов по критерию минимума стоимости при применении переменных тарифов на электроэнергию было установлено в работах [1, 2], где разработаны критерии для оценки эффективности переменных тарифов (дифференцированные тарифы, ОРЭ). Существуют несколько тарифов оплаты электроэнергии, целью введения которых является стимулирование работы предприятий в часы, отличные от пикового потребления электроэнергии. Тарифы задаются в зависимости от времени суток, т.е. от загруженности электростанций потребителями.

В моделях [1, 2] использованы величины, значения которых сложно точно получить, или же их измерение требует больших затрат. На практике надежной основой для оценки и расчетов рациональных режимов ведения поездов являются опытные поездки, представляющие выполненные фактически режимы тяги. Задачу выбора рационального режима тяги локомотива можно сформулировать на основе построения базы нечетких правил экспертных систем по данным опытных поездок и организации нечеткого вывода. Правила управления учитывают отклонения фактических состояний от оптимальной режимной карты для эталонного случая, рассчитанной для поезда заданной массы на заданном перегоне (эталонный режим). Эталонными режимами служат данные о фактических поездках или же расчеты согласно математическим моделям. Для моделирования опытных поездок использовались расчеты режимов тяги поездов с разными массами, разным напряжением на токоприемнике, при различных ограничениях по скорости и изменением других параметров.

В ходе исследований установлена эффективность переменных тарифов оплаты для уменьшения стоимости электроэнергии, потребленной на тягу поездов, и существенное отличие режимов ведения поезда, оптимальных по стоимостным показателям, от режимных карт, оптимальных по критерию минимума электропотребления. Реализован программный комплекс в виде автоматизированного рабочего места, который позволяет рассчитывать режимные карты для определённых типов пассажирских и грузовых поездов. Рассчитанные режимные карты служат рекомендацией машинисту электровоза при управлении поездом. Разработан уточненный метод расчета режимов тяги поездов с использованием моделей нечеткого управления. Полученную систему можно использовать в форме советчика машиниста для выбора управления на очередном участке пути с учетом условий неопределенности.

Литература.

1. Скалозуб В.В. Комплексные задачи выбора режимов ведения поезда по показателю стоимости электроэнергии //Транспорт. Зб. наук. праць, вип. 12. – Дніпропетровськ, 2002. С. 148 – 157.

2. Скалозуб В.В., Евдомах Г.В. Исследование режимов ведения поездов с учетом переменных тарифов оплаты электроэнергии //Системні технології, №3' (26), 2003. С. 142 – 150.

Requirements and assessment of interoperability constituents: overhead contact line of the „Energy” subsystem and the pantograph and contact strips of „Locomotives and passenger rolling stock” subsystem according to EC TSI

Kaniewski M., Głowacz M. Instytut Kolejnictwa (Railway Institute, Warsaw)

The introduction to this article gives the definitions of general terms used in the European Union Directives and Decisions. Subsequently, those interoperability constituents and subsystems which can be assessed by the Electric Power Division of the Railway Institute. Those interoperability constituents are: overhead contact line, pantograph and contact strip. Issues relating to main circuit breaker assessment – which is also performed by the Division – are not a subject of this paper. Moreover, the paper describes the process of assessing the 21 basic parameters that are subject to analysis during the assessment of overhead contact line interoperability constituents and the „Energy” subsystem. Due to the limited volume of this paper the pantograph and the contact strip interoperability constituents – which are a part of Locomotives and passenger rolling stock subsystem – have only been described briefly.

The aim of the *Directive 2008/57/EC of the European Parliament* is to define the general terms to achieve the interoperability of railways within the Community. Those terms concern the process of design, construction, authorisation for placing in service, upgrade, renewal, operation and maintenance of a part of the system. Moreover, they concern professional qualifications, health and safety requirements for personnel responsible for the operation and maintenance. Article 4(1) of the *Directive 2008/57/EC* states that the rail system, subsystems and interoperability constituents including interfaces shall meet the relevant essential requirements. Furthermore, Article 4(2) states that the further technical specifications which are necessary to complete European specifications or other standards in use within the Community must not conflict with the essential requirements. Verification of the „Energy” subsystem is performed according to the following parameters:

1) Voltage and frequency, 2) Parameters relating to supply system performance, 3) Continuity of power supply in case of disturbances in tunnels, 4) Current capacity, DC systems, trains at standstill, 5) Regenerative braking, 6) Electrical protection coordination arrangements, 7) Harmonics and dynamic effects for AC systems, 8) Geometry of the overhead contact line 9) Lateral deviation in crosswind, 10) Pantograph gauge, 11) Mean contact force, 12) Dynamic behaviour and quality of current collection, 13) Pantograph spacing, 14) Contact wire material, 15) Phase separation sections, 16) System separation sections, 17) Management of power supply in case of danger, 18) Maintenance rules, 19) Protection against electric shock, 20) Contact wire uplift clearance.

The conformity assessment of the „Energy” subsystem is to be performed in two stages, that is in the overall design stage and in the assembly before placing in service stage. The overall design stage includes the assessment of the parameters in points 1 to 19 exl. point 17 and the assembly stage contains of the assessment of the parameters in points 3, 6, 12, 17 18 and 19.

In a case that the overhead contact line had been already assessed as an interoperability constituent at the overall design stage, or during tests already performed on another overhead contact wire section, it is not necessary to perform the dynamic tests once again during the „Energy” subsystem verification process.

Скорочення витрат електроенергії при випробуваннях гідравлічних передач тепловозів

Капіца М.І., Очкасов О.Б., Коренюк Р.О. (ДНУЗТ)

На промислових підприємствах, що виконують капітальний ремонт гідравлічних передач тепловозів, використовуються типові стенди на яких гідравлічну передачу обкатують та випробують. Метою випробувань є перевірка роботи та припрацювання вузлів передачі. Від якості проведення цих випробувань залежить ресурс передачі та її коефіцієнт корисної дії. Типовий стенд складається з рами, на яку встановлюється гідравлічна передача, приводного електродвигуна постійного струму, генератора постійного струму, для відбору потужності, водяного реостата та пульт керування

Гідравлічна передача типу УГП 750-1200 розрахована на сумісну роботу з дизелем який розвиває потужність від 550 ... 880 кВт. Перевірити роботу гідравлічної передачі в повному діапазоні навантажень на існуючому стенді не можливо, так як паспортна потужність привідного електродвигуна стенду складає 270 кВт. Крім того, моменти характеристики електродвигуна не співпадають з характеристиками гідропередачі, що не дозволяє використовувати всю потужність електродвигуна. Внаслідок цього стендові випробування гідравлічної передачі після капітального ремонту проводяться в обмеженому діапазоні навантажень.

Для розширення можливостей випробувального стенду гідравлічних передач, можливі наступні варіанти модернізації.

Заміна привідного електродвигуна тепловозним дизелем. Встановлення дизеля значно ускладнює конструкцію і габаритні розміри стенду. Необхідно також враховувати, що при розміщенні стенду з дизелем на території цеху шум та вихлопи відпрацьованих газів, які виникають в процесі роботи дизельного двигуна, будуть негативно впливати на робітників підприємства. Враховуючи високу вартість дизельного палива та інші перелічені недоліки цей спосіб є не раціональним.

Другим варіантом є встановлення привідного електродвигуна, що має номінальну потужність, що відповідає дизелю, це призведе до необхідності зміни на більш потужну систему живлення та управління електродвигуном. Разом з вартістю електродвигуна цей варіант вимагатиме значних капітальних вкладень.

Наступним варіантом модернізації є встановлення на стенді додаткового електродвигуна для збільшення потужності на привід вхідного валу гідравлічної передачі. Цей варіант має свої переваги в тому випадку якщо для живлення додаткового електродвигуна використати навантажувальний генератор стенду.

З точки зору економії електроенергії, що витрачається на живлення приводного електродвигуна, раціональним є варіант повернення електроенергії від генератора до приводного двигуна. Для цього замість водяного реостата включається перетворювач потужності з метою регулювання вихідної напруги генератора відповідно режиму роботи приводного електродвигуна.

Так як потужність навантажувального генератора залежить від режиму випробувань гідравлічної передачі, то необхідно використовувати складну систему перетворення енергії яка забезпечить можливість живлення додаткового електродвигуна. Також необхідно враховувати складність механічної системи при узгодженні роботи двох окремих електродвигунів для приводу вхідного валу гідропередачі.

Запропонований варіант модернізації потребує подальших теоретичних обґрунтувань і практичних досліджень. Удосконалення електричного обладнання випробувального стенду дає можливість проводити повноцінні випробування гідравлічної передачі при меншому споживанні електричної енергії.

Удосконалення випробування дизеля тепловоза з гідروпередачою

Капіца М. І., Шепотенко А. П. (ДНУЗТ)

Дизельний двигун в якості енергетичної силової установки є найбільш відповідальним і найменш надійним вузлом транспортного засобу. Тому достовірне і своєчасне визначення його технічного стану являється актуальним завданням. Випробування дизелів служать одним з головних засобів перевірки якості виготовлення окремих деталей складальних одиниць, вузлів і двигуна в цілому, правильності його монтажу, відповідності основних характеристик дизеля вимогам, передбаченим діючими умовами. Випробування також, крім правильної, надійної та економічної експлуатації, дають матеріал для удосконалення конструкції і робочого процесу двигуна.

В тепловозоремонтній практиці широко використовуються реостатні випробування, але вони призначені для тепловозів з електричною передачею потужності.

Проблема, що існує сьогодні в тепловозоремонтній галузі, полягає у необхідності виміру потужності дизеля тепловоза з гідропередачою, методом, який потребує достатньо малих трудових затрат та невеликий проміжок часу, що дасть змогу зменшити витрату пального на проведення випробувань.

Існують декілька способів визначення потужності дизеля при стендових випробуваннях. Один з них ґрунтується на тому, що запускають дизель, встановлюють заданий швидкісний режим обертання колінчатого валу, гальмують турбінне колесо гідрогальма, заповнюють рідиною гідрогальмо, вимірюють частоту обертання колінчатого валу дизеля, його крутний момент та визначають потужність дизеля за емпіричною формулою. При іншому способі запускають дизель, встановлюють заданий швидкісний режим обертання колінчатого вала, гальмують турбінне колесо гідрогальма та заповнюють рідиною гідрогальмо, але при цьому вимірюють тиск повітря наддуву та температуру відпрацьованих газів. Порівнюють температуру нагріву рідини з допустимою температурою і, після стабілізації тиску наддуву при температурі масла, менше допустимої температури, реєструють абсолютний тиск і частоту обертання, а розрахунок потужності ведуть також за емпіричною формулою.

Недоліком цих методів є те, що даний спосіб не враховує основні параметри дизеля, які в сукупності найбільш повно характеризують протікання робочого процесу силової установки, а також потребує великого проміжку часу для визначення потужності дизеля тепловоза, а відповідно значної кількості пального, та великих трудових витрат.

Для більш точного визначення потужності дизеля пропонується наступний метод, в якому новим є те, що при роботі гідрогальма вимірюємо температуру і тиск рідини в колі циркуляції гідрогальма, витрату тепла через теплообмінник та визначаємо коефіцієнт, що враховує зміну тиску в колі циркуляції гідрогальма по відношенню до його паспортних даних, вимірюємо частоту обертання насосного колеса гідрогальма, і потім, за допомогою тахометричних, температурних датчиків та датчиків тиску, знімаємо відповідні параметри та визначаємо потужність дизеля.

Таким чином, завдяки тому, що враховуються процеси, що протікають в колі циркуляції гідрогальма отримуємо потужність дизеля (насосного колеса гідрогальма) непрямим методом, який потребує невеликого проміжку часу та малих трудових затрат. Крім того, цей спосіб, дозволяє більш точно визначити потужність дизеля у всьому діапазоні обертання колінчатого валу та зменшити витрату енергоресурсів на випробування дизелів.

Электропитание систем автоматики и управления

Кипенский А.В., Король Е.И., НТУ «ХПИ»

Быстродействие и надежность систем автоматики и управления (САУ) в промышленности и на транспорте, их массогабаритные показатели и стоимость в значительной степени зависят от источников вторичного электропитания (ИВЭП). Поскольку ИВЭП являются достаточно материалоемкими и энергоемкими устройствами, то разработка высокоэффективных источников электропитания для САУ приобретает проблемный характер.

Наилучшими показателями обладают ИВЭП, реализованные в виде последовательно соединенных полупроводниковых преобразователей электроэнергии. При питании ИВЭП от сети переменного напряжения такая последовательность будет включать: первый неуправляемый выпрямитель с фильтром – высокочастотный инвертор с выходным трансформатором – второй неуправляемый выпрямитель с фильтром – импульсный преобразователь постоянного напряжения (ИППН) с фильтром. Если на вход ИВЭП подается постоянное напряжение, то последовательность преобразователей может быть сокращена. Функция регулирования и стабилизации выходного напряжения ИВЭП возлагается в основном на ИППН, в которых для обеспечения высокого качества выходного напряжения используются методы комбинированного регулирования. Такое регулирование предполагает наличие обратной связи не только по отклонению, но и по входному возмущению. Основными возмущениями для ИППН являются периодические колебания питающего напряжения, которые, как правило, не полностью подавляются его выходным фильтром.

При широтно-импульсном методе регулирования выходного напряжения ИППН, напряжение U_K на выходе коммутатора может быть определено как $U_K = S \cdot U_{BX}$, где U_{BX} – входное напряжение, а S – коммутационная функция, которая принимает значение $S = 1$ на интервале приводимости коммутатора и значение $S = 0$, когда коммутатор закрыт. Для обеспечения инвариантности выходного напряжения ИППН к изменениям его входного напряжения необходимо введение множителя $1/U_{BX}$ в коммутационную функцию.

Для реализации коммутационной функции указанного вида в аналоговых системах регулирования в свое время использовались узлы гиперболической нелинейности и аналоговые перемножители (делители) сигналов. В ИППН с цифровым управлением, для обеспечения инвариантности выходного напряжения преобразователя к изменениям его входного напряжения было предложено два варианта регулирования. При этом в обоих вариантах для формирования управляющих импульсов были использованы цифро-импульсные преобразователи (ЦИП).

Первый вариант регулирования предполагает сигнал, пропорциональный U_{BX} , преобразовать в цифровой код числа, а затем разделить на него управляющее воздействие, представленное кодом другого числа. Далее, частное, полученное от деления, записывается в ЦИП с широтно-импульсным законом преобразования. Согласно второму варианту регулирования сигнал, пропорциональный U_{BX} , подают на преобразователь напряжение-частота (ПНЧ). Выходной сигнал ПНЧ с частотой, пропорциональной входному напряжению, используют в качестве тактовых импульсов для выполнения ЦИ-преобразований по широтно-импульсному закону.

Анализ регулировочных характеристик ИППН с цифровым управлением, проводился графоаналитическим методом на координатной плоскости. В результате этого анализа было установлено, что оба варианта регулирования обеспечивают инвариантность выходного напряжения ИППН к изменениям его входного напряжения. Однако второй вариант

системы регулирования обладает лучшими динамическими характеристиками. Кроме того этот вариант оказывается проще с точки зрения схемотехнических решений.

Особливості визначення норм витрат електроенергії для нетягових споживачів залізниці

Кирилюк Т. І., Карук В. О., Карук О. О., Ковалевська Л. Р., Ковалевська Ю. Р. (ДНУЗТ)

Основою енергетичної політики залізничного транспорту України є ефективне використання електричної енергії та енергозбереження. В сучасних умовах для залізниць України актуальним питанням є визначення раціональних та науково обґрунтованих норм витрат електроенергії як для тягових, так і для не тягових споживачів.

В економіці широко відомий нормативний метод управління, який використовується в різних сферах діяльності. Єдина система норм визначає склад комплексу науково обґрунтованих трудових, матеріальних і фінансових нормативних показників, порядок і методи їх формування, організацію розробки і контролю норм на всіх рівнях планування, а також стимулювання їх виконання.

Мета створення системи норм - посилення наукової обґрунтованості, пропорційності і збалансованості планових завдань, більш глибоке виявлення і використання резервів, подальше підвищення ефективності роботи.

Задача нормування є однією з найважливіших складових проблем економії енергоресурсів на залізничному транспорті. Мета нормування полягає у визначенні і лімітації необхідної кількості енергії для виконання заданого об'єму роботи при раціональному і економному її використанні.

Норми складають розрахункову основу споживання, розподілу і економії електричної енергії, а також засобом державного контролю за ефективністю їх використання.

На залізничному транспорті як для тягових, так і для нетягових споживачів основним показником об'єму роботи (послуги), відносно якого визначається норма питомої витрати, є одиниця перевізної роботи (10000 т•км брутто).

Аналіз залежності витрати електроенергії на тягу поїздів і на нетягові потреби від об'єму тонно-кілометрової роботи показав, що витрата електроенергії тяговими споживачами в значній мірі залежить від тонно-кілометрової роботи, але при цьому її вплив на споживання електроенергії нетяговими споживачами є несуттєвим. В межах окремих структурних підрозділів спостерігається відсутність значимої залежності між витратами електроенергії на нетягові потреби і об'ємом тонно-кілометрової роботи.

Тому існуюча в теперішній час практика віднесення витрати електроенергії на нетягові потреби структурних підрозділів залізниць по видах діяльності з нормуванням об'єму електроспоживання на одиницю перевізної роботи не дозволяє здійснювати ефективний контроль і аналіз витрати електроенергії нетяговими споживачами.

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

Ця проблема не дозволяє забезпечити ефективне функціонування існуючої системи контролю і аналізу витрати електроенергії нетяговими споживачами. Тому дана система вимагає вдосконалень, які враховуватимуть вплив різних чинників і їх частковий внесок в зміну об'єму електроспоживання.

Smart metering of electricity losses in the contact line of electrified railways

Kirilyuk T. I., Bosiy D. A., Ostashevskaya M. S., Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

Determination of energy losses in the contact line has a number of features. Which, first of all caused by the variable in size and location of load that cannot take into account a number of factors that affect the value of the losses. In this connection, indirect methods have become widespread. Such methods measuring energy losses are based on the registration value of ampere - square - hours on feeders of traction substations.

Meters of power losses are not widely used in metering of electric energy for traction substations. In addition only a few traction substations have meters on feeders. Only one type of modern meters as an additional option has a function of integrating the square of the current, and for the most part this possibility in other counters are absent. But modern portable analyzers of power consumption are used in the power supply distances. One of them is device named EDL-175 of *Satec*.

One of its functionality is the integration of the current value of the current that is calculation of ampere-hours, which are measured by Rogowski mites and matching device that converts input current and appropriate signal using a separate integrator. The output signal of the integrator is connected to the special connectors main appliance which performs further calculations of the current value of the current and its integration in time. Ampere-square-hour can be determined using the described function of the device that is the integral of the square of the current, if the convert signal between ticks Rogowski integrator and directly by the device.

In general, the device performs determination of the current value of current for its momentary value at the fundamental frequency period T .

In view of described above scheme of realization of equipment for measuring energy losses in the contact line is proposed.

Comparison of energy losses for meters of traction substation B - D and meters of trains were done for experimental verification of obtained theoretical results. Electricity losses determined as the difference between meters of traction substation and the sum meters of trains amounted to $\Delta W_{\text{KM}} = 1107 \text{ kW} \cdot \text{h}$. Energy losses in the contact line measured by the proposed equipment amounted to $\Delta W_{\text{KM}} = 1166,8 \text{ kW} \cdot \text{h}$.

The residual between losses which was determined by the first way and losses which was measured by the proposed equipment was $59,8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ or $5,4 \%$.

The study of energy losses in the contact line depending on the number of trains on railway section

Kirilyuk T. I., Dnepropetrovsk National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazaryan

Electric traction is one of the largest consumers of electricity. Total electricity consumption of railways was 6 216,8 million kW · h last year. The loss of electricity in the contact line on a direct current is 9-10% and on an alternating current is 4-5%.

Reducing energy losses is state task corresponding state target economic program on energy efficiency and the development of energy production from renewable energy sources and alternative fuels in 2012 - 2015 years.

Determination of energy losses in contact line of electrified railways has certain features that are primarily caused by variable load depending on the value and location.

Indirect method of determining of energy losses in contact line is proposed in the articles of A. V. Bardushko, O. L. Bykadorova, V. T. Domanskogo, M. E. Krestyanova, A. N. Kuvychynskoho, K. G. Marquardt, V. T. Cheremysina. This method is based on the register values of per square ampere - hours on the feeders of traction substations. The meter is located on the feeder. It measures values of per square ampere – hours in the unit of time and scales them to the energy losses using the energy losses coefficient. This method has an average error of 7.5%. This figure could be reduced by taking into account factors that affect the energy losses in the contact line. These factors are the scheme of electric power supply of railway section, the wear (reduction of the area) of contact line, the number of trains on railway section, the environment temperature, speed and current of trains.

The number of trains on the railway section has biggest impact on the of energy losses coefficient.

Statistical research has shown that for area of direct current (Prydniprovskaya Railway) correlation coefficient between the coefficient of losses and the number of trains on railway section zone -0.7942, and this one for areas of alternating current (Odessa Railway) is -0.8562. If the correlation is negative, coefficient of energy losses is reduced with the number of trains. This is supported by previous studies.

The energy losses coefficient for areas direct current and alternating current obeys the lognormal distribution. These facts were proved on the basis of statistical tests. Mean values of the energy losses coefficient are 1.03 for the areas of direct current and 7.04 for the areas of alternating current.

Expression for determining the energy losses coefficient was found on the basis of the method of undetermined coefficients. This expression takes into account the number of trains at the railway section. It was established that the resistance of the equivalent circuit for different number of trains in general is the sum of squares the natural series numbers.

Особенности комплексного исследования тепловых аккумуляторов фазового перехода «твёрдое тело – жидкость»

Кныш Л.И., ДНУ имени Олеса Гончара; Габринец В.А., ДНУЗТ

Запас и сохранение тепловой энергии – важнейшая задача при создании новых энергоэффективных систем в промышленности и на транспорте. Это связано с переменным по времени поступлением и расходом тепловой и электрической энергии, ночным тарифом на энергию. Существенный прогресс в разработке новых

материалов с различными теплофизическими свойствами открывает широкие возможности использования скрытой теплоты их фазового перехода для аккумулирования тепловой энергии. Такие аккумуляторы являются более энергоёмкими по сравнению с теплоёмкостными из-за большой удельной теплоты фазового перехода «твёрдое тело-жидкость» по сравнению с удельной теплоёмкостью. Наряду с традиционным низкотемпературным (от -40°C до $+900^{\circ}\text{C}$) аккумулированием (парафины разных типов, жирные кислоты и многокомпонентные системы на их основе), в технике возможно использование материалов со средним (от 1000°C до 4500°C) и высоким (свыше 9000°C) уровнем температур (эвтектические смеси солей, фториды и гидриды щелочных металлов).

Теплообменные устройства, в которых используется фазопереходное аккумулирование, проектируются на чётко обозначенный температурный уровень, который соответствует теплоте фазового перехода используемого материала. Кроме того, теплоаккумулирующие материалы могут быть достаточно токсичными и коррозионно активными, существенно изменять объём в процессе циклов «разряд-заряд», имеют низкий коэффициент теплопроводности. Это накладывает дополнительные требования к уровню детализации при проведении расчётов и проектировании.

Задачи с фазовым переходом относятся к классу нелинейных задач типа Стефана и практически исключают получение аналитических решений, пригодных при проведении опытно-конструкторских работ. Численный расчёт таких задач также связан с существенными трудностями и достаточно затратный. Поэтому предлагаемый квазистационарный подход, основанный на совместном решении уравнения энергии для теплоаккумулирующего материала и теплоносителя, а также уравнения теплопередачи, может быть единственным практически реализуемым методом определения теплофизических, динамических и геометрических параметров проектируемого теплообменного модуля.

Предложенная система уравнений была представлена в безразмерных переменных и решена аналитически. Существенным упрощением при нахождении решения было задание скорости движения границы раздела фаз, как интегральной теплообменной характеристики. Однако, при сравнении полученных аналитических и экспериментальных данных существенных различий установлено не было, что свидетельствует о возможности использования подобного подхода.

На основе предложенной системы уравнений стало возможным также определение формы границы раздела фаз и времени её формирования, а так же скорость ее движения во времени осуществления циклов зарядки-разрядки теплового аккумулятора. Численное решение предложенной квазистационарной модели хорошо согласуется с аналитическим решением, что указывает на возможность использовать каждый из подходов в практике проектирования подобных устройств в промышленности и на транспорте.

Комбинированные солнечные коллекторы: перспективы использования и особенности проектирования

Кныш Л.И., Кныш А.Ю., ДНУ им. Олеся Гончара

Одним из перспективных направлений развития солнечной энергетики является совместное использование термодинамического и фотоэлектрического преобразования. Такие PVT – системы могут быть успешно внедрены как элементы автономного тепло- и электроснабжения на многих промышленных и транспортных объектах. Существует множество конструктивных решений для таких систем. Это могут быть

высокотемпературные системы на основе арсенид галлиевых преобразователей, облучаемые мощным концентрированным солнечным потоком и охлаждаемые движущимся в канале теплоносителем, который является рабочим телом классического паротурбинного цикла. Высокий КПД подобных устройств компенсируется их значительной стоимостью и спецификой функционирования. Поэтому более оптимальным вариантом видится использование низкотемпературных солнечных коллекторов, теплопоглощающая поверхность которых покрыта слоем моно- или поликристаллических кремниевых солнечных элементов.

Такие системы достаточно надёжны, долговечны и имеют существенные энергетические преимущества перед классическими фотобатареями и плоскими коллекторами. Это преимущество главным образом связано с возможностью использования всего солнечного спектра для преобразования – от коротковолнового (фотопреобразование) до инфракрасного (тепловое преобразование). Это приводит к сложению КПД двух типов преобразования, что увеличивает общую эффективность системы.

Известно, что при длительном использовании, особенно под действием высоким температур, фотоэлектрические батареи несколько деградируют, существенно снижая свой КПД. Охлаждение панели солнечных элементов движущимся в канале теплоносителем не только позитивно влияет на эффективность системы, но и позволяет снятое с панели тепло эффективно использовать в системах горячего водоснабжения, предварительного подогрева оборудования и пр.

При проектировании и расчёте подобных систем использовался подход, основанный на уравнениях теплового баланса с обязательным учётом нестационарности поступления солнечной радиации на поверхность комбинированного плоского коллектора. Как эталонный рассматривался плоский щелевой коллектор с расположенными внутри него поликристаллическими кремниевыми солнечными элементами.

Было определено температурное поле в каждом сечении солнечного коллектора, наиболее рациональный расход теплоносителя, предполагаемая геометрия системы. В расчётах учитывалась зависимость эффективности кремниевых солнечных элементов от температуры, что позволило выбрать наиболее рациональный общий температурный режим автономной энергетической системы.

Досвід Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту в комплексній оцінці експлуатаційних характеристик накладок пантографів різних виробників

Коваленко В.В., Горобець В.Л., Ярмач А.А. (ДНУЗТ)

Оцінку експлуатаційних характеристик накладок пантографів різних виробників Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту проводив у відповідності до договорів №85/2012-ЦТех-218/2012 – ЦЮ від 21.09.2012, №86/2012-ЦТех-218/2012 – ЦЮ від 21.09.2012 р.

Комплекс випробувань включав: порівняльні лабораторні, експлуатаційні та матеріалознавчі дослідження. Для лабораторних та експлуатаційних випробувань геометричні характеристики струмоз'ємних поверхонь звісно вносять важливий вклад в якість струмоз'єму, але визначальне місце тут належить природі матеріалу, з якого зроблено окремі деталі та вузли струмоз'ємних елементів. Тому матеріали були та залишаються однією з головних ланок, що визначають економічну ефективність електричної тяги, якість та надійність її роботи.

Кожен матеріал відповідно до власних характеристик має певні межі експлуатації. Застосування виробів з даного матеріалу поза межами цих областей призводить до різкого зниження їх техніко-економічних показників або навіть до аварійних ситуацій. У цьому зв'язку при переході від звичайного руху до швидкісного та високошвидкісного властивості матеріалів, застосованих для виготовлення окремих деталей і вузлів контактної підвіски і струмоприймача повинні відповідати новим, підвищеним вимогам. Ця задача вирішується шляхом використання нових матеріалів.

Специфіка цих матеріалів полягає в необхідності забезпечення насамперед безперешкодного проходження струму в накладках пантографів та захисті від можливих припиків з руйнацією багатокомпонентних матеріалів накладок за рахунок відсутності адгезії їх складових елементів. При цьому накладки повинні мати як найменший коефіцієнт тертя по мідному дроту, найбільшу можливу щільність та адгезію компонентів для протидії деструктивним процесам електричної та механічної ерозії в процесі експлуатації.

Дослідження складу, будови, фізико-механічних властивостей вставок пантографів (опосередковано, які стосуються структурних змін в процесі експлуатації), експлуатаційні характеристики дроту при контакті з вставками пантографів при механічному електроерозійному зношуванні показали, що на даному етапі сучасної технології їх виробництва експлуатаційні властивості накладок однакових типів не значно відрізняються. Тому найактуальнішим завданням є створення універсальної накладки пантографів, яка при необхідних трибологічних характеристиках забезпечувала найвищі характеристики якості струмоз'єму.

Досліджений характер електроерозійного і механічного руйнування накладок пантографів с різними макроструктурними складовими, що відрізняються як за дисперсністю і хімічним складом компонентів, так і за анізотропією структурних та механічних характеристик різнорідних фаз в їх конгломераті показав, що композитні вуглецево-графітні складові в структурі накладок повинні захищатися металевими, які попередять крихке руйнування та забезпечать вишукані струмоз'ємні характеристики. Також визначальним в стійкості до динамічних та ударних навантажень є дисперсність структурних складових в вуглецево-графітному конгломераті, та наявність модифікуючих та тих що змащують компонентів, які стійкі не лише до механічних навантажень, але не вигорають при утворенні в процесі експлуатації електричної дуги.

Виявлені закономірності дозволили визначити найкращі зразки матеріалу накладок пантографів за трибо-технічними, електроерозійними та електричними характеристиками.

Енергозбереження на всіх етапах виробництва та експлуатації залізобетонних підрейкових основ

Коваленко В.В. (ДНУЗТ)

В 2010 році Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту на замовлення Укрзалізниці у відповідності до договору проводив дослідження з виявлення причин передчасного руйнування залізобетонних шпал. Шпали масово руйнувалися не відпрацювавши 5-10 % власного експлуатаційного ресурсу.

Витрати матеріальних, енергетичних, фінансових ресурсів на заміну цих шпал разом з надмірною витратою енергетичних ресурсів на виробництво щебеню, цементу, бетону шпал за застарілими технологіями становлять не менше ніж 60 % від загальної суми витрат.

Розглянемо більш детально зменшення енергетичних витрат на виробництво сировинних матеріалів для бетону підрейкових основ і виробництво залізобетонних шпал

з підвищеними фізико-механічними, експлуатаційними характеристиками та довговічністю за новою безпропарювальною технологією.

За результатами досліджень у 2010 році основними причинами передчасного руйнування шпал були неоднорідності в макроструктурі бетону підрейкових основ, прискорення лужнокремнієвої реакції та структурна нестабільність кристалів цементного каменя.

Якщо попередження виникнення лужнокремнієвої реакції можливо досягнути обмеженням кислотності заповнювачів лімітованої відповідними ДСТУ та встановленням обмеження приведенного коефіцієнту лужності цементу до 0,6 % (мас) з регулярним контролем відповідних параметрів за новою запропонованою автором експрес-методикою, то попередження макроструктурної неоднорідності можливо досягнути застосуванням щебеню фракцій 5-10 і 10-20 мм з мінімальною кількістю глинистих і пилових часток та максимальною чистотою фракційного складу. Такі параметри можна досягнути застосуванням просіваючих поверхонь нового покоління виробництва ПП «Логія», м. Дніпропетровськ.

Згадані поверхні завдяки застосуванню пружних прутків із спеціальних сталей, які рухаються синхронно з коливаннями короба грохота забезпечують підвищення амплітуди коливань сит у два рази порівняно з традиційними з утворенням «кип'ячого шару» матеріалу, що просівається, з прискоренням більш ніж у два рази розподілом на фракції. Додатковою причиною підвищення продуктивності роботи поверхонь є розподілення загальної маси продукту, що просівається на різні частини із збільшенням площі просіваючої поверхні у два та більше разів. Конструкція просіваючої поверхні забезпечує гарантовану чистоту відсіву фракцій за весь експлуатаційний період. Можливість відсівання різних фракцій на окремих рівнях багаторівневої конструкції просіваючої поверхні з відведенням фракцій на окремі конвеєрні стрічки, або в бункери дозволить економити електричну енергію на висівання фракцій у рази (до 6 разів), з виключенням необхідності пересіву фракцій на додаткових грохотах ліній обладнання переробки щебеню, таким чином виключаючи необхідність застосування інших грохотів. Також необхідно відмітити, що поверхні нового покоління самоочищуються в процесі експлуатації та не потребують додаткових щоденних трудовитрат на цей процес, характерний для експлуатації традиційних сит.

Зменшення енерговитрат при виробництві цементу можна досягти застосуванням поверхнево-активних речовин (в нашому випадку добавок ПЛКП, виробництва ПП «Логія», м. Дніпропетровськ) при розпиленні їх на обпалені клінкерні частки перед їх розмелом, що значно (не менше ніж на 20 %) зменшує його енергоємність.

Економію енергетичних ресурсів з можливою відмовою від застосування природного газу на обігрів пари при виробництві дослідних зразків залізобетонних шпал за пропозицією Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту при участі виробника вітчизняних комплексних добавок ПЛКП для цементів бетонів та розчинів - ПП «Логія», м. Дніпропетровськ досягли з отриманням підвищеного комплексу фізико-механічних характеристик бетону підрейкових основ під час випробувань на ДП «Старокостянтинівський завод залізобетонних шпал, ПраТ «Коростеньський завод залізобетонних шпал» та на лабораторних зразках бетону ПраТ «Гніваньський завод спецзалізобетону». Добова міцність бетону шпал із застосуванням добавки при 20°C складала 53,7 МПа, що повністю виключає необхідність пропарювання.

Згадану технологію виробництва залізобетонних шпал із застосуванням вітчизняних добавок, нові просіваючі поверхні, експрес-методики оцінки лужності цементу та структурного стану цементного каменя для підвищення довговічності бетону підрейкових основ університет щорічно з 2010 року пропонував Укрзалізниці, але досі широкого впровадження не відбулося.

Удосконалення методів проектування гіркових горловин сортувальних станцій з метою скорочення енергетичних витрат під час розформування составів

Колесник А. І. (ДНУЗТ)

Параметри плану гіркових горловин суттєво впливають на якість процесу розформування та енергетичні витрати, що пов'язані з гальмуванням відцепів при їх скочуванні з гірки. Відстань L від вершини гірки до розрахункової точки визначає довжину гіркової горловини, скорочення якої дозволить відповідно збільшити корисну довжину сортувальних колій, зменшити висоту гірки і тим самим зменшити експлуатаційні витрати на розформування составів. В свою чергу, на координати розрахункової точки, до якої повинен докотитися відцеп легкої вагової категорії, впливають параметри ділянок сполучення сортувальних колій, додаткових кривих спускної частини гірки, а також тип уповільнювачів паркової гальмової позиції, що можуть розташовуватися в кривій, чи на прямій ділянці колії. Параметри ділянок сполучення суттєво впливають на якість сортувального процесу, витрати енергоресурсів, ступінь зносу рейок та колісних пар вагонів. Складність розрахунку параметрів ділянок сполучення пов'язана з необхідністю ув'язки всіх нормативних вимог, що пред'являються до конструкції гірки. Крім того, необхідно враховувати взаємний вплив ділянок сполучення суміжних сортувальних колій, що потребує комплексного розрахунку їх параметрів. Таким чином, визначення раціональної конструкції ділянок сполучення на кожній сортувальній колії являється важливою задачею, яка до теперішнього часу не отримала свого кінцевого рішення.

Як показали дослідження, найбільша довжина гіркової горловини спостерігається при розміщенні паркової гальмової позиції на прямій ділянці колії за основною сполучною кривою. Скорочення довжини горловини, при використанні уповільнювачів, конструкція яких не дозволяє їх встановлення в межах кругових кривих, можна досягти завдяки встановленню уповільнювачів на прямій ділянці (f_2) між основною та додатковою сполучною кривою. Встановлено, що при однакових радіусах сполучних кривих зі збільшенням кута додаткової сполучної кривої довжина вставки f_2 збільшується при влаштуванні U-подібної ділянки сполучення (основна та додаткова криві направлені в одну сторону) і, відповідно, скорочується у випадку S-подібної конструкції ділянки сполучення.

Для виконання умови $L \rightarrow \min$ при розташуванні паркової гальмової позиції між сполучними кривими необхідно враховувати низку обмежень:

1) Довжина гіркової горловини при розташуванні паркової гальмової позиції в межах вставки f_2 повинна бути меншою у порівнянні з довжиною горловини, де ПГП розташовується на прямій ділянці колії за основною сполучною кривою; в іншому випадку розташування ПГП в межах вставки f_2 не має сенсу.

2) Міжколійна відстань між точками входу на уповільнювачі, що розташовані в створі на суміжних сортувальних коліях повинна бути не менше встановленої нормативної величини.

3) Довжина вставки f_2 повинна бути не менше довжини паркової гальмової позиції з урахуванням прямої ділянки, з метою недопущення одночасного знаходження візка в межах уповільнювача та кривої ділянки колії.

Таким чином, пошук допустимих параметрів ділянок сполучення на сортувальних коліях, при розташуванні ПГП між основною та додатковою сполучною кривою, являється важливою і достатньо складною задачею, вирішення якої дозволить суттєво скоротити довжину горловини, зменшити висоту гірки та скоротити енергетичні витрати при розформуванні составів.

Поліпшення енергетичних характеристик систем тягового електропостачання шляхом управління тяговим навантаженням

Колихаєв Є.Г., ДНУЗТ

Згідно статистичної звітності, за 2013 рік залізничним транспортом використано електроенергії 5885,1 млн.кВт·год, в тому числі на тягу поїздів 4887,9 млн.кВт·год. Враховуючи те що Україна відноситься до енергодефіцитних країн, яка задовольняє власні потреби в ТЕР за рахунок власного видобутку менш ніж на 50%, а енергетична складова собівартості перевезень складає приблизно 23%. Та враховуючі те, що згідно зі стратегією розвитку України 2020, яку затвердив президент України, у рамках державної програми «Енергонебезпеки» одним з пріоритетів держави є забезпечення енергетичної безпеки і перехід до енергоефективного та енергоощадного використання та споживання енергоресурсів із впровадженням інноваційних технологій. Енергозбереження є одним із головних завдань політики УЗ. Виконання цих завдань дозволяє скоротити звітні витрати електроенергії більш ніж на 18% (від рівня втрат). Втрати електроенергії в тяговій мережі постійного струму складають близько 5% від величини споживання на тягу поїздів. На теперішній час існує ряд методів який дозволяє зменшувати втрати електроенергії в тяговій мережі такі як: розвиток інформаційних технологій і методів управління режимами СТЕ, використання енергоефективних графіків руху поїздів (ГРП), регулювання транспортного потоку шляхом використання енергоефективного плану формування поїздів (ПФП), використання накопичувачів електроенергії, використання вольтододаткових пристроїв та ін.. Україна має досить щільну мережу залізниць, і у багатьох випадках між двома станціями можливо проїхати двома, а в деяких випадках, і трьома та більше маршрутами. На даний час відстань між станціями є основним критерієм при плануванні маршрутів руху поїздів. Це призводить до концентрації поїздів на окремих ділянках, і як наслідок підвищує навантаження на тягові мережі, що в свою чергу створює умови для підвищення втрат електроенергії, та зменшення ресурсу роботи ТП. Використання енергоефективного ПФП дозволяє перенаправити транспортні потоки таким чином, щоб тягове навантаження яке виникає в наслідок проходження поїздів було оптимальним. Це в сукупності з використанням енергоефективного ГРП зменшує втрати які виникають в ТМ, продовжує термін їх служби, робить можливим максимально ефективно використовувати енергію рекуперації і як наслідок суттєво впливає на характеристики навантаження на ділянках зі складним профілем. В даному докладі розкриті основні методи поліпшення енергетичної ефективності СТЕ шляхом управління транспортними потоком, і як наслідок змінюється тягове навантаження яке в свою чергу дозволяє зекономити від 5% до 7 % від рівня втрат електроенергії.

Основні принципи проектування розподіленої системи тягового електропостачання постійного струму

Косарев Є. М., Липський М. Г., Зюзь Г. О., ДНУЗТ

На існуючих електрифікованих напрямках система електропостачання постійного струму 3,3 кВ вносить певні обмеження пов'язані з тим фактом, що при номінальній напрузі на шинах тягових підстанцій, які розміщуються на відстані меншій за 20÷25 км одна від одної, на вантажонапружених лініях неможливо забезпечити встановлений рівень напруги на струмоприймачах ЕРС. Особливо критичним цей недолік стає при

впровадженні на лініях швидкісного руху із швидкостями більшими за 160 км/год, для яких жорстко нормується напруга на струмоприймачах електрорухомого складу.

З урахуванням того, що в Україні за системою постійного струму електрифіковано близько половини ліній з електричною тягою, очевидно, що необхідна реконструкція системи електричної тяги постійного струму, спрямована на підвищення пропускної і провізної здатності. При цьому повинні бути максимально реалізовані переваги цієї системи з мінімальними додатковими капітальними вкладеннями.

Традиційним вирішенням цієї проблеми є зменшення відстані між тяговими підстанціями та нарощування площі перерізу контактного проводу. Радикальним способом покращення якості енергозабезпечення тяги є відмова від централізованої системи електропостачання і перехід до розподіленої. При децентралізованій СТЕ підключення контактної мережі до джерел електропостачання здійснюється за допомогою лінійних перетворювальних пунктів (одноагрегатних ТП), які в свою чергу отримують живлення від поздовжньої лінії електропередачі підвищеної напруги постійного (змінного) струму. Основними принципами проектування схеми розподіленого перетворення енергії є:

1. Всі тягові підстанції виконуються одноагрегатними і їх потужність визначається потужністю одного перетворювача, прийнятого для встановлення в кожному конкретному випадку.
2. Кількість та розміщення перетворювальних пунктів повинно вибиратись виходячи з умови найбільш повного їх використання та забезпечення нормальної роботи системи при відключенні будь-якої з тягових підстанцій.
3. Всі підстанції отримують живлення від поздовжньої лінії передачі, що обумовлює достатньо жорсткий зв'язок їх за режимом напруги.

Робота такої системи при всіх ввімкнених перетворювальних пунктах відповідає роботі системи централізованого перетворення енергії при всіх включених в роботу резервних агрегатах і рівномірному розподілу навантаження між ними.

Система децентралізованого живлення при значно меншому перерізі проводів контактної мережі забезпечує зменшення втрат енергії і підтримку необхідного рівня напруги. У пристроях електропостачання збільшується коефіцієнт використання потужності основного енергетичного обладнання. Ці якості є найголовнішими перевагами системи розподіленого живлення. Крім того, значно полегшується захист контактної мережі від струмів короткого замикання, знижуються потенціали рейок відносно землі, а отже і небезпека руйнування підземних споруд блукаючими струмами.

Стабілізація напруги на заданому рівні в тяговій мережі електрифікованих залізниць постійного струму

Косарев Є. М., ДНУЗТ

На електрифікованому залізничному транспорті від значення напруги в тяговій мережі в першу чергу залежить швидкість руху електровозів, пропускна та провізна спроможність ділянки. Правилами улаштування системи тягового електропостачання залізниць України встановлені діючі значення напруги на шинах тягових підстанцій і струмоприймачах ЕРС у нормальному і вимушеному режимах системи електричної тяги. Однак напруга на струмоприймачах електровозів, які знаходяться на фідерній зоні, не може бути постійною і дорівнювати встановленому значенню навіть за наявності на зоні пристроїв регулювання. Але прагнення до звуження діапазону відхилення напруги є основною умовою забезпечення номінального режиму роботи тягових і допоміжних машин електровоза. При цьому необхідно

пам'ятати, що підвищення рівня напруги на струмоприймачі сприяє підвищенню технічної швидкості руху поїзда, а при збереженні споживаної потужності веде до зниження струму електровоза.

Основними вимогами, які висуваються до системи електропостачання залізниць з боку електрорухомого складу, що працює в режимі тяги, є забезпечення рівня напруги на струмоприймачі, який би гарантував нормальну роботу всіх елементів ЕРС та досягнення поїздом заданої швидкості і її підтримання. Звуження діапазону відхилення напруги забезпечується за допомогою застосування на тягових підстанціях пристроїв автоматичного регулювання та керованих перетворювальних агрегатів зі стабілізацією вихідної напруги. Але оскільки на величину розмаху і тривалість зміни напруги впливає багато чинників і цей процес розглядається як стохастичний, то регулювання напруги на тягових підстанціях дозволяє ліквідувати лише вплив коливань живлячої енергосистеми та падіння напруги на внутрішньому опорі тягових підстанцій. Втрати напруги в контактній мережі при цьому зберігаються. Тому, в окремих випадках, при жорстких вимогах до якості напруги, наприклад на ділянках зі швидкісним рухом, впровадження стабілізації лише на шинах тягових підстанцій буде недостатнім. Для досягнення високих енергетичних показників системи тягового електропостачання постійного струму та підвищення енергоефективності ЕРС при високих швидкостях руху необхідно впроваджувати системи стабілізації напруги на струмоприймачах швидкісного ЕРС на встановленому рівні.

На кафедрі «Електропостачання залізниць» ДНУЗТ розроблено спосіб стабілізації напруги в контактній мережі незалежно від кількості поїздів на міжпідстанційній зоні та їх навантаження. Суть способу полягає в тому, що для стабілізації напруги в контактній мережі електрифікованої ділянки постійного струму вимірюють напругу на шинах суміжних тягових підстанцій та на посту секціонування. Додатково, для визначення розподілу напруги уздовж міжпідстанційної зони встановлюють пристрої вимірювання напруги в мережі постійного струму з бездротовою передачею даних через оптимально встановлену відстань. Така реалізація розподіленої системи вимірювань дозволить електрорухомому складу взаємодіяти з нею без додаткових пристроїв вимірювання на ЕРС тим самим забезпечити високе значення коефіцієнта використання. Також можливостями даної системи є покращення контролю енергодиспетчера за безпечним виконанням робіт на контактній мережі та технічний облік втрат електроенергії. Даний спосіб стабілізації передбачає встановлення підсилюючого пункту в середині міжпідстанційної зони для зменшення втрат напруги до струмоприймачів електровозів. Генерація необхідного струму підсилюючого пункту для стабілізації напруги базується на рівнянні балансу втрат напруги в контактній мережі. Як показують розрахунки, в результаті роботи системи напруга на струмоприймачах ЕРС стабілізується на заданому рівні. При цьому змінюється струморозподіл в контактній мережі і втрати енергії зменшуються до 40 % в залежності від графіка руху.

За допомогою даної системи стабілізації стає можливим забезпечення необхідного рівня напруги вздовж всієї електрифікованої ділянки, покращення її провідної і пропускної здатності, істотного зменшення втрат електроенергії та підвищення енергоефективності роботи ЕРС.

Енергоефективність експлуатаційної діяльності залізниць

Кудряшов А.В., Мазуренко О.О. (ДНУЗТ імені академіка В.Лазаряна)

Економія енергії стала головною метою у світовому масштабі. У транспортному секторі намічені заходи, що в довгостроковому плані фокусуються на плануванні розвитку

інфраструктури, модальному перерозподілі перевезень та оновленні рухомого складу. У короткостроковому плані може виявитися корисним навчання машиністів методам ведення поїздів, які забезпечують економію енергії на тягу.

Залізниця є енергоефективним видом транспорту завдяки таким системним пріоритетам як: низький коефіцієнт тертя між колесом і рейкою, що дозволяє долати великі відстані на вибігу (рух за інерцією), використання електричної тяги з можливістю повернення в мережу рекуперуємої енергії.

Можливості підвищення енергоефективності залізничної системи далеко не вичерпані, і в даний час основним напрямком заходів щодо зниження споживання енергетичних ресурсів є вдосконалення інфраструктури та рухомого складу, а також методів управління рухом. Важливе значення має конструкція колійного розвитку, що зводить до мінімуму введення обмежень швидкості руху поїздів.

На величину витрат енергії прямо впливають параметри рухомого складу, особливо його аеродинамічні характеристики, ефективність тягового приводу і зниження маси тари за рахунок вдосконалення конструкції вузлів і агрегатів або застосування нових, більш легких матеріалів.

Сценарії вдосконалення інфраструктури та рухомого складу розробляються на середньо- і довгострокову перспективу і вимагають великих інвестицій. На відміну від них різні заходи щодо удосконалення організації руху поїздів можуть бути здійснені протягом короткого часу або навіть майже відразу і при цьому вимагають мінімальних фінансових вкладень. При існуючій інфраструктурі і наявному рухомому складі організаційні завдання щодо економної витрати енергії потрібно вирішувати з тією ж ступінню уваги, що і експлуатаційні або комерційні.

Коли при розробленні розкладу руху поїздів обирається певний часу ходу, економію енергії можна отримати, використовуючи режими ведення поїзда з мінімальною витратою енергії. Режим економічного ведення поїзда являє собою послідовність ефективних команд управління поїздом: регулювання швидкості і рух за інерцією. Системи зв'язку та такі пристрої, як експертні системи, що видають машиністу рекомендації по режимах руху, можуть поліпшити управління поїздом в реальному часі.

Таким чином, є обґрунтованим висновок, що енергоефективність експлуатаційної діяльності залізниць можна забезпечити не тільки довгостроковими стратегічними проектами з розвитку інфраструктури та оновлення парку рухомого складу, але й реалізованими у відносно короткі терміни маловитратними заходами, спрямованими на зниження витрати енергії на тягу поїздів. Ці стратегії, що оптимізують сценарії ведення поїздів і розробку графіків руху, можуть надавати помітний вплив на ефективність роботи залізничних систем. Крім того актуальним є подальше вдосконалення та впровадження автоматизованих систем ведення поїздів та інформаційно-дорадчих систем.

Алгоритмы распознавания в инженерной методике выбора средств защиты асинхронных двигателей, работающих в условиях некачественной электроэнергии

Кузнецов В.В., Николенко А.В., Трипутень Н.М., НМетАУ

Основными путями снижения отрицательного влияния некачественной электроэнергии на работу электродвигателя в производственных условиях, а, значит, и на эффективность производства в целом являются: применение «индивидуальных» LC-фильтров для защиты особо ответственных электроприводов; применение «групповых» устройств компенсации влияния некачественного питающего напряжения на уровне цеха; подавление искажений питающего напряжения в местах их возникновения. Допускается

также отказ от принятия каких-либо мер, не считаясь с существенным уменьшением ресурса двигателя. Каждый из указанных вариантов характеризуется некоторой стоимостью внедрения и ожидаемым экономическим эффектом.

Известная методика выбора средств защиты асинхронного электродвигателя (АД), работающего в условиях некачественной электроэнергии основана на его энергоэкономической модели [1]. Данная методика реализует вычислительный алгоритм с использованием стохастических моделей линейных напряжений в системе электроснабжения цеха, нелинейных электромагнитной и тепловой модели АД, экономических моделей. Однако сложность практической реализации вычислительных процедур в каждом конкретном случае является фактором, сдерживающим её внедрение в производство.

Вместе с тем, принятие решения об экономической целесообразности выбора того или иного технического варианта защиты (или отказ от него) зависит от значений нескольких величин: коэффициента искажения синусоидальности K_u , коэффициента отдельных гармонических составляющих $K_{u(n)}$, коэффициента обратной последовательности K_{2u} , коэффициента нулевой последовательности K_{20} , эквивалентной продолжительности работы АД с перегревом α' , стоимостей технических средств защиты C_i ($i = \overline{1, n}$, где n - количество различных типов устройств защиты). Причём каждая из них может иметь некоторые отклонения, обусловленные либо точностью измерения (для технических величин), либо экономической ситуацией (для стоимостей) и изменяться в некотором диапазоне. Это позволяет представить энергоэкономическую модель АД в виде суммы предикатов (дискретном виде) [2]:

$$Z_{эм}[\vec{X}, \vec{C}] = \bigvee_{p=1}^q \bigvee_l^{\lambda_p} Z_{p,l}[\vec{X}, \vec{C}]$$

где

$$\begin{aligned} Z_{p,l}[\vec{X}, \vec{C}] &= 2^{-n} \prod_{j=1}^n \{1 + \text{sgn}[(X_j - X_{jmin}^{pl})(X_{jmax}^{pl} - X_j)]\} \\ &\quad + 2^{-m} \prod_{j=1}^m \{1 + \text{sgn}[(C_j - C_{jmin}^{pl})(C_{jmax}^{pl} - C_j)]\} \\ Z_{p,l}[\vec{X}, \vec{C}] &= 2^{-n} \prod_{j=1}^n \{1 + \text{sgn}[(X_j - X_{jmin}^{pl})(X_{jmax}^{pl} - X_j)]\} \\ &\quad + 2^{-m} \prod_{j=1}^m \{1 + \text{sgn}[(C_j - C_{jmin}^{pl})(C_{jmax}^{pl} - C_j)]\} \end{aligned}$$

здесь: q - количество классов (диапазонов) суммарного ущерба от внедрения средства защиты или их комбинаций; λ_p - количество предикатов, определяющих p - диапазон; n и m - количество технических и стоимостных величин соответственно; X_{jmin}^{pl} , X_{jmax}^{pl} , C_{jmin}^{pl} , C_{jmax}^{pl} - константы модели.

Формирование классов осуществляется в ходе обучения модели по критерию минимума экономических потерь от использования технических средств защиты АД (или их отсутствия):

$$\mathcal{E}_{\text{пот}} \rightarrow \min$$

Обучение модели выполняется на основе вычислительного эксперимента, в ходе которого случайным образом изменялись технические величины в заданных пределах. Для сформированных значений технических величин по энергоэкономической модели

рассчитаны экономические потери от применения защитных устройств. После этого сформированная экономическая ситуация включается в p - класс, номер которого определяется по формуле:

$$p = \text{entier}|\Delta\epsilon_{\text{пот}} \times \Delta\epsilon_{\text{пот}}^{-1}| + 1$$

где $\Delta\epsilon_{\text{пот}}$ - допустимое отклонение экономических потерь от рассчитанного значения.

Возникающее в ходе обучения предикатной модели "проклятие размерностей", обусловленной большим количеством технических величин и точностью их вычисления, можно преодолеть использованием алгоритмов ускоренного обучения и минимизации описания образов [3]. Данные алгоритмы позволяют включать в предикатную модель необученные области факторного пространства, если выполняются простые условия для двух предикатов некоторого класса:

$$\begin{cases} X_{rmin}^1 \leq X_{rmin}^2 \\ X_{rmax}^1 \geq X_{rmax}^2, \text{ при } r = \overline{1, n}; r \neq 1 \end{cases}$$

где $X_{rmin}^1, X_{rmax}^1, X_{rmin}^2, X_{rmax}^2$ - параметры проекций объединяемых областей; $r = 1$ - номер признаковой оси факторного пространства, в направлении которой происходит объединение подобластей.

Поиск наилучшего технического варианта защиты АД по предикатной модели осуществляется на основе алгоритма распознающей статической оптимизации следующим образом. Для текущих значений технических величин рассчитывается $Z_{\text{эм}}[\vec{X}, \vec{C}]$, начиная с первого класса экономических $p = 1$, что соответствует минимальному значению ущерба. Если $Z_{1l}[\vec{X}, \vec{C}] = 0$, для всех $l = \overline{1, \lambda_1}$, то анализируется второй класс экономических ситуаций и т.д. Данная процедура выполняется до тех пор, пока для некоторого $p = c$ и $l = Z_{cg}[\vec{X}, \vec{C}] = 1$. Тогда по значению констант выбранной предикаты определяются финансовые затраты и, соответственно, выбранный технический вариант защиты.

Следует также отметить, что для предикатной модели разработан алгоритм адаптации [4], позволяющий осуществлять её уточнение вследствие расширения парка технических средств и изменения их стоимостей.

Предложенный подход к определению наилучшего варианта защиты реализован применительно к эксплуатации асинхронного двигателя мощностью 7, 5 кВт. В результате вычислительных экспериментов получено множество оптимальных решений для различных условий его работы. Полученные решения могут храниться как на электронных элементах памяти, так и могут быть представлены в виде таблиц. Для практического использования полученных результатов достаточно оценить качество электроэнергии на конкретном предприятии и техническое состояние двигателя, после чего выбрать по таблице соответствующий способ защиты АД.

Список литературы

1. Качан Ю.Г., Николенко А.В., Кузнецов В.В. О методике выбора экономически целесообразных средств защиты асинхронных двигателей, работающих в условиях некачественной электроэнергии / Качан Ю.Г., Николенко А.В., Кузнецов В.В. — Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково – виробничий журнал. — Кременчук: КДПУ, 2011. — Випуск 4/2011(16).- С.53-57.
2. Трипутень Н. М., Качан К.Г. Разработка управляющего блока для АСУ ТП крупнокускового дробления // Металлургическая и горнорудная промышленность. - 1990. - N 3. - с. 64 - 66.

Проблема обліку енергії рекуперації на залізницях

Кузнецов В.Г., Саблін О.І., Чорна А.О. (ДНУЗТ)

Розробка дієвих заходів підвищення ефективності рекуперації електроенергії в системі електричної тяги потребує всебічної повноти інформації про кількісні показники обсягів рекуперації електроенергії на всіх можливих рівнях її аналізу, зокрема на відповідних ділянках обертання РС, що дозволить встановлювати вплив на рівень рекуперації параметрів тягового електропостачання та організації руху поїздів. Оскільки існуюча на сьогодні система обліку енергії рекуперації не дозволяє враховувати зазначені фактори, то розробка принципів підвищення ефективності аналізу об'ємів повернення електроенергії в контактну мережу при рекуперативному гальмуванні поїздів постійного струму є актуальним напрямом досліджень. Моніторинг обсягів рекуперації енергії за встановлений проміжок часу спільно фахівцями служб локомотивного господарства, електропостачання і руху буде принципово новим підходом до визначення реальних чинників та оперативного впливу на них щодо підвищення енергоефективності рекуперації.

Метою роботи є вдосконалення системи обліку електричної енергії, що повертається ЕРС в контактну мережу за рахунок рекуперативного гальмування.

Сучасні системи обліку електроенергії в режимах тяги і рекуперації не відрізняються і включають в себе наступні основні етапи що представлені на рис.1.

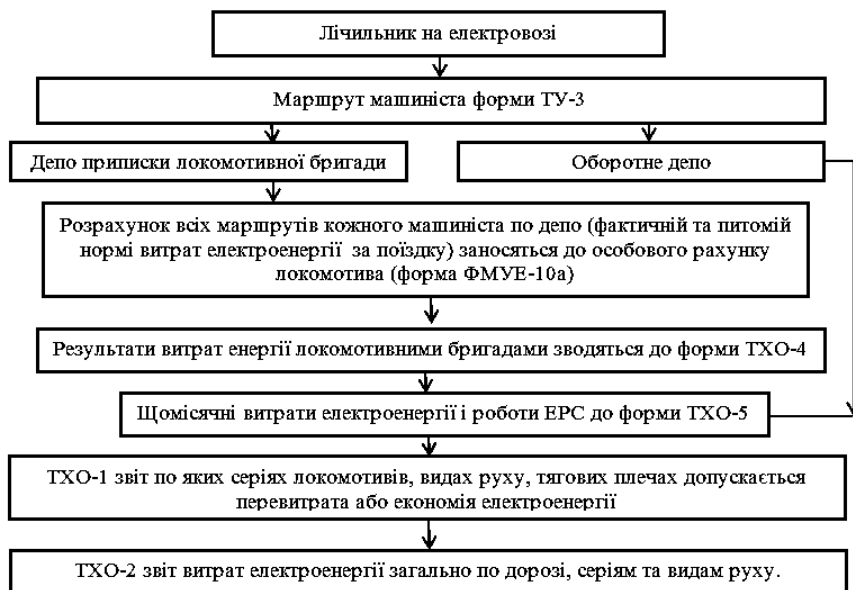


Рис.1. Структура обліку енергії рекуперації

На основі звітів ТХО-1 розробляється звіт ТХО-2 про витрати електроенергії в цілому по дорозі, по серіям та видам руху. В ньому визначається показники витрат на одиницю пробігу, на одиницю роботи тонно-кілометру брутто, на одиницю ваги потягу та процент економії по окремим серіям електровозів і видам руху.

Отже, проаналізована система має такі недоліки:

1. змішування розрахунків що проходять багатоступінчасту структуру переробки інформації і показників лічильника;
2. відсутність розділу на зони балансової приналежності. При роботі ЕРС на довгих тягових плечах, що відносяться до різних залізниць, норми витрати електроенергії для локомотивних бригад розраховуються на поїзну роботу по плечах, незалежно від того, закінчується це плече в межах залізниці або за її межами.

Аналіз ефективності рекуперації енергії в приміському русі поїздів

Кузнецов В.Г., Саблін О.І., Чорна А.О. (ДНУЗТ)

Підвищення ефективності рекуперації електроенергії в системі електричної тяги потребує системного багатофакторного підходу до оптимізації режимів електропостачання та рекуперативного гальмування електрорухомий склад (ЕРС), що на сьогодні повною мірою не забезпечується існуючими підходами.

В даний час в якості показника для оцінки використання режиму повернення електроенергії широко застосовується відношення енергії на i -му рівні дослідження, повернутої ЕРС при рекуперації, до енергії, витраченої на тягу, виражене у відсотках:

$$r_i^e = \sum_{m=1}^k W_{Rm} / \sum_{m=1}^k W_{Am} . \quad (1)$$

Однак наявність випадків недостовірних результатів даних по маршрутним листам (несправний моторний лічильник або його відсутність, випадкове або навмисне перекручування його показань) може призвести до отримання некоректних значень цього показника і до невірних висновків за результатами аналізу. Тому більш раціональним показником ефективності застосування рекуперативного гальмування є питома рекуперація – відношення величин повернення електроенергії до тоннокілометрової роботи:

$$r_i^{QL} = \sum_{m=1}^k W_{Rm} / \sum_{m=1}^k (QL)_m . \quad (2)$$

За даними ф. ТХО-1 було виконано ретроспективний статистичний аналіз енерговитрат і рекуперації за рівнями нормування у спадному порядку: вид руху → серія локомотива → поїздо-ділянка → категорія потягів.

Витрати електроенергії на тягу поїздів по Придніпровській залізниці за 12 місяців 2014 року в розрізі моторвагонних депо отриманих з ф. ТХО-2 представлена в табл.1.

Таблиця 1 – Витрати і електроенергії на тягу поїздів по Придніпровській залізниці

| Локомот. депо | Робота, млн.ткм бр | Норма енергії рекуперації, кВтг/10 тис.ткм. бр | Витрати електроенергії, тис.кВтгод | | Фактичні витрати, тис.кВтгод | | Питомі витрати, кВтгод/10 тис.ткм. бр | Економія (-) перевитрати(+) | | | |
|------------------|--------------------------|---|--|-----------|---------------------------------|-----------|---|-----------------------------|------|----------------|------|
| | | | | | | | | з втратами | | без втрат | |
| | | | з втратами | без втрат | з втратами | без втрат | | тис. кВтгод | % | тис. кВтгод | % |
| РПЧ-1 | 1660,07 | 209,53 | 34783,5 | 29601,14 | 34700,4 | 29400 | 209,03 | -83,58 | -0,3 | -201 | -0,7 |
| РПЧ-2 | 293,85 | 173,78 | 5106,61 | 4343,52 | 4844,24 | 4104 | 164,85 | -262,4 | -5,1 | -239 | -5,5 |
| РПЧ-3 | 644,71 | 207,9 | 13403,5 | 11417,18 | 13218,9 | 11211 | 205,04 | -184,6 | -1,4 | -206 | -1,8 |
| РПЧ-4 | 91,29 | 238,01 | 2172,79 | 1812,11 | 2114,40 | 1792 | 231,61 | -58,39 | -2,7 | -20,1 | -1,1 |
| НРП 2014 | 2689,92 | 205,53 | 55285,4 | 47016,3 | 54877,9 | 46507 | 204,01 | -407,5 | -0,7 | -509 | -1,1 |
| НРП 2013 | 3182,21 | 213,977 | 68092,2 | 58532,8 | 67447,5 | 57447 | 211,95 | - | - | - | - |

За даними депо РПЧ-1 питома рекуперація збільшилась відносно минулого року на 2,38 кВт·год/10тис.ткм.бр. (з 22,84 в 2013 році до 25,22 кВт·год/10тис.ткм.бр.).

По РПЧ-3 питома рекуперація відносно минулого року зменшилась на 0,11 кВт·год/10тис.ткм.бр. (з 1,94 в 2013 році до 1,83 кВт·год/10тис.ткм.бр.).

Причиною зменшення рекуперації по РПЧ-3 є підвищення напруги в контактній мережі (до рівня 3800...3900 В) на ділянці Якимівка-Сиваш, при цьому на електропоїздах не збиралася схема рекуперації. Ця ділянка є однією з основних рекуперуючих ділянок за рахунок значного ухилу. Взагалі по НРП питома рекуперація за 2013 рік збільшилась на 1,7 кВт·год/10тис.ткм.бр.

Аналіз нормативної документації показав, що в Україні не існує єдиного методу нормування рівней рекуперованої енергії, оскільки ця величина залежить від розмірів і графіків руху на ділянках, а також параметрів тягового електропостачання. Введення додаткових формул дає можливість вдосконалити систему обліку електроенергії, знайти шляхи підвищення електричної та економічної ефективності обліку електроенергії та енергозбереження при вдосконаленні системи обліку рекуперативної енергії.

Innovative approach to the research and training activities

Kuznetsov V.G., Dnepropetrovsk National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazaryan, Ukraine

In the report the authors gave an information on carrying out theoretical and experimental activities of Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (the former name Dnepropetrovsk institute of engineers of railway transport (DIIT), participation in the international projects.

Our University was founded on 1930 at the base of the Polytechnic School and the Faculty of Railway Engineers of Kyiv Polytechnic Institute. Located in the largest metallurgical center of Ukraine and at the busiest railway junction, the Institute shortly became a leader in training highly qualified personnel. Since that time the University has trained more than 70 thousand specialists. Our University always fostered innovative, practical solutions to increase competitiveness of rail transport.

Structurally, the University consists of 10 faculties that fully meet the demand in qualified personnel from all the branches of railway transport. The academic staff of the University includes 450 teachers, 75 percent among them hold academic degrees. Teaching is realized by 70 Full Doctors, more than 350 Ph.D., 28 Members of branch academies, 85 Laureates of State and special prizes, and many Honorary scientists and workers in various branches of economy.

The training of professional researchers and lecturers is realized at the Doctorate Courses (8 specialties) and the Post-Graduate Courses (17 specialties). The applicants for the degree defend their Candidate's and Doctor's dissertations in 3 Academic Councils functioning in the University on 7 science specialties.

The very important goal of the University is the integration into the world educational and scientific community. Our University carries out both training and research activities. Currently we have 250 professional researches. Our University has 20 Branch scientific and research laboratories and 6 leading research department - Test Centre, Research and Development Establishment of rolling stock, track and constructions, Institute of innovation management and intellectual property, Project Design and Technological Bureau for design and modernization of rolling stock, track and structures, Specialized Design and Technological Bureau "Microprocessor systems of control and safety", Specialized Design and Technological Bureau of railway transport "Infratransproekt-DIIT" and 22 branch scientific research laboratories. The innovative direction of the disclosure of the scientific potential of our University is the participation in scientific associations. Since 2014 our University is a member of the EURONEX (European rail Research Network of Excellence).

The University actively cooperates with foreign companies operating on the transport market. Under this framework a wide range of scientific investigations on design of transport facilities, equipment and training technologies have been carried out for USA, Russia, Kazakhstan, Poland, Iran, Latvia, Lithuania, Czech Republic, China, Slovakia, South Korea. Every year University make more than 200 scientific and research works.

Participation in international projects is an important task for our University. Now we participate in NATO activities. Currently our Department of Hydraulics & Water Supply participates in NATO Grant in 2013 in the field of the development of the numerical models to simulate air pollution after accidents and terror acts. (SPS.NUKR.SFP 984693), also we have an experience in training project under programme TEMPUS: 1.MISCTIF Master: "Interoperability / Safety / Certification" in Ukraine and Central Asia international railway transport; 2. CITISET. Communication and Information Technology for Improvement Safety and Efficiency of Traffic Flows: EU-RU-UA Master and PhD Programs in Intelligent Transport Systems; 3. MieTGV -Joint European project «Master of infrastructure and exploitation of high-speed railway transport in Russia and Ukraine»; 4. SEREIN -"Modernization of postgraduate studies on security and resilience for human and industry related domains".

Thus, the University possesses all technical and scientific potentialities for solving various applied tasks, which require a comprehensive innovative approach.

The need for the introduction of energy saving measures for diesel generator transport

Kulagin D.O., Zaporizhzhya national technical University

Transport, in particular electric, is a leader in meeting the needs of the manufacturing sector and population in transportation is an important factor in socio-economic development of Ukraine, strengthening its foreign economic relations. The existing governance structure, the state of the production-technical base and technological level of organization of transport by many parameters do not meet the growing needs of society and the international standards of quality of transport services, which hampers the effectiveness of the functioning of many related industries and requires scientifically-based reform. However, the rapid development of the transport industry creates for mankind significant problems, such as pollution of air, soil, depletion of oil fields, the growth of the noise level. Priority areas to ensure a stable and profitable operation of transport, its development and improvement is the transition to resource-efficient technologies, reducing the carrying capacity of passenger and freight transport, the use of alternative designs and energy sources for all modes of transport, in particular the installation of electric transmissions. Objective advantages of vehicles with electric powertrains is significantly fewer harmful emissions, less noise, less maintenance. The use of diesel generators to power vehicles with electric powertrain allows to deviate from the typical problems inherent in electric vehicles: a significant cost of batteries, the technical complexities of setting up and layout, the lack of infrastructure for maintenance and recharging, small misleading mileage, which creates serious obstacles to the development of electric vehicles. Additionally, such an approach to the creation of vehicles allows the use of electric transmission in heavy transport tractors, combine harvesters, haul trucks, military self-propelled machinery, in which the use of batteries as the primary power source is almost impossible. Vehicles with a diesel generator power systems and electric powertrain (diesel trains, diesel locomotives, tractors, combines, self-propelled vehicles, railcars, mobile military equipment), electric vehicles and various types of vehicle with combined power units, hybrid electric vehicles are classified as mobile electrical systems, which are the basis for further development of the transport industry. Means of improving energy efficiency and productivity of mobile electrical systems in difficult situation on the market of energy resources allow for greater independence of the domestic transportation industry from a number of economic and political factors that have a significant impact on the basic indicators of work of many enterprises and the budget of private vehicle owners and provide optimal design and more efficient operation in various sectors of the economy. Energy saving and rational energy use during manufacturing processes across all services in the farms

and transport is the main reserve for the development and stability of many related industries in the near future. The main share of the costs of energy for transportation, electric transmission – about 85 percent – are in traction work. In General, the most significant energy savings can be achieved by organizational and technical measures – about 75 %. The highest efficiency demonstrated by the improvement of the technology of the transportation process, the rational use of movable electrical systems. One promising resource-saving in movable electrical facilities also have recovery of electrical energy, i.e., return it in the power train when using regenerative braking or energy storage on directly on a stand-alone complex. The task of creating an energy-saving control algorithms for systems of traction electric drives requires the use of modern mathematical tools, and deep practical knowledge and experience. The solution of such problems requires the involvement of methods of analysis and synthesis of control systems for nonlinear plants, the development of sound mathematical models, adaptation of methods of optimization of Electromechanical systems to the conditions of use in the transport and application of promising new methods and technologies, which in itself is of great scientific and practical interest.

Оцінка економічної ефективності усунення обмежень швидкості

Курган М. Б., Байдак С. Ю., Гусак М.А. Хмелевська Н. П. (ДНУЗТ)

На напрямках, що готуються для впровадження швидкісного руху поїздів особливо гостро стоїть питання підвищення швидкості за рахунок усунення обмежень швидкості. При визначенні економічного ефекту таких заходів враховується економія енергоресурсів, скорочення часу руху поїздів та витрати на поточне утримання колії й контактної мережі.

У даній роботі розрахунки економічної ефективності від впровадження відповідних заходів визначаються по укрупненим ставкам. На відміну від існуючих методик, що використовують укрупнену оцінку економічної ефективності, в роботі отримані залежності з економії електроенергії, механічної роботи сили тяги локомотива, часу руху поїзда та ін., які враховують розташування бар'єрного місця й крутизну ухилу, тип і масу рухомого складу, рівень швидкості обмеження тощо.

Для різних умов експлуатації і вихідних даних отримані залежності тягово-енергетичних показників у вигляді таблиць, які використовуються для проведення попередньої оцінки економічної ефективності усунення обмеження швидкості, не виконуючи докладні тягові розрахунки. Наведені таблиці враховують різний рівень обмеження швидкості, довжину ділянок, середню крутизну ухилу, тип локомотивів і масу рухомого складу. При інших вихідних даних економія електроенергії визначається інтерполюванням.

Послідовність виконання розрахунків наступна: для ділянки залізниці встановлюються вантажонапруженість, швидкість руху до і після усунення бар'єрного місця та тривалість дії обмеження. Вибираються тип локомотива і маса рухомого складу. Визначається економія електроенергії (кВт-год) за рахунок усунення бар'єрного місця, окремо для парного й непарного напрямків та скорочення часу знаходження поїздів кожної категорії при знятті обмеження швидкості – (хв.). Задаються середньодобові розміру руху, окремо для вантажних, пасажирських, приміських поїздів. Відповідно до розташування ділянки обмеження швидкості приймаються укрупнені витратні ставки, а також питомі витрати на 1 км при виконанні ремонтних робіт для конкретної залізниці. Визначається загальний ефект від усунення обмеження швидкості руху, який складається із економії витрат на паливно-енергетичні ресурси, економії витрат від скорочення часу знаходження поїздів на дільницях, та скорочення витрат на утримання локомотивів та

вагонів. За розробленою методикою складена програма розрахунків з використанням пакету Microsoft Excel, яка дозволяє оцінювати вплив різних факторів на доцільність усунення бар'єрного місця та визначати втрати залізниці при наявності таких ділянок.

Аналіз отриманих даних показав, що основними чинниками, які впливають на економічний ефект від усунення бар'єрного місця, є рівень обмеження швидкості і довжина ділянки.

Так, на напрямку Красноград-Дніпропетровськ існуючі швидкості на рівні 40 км/год обмежуються на станціях Бузівка, Перещепине, Кільчень, Губиниха, Новомосковськ. З урахуванням запланованої в перспективі електрифікації напрямку Куми-Дніпропетровськ і запропонованих заходів швидкість на станціях може бути підвищена до 120 у пасажирському русі і до 80 км/год у вантажному (крім ст. Новомосковськ).

За результатами досліджень зроблені наступні висновки. При наявності обмежень швидкості приблизно з однаковими показниками (рівень швидкості, довжина, ухил поздовжнього профілю тощо) перевагу в плануванні робіт слід віддавати тим бар'єрним місцям, які розташовані на вантажонапружених напрямках. Це пояснюється тим, що ефект від зняття обмеження пропорційний обсягам перевезень.

На напрямках суміщеного вантажного й пасажирського руху перевага при виконанні робіт повинна віддаватись тим ділянкам, де більші розміри вантажних перевезень, так як ефект від зняття обмежень швидкості в середньому вдвічі більший для вантажного поїзда у порівнянні з пасажирським. Ефект при підвищенні швидкості на бар'єрному місці з 15 до 25 км/год збільшується в 2-2,5 рази у порівнянні з підвищенням швидкості з 25 до 40 км/год, та приблизно в 1,5 рази при підвищенні з 40 до 60 км/год.

При наявності ділянок обмеження швидкості різної довжини при інших рівних умовах слід віддавати перевагу тим, які мають більшу довжину ділянок. Так, при знятті обмеження на ділянці довжиною 5000 м у порівнянні з 2000 м збільшується в середньому в 1,5-2,5 рази, причому більше значення відноситься до діапазону швидкостей 15-25 км/год, менше в діапазоні 40-60 км/год.

При наявності ділянок обмеження швидкості, що розташовані на різних ухилах поздовжнього профілю при інших рівних умовах слід віддавати перевагу тим, які розташовані на ухилах 3%, тобто поїзд проходить ділянку в тяговому режимі. Якщо ділянка знаходиться на крутих підйомах, то ефект знижується, так як поїзд може не вийти на максимальну допустиму швидкість, на крутих спусках поїзд рухається в режимі регульовального гальмування і ефект також знижується.

Як показав проведений аналіз, бар'єрні місця викликають необхідність зниження швидкості відносно максимального її рівня, що приводить до втрат часу руху, збільшення витрати електроенергії особливо на існуючих лініях з великою часткою пасажирського й вантажного руху.

Реалізація проектів з електрифікації залізниць

Курган М. Б., Байдак С. Ю. (ДНУЗТ)

Пропускна спроможність одноколійних ділянок залізниць з тепловозною тягою не задовольняє вимогам щодо обсягів перевезень, швидкості руху, екології та економії енергоресурсів. Тому у найближчій перспективі Укрзалізниця планує реалізовувати проекти з електрифікації ділянок залізниць, що ведуть до портів Одеси й Миколаєва, а також до кордонів із Польщею та Білоруссю.

В республіці Білорусь ведуться роботи з електрифікації залізниць з перспективним виходом на територію України за напрямками Гомель-Чернігів і Жлобин-Калинковичі-

Коростень. Зараз допрацьовується документація щодо електрифікації напрямків на Білорусь і Польщу: Бердичів-Коростень-Словечно-Держкордон, Чернігів-Горностаївка-Держкордон, Ковель-Ізов-Держкордон. Таким чином, це буде перший пострадянський досвід електрифікації через нові кордони.

Згідно з проектом, планується перевести на електротягу магістральну ділянку Ковель – Володимир-Волинський – Ізов (Львівська залізниця). Крім того, проект лежить в контексті розвитку маршруту «Вікінг» за рахунок створення додаткового напрямку Польща – Чорне море по електрифікованому коридору.

Для Укрзалізниці електрифікація ділянки Чернігів-Гомель дуже важлива, бо це дозволить завершити електрифікацію Чернігівського вузла й продовжити тягове плече для електровозів від Києва до Гомеля. на напрямку Мінськ - Жлобин - Гомель - Чернігів - Ніжин.

На напрямку з Білорусі на південь і схід України значний рух вантажних поїздів, але рішення щодо електрифікації ділянки Гомель – Бахмач поки що не прийнято.

Також є проект електрифікації ділянки Жлобин - Калинковичи – Коростень і домовленість з литовською залізницею про з'єднання електрифікованої мережі Білорусі з електрифікованою ділянкою Литви в районі Вільнюса.

У 2015 році планується завершити електрифікацію трьох ділянок: Гомель – Жлобин, Жлобин – Калинковичи і Молодечно – Гудогай –Держкордон. Таким чином, буде створено єдиний міжнародний електрифікований коридор з України через Білорусь в країни Балтії.

У теперішній час від Києва до Гомеля (334 км) маршрутна швидкість складає 51,5 км/год. Як впливає з проведених розрахунків, технічне оснащення ділянок залізниці суттєво впливає на експлуатаційні показники. Так, ділянка Київ-Ніжин двоколійна, електрифікована, Ніжин-Чернігів – одноколійна, електрифікована, інші три ділянки – одноколійні, на тепловозній тязі. На напрямку Чернігів-Горностаївка-Терюха-Гомель, середня швидкість руху в 1,2-1,3 рази нижче, ніж на одноколійній електрифікованій ділянці і в 1,6-1,9 рази нижче, ніж на двоколійній.

Представляється доцільним дослідити, на скільки покращуються тягово-енергетичні показники при заміні тепловозної тяги на електричну на ділянках, що характеризуються різними умовами експлуатації, різною крутизною ухилів і обрисом поздовжнього профілю. Методика базується на аналізі потужностей локомотивів і сталої швидкості, що реалізується поїздом на різних ділянках поздовжнього профілю.

Відомо, що переваги електричної тяги найбільше проявляються на крутих затяжних підйомах. Тому розглядались варіанти тепловозної тяги, локомотив 2ТЕ116 і електричної, локомотив 2ЕЛ15. Для порівнянності результатів були прийняті маси вантажного поїзда від 3000 до 4500, керівний ухил змінювався від 8 до 12%. Розрахунки виконувались для різних за обрисом ділянок: профіль у вигляді «горба», «ями» і «підйом-спуск». Найбільший ефект від впровадження електричної тяги досягається в третьому випадку.

Різниця у вартості витрат енергоресурсів на тягу поїздів складає 28-31% на користь електричної тяги (в залежності від співвідношення вартості 1 тонни палива і 1000 кВт-год електроенергії).

Так як середня швидкість руху поїздів на затяжному підйомі при електричній тязі в 1,7-2,0 рази вища ніж при тепловозній, то час руху скорочується, а пропускна спроможність одноколійної ділянки зростає.

Розрахунки пропускної спроможності виконані для перегонів у вигляді «ями», «горба» і «підйому-спуску» підтверджують ефективність впровадження електричної тяги незалежно від обриса профілю, якщо мають місце круті підйоми з ухилами 8-12 % на яких вантажні поїзди рухаються зі сталою швидкістю.

Збільшення швидкості руху на крутих підйомах за рахунок впровадження електричної тяги призводить до скорочення часу руху по перегонах, що має велике значення для підвищення пропускної спроможності, перш за все, одноколіїних ділянок.

Заходи з енергозбереження при реконструкції залізниць

Курган М. Б., Хмелевська Н. П. (ДНУЗТ)

Потреби економіки держави та попит населення вимагають сучасного рівня транспортного забезпечення, впровадження нових технологій перевезень, рухомого складу нового покоління з більш високим рівнем якісних, технічних та економічних показників експлуатації.

На сьогодні пропускна спроможність окремих ділянок та напрямків залізниць не задовольняє вимогам щодо обсягів та швидкості вантажних перевезень, а суміщений рух вантажних і пасажирських поїздів по одних і тих же ділянках стримує впровадження швидкісного руху.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є реалізація Програми електрифікації залізниць України на 2011-2016 рр., що дозволить підвищити економічну ефективність залізничного транспорту, зменшити негативний вплив на навколишнє природне середовище, забезпечити високі соціальні стандарти транспортних послуг.

Програма передбачає електрифікацію 1562 км експлуатаційної довжини залізничних колій на ділянках, що входять у напрямки розмежування руху пасажирських і вантажних поїздів та на ділянках впровадження швидкісного руху. Сума інвестицій складе понад 17 млрд. грн., а річний економічний ефект капітальних вкладень з урахуванням прогнозу росту цін на енергоносії складе 2,1 млрд. грн.

Що стосується рухомого складу, то ситуація надто складна, близько 70% магістральних електровозів вже пододало призначений виробником 30-річний термін їх служби. Активна електрифікація залізничних ліній, що проводиться Укрзалізницею, потребує додаткового збільшення експлуатаційного парку електровозів, особливо змінного струму.

В ході дослідження було розглянуто та проаналізовано тягові характеристики застарілих (тепловоз 2ТЕ116, електровози ВЛ8 та ВЛ80) та перспективних (електровози 2ЕЛ4 та 2ЕЛ5) локомотивів, а також криві повного питомого опору руху при різних ухилах поздовжнього профілю.

Проаналізувавши різні технології енергозбереження, зроблено висновок, що зменшення витрат на тягу поїздів – один із основних шляхів зниження енергоємності залізниці. Витрати на тягу залежать від багатьох факторів серед яких одним з основних можна вважати режим ведення поїзда. Зміна режиму веде до різної механічної роботи сили тяги локомотива та роботи гальмівних сил, яка залежить від технічного стану верхньої будови колії, параметрів поздовжнього профілю, плану лінії тощо. І якщо профіль залізниці практично не змінюється при проведенні модернізації залізничної колії, то параметри плану лінії корегуються з метою підвищення швидкості руху поїздів.

В роботі досліджено, як змінюється енергоємність вантажного поїзда, що рухається на різних за крутизною підйомів ділянках залізниці. Для порівнянності результатів була прийнята в одному варіанті однакова маса вантажного поїзда 3000 тонн, в іншому – маса поїзда визначалась потужними можливостями локомотива.

Результати тягових розрахунків підтвердили, що для перегону, який має обрис зтяжного підйому, витрати електроенергії при зростанні швидкості теж збільшуються. Але при цьому в 1,4-1,5 рази зменшується час руху вантажного поїзда, що має велике

значення для підвищення пропускної спроможності, перш за все, одноколійних ділянок. Крім того, економія досягається за рахунок збільшення маси вантажних поїздів при впровадженні нових, більш потужних типів електровозів, що призводить до скорочення локомотивного парку.

При переведенні залізниць з тепловозною тягою на електричну і впровадженні електровозів нового покоління слід також враховувати, що їхня потужність не використовується в повній мірі із-за обмеження норми маси довжиною приймально-відправних колій, а швидкості руху часто обмежуються станом колійного господарства перегонів і станцій. Отже, на напрямках, де проводиться електрифікація, необхідно виконувати роботи з модернізації колій, перевлаштування плану лінії для усунення обмежень швидкості за параметрами кривих.

Світлодіодне освітлення на залізничному транспорті: за і проти

Лагута І.І., головний інженер Департаменту електрифікації та електропостачання
Укрзалізниці; Дробаха В.І., начальник виробничого управління Департаменту
локомотивного господарства Укрзалізниці, к.т.н.

Залізничний транспорт функціонує цілодобово. Всі технологічні операції проводяться незалежно від часу доби. Тому важливе місце з точки зору забезпечення нормальних умов праці в нічний час та забезпечення безпеки руху займає якість освітлення виробничих приміщень та територій.

Технічні засоби зовнішнього електричного освітлення станцій, територій підприємств та структурних підрозділів залізничного транспорту проектувалися та вводилися в експлуатацію разом із спорудженням відповідних майнових комплексів, тому на даний час вони є дещо застарілими та енергоємними у порівнянні із новими технічними рішеннями електроосвітлювальної техніки.

Щорічно залізницями України споживається значна кількість електричної енергії на потреби зовнішнього освітлення. Так, в 2000 році споживання електроенергії залізницями на потреби зовнішнього освітлення склало 3,5 % (220 млн.кВт.год) від загального споживання електроенергії, в 2014 році – 2,1 % (116,3 млн.кВт.год). Економія електроенергії при цьому становить 103,7 млн.кВт.год, що при діючих цінах складає більше 150 млн.грн. Ці показники досягнуто господарством електропостачання в основному за рахунок впровадження більш економічних світильників та ламп. За цей період на зовнішнє освітлення впроваджено близько 30 тис.шт. економічних ламп та світильників на що витрачено більше 20 млн.грн.

Для зовнішнього освітлення станцій, парків, вантажних дворів, застосовуються прожектори, світильники різних типів з різними лампами – натрієвими, металогалогеновими, ртутними потужністю від 125 Вт до 5 кВт і більше, які розташовуються на окремих конструкціях та опорах, а також на високих вежах (прожекторних щоглах, жорстких поперечинах), що дозволяє здійснювати освітлення великих площ.

Останні декілька років для зовнішнього освітлення почали застосовувати світлодіодні світильники, які значно економічніші від інших типів, але максимальна їх потужність до 2014 року в основному не перевищувала 140-200Вт, що не давало змоги здійснювати рівноцінну заміну потужних прожекторів. Сьогодні на ринку України почали з'являтися світлодіодні прожектори одиночною потужністю 200-1000 Вт з питомою світловіддачею джерела світла до 140 Лм/вт. Дані світильники значно дорожчі від звичайних, термін їх окупності в порівнянні з світильниками, в яких застосовуються

натрієві, металогалогенові та ртутні лампи, становить від 2 до 15 та більше років (Дивитися додатки 1 і 2). Причому, як показують техніко-економічні розрахунки, при заміні світильників невеликої потужності, термін окупності великий. В умовах обмеженого фінансуванні, коли є великий дефіцит коштів на модернізацію та підтримання у належному стані діючих технічних засобів інфраструктури та рухомого складу, важко довести необхідність впровадження таких проектів. Але при заміні потужних світильників, більше 1000 Вт, і особливо з металогеновими лампами та іншими неефективними джерелами світла, окупність проектів складає 2-4 роки, що є важливим аргументом.

На жаль, крім енергетичної ефективності світильників ми повинні розглядати ще і аспекти надійності, експлуатаційної придатності та безпеки застосування світильників.

Основні вимоги до світильників на сьогодні викладені у наступних нормативних документах:

- ГОСТ 17677-82 «СВЕТИЛЬНИКИ. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ»;
- ДСТУ ІЕС 60598-1:2002 (2014) « СВЕТИЛЬНИКИ. Частина 1. Загальні вимоги і випробовування (ІЕС 60598-1:1999, IDT);
- ДСТУ ІЕС 60598-2-3:2009 (2014) « СВЕТИЛЬНИКИ. Частина 1. Додаткові вимоги. Світильники для освітлення вулиць і доріг (ІЕС 60598-1:2009, IDT);
- Технічними умовами на конкретні типи та групи світильників.

Крім цього, 15 жовтня 2012 року була прийнята постанова Кабінету Міністрів України №992 «Про затвердження вимог до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення». Даним документом встановлені параметри світлодіодних пристроїв щодо мінімально допустимих значень їх світловіддачі (світлової ефективності), індексу кольоропередачі, корельованої колірної температури, коефіцієнту потужності, коефіцієнту корисної дії допоміжних електронних пристроїв.

Зокрема, згідно з цією постановою, з 1 липня 2014 року для вуличного освітлення повинні застосовуватися світлодіодні світильники з світловою ефективністю не нижче 85 лм/Вт, для рефлекторних, у залежності від колірної температури, - 70 лм/Вт при колірній температурі 2700-3500-5000 К, 80 лм/Вт при 4000-5000 К та 90 лм/Вт при 5700-6500К. При цьому тривалість часу горіння повинна бути не менше 25000 годи.

Мінімальні значення коефіцієнтів потужності для блоків живлення світильників зовнішнього освітлення повинні складати не нижче 0,9. Коефіцієнт корисної дії світильників зовнішнього освітлення повинен бути не нижче 75%. Падіння світлового потоку в процесі експлуатації не повинен перевищувати 30% за період роботи 25000 годин. Крім того, індекси кольоропередачі повинні бути не нижче 60.

Необхідно відмітити, що на даний час в основному всі українські виробники ці вимоги витримують у частині світлодіодних джерел світла (світло діодів та модулів), але є проблеми із терміном служби блоків живлення і, на жаль, ніхто реально не оцінив зниження падіння світлового потоку в процесі експлуатації.

Крім того, необхідно мати на увазі, що світлова ефективність, згідно з ПКМУ повинна оцінюватися не по джерелу світла, а в цілому світлотехнічного пристрою, тобто світильника по величині світлового потоку після світлофільтру, та величині електричної потужності не лампи, а світильника на вході.

Підтвердження відповідності технічних та світлотехнічних характеристик світлодіодних світильників на відповідність зазначеним нормативним документам повинно підтверджуватися повним комплексом випробовувань, відповідно до нормативів що закладені в ГОСТах та ТУ.

На жаль, 90% виробників світильників в Україні, навіть при наявності виданих сертифікатів, не можуть надати такі підтвердження. В результаті ми отримуємо не ту

продукцію, яка задекларована у буклетах та комерційних пропозиціях виробників та постачальників. Для прикладу можна сказати, із 1065 світильників, які поставлені на Укрзалізницю, за перший місяць експлуатації вийшли з ладу 13,6%, по трьох виробниках вийшли з ладу 65-100% світильників, що свідчить про низьку якість даної продукції на ринку України.

Світильники не є продукцією виключно залізничного призначення, тому ми не можемо застосовувати по відношенню до них галузеві нормативи, тобто вимагати від виробників розробку та погодження з Укрзалізницею технічних умов, здійснення приймальних випробувань МБК під головуванням керівників Укрзалізниці та інших процедур. Закупівля світильників здійснюється відповідно до вимог документації тендерних торгів.

З метою недопущення постачання неякісної продукції Департамент електрифікації та електропостачання надає дозвіл на застосування у господарствах залізниць світлодіодних світильників тільки після підтвердження виробником відповідності продукції вимогам чинних стандартів, а при відсутності досвіду експлуатації – через процедуру проведення дослідної експлуатації в умовах залізниць України. Перед встановлення в дослідну експлуатацію фахівці Департаменту здійснюють аналіз Технічних умов на виготовлення світильників, протоколів випробувань, експлуатаційної документації та інших документів, які надає виробник та розраховують їх енергоефективність для заміни конкретних типів світильників, що знаходяться у експлуатації.

На що звертається основна увага?

При оцінці технічних та світлотехнічних параметрів: споживана потужність, коефіцієнт потужності, коефіцієнт корисної дії, питома світловіддача світлодіодів; робочий діапазон напруги та температур, клас електробезпеки, відповідність класу світлорозподілу, термін експлуатації, гарантійний термін та інші наявні параметри.

Корпус світильника оцінюється на міцність, у тому числі і системи кріплення, на функціональність та ефективність відведення тепла від світлодіодних модулів та блоку живлення, ступінь захисту IP, оцінюється скло (матеріал, довговічність, прозорість, безпека і т.д.), масу та естетику.

Блок живлення оцінюється за наступними параметрами: діапазон робочого рівня напруги, діапазон робочих температур, діапазон робочих струмів, функціональність у частині захисту від заниження та завищення напруги та перегріву;

Світлодіодні модулі оцінюються з точки зору монтажу та тепловідведення, питомої світлової віддачі, наявності оптичної системи забезпечення світлорозподілу та інше.

Безумовно, при всіх позитивних якостях основне рішення по застосуванню приймається за результатами розрахунку енергоефективності (техніко-економічне обґрунтування) при заміні конкретного світильника чи групи світильників.

Висновок:

Оцінюючи наявний ринок світлотехнічної продукції в Україні, технічний стан електроосвітлювальних приладів на полігоні залізниць України та їх ефективність, тенденцію зростання вартості електроенергії однозначно можна сказати, що впровадження світлодіодних світильників для зовнішнього та внутрішнього освітлення, як офісних так і виробничих приміщень є нагальною потребою. Але підходити до цього питання необхідно через оцінку якості світильників та їх енергоефективності для застосування в конкретних умовах.

Исследование диапазона регулирования напряжения на выходе активного выпрямителя напряжения

Лобач И.О. (НТУ «ХПИ»)

Выпрямители широко используются в разнообразных применениях силовой электроники. Наиболее распространены выпрямители, коммутируемые сетью, на базе полупроводниковых диодов (неуправляемые выпрямители) и тиристоров (управляемые выпрямители). Методы расчета компонентов их силовых схем, характеристики и их эффективность достаточно подробно описаны в разнообразной литературе.

Однако в большинстве современных применений требуются выпрямители с постоянным выходным напряжением, малым искажением входного тока, высоким коэффициентом мощности и надежностью. Диодные и тиристорные выпрямители не соответствуют большинству из этих требований. В таких случаях все чаще применяются выпрямители с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), такие как активные выпрямители напряжения и активные выпрямители тока.

Активные выпрямители напряжения (АВН) в последние десятилетия находят широкое применение в системах электроснабжения, преобразователях частоты, электроприводах для городского и железнодорожного транспорта. Это обусловлено малоэлементностью силовой схемы и хорошей электромагнитной совместимостью с питающей сетью.

Принципиально АВН может работать в трех режимах, существенно отличающихся между собой. Первый и второй режимы аналогичны работе неуправляемого выпрямителя с емкостным фильтром с прерывистым и непрерывным током нагрузки. При работе АВН в третьем (основном) режиме ключи переключаются с частотой ШИМ, которая на несколько порядков превышает частоту напряжения сети. При этом напряжение на выходе поддерживается на уровне, превышающем амплитуду линейного напряжения сети.

Для основного режима АВН опубликовано много публикаций, в которых рассмотрены принципы работы и электромагнитные процессы, выведены алгоритмы расчета индуктивности реактора в фазе АВН, получены аналитические выражения для расчета входных фильтрующих конденсаторов.

Работа АВН зависит не только от выбранных элементов силовой схемы, но и от установленного напряжения на выходе преобразователя, а коэффициенты несинусоидальности токов и напряжений в точке подключения выпрямителя к промышленной сети зависят от отношения мощности короткого замыкания сети к полезной мощности преобразователя (S_{SC}/P_{load}).

При исследовании работы АВН с помощью пакета моделирования MatLab/Simulink при различных значениях отношения S_{SC}/P_{load} (от 4 до 100) были сделаны выводы, что при значениях S_{SC}/P_{load} от 4 до 10 оптимальным диапазоном задания коэффициента k_0 (отношение напряжения на выходе АВН к амплитуде фазного напряжения на входе преобразователя) с точки зрения электромагнитной совместимости являются значения на уровне 1,116...1,3. Для более мощных сетей возможно обеспечить регулирование напряжения на выходе АВН в диапазоне $k_0=1,116...2,2$. Такое регулирование обеспечивает значение коэффициентов несинусоидальности токов и напряжений в точке подключения АВН к сети на уровне, предписанных европейским стандартом EN 61800-3 (2005-2007). Также на основании компьютерного моделирования более высокий КПД преобразователя достигается при значениях $k_0=1,116...1,7$. При более высоких выходных напряжениях КПД уменьшается на несколько десятых процента. Уменьшение КПД при значениях k_0 более 1,7 становится незначительным при значениях отношения S_{SC}/P_{load} более 20.

Оптимізація ходової швидкості руху вантажних поїздів на залізничному напрямку в умовах енергооптимального графіку руху поїздів

Логвінова Н.О. (ДНУЗТ)

Основним документом, який регламентує роботу залізниці - графік руху поїздів, основою якого є перегінний час руху поїздів різних категорій (вантажних, пасажирських, місцевих). Перегінний час ходу значною мірою впливає на технічну та дільничну швидкість вантажних поїздів, обіг та потрібний парк вагонів та локомотивів. Час руху поїздів по перегонам встановлюється за тяговими розрахунками в залежності від маси поїзда та тягових характеристик локомотивів, які сліднують в голові поїздів.

Дослідження проблем збільшення швидкостей руху поїздів мало місце в роботах великої кількості вчених. Практично всі їх можливо поділити на дві групи:

- до першої групи віднести дослідження направлені на економіко-математичні моделі, які мінімізують витрати залізниць на перевезення, пов'язані з прискоренням просування вантажопотоків;
- до другої групи віднести дослідження з оптимізації маси та швидкості вантажних поїздів з точки зору використання максимальної пропускної спроможності залізничних напрямків.

Проблема оптимізації маси та швидкості руху поїздів досліджувалися закордонними вченими. В цих роботах поставлена проблема вирішувалась лише для пасажирського руху. Загальним недоліком цих робіт є недостатній облік фактора паливно-енергетичних ресурсів.

Метою дослідження є розробка методики визначення раціональних швидкостей руху пасажирських та вантажних поїздів на залізничному напрямку Знам'янка – Одеса. Основною задачею дослідження є оцінка впливу ходових швидкостей руху вантажних поїздів на параметри функціонування інфраструктури електрифікованого змінним струмом залізничного напрямку Знам'янка – Одеса.

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 ОРЕ, а також створення такої технології.

При характеристиці задачі вибору оптимальних режимів ведення поїздів необхідно враховувати такі параметри, як координати колії і часу; управління (номер позиції контролера); швидкість центру маси поїзда; маси локомотива і поїзда; коефіцієнт інерції мас, які обертаються; прискорення сили тяжіння; сила тяги локомотива; опір поступального руху поїзда; діюча на поїзд гальмівна сила; температура перегріву тягових електродвигунів; теплові характеристики і струм тягового електродвигуна, сумарна сила натискання гальмівних колодок; напруга контактної мережі; сукупність випадкових факторів задачі. Крім того, необхідно враховувати наступні характеристики – активний струм електровозу, еквівалентний опір тягової мережі, тарифи на оплату електроенергії.

Проведеними дослідженнями встановлено, що кількість обгонів вантажних поїздів пасажирськими залежить від ходової швидкості останніх і на залізничному напрямку Знам'янка – Одеса при пропуску 38 пар вантажних поїздів має лінійний характер і складає близько 2 обгонів. Витрати електроенергії, які приходяться на 1 тону маси поїзда на тягу поїздів і власні потреби електровоза залежать від маси поїзда та кількості задіяних локомотивів та зменшуються від 3,89 кВт/год при масі поїзда 4 000 т до 3,40 кВт/год при масі поїзда 8 500 т.

Одним із важливіших факторів, які визначають оптимальну ходову швидкість руху вантажних поїздів є розміри пасажирського руху та різниця швидкості пасажирських і вантажних поїздів. Дослідженнями встановлено, що при збільшенні ходової швидкості вантажних поїздів (при незмінній швидкості пасажирських) тем менші додаткові витрати електроенергії, тому, на залізничних напрямках з великими розмірами пасажирського руху, оптимальна ходова швидкість вантажних поїздів при обліку даного чинника, буде незначно більше чим та, яка отримана при зупинках вантажного поїзда.

К вопросу пересчёта теплофизических характеристик пористых и гладкостенных прямооточных генераторов пара, используемых в теплотехнических узлах подвижного состава железных дорог с граничных условий второго рода для граничных условий первого рода

Лукиша А.П., Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины

Важное значение в современных условиях имеет внедрение энергоэффективных технологий в узлы и агрегаты тягового и подвижного состава железных дорог. Одним из способов решения данной проблемы является применение в составе указанных узлов пористых высоко теплопроводных теплообменников и парогенераторов. В качестве пористого материала в данном случае могут использоваться металлопорошок, металловолок, сетчатые пористые материалы или высокопористые ячеистые материалы (ВПЯМ), изготовленные из меди или другого высокотеплопроводного материала.

Местом применения пористых парогенераторов могут быть, например, испарители и конденсаторы тепловых насосов и холодильников, которые возможно использовать для обогрева и охлаждения пассажирских вагонов и вагонов-рефрижераторов. Возможным местом использования пористых высокотеплопроводных теплообменников могут являться двигатели внутреннего сгорания тепловозов и различного рода вагонные теплообменники. Неоспоримым преимуществом пористых теплообменников и парогенераторов является высоких коэффициент внутренней теплоотдачи, что позволяет сократить габариты этих устройств. Однако наряду с преимуществом пористых теплообменных систем существует и их явный недостаток – высокое гидравлическое сопротивление. Поэтому важным является поиск областей режимно-конструктивных параметров таких систем, в которых выигрыш в теплопередаче перекрывал бы проигрыш в гидродинамических характеристиках.

Анализ эффективности пористых теплообменников показал, что добиться положительного тепло гидравлического эффекта от их использования можно при граничных условиях первого или третьего рода. Однако известные расчётные соотношения по теплообмену при кипении в сравниваемых гладкостенных каналах были получены для граничных условий второго рода. В представленном докладе рассматривается методика расчёта теплообменных характеристик пористых и гладкостенных каналов в зоне испарения с перерасчётом данных с граничных условий второго рода для граничных условий первого рода. В методике учтены гидродинамические

параметры испаряющегося потока и изменение и теплофизических свойств рабочей среды в процессе испарения.

Представленная методика расчёта позволяет проводить вычисление теплогидравлической эффективности пористых парогенераторов и выявлять области режимно-конструктивных параметров, в которых возможен энергетический или габаритный (геометрический) эффект.

Дослідження можливості застосування напруги 6кВ в тяговій мережі на ділянці Кривий Ріг Головний – Тімково для збільшення швидкості руху

Ляшук В.М., Половяник О.І. (ДНУЗТ)

Останнім часом у всьому світі інтенсивно розвивається швидкісний та високошвидкісний залізничний рух. Створюються цілі мережі спеціалізованих швидкісних магістралей як у межах країни, так і міжнародні швидкісні лінії.

Особливо актуальним стає питання модернізації діючих ділянок тягової мережі з напругою 3кВ для підвищення потужності у зв'язку з переходом на швидкісний рух і дотримування норм напруги в контактній мережі для повноцінного руху поїздів.

Доскональне вимірювання рівня напруги в тяговій мережі на ділянці «Кривий Ріг Головний – Тімково», шляхом отримання зовнішніх характеристик, підтвердило необхідність застосування системи живлення 6/3 кВ для зменшення втрат електроенергії та нормалізації рівня напруги на даній ділянці.

Виконання цього завдання з реконструкції та модернізації існуючих ліній дозволить підвищити швидкість руху пасажирських поїздів до 200 км / год., так як на даний час коефіцієнт використання пропускної спроможності залізниць України дуже незначний. Отже, на лініях з поєднаним пасажирським і вантажним рухом вже можуть курсувати пасажирські поїзди з максимальною швидкістю до 200 км / год.

Проходження важкими складами ділянок залізниці з великими струмами призводить до зниження напруги в контактній мережі у струмоприймачів та обмеження потужності, що розвивається локомотивами. Для забезпечення пропускної здатності при русі великовантажних потягів і забезпечення швидкісного руху потрібне збільшення потужності тягової мережі за допомогою будівництва додаткових підстанцій між існуючими тяговими підстанціями. Відсутність достатньо потужної мережі змінного струму поблизу ділянки залізниці не дозволяє спорудження додаткової підстанції, тому живлення контактної мережі постійного струму на обраній ділянці між існуючими тяговими підстанціями доцільно виконувати через перетворювач з підвищеною вхідною напругою, яка подається по ізольованому від контактної мережі посилюючому проводу.

В якості перетворювача використовують наш час автономний інвертор на тиристорах звичайного типу з трансформатором, працюючим на підвищеній частоті 800 Гц, і вихідним випрямлячем. Але застосування сучасних IGBT транзисторів дозволяє істотно підвищити надійність перетворювача і спростити його схему. Перетворювач постійного струму підвищеної вхідної напруги 6кВ в постійний струм напругою контактної мережі 3,3кВ являє собою багатофазних перетворювач постійного струму, виконаний за схемою з широтно-імпульсним регулюванням напруги на накопичувальних дроселях, що дозволяє забезпечити більш високу якість електропостачання контактної мережі.

Таким чином ми зможемо досягти повноцінного функціонування рухомого складу на даній ділянці. Метод використання перетворювачів являється ефективним і з економічної сторони вигідним.

Наукові основи вибору раціональних режимів ведення поїздів

Мартишевський М.І., ДНУЗТ

Процес транспортного обслуговування як пасажирів так і вантажовідправників за ступенем важливості можливо охарактеризувати в такій послідовності: безпека руху, економічна ефективність, екологічний вплив на навколишнє середовище і т.і. З зазначеного видно, що питання економічної ефективності серед інших займає одне з перших місць. Для транспортного обслуговування, в основі якого лежить дизельна тепловозна тяга, актуальність питання ще вища, бо прямо пов'язана з економічною безпекою держави.

Подальший розвиток методики нормування витрат дизельного палива сьогодні абсолютно актуальний, бо в кінцевому результаті має привести до практичного зниження витрат дизельного палива на тягу поїздів. Фактично експлуатаційні витрати при тепловозній тязі в частині витрат дизельного палива стоять на першому місці.

Враховуючи важливість питання «паливної собівартості» транспортної роботи для його раціонального вирішення необхідно підключати як потенціал науковців цього профілю, так і досвід роботи практиків-тяговиків.

Кількість чинників, що впливають на «паливну собівартість» дуже багато. До них, згідно з умовною класифікацією, можливо віднести: постійно і об'єктивно діючі; такі, що мають сезонний характер впливу; чинники, пов'язані з технічним станом тягового рухомого складу (ТРС); суб'єктивні чинники, що залежать від майстерності ведення поїздів локомотивними бригадами.

Основна задача, що ставиться автором звучить приблизно так: «Вибір оптимальної швидкості руху поїзда в залежності від маси поїзда та профілю шляху через мінімізацію витрати палива силовою установкою». Така постановка задачі в разі успішного її вирішення може скласти основу оперативного вибору найбільш економічного тягового режиму експлуатації силової установки тепловоза.

Як видно з формулювання, автором усвідомлено і максимально звужений діапазон факторів впливу. Це не випадково, бо вибір такого вузького діапазону впливаючих факторів дозволить без шкоди для достовірності спростити математичну модель, що відтворює процес тягової роботи тепловоза.

Звичайно, в реальній практиці ведення поїзда до зазначених факторів впливу буде додано ще декілька, але основа (умовна рекомендує константа) для конкретного локомотива, конкретної ділянки з конкретним профілем залишиться без змін.

Не складно буде вносити об'єктивні корективи режимних карт ведення поїзда, наприклад, в разі суттєвого погіршення технічного стану ТРС чи сезонного впливу на нього.

Сама математична модель може бути реалізована на основі прийнятої класичної методики проведення тягових розрахунків, в якій поїзд представлено в вигляді матеріальної точки з масою, що рівна масі досліджуваного поїзда. Ускладнення прийнятої методики не є доцільним, бо, за нашою пропозицією, реалізація математичної моделі виконується для конкретного фіксованого профілю шляху, що закладено в самій постановці задачі. При достатньо протяжному елементі профілю заміна матеріальної точки з фіксованою масою на жорстку чи пружну (за умови відсутності розсіювання енергії) нитку такої ж маси лише зашкодить виконанню самих досліджень в частині, наприклад, математичного планування масиву розрахункових чи практичних досліджень в подальшому.

Результати експериментальних роботи з підтвердження адекватності такої спрощеної математичної моделі в подальшому дозволили б рекомендувати чи вимагати

від локомотивних бригад строгого дотримання удосконалених маршрутних карт, бо сам алгоритм прийняття оперативного рішення для машиніста був би максимально простим і доступним для нього з точки зору реального часу.

Заміна маневрових локомотивів маневровими тягачами

Мартишевський М.І., ДНУЗТ

В даний час переважна більшість підприємств різних галузей промисловості і АПК, а також залізничних станцій на малодіяльних ділянках залізниць мають річний об'єм перевезень, що не перевищує 0,5 млн т, обмежений вагонопотік – 25-30 вагонів за добу і парк маневрових локомотивів в 2-3 одиниці. У цих умовах доволі часто застосовуються традиційні енерговитратні транспортні технології з використанням маневрових тепловозів потужністю 800-900 кВт, що приводить до підвищених експлуатаційних транспортних витрат, значну частину яких (до 70%) складають витрати на дизельне паливо. Причиною таких витрат є у край неефективне використання потужності тепловозів (до 20-25%), а також бюджету робочого часу (до 20%).

Одним з напрямів зниження транспортних витрат при обмежених кількісних показниках станційної маневрової роботи є заміна потужних маневрових локомотивів на більш економічні для такого роду роботи тягові засоби, а саме – маневрові тягачі (локомотивні). Важливим чинником, що підтверджує життєвість такого організаційно-технічного заходу, є заощадження часу при виконанні маневрових робіт через більш мобільні характеристики пропонованого тягового рухомого складу.

Сьогодні вже існують моделі маневрових тягачів українського та російського виробництва, технічні характеристики яких майже не поступаються техніці аналогічного призначення виробництва Німеччини і Італії. З метою усунення обмежень в територіальному застосуванні локомотивів залежно від умов експлуатації, прогресивні розробники передбачають можливість зміни як конструкції самого маневрового тягача, так і навісного допоміжного устаткування. При оснащенні локомотива системою дистанційного керування маневрові роботи можуть виконуватися однією людиною зі стабільним заощадженням часу на обслуговування рухомого складу та ефективнішим виконанням маневрової роботи.

Надзвичайно важливе значення маневрові тягачі мають при організації рятувальних робіт на залізницях, коли повернення на рейки рухомого складу, що зійшов з них, – ідеальне завдання для локомотива, оснащеного, наприклад, гідравлічними підймальними пристроями і всім необхідним рятувальним устаткуванням. Сам рятувальний локомотив з рятувальною бригадою до місця аварії може дістатися в найкоротший термін як по залізничній колії так і по автомобільній дорозі. Локомотив як пересувна технічна база може виконувати шліфувальні і зварювальні роботи на рейках, діагностику та необхідні ремонтні роботи верхньої будови колії. Сезонне обладнання маневрових тягачів снігоприбиральним устаткуванням дозволить забезпечити при необхідності очищення території станції, автомобільних проїздів і рейок від снігу. Дослідженнями встановлено, що при річних вантажопотоках до 500 тис т впровадження маневрових тягачів дозволить у 1,5-2 рази знизити експлуатаційні витрати на переробку вагонів, а очікуваний річний економічний ефект складе до 250 тис грн. Основна частина економічного ефекту досягається за рахунок економії енергоресурсів і залежить при цьому від потужності замінюваного тепловоза, а також від експлуатаційних умов обслуговування об'єктів (керівний ухил колії, операцій по завантаженню-вивантаженню і т. і.)

Таким чином, основні переваги локомотивів перед маневровими тепловозами можуть бути досягнуті за рахунок: скорочення витрат на експлуатацію (в порівнянні з маневровим локомотивом); можливості використання локомотивів як повноцінних вантажних автомобілів; незалежності при вирішенні завдань буксирування і маневрування від стану і завантаження залізничних колій; можливості використання локомотивів в якості діагностичних чи ремонтних баз верхньої будови колії, а також як лінійного рейкового транспортного засобу.

Ризик-аналіз технічного стану обладнання тягових підстанцій

Матусевич О.О., Міронов Д. В. (ДНУЗТ)

Експлуатація складних технічних систем, у тому числі обладнання тягових підстанцій (ТП) електрифікованих залізниць, пов'язана з довгостроковим плануванням його застосування та прийняттям рішень про можливість експлуатації без проведення ремонтно-відновлювальних робіт протягом заданого терміну служби. Для вирішення цього завдання розробляються і використовуються методики призначення залишкового ресурсу технічних систем, які дозволяють з тією чи іншою точністю прогнозувати момент настання їх граничного стану, тривала експлуатація яких без належного діагностування та якісного технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р), може привести до виходу їх з ладу та значних матеріальних збитків. Актуальним стає питання розробки і впровадження сучасних методів і способів підвищення ефективності існуючої системи ТО і Р, одним з яких є формування на підприємствах електрифікованих залізниць України системи внутрішнього контролю та управління ризиками експлуатації обладнання тягових мереж.

Система управління ризиками повинна ґрунтуватися на наступних принципах:

- цілеспрямоване постійне усвідомлення і відстеження ризиків;
- оцінка ймовірності та наслідків виникнення тієї чи іншої несприятливої ситуації;
- формування і постійне оновлення інструментарію управління ризиками;
- встановлення лімітів ризику (максимально точне визначення межі шкоди);
- розробка рекомендацій щодо формування стратегії і ефективному розподілу ресурсів з урахуванням ступеня ризику;
- повнота і своєчасність відображення величин ризиків у системах управлінської інформації (інформаційних системах).

Управління ризиками (ризик-менеджмент) - це логічний і систематичний процес, який можна застосовувати для вибору шляху подальшого вдосконалення експлуатації обладнання, підвищення ефективності функціонування системи ТО і Р та який передбачає ретельний аналіз технічного стану пристрів СТЕ для прийняття рішень. Головним принципом побудови системи ризик-менеджменту діяльності дистанції електропостачання електрифікованих залізниць є комплексний облік ризику при прийнятті рішень з планування діяльності, оцінка результатів діяльності підрозділів дистанції електропостачання та конкретних керівників. Виявлення ризиків є пріоритетним етапом, фундаментом побудови системи управління ризиками. На ньому ґрунтуються всі інші процедури ризик - менеджменту, так як, зрештою, якісна діагностика визначає успішність управління ризиками та рівень ефективного корпоративного управління в цілому.

Враховуючи розглянутий підхід управління ризиками розроблено модель аналізу та оцінки якості експлуатації обладнання ТП з використанням основних принципів теорії ризиків. Функціональну схему розробленої математичної моделі ризик-аналізу представлено на рис. 1.

Вхідні дані *Моделі* про умови функціонування обладнання $X(t)$ надходять у вигляді вектора динамічних показників умов експлуатації з інформаційних систем аналізу та обліку виконання графіку руху ЕРС. Діагностична оцінка параметрів технічного стану j видів обладнання ТП $D_j(t)$ надходить в *Моделі* у вигляді результатів діагностичних обстежень обладнання автоматизованою інтелектуально-діагностичною системою ТП.

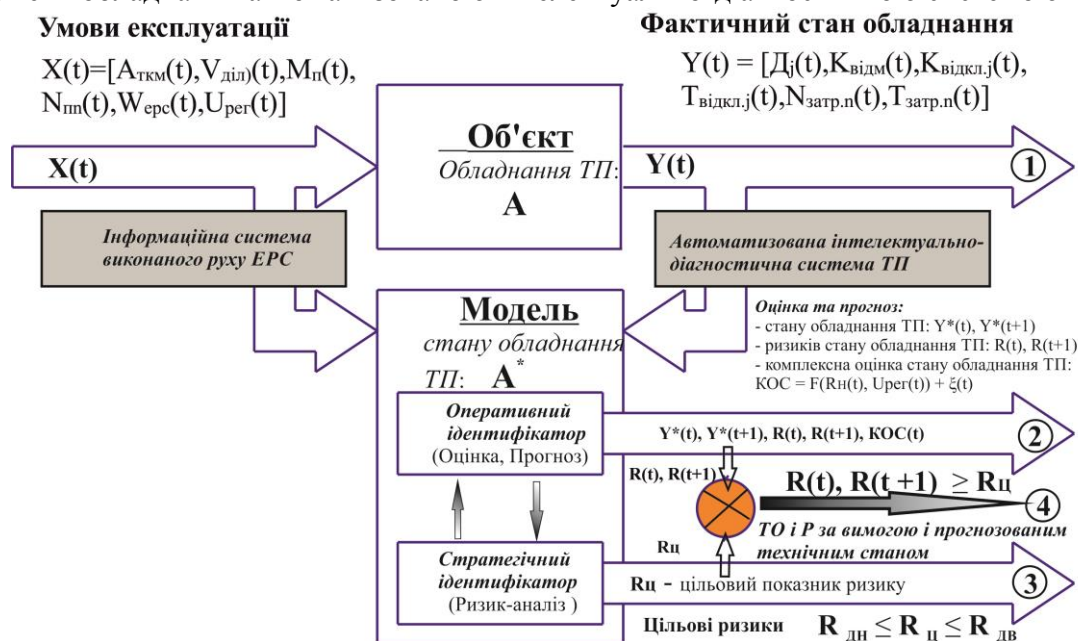


Рис. 1. Модель ризик-аналізу та прогнозування технічного стану обладнання ТП

Перший вихід схеми об'єкта ризик-моделювання (рис. 1) характеризує фактичний стан якості експлуатації обладнання ТП $Y(t)$:

$$Y(t) = [D_j(t), K_{\text{з.відм}}(t), K_{\text{відм},i}(t), T_{\text{відм},i}(t), N_{\text{затр},n}(t), T_{\text{затр},n}(t)]$$

У модель дані про фактичний технічний стан устаткування $Y(t)$ надходять з інформаційних систем. **Другий вихід** моделі характеризується вектором оцінок показників $Y^*(t)$. Оцінки $Y^*(t)$ відмінні від $Y(t)$ статистичною формою подання показників технічного стану обладнання ТП на базі наступних обчислень: математичного очікування показників (M), модального значення (mod), стандартного відхилення (σ), ранжирування значень показників (АВС-аналіз) і ступеня взаємодії показників. Показник $Y^*(t+1)$ - вектор прогнозних значень $Y^*(t)$ на один період спостережень вперед, який визначається методом лінійного прогнозу. Також на даному виході моделі формуються оцінки обчислюваних ризиків стану обладнання ТП $R(t)$ та прогноз ризиків $R(t+1)$. Так само, на другому виході моделі формується показник *комплексна оцінка стану* обладнання ТП $\text{KOC}(t) = F(R_{\text{н}}(t), U_{\text{пер}}(t)) + \xi_{\text{н}}$. На **третьому виході** моделі формуються обчислювані нормативно допустимі верхні $R_{\text{дв}}$ і нижні $R_{\text{дн}}$ межі діапазонів ризиків в рамках обраної довірчої ймовірності. На **четвертому виході** моделі аналізується виконання цільових показників ризику $R_{\text{ц}}$ в зіставленні з поточним фактичним станом ризику $R(t)$ з подальшим вибором оптимальної стратегії ТО і Р.

Розроблена модель ризик-аналізу технічного стану обладнання тягових підстанцій дозволяє оцінювати рівень якості його обслуговування, а також приймати оптимальні рішення про стратегії ТО і Р при порівнянні поточних і цільових показників ризиків та їх наслідків. Розглянута функціональна стратегія управління ризиками спрямована на

подальше вдосконалення експлуатації обладнання ТП, регламентує підвищення якості і ефективності системи ТО і Р на базі виявлення потенційних областей ризику та їх оцінки, попередження виникнення ризиків на основі їх систематичного прогнозування та оцінки технічного стану пристроїв ТП для прийняття рішень.

Діагностика технічних засобів системи тягового електропостачання залізниць

Матусевич О.О., Тюрін М.В. (ДНУЗТ)

Удосконалення роботи залізничного транспорту залежить від впровадження в практику роботи сучасних методів аналізу, діагностики та обслуговування технологій і технічних засобів системи тягового електропостачання (СТЕ) електрифікованих залізниць. Однак, на цей час, для забезпечення працездатності силового електрообладнання та попередження поступових відмов викликаних зносом і старінням ізоляції, елементів конструкції, руйнуванням обмоток і т.д. на залізницях України в основному передбачена система планово-попереджувальних ремонтів.

Існує два основних підходи до організації та проведення ремонту силового електрообладнання на тягових підстанціях (ТП) залізниць. У першому випадку, на підставі організаційно-розпорядчої документації, інструкцій з технічного обслуговування і правил ремонту, електрообладнання в основному вилучається з експлуатації при неповному використанні ресурсу електрообладнання, заданого та встановленого заздалегідь на підставі багаторічної практики експлуатації, досвіду та рекомендацій розробників обладнання. Для виконання робіт з цієї стратегії необхідно постійно залучати ремонтні бригади, використовувати додаткове устаткування і технічні засоби. Ситуація ускладнюється ще й тим, що специфіка роботи силового електрообладнання на кожній ділянці СТЕ залізниць різна.

У другому випадку - ремонт силового електрообладнання здійснюється «за технічним фактичним станом», що припускає обслуговування (ремонт) тільки в разі відмови, або близьким до її станом пристрою. Технічне обслуговування та ремонт силового електрообладнання з урахуванням його фактичного стану повинен бути засновано на вичерпній і достовірній інформації про стан кожного елемента обладнання, яку можливо одержати тільки за допомогою постійного моніторингу та спеціальних діагностичних систем (комплексів).

Широке використання діагностичних систем на заводах, що виготовляють силове електрообладнання, та на дистанціях СТЕ дозволить швидше і якісніше проводити технічне обслуговування і ремонт пристроїв електропостачання, значно скоротити час і кошти на пошук несправностей, виключити суб'єктивізм при проведенні випробувань при введенні в експлуатацію, накопичувати статистичну інформацію, тощо. Для прийняття рішення про стан і подальше використання пристроїв і конструкцій систем електропостачання пропонується використовувати інформаційно-автоматизовані системи, робота яких заснована на адаптованому математичному апараті, який здійснює кореляційний і регресійний аналіз, розпізнавання відповідних образів та ін. Результати аналізу за отриманими факторам F_i F_j , ..., F_m дозволять оцінити, на якій стадії «життєвого циклу» знаходиться той чи інший елемент конструкції силового електрообладнання ТП, наприклад, стан ізоляції обмоток силових трансформаторів, та як довго він буде працювати в конкретних умовах.

У свою чергу, використання вказаних методів теорії розпізнавання стадії «життєвого циклу» електрообладнання системи тягового електропостачання залізниць вимагають дослідження їх застосування та адаптації до реальних умов експлуатації.

Прийняття рішення про залишковий ресурс технічної системи

Матусевич О.О. (ДНУЗТ)

Експлуатація складних технічних систем, в тому числі тягових підстанцій електрифікованих залізниць, у сучасних умовах часто пов'язана з довгостроковим плануванням їх застосування та прийняттям рішень про можливість експлуатації без проведення ремонтно - відновлювальних робіт протягом заданого терміну служби. Для вирішення цих завдань розробляються і використовуються методики призначення залишкового ресурсу технічних систем, що дозволяють з тією або іншою точністю прогнозувати момент настання їх граничного стану.

У практиці експлуатації складних технічних систем прийнято розрізняти: гарантійний ресурс R_r ; призначений ресурс R_n ; залишковий ресурс R_z .

Новим підходом до управління експлуатацією складних технічних систем є використання методів ризик-аналізу. Поняття ризику в даний час широко використовується в різних сферах технічної діяльності. У загальному випадку під ризиком розуміють вартісне вираження ймовірнісної події, що призводить до збитку:

$$W_{зб} = \sum_{i=1}^n P_i C_i,$$

де n - загальна кількість несприятливих подій, що ведуть до збитку; P_i ймовірність виникнення i -тої несприятливої події за деякий проміжок часу; C - збиток від виникнення i -тої несприятливої події, виражений у відносних або абсолютних одиницях, $i = 1, \dots, n$.

Ключовим питанням при оцінюванні ризику призначення залишкового ресурсу є визначення функції втрат, яка відображає витрати на підтримку аналізованої технічної системи в працездатному стані в залежності від помилки реального і призначеного ресурсу системи. Через складність формалізації, а також випадковий характер настання відмов системи строгий математичний опис даної функції досить приблизний та не має точних аналітичних залежностей. Тому для визначення функції втрат прийнято використовувати експертне оцінювання. Відомо ряд методів отримання експертних оцінок, кожен з яких володіє своїми перевагами і недоліками. Тому в багатьох випадках найбільший ефект дає комплексне застосування декількох видів експертизи.

Найбільш простим, але найменш точним методом отримання функції втрат є використання технічної та експлуатаційної документації на систему, що визначає вартість аналізованої системи та її експлуатації. Очевидний недолік даного методу полягає в тому, що він не дозволяє враховувати випадковість настання граничного стану системи і настання відмов її елементів і підсистем.

Другим і більш точним методом визначення функції втрат є емпіричний метод, що дозволяє побудувати на основі вимірів експлуатаційних витрат необхідну залежність.

Третім методом оцінки функції втрат є метод експертних оцінок, сутність якого полягає у проведенні експертами інтуїтивно-логічного аналізу втрат від списання системи, що не виробила ресурс, та вартості експлуатації системи після настання її граничного стану.

У будь-якому разі, принцип прийнятного ризику передбачає оцінювання показника ризику та обґрунтування заходів щодо його зниження до прийнятного рівня, який є допустимим у певних умовах.

Розглянутий підхід, заснований на ризик - аналізі прийняття рішення про можливість подальшої експлуатації технічної системи, дозволяє підвищити рівень

обґрунтованості прийнятого рішення і може бути використаний в методиках призначення залишкового ресурсу.

Технології ресурсозбереження в системі утримання тягового рухомого складу залізниць України

Михайленко Ю.В. (ДНУЗТ)

Однією з найбільш суттєвих складових витрат в господарствах локомотивному, приміських і швидкісних пасажирських перевезень є експлуатаційні витрати, які за термін служби тягового рухомого складу (ТРС) перевищують вартість його закупівлі за різними оцінками в декілька разів. У зв'язку з цим важливе значення набуває розробка заходів щодо суттєвого зменшення цієї категорії витрат і вирішувати цю проблему потрібно комплексно. Одним з можливих напрямків розв'язання цієї задачі є підвищення вимог до досконалості конструктивних рішень, що реалізуються в нових моделях ТРС закупівлю яких здійснює Укрзалізниця. Показники ощадливого використання палива і електроенергії, а також надійності, які наводяться в технічних умовах на конкретні моделі ТРС повинні відповідати кращим світовим зразкам, бо саме вони визначають обсяги спожитої електроенергії на тягу поїздів і кількість відмов ТРС на лінії наслідком яких є непланові ремонти. Як показує досвід експлуатації електрорухомого складу, закупленого Укрзалізницею за останнє десятиліття, рівень експлуатаційної надійності його залишається досить низьким і в більшості випадків не відповідає тим значенням показників надійності, які зазначені в технічних умовах. Це обумовлює значні витрати на відновлення працездатного стану ТРС після відмови і втрати, спричинені зривом ниток графіка руху поїздів.

Суттєвого зменшення витрат на обслуговування ТРС можна досягти шляхом корегування параметрів системи технічного обслуговування і ремонту за рахунок зменшення кількості видів технічного обслуговування і ремонту в системі, а також збільшенням норм міжремонтних періодів. Вперше такий підхід реалізовано в системі утримання електровоза ДСЗ в якій відсутні технічне обслуговування ТО-3 і ремонти ПР-2 і КР-1, але такі заходи будуть ефективними лише при умові високого рівня експлуатаційної надійності обладнання і збільшення його ресурсу, інакше очікувана економія може бути нівільована незапланованими витратами.

Додаткові можливості економії витрат на утримання ТРС з'являються при впровадженні в процес обслуговування рухомого складу інформаційних технологій за рахунок скорочення часу на визначення технічного стану одиниці рухомого складу, раціонального зменшення обсягів виконуваних робіт і як наслідок загальної трудомісткості технічного обслуговування. Починаючи з 2012 року на залізницях України експлуатуються електропоїзди серії HRCS2 виробництва компанії Hyundai Rotem, які за своїми технічними характеристиками можуть бути віднесені до четвертого покоління ТРС. Компанія-виробник визначила мету служб технічного обслуговування цих електропоїздів в використанні процесів і методів, які забезпечать високу їх надійність і готовність, безпечну комерційну експлуатацію і ефективність витрат. Разом з наборами електропоїздів компанія поставила і впровадила інформаційну систему управління технічним обслуговуванням (ІСУТО), яка використовується для управління процесом, реєстрації інформації і отримання звітності з будь-яких питань, що стосуються забезпечення технічного обслуговування електропоїздів. Технологічний процес обслуговування електропоїзда виконується через ІСУТО з використанням відкритої мережі з архітектурою на базі J2EE. Співробітники групи технічного обслуговування

здійснюють перевірку состава електропоїзда у відповідності з процедурами і реєструють інформацію за допомогою планшетів Ipad. Обслуговування електропоїзда з дев'яти вагонів в обсязі щоденної перевірки виконується двома співробітниками впродовж двох годин. Планова трудомісткість обслуговування складає 3,6 люд-год.

Лабораторний комплекс для дослідження режимів роботи автономного джерела електричної енергії на базі асинхронного генератора

Михайличенко Д. А., Вирвикишка С. В., Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Важливе місце в стратегії розвитку світової електроенергетики посідають автономні системи електропостачання, що знаходять широке застосування у різних сферах народного господарства. У зазначених системах електроживлення досить широкого застосування набули асинхронні генератори, оскільки вони мають низку переваг. Разом з тим, для живлення споживачів в аварійних режимах можна, в якості генератора, також застосовувати асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором, що працюють у генераторному режимі. Таким чином автономні системи електропостачання набувають все більшої актуальності щодо їх впровадження.

Більшість резервних джерел електричної енергії експлуатується в режимах з різко змінним навантаженням і як наслідок, напруга на шинах асинхронного генераторного комплексу без прийняття спеціальних заходів може зменшитися до значень, коли стійка робота ввімкнених споживачів стає неможливою. Тому актуальною задачею є дослідження живленням електротехнічних систем від автономних джерел енергії на базі асинхронних генераторів з короткозамкненим ротором у різних режимах роботи, для досягнення цієї мети є необхідною розробка лабораторного обладнання, яке дозволить проводити відповідні дослідження.

Запропонований лабораторний стенд призначений для проведення досліджень процесів генерації електричної енергії автономними джерелами електричної енергії на базі асинхронного генератора з короткозамкнутим ротором у різних робочих та імітованих режимах роботи та отримання результатів експериментальних досліджень за допомогою вимірювальної системи.

З метою дослідження більш широкого спектру електричних параметрів, в електротехнічній системі, що живиться від автономного асинхронного генератора з короткозамкненим ротором, є можливість застосування аналізатор мережі, що в свою чергу має можливість адекватно вимірювати електричні параметри за частоти мережі відмінної від 50 Гц, та відображати виміряні параметри мережі в режимі реального часу на табло та передавати на комп'ютер, для подальшого збереження та обробки.

Також для візуального контролю електричних параметрів під час проведення експериментальних досліджень у комплексі присутні аналогові пристрої, що відображають електричні параметри ключових силових ланцюгів.

Розроблений лабораторний стенд дозволяє проводити наступні лабораторні роботи: дослідження енергетичних характеристик та перехідних процесів при роботі автономного джерела електричної енергії на базі асинхронного генератора з короткозамкненим ротором на різне по характеру навантаження; дослідження роботи автономної електротехнічної системи під час перехідних процесів, дослідження динамічних та статичних характеристик автономного джерела електричної енергії на базі асинхронного генератора з короткозамкненим ротором.

Лабораторний стенд для дослідження автономного живлення електротехнічної системи на базі джерел електричної енергії з асинхронними генераторами, підвищує якість навчання, тому що дозволяє наочно демонструвати зовнішні характеристики асинхронного генератора у складі автономного джерела живлення на різне навантаження при реальних та імітованих режимах роботи.

Лабораторний комплекс для дослідження пристроїв автономного електропостачання

Михайличенко Д. А., Демків В. С., Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського

Проблема автономного живлення електроприймачів з метою безперебійності їх роботи була і є актуальною для всіх без винятку підприємств. В останній час в зв'язку з розробкою нових відновлювальних джерел електричної енергії ця проблема, а точніше напрям її вирішення зазнав нових цікавих варіантів. До відновлювальних джерел енергії відносяться джерела на основі постійно існуючих чи періодично виникаючих в навколишньому середовищі потоків енергії.

Характерною особливістю таких джерел є те, що потоки енергії можуть бути використані лише частково та енергія від більшості надходить періодично, що не завжди співпадає з реальними графіками енергоспоживання споживачів. Тим не менше частка відновлювальних джерел енергії в енергетичному балансі країн світу постійно зростає.

В якості елементів систем електроживлення на базі відновлювальних джерел електричної енергії використовуються різні типи сонячних панелей, акумуляторних батарей і т.п. У зв'язку з розвитком та використанням існуючих елементів в системах електроживлення різних приладів для вивчення їх характеристик, взаємодії, режимів роботи, принципів управління і регулювання є необхідною розробка лабораторного обладнання, яке дозволить проводити відповідні дослідження.

Комп'ютеризована система на базі ЕОМ, що застосовується на запропонованому лабораторному стенді – розширює його можливості щодо дослідження перехідних процесів в різних режимах роботи відновлюваних джерел живлення, енергетичних характеристик відновлювальних джерел живлення.

Лабораторний комплекс призначений для проведення досліджень процесів генерації електричної енергії альтернативними джерелами електричної енергії в різних режимах роботи та оцифрування результатів досліджень за допомогою вимірювальної системи, що видає інформацію в електронно-обчислювальну машину. Для контролю електричних параметрів в лабораторному стенді передбачено датчики струму та напруги, які, контролюючи відповідні параметри, передають інформацію до ЕОМ через блок погодження.

Розроблений лабораторний комплекс дозволяє проводити наступні лабораторні роботи:

- дослідження енергетичних характеристик та перехідних процесів при роботі відновлювальних джерел електричної енергії на різне по характеру навантаження;
- дослідження впливу зовнішніх факторів на інтенсивність генерування електричної енергії відновлюваними джерелами живлення;
- дослідження роботи напівпровідникових перетворювачів та силового обладнання, яке входить до складу силової частини стенду;
- дослідження роботи системи під час перехідних процесів, які виникають при комутації;
- дослідження динамічних та статичних характеристик генераторів, що використовуються для генерування електричної енергії у складі відновлюваних джерел енергії.

Розроблений лабораторний комплекс рекомендується для використання при підготовці спеціалістів електроенергетичних спеціальностей та підвищення кваліфікації.

Аналіз функціонування гібридної системи резервного електропостачання з мережевою підтримкою

Мицко Р. С., директор Державного підприємства
«Дніпропетровський орган з сертифікації залізничного транспорту»

В час стрімкого розвитку космічних технологій зріс інтерес до установок, які безпосередньо перетворюють сонячну радіацію в електричну енергію за допомогою напівпровідникових фотоелектричних перетворювачів. Вартість генерованої фотоелектричними установками (ФЕУ) електроенергії на теперішній час в декілька раз вища ніж на електростанціях з тепловим циклом, але не дивлячись на це ФЕУ активно використовуються в розвинених країнах.

Сьогодні більш ніж в 30 країнах світу використовують процес прямого перетворення сонячної енергії в електричну. Сумарна потужність виготовлених за рік фотоелектричних перетворювачів дорівнює приблизно 65 МВт.

Потреба в розвитку сонячної енергетики є особливо актуальною для України у зв'язку з відсутністю достатніх запасів газу та нафти, несприятливими екологічними умовами і, в той же час, наявністю сприятливих кліматичних умов, а також потужних підприємств електронної і радіоелектронної галузей. В Україні річне надходження сонячного випромінювання знаходиться на одному рівні з такими країнами, як Китай, Німеччина та США, які є лідерами за обсягами встановленої потужності фотоелектричних систем (ФЕС). Найперспективнішими регіонами України для розвитку сонячної енергетики є центральна степова частина.

Наведені в роботі розрахунки підтверджують економічну доцільність роботи індивідуальних сонячних електростанцій. Зазначено, що реалізований проект згенерує протягом року 4581,92 кВт*г, забезпечить домогосподарство резервним джерелом живлення під час віялових вимкнень, а також дозволить отримувати прибуток від продажу залишків електроенергії в мережу по «Зеленому тарифу».

Управління якістю технічного обслуговування і ремонту обладнання тягових підстанцій шляхом застосування процесного підходу

Міронов Д. В., Звягінцев С.В., Шевченко О.В. (ДНУЗТ)

На даний момент в Україні, як і в усьому світі, відбувається поступове старіння парку електрообладнання. Щорічне зростання електроспоживання, зниження коефіцієнтів запасу міцності обладнання, а також підвищення вимог до надійності постачання споживачів ставлять нові задачі щодо підвищення експлуатаційної надійності обладнання тягових мереж. Основним завданням як у виробників устаткування, так і у експлуатуючих організацій, як правило, є енергоефективність, безвідмовність, попередження аварій та зниження експлуатаційних витрат, пов'язаних з експлуатованим обладнанням.

Аналіз сучасних методів підвищення ефективності функціонування підприємств показує, що вирішення проблеми вдосконалення управління якістю ТО і ремонту технологічного устаткування повинно здійснюватися на основі застосування досягнень сучасного менеджменту, зокрема менеджменту якості, який передбачає широке

використання принципів процесного підходу і стандартизацію відповідних видів діяльності.

Основною технологічною задачею господарства Е є гарантоване забезпечення електроенергією залізничних та сторонніх споживачів. З позицій процесного підходу і відповідно до вимог стандарту системи управління якістю (ДСТУ ISO 9001-2009) гарантоване забезпечення електроенергією залізничних та сторонніх споживачів можна визначити як головний бізнес-процес господарства. Функціонування головного процесу господарства Е здійснюється під загальним управлінням з боку Служби електрифікації та електропостачання. Служба Е проводить моніторинг та оцінку головного процесу та його підпроцесів; слідує за належним рівнем якості відпущеної електроенергії (основного продукту); отримує інформацію від постачальників та споживачів процесу; проводить аналіз ходу процесу. Для виконання головного бізнес-процесу підприємства господарства Е перетворюють електроенергію на тягових підстанціях, передають електроенергію заданих параметрів через контактну мережу на електрорухомий склад для тяги поїздів, а також передають електроенергію заданих параметрів через райони електропостачання стороннім споживачам (населенню, підприємствам). Можливість реалізації завдань, покладених на господарство Е, визначається відведеним для цього матеріальним і фінансовим ресурсом, розрахованим на певний період. Всі вищеперераховані функції слугують підпроцесами основного бізнес-процесу господарства Е. Ефективне функціонування всієї системи неможливе без процесу технічного супроводу, який включає в себе моніторинг та діагностику технічного стану обладнання ТП, КМ і ЕЧС; технічне обслуговування та ремонт обладнання ТП, КМ, постів секціонування та пунктів паралельного з'єднання, а також обладнання ЕЧС; модернізацію та оновлення обладнання, підготовку виробництва та інші види діяльності.

Застосування процесного підходу покликане забезпечити поліпшення якості електропостачання за рахунок підвищення показників надійності енергоукомплектування, рівня обслуговування споживачів електроенергії, корінних змін виробничих процесів, спрямованих на підвищення ефективності діяльності. В умовах промислової реформи і економічного стимулювання актуальною є задача розробки методу організації та стандартизації процесу ТО і ремонту технологічного обладнання відповідно до принципів процесного підходу з метою підвищення якості робіт, виконуваних ремонтною службою підприємства.

Оцінка якості технічного обслуговування обладнання тягових підстанцій з застосуванням функції бажаності Харінгтона

Міронов Д. В., Лябах О. С. (ДНУЗТ)

Ефективність і надійність функціонування електротехнічного обладнання підстанцій електрифікованих залізниць залежить від його технічного стану. Сучасне енергетичне обладнання представляє собою складні технічні об'єкти, надійність роботи яких повинна забезпечуватися, прогнозуватися і діагностуватися на всіх етапах життєвого циклу. Стосовно електрообладнання принципово важливо визначити які параметри контролювати і які чинники враховувати при оцінці його технічного стану, тобто вирішити питання про глибину діагностування. Загальна оцінка технічного стану пристрою надзвичайно ускладнена із-за необхідності зіставлення показників різної фізичної природи і відсутності між ними кореляційних залежностей. Ця проблема примушує шукати інший підхід до загальної оцінки технічного стану електрообладнання.

З метою адекватної оцінки якості експлуатаційних показників енергетичного обладнання необхідно користуватися узагальненими характеристиками їх роботи, в тому числі і визначеними на основі теорії нечітких множин значеннями функції бажаності. При аналізі технічного стану енергетичного обладнання з урахуванням багатофакторності впливу на його роботу параметрів одним з найбільш зручних для практичного використання методів математичного моделювання є, зокрема, методика теорії нечітких множин, заснована на об'єднанні часткових показників якості в узагальнений - в так звану узагальнену функцію бажаності D (функцію Харінгтона).

Для побудови узагальненої функції бажаності D пропонується перетворити виміряні значення критеріїв у безрозмірну шкалу бажаності d . Під бажаністю d розуміють деякий бажаний рівень діагностичного показника, для якого розроблено спеціальну шкалу. Шкала має наступний вигляд:

- $d = 1,00$ - максимально можливий рівень якості;
- $1,00 - 0,80$ - відмінний рівень якості (дуже високий рівень якості, якого не завжди вдається досягнути);
- $0,80 - 0,63$ - гарний рівень якості (звичайно вищий за той рівень, якого реально можна досягти);
- $0,63 - 0,37$ - задовільний рівень якості;
- $0,37 - 0,20$ - поганий рівень якості;
- $0,20 - 0$ - недопустимий рівень якості.

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

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

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

При цьому, якщо узагальнена функція бажаності $D \leq 0,37$, то покращення технічного стану об'єкту діагностування вимагає великих матеріальних затрат і є сенс розглядати питання про його заміну; при $0,37 \leq D \leq 0,63$ покращення «слабших» експлуатаційних показників обладнання збільшить значення функції бажаності і суттєво продовжить термін його експлуатації; при $D \geq 0,63$ технічний стан обладнання близький до відмінного, подальше поліпшення показників експлуатації потребує чималих затрат і не суттєво вплине на загальний технічний стан, і тому необхідно шукати якісно нові шляхи підвищення ефективності системи технічного обслуговування і ремонту.

Аналіз узагальненої функції бажаності D дає змогу будувати оптимальну стратегію технічного обслуговування і ремонту, базуючись на фактичному технічному стані електроустаткування. Можливість багаторівневого застосування функції бажаності Харінгтона та гнучкість запропонованого інструменту дозволяє забезпечити виконання розрахунків комплексної оцінки якості шляхом порівняння різних за характеристиками параметрів, що підтверджує простоту застосування та реальну практичну корисність.

Особенности комплектации на объектах промышленного и железнодорожного назначения систем теплообеспечения использующих энергию солнечного излучения

Накашидзе Л.В.¹, Габринец В.А.², Трофименко А.В.¹, Ляшенко О.И.¹

¹ Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,

² Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

Снижение количества потребления невозобновляемых энергоносителей при обеспечении эффективного функционирования систем энергообеспечения на объектах промышленного назначения и сооружений, необходимых в железнодорожном ведомстве является важной и насущной задачей. Особенностью систем энергообеспечения, используемых на данных объектах, является необходимость производства тепловой энергии непосредственно на объекте. Инновационные системы энергообеспечения могут проектироваться с целью частичного или полного замещения использования традиционных энергоносителей, таких как газ, уголь и т.п. на воспринимаемую и преобразованную энергию возобновляемых источников. По доле замещения различают малое (до 10 %), среднее (10 - 60 %), высокое (более 60 %) и полное (100 %) замещения.

Для существенного уменьшения энергозатрат на объектах промышленного и железнодорожного назначения целесообразно применять системы энергообеспечения, в которых инновационными элементами являются энергоактивные ограждения. При этом энергоактивные ограждения должны дополнительно обеспечивать тепловую защиту сооружения. Особенностью энергоактивных ограждений является возможность воспринимать, преобразовывать и перераспределять энергию альтернативных источников – энергию солнечного излучения, тепло грунта и воздуха, в том числе и вентиляционных сбросов.

Использование энергоактивных ограждений в инновационных системах энергообеспечения позволяет:

- увеличить термическое сопротивление ограждающих конструкций сооружений предназначенных для проведения технологических операций, административно-бытового назначения и т.п.;

- эффективно воспринимать и преобразовывать энергию солнечного излучения, низкопотенциальную энергию окружающей среды, тепла вентиляционного воздуха;

- обеспечивать необходимый для проведения технологических операций микроклимат помещений.

Использование энергоактивных ограждений обеспечивает положительный энергетический баланс между поступлением энергии и ее потерями.

В отличие от существующих традиционных пассивных ограждений, основным назначением которых является защита помещений от нежелательного воздействия климатических и техногенных факторов окружающей среды, предложенные энергоактивные ограждения являются одновременно элементом инновационной системы, которая в полной мере использует энергию альтернативных источников. То есть энергоактивные ограждения дополнительно выполняют функции, присущие системам отопления, горячего водоснабжения, электроснабжения - обеспечивают преобразование, генерирование, а также перераспределение энергии и осуществляют климатизации технических вспомогательных и административных сооружений.

Характеристики электрогенератора ветроустановки с вертикальной осью вращения

Панченко В.И, Цыпленков Д.В., Леонова М.О., Кириченко В.В.
Национальный горный университет

На настоящий день доля производства электроэнергии автономными источниками в мире превышает 10 %. Кроме этого повышенный интерес к малой энергетике объясняется рядом дополнительных проблем, возникающих при эксплуатации крупных электростанций.

Ветроустановки с вертикальной осью вращения привлекательны простотой конструкции, отсутствием необходимости ориентировки на ветер, сравнительной дешевизной оборудования. Но присущие недостатки мешают их широкому распространению. Недостатки эти таковы: большая осевая нагрузка на подшипники, поддерживающие ротор ветроколеса; тихоходность, требующая применение многополюсных генераторов или использование мультипликаторов; проблемы с выбором места размещения электрогенератора относительно ветроколеса и др. Одним из наиболее распространенных типов роторов, применяемых в ветроустановках малой мощности с вертикальной осью – ротор Эванса или Н-ротор. Крутящий момент такого ротора создается подъемной силой двух вертикально расположенных лопастей с аэродинамическим профилем.

Анализ надежности ветроэнергетических установок показывает, что большая часть повреждений вызывается выходом из строя генератора и мультипликатора (механизма, повышающего обороты рабочего колеса от 10-120 об/мин до необходимых 750-1000 об/мин генератора). Эти же элементы составляют определенную часть стоимости всей установки. Применение низкоскоростных генераторов для ВЭУ является актуальным. С точки зрения обеспечения хороших массогабаритных показателей, наиболее эффективной электрической машиной, работающей с низкой частотой вращения, является низкоскоростной торцевой генератор. Лучшими характеристиками из многообразия торцевых машин обладают торцевые синхронные генераторы с возбуждением от постоянных магнитов. Это связано с простотой конструкции, меньшим расходом меди, малыми габаритами, отсутствием скользящих контактов, с возможностью выполнять генератор низких скоростей вращения, что обуславливает его низкую стоимость и высокую надежность. Применение низкоскоростных генераторов упрощает конструкцию мультипликатора, а в ряде случаев позволяет обходиться без него.

В работе рассматривается конструкция торцевого генератора ветроустановки, в которой устранены некоторые из известных недостатков.

В результате исследований установлено, что:

1. Рассмотрена конструкция ветроустановки с вертикальной осью вращения, в которой дисковой электрогенератор с постоянными магнитами на роторе размещен на верхних элементах крепления ветроколеса, что позволит уменьшить осевую нагрузку на подшипники и обойтись без мультипликатора.

2. Обоснован выбор соотношения числа зубцов статора и количества магнитов ротора, а также выбор рациональных параметров обмотки статора генератора.

3. Получена формула для расчета статического момента «залипания» ротора генератора и проведен анализ условий, выполнение которых обеспечит значительное снижение статического и динамического моментов «залипания».

Показано, что на величину моментов "залипания" решающее влияние оказывает выбор соотношения числа зубцов статора и количества постоянных магнитов ротора.

Дослідження коефіцієнтів зйому в умовах прискореного та швидкісного руху пасажирських поїздів

Папахов О.Ю. (ДНУЗТ)

Практично на всіх залізничних напрямках обертаються поїзда різних категорій: пасажирські з різними швидкостями руху, приміські, прискорені вантажні і вантажні. Різність швидкостей руху пасажирських та вантажних поїздів впливають на пропускну спроможність залізничних напрямків, що приводить до непаралельного графіка руху поїздів та зменшенню пропускну спроможності.

Пропускна спроможність залізничних напрямків розраховується в парах вантажних поїздів, а зв'язок між розмірами руху пасажирських та вантажних поїздів здійснюється через приведення розмірів руху пасажирських поїздів до вантажних з використанням коефіцієнтів зйому. Коефіцієнт зйому залежить від різниці швидкостей руху пасажирських (звичайних, прискорених, швидкісних) та вантажних поїздів і показує зменшення можливої кількості поїздів у вантажному русі у зв'язку з пропуском пасажирських поїздів.

В такій ситуації постає проблема визначення розрахункових параметрів коефіцієнту зйому вантажних поїздів при прискореному та швидкісному руху пасажирських поїздів. Тому є актуальною тематика даної роботи, що присвячена визначенню чисельних характеристик коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими при прискореному та швидкісному русі.

Дослідження коефіцієнту зйому ниток графіку пасажирськими поїздами на ділянках обладнаних автоблокуванням наведено [6] та залежить від довжини блок-ділянок, часу ходу по блок-ділянці пасажирських та вантажних поїздів, станційних інтервалів по прибуттю та відправленню.

Аналіз даних визначень дозволяє зробити висновок про те, що в розглянутих роботах відсутній комплексний підхід у визначенні чисельних характеристик коефіцієнтів зйому при прискореному та швидкісному русі пасажирських поїздів.

Метою дослідження є оцінка впливу коефіцієнту зйому вантажних поїздів пасажирськими при прискореному та швидкісному русі.

Методики розрахунку коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими при звичайних швидкостях руху (до 120 км/год) відомі, але при застосуванні прискореного (120-160 км/год) та швидкісного (160-200 км/год) руху не можуть використовуватися із-за вимог безпеки руху пасажирських поїздів при слідуванні по станційним коліям.

В умовах прискореного (від 120 до 160 км/год) та швидкісного (від 160 до 200 км/год) руху пасажирських поїздів дана методика розрахунку коефіцієнтів зйому підлягає уточненню. Вживання раніше наведених формул недопустимо, оскільки вони не враховують умов безпечного пропуску прискорених та швидкісних поїздів по станціях під час обгону вантажних поїздів.

По-перше, це проведення перевірочних розрахунків існуючих довжин блок-ділянок АБ за затвердженою методикою визначення їхньої довжини у відповідності до гальмових шляхів всіх категорій поїздів, що на максимально дозвільній швидкості будуть рухатися по швидкісній залізничній лінії. Відповідність довжин блок-ділянок вимогам безпечної зони зближення поїздів у відповідності до довжини гальмового шляху найбільш швидкісних поїздів із збереженням значності сигналізації АБ (три-, чотиризначна). У даному випадку необхідне перерахування (фактично збільшення) довжини блок-ділянок у відповідності до швидкості пасажирських поїздів до 200 км/год, вантажних - до 120 км/год. Але збільшення довжини блок-ділянок суттєво зменшить (принаймні, на 35 - 40 %) пропускну спроможність перегонів і є економічно складною технічною задачею.

По-друге, при використанні існуючого пасажирського та вантажного рухомого складу із його рухом по швидкісним залізничним лініям за встановленими, у відповідності до існуючих нормативних документів, швидкостями дозволити швидкісний рух (до 200 км/год) лише тому спеціалізованому пасажирському рухомому складу, гальмовий шлях якого забезпечує безпечну зону зближення між сусідніми, які прямують в одному напрямку, поїздами за існуючими довжинами блок-ділянок (до 2,6 км).

Дослідження коефіцієнту зйому ниток графіку пасажирськими поїздами на ділянках обладнаних автоблокуванням залежить від довжини блок-ділянок, часу ходу по блок-ділянці пасажирських та вантажних поїздів, станційних інтервалів по прибуттю та відправленню.

Інтервал по прибуттю поїздів на станцію при швидкісному русі пасажирських поїздів встановлюється в залежності від швидкості проходження пасажирським поїздом міжстанційних перегонів складає:

для швидкості руху до 120 км/год – 6 хв.;

для швидкості руху від 120 до 160 км/год – 20 хв.;

для швидкості руху від 160 до 200 км/год – 30 хв.

Проведені дослідження параметрів коефіцієнту зйому вантажних поїздів довели, що при не пакетному проложені пасажирських поїздів його чисельна характеристика залежить від співвідношення швидкості руху вантажного і пасажирського поїзда та станційних інтервалів при обгонах.

Таким чином, можна зробити висновок про доцільність застосування отриманих коефіцієнтів зйому при розрахунках пропускної спроможності залізничних напрямків при прискореному та швидкісному руху пасажирських поїздів.

Як показали виконані дослідження, подальші дослідження у даному напрямку мають бути націлені на створення номограм, в яких буде дискретна швидкість не тільки пасажирських а і вантажних поїздів.

Дослідження впливу електрорухомого складу на процес короткого замикання у тяговій мережі

Півник О.А. (ДНУЗТ)

Дослідження впливу електромагнітних процесів у тягових електродвигунах електрорухомого складу на процес короткого замикання у тяговій мережі потрібні для визначення допустимих значень їх струмів та вибору якомога кращих засобів захисту від перевантажень. На процес короткого замикання в тяговій мережі впливає наявність на міжпідстанційній зоні електрорухомого складу.

При короткому замиканні в тяговій мережі змінного струму напруга на струмоприймачі локомотива та струм тягового двигуна суттєво змінюються. В момент часу, коли в тяговій мережі відбулось к.з. напруга на пантографі різко знижується так само як і середнє значення випрямленої напруги на клеммах двигуна. При цьому виникає безструмова пауза, яка дорівнює 0,1 с і більше, в залежності від місця короткого замикання і розміщення локомотиву.

Аналіз показує, що запирання силового кола електровоза відбувається в тому випадку, коли напруга на струмоприймачі скачком зменшується більш ніж у 2 рази, а це відбувається якщо локомотив знаходиться на відстані не більше 10-12 км від місця глухого к.з. При наявності дуги у місці пошкодження ця відстань зменшується. Шляхом розрахунків встановлено, що значення струму електровоза при різкому зниженні напруги та фазовий кут струму електровоза. Якщо останній при цьому зростає на 50-55 градусів

після 10 с з моменту к.з., незалежно від ступеня зниження напруги, час спрацювання захисту буде в межах 0,1-0,15 с і наявність на лінії поїздів та їх вплив на процес короткого замикання можна не враховувати.

Моделювання системи електропостачання залізниць на основі інформації зонування та агрегування

Полях О.М. (ДНУЗТ)

Розвиток систем електропостачання великих міст і регіонів є частиною розвитку територій у цілому, в яку вписується залізничний транспорт. Система електропостачання якого представляє єдину електричну мережу, що складається з зовнішньої системи і системи Укрзалізниці. Одним із напрямів стратегічної програми розвитку Укрзалізниці є забезпечення якісних перевізних процесів при системному підвищенні рівня безпеки руху, які залежать від: технічного стану інфраструктури, рівня експлуатації, оновлення, модернізації, розвитку, вдосконаленні структури і методів управління системою електропостачання. В Україні припадає на електрифікований залізничний транспорт 91,1% обсягів залізничних перевезень. Збільшення, з кожним роком обсягів перевезених вантажів, викликають зростання споживання електроенергії. Конкурентоспроможність залізниць досягнуто за рахунок розвитку електрорухомого складу, планомірної електрифікації залізниць, інфраструктури та енергозбереження.

Аналіз існуючих проблем. Електрифіковані ділянки залізничних мереж мають значні відмінності по конструкції контактної мережі і силових схем тягових підстанцій, терміну служби, видах струму. Початок масової електрифікації в Україні припадає на середину 60х років минулого сторіччя. Електрифікація залізниць проводилась переважно на головних напрямках руху поїздів. Тому стає особливо актуальним питання енергозбереження при модернізації та капітального ремонту контактної мережі, враховуючи те, що на цих ділянках з перспективним підвищенням швидкостей руху.

Головним управлінням введено в дію «Програму модернізації пристроїв електропостачання на 2012-2016 роки», затверджену наказом від 15.03.2012 № 081-Ц. Яка передбачає реконструкцію, оновлення та модернізацію пристроїв електропостачання, оптимізувати потужності систем тягового електропостачання відповідно до вантажонапруженості ділянки, вагових норм вантажних поїздів і встановлених швидкостей руху, змінити технологічний процес обслуговування і ремонту, підвищити ресурс основних елементів контактної мережі і знизити пошкоджуваність пристроїв електропостачання, збільшити міжремонтні терміни пристроїв електропостачання та зниженням експлуатаційних витрат, знизити технологічні втрати в пристроях. Але господарству електропостачання виділяються значно менші кошти від запланованих.

Можна зауважити, що у ринкових умовах управління процесами планування розвитку енергетики та території здійснюється децентралізовано. В зв'язку з цим істотно зростає роль інформованості всіх учасників просторової структури транспортно-енергетичного комплексу, територіальних ресурсів, можливості використання альтернативних видів і джерел енергії та її споживання і доставки, прогнозах і планах розвитку енергетичних потужностей і споживачів. Енергозабезпечення території та моделювання ситуацій для оцінки варіантів розвитку систем споживання і енергопостачання з урахуванням альтернативного використання інших видів ресурсів на конкретних ділянках території залишаються не вирішеними. Наочного уявлення цієї ситуації на території можливо використовуючи засоби моделювання. Вирішення такої проблеми можливе застосовуючи методи зонування і агрегування просторової інформації. Для створення моделі вихідними даними є існуючі залізничні колії (електрифіковані і не

електрифіковані), данні джерел живлення та споживачів електроенергії, схеми інженерних мереж та інші картографічні матеріали по території.

Висновок. Такий варіант вирішення проблеми дає можливість аналізувати створення нових і реконструкції старих залізничних колій з урахуванням розвитку окремих територіальних регіонів, можливості створення окремих колій швидкісного руху, розвиток видів зв'язку між зонами регіонів.

Перспективы применения жидкой термоизоляции на подвижном составе железных дорог

Пулария А.Л, Андреев А.А. (ДНУЖТ)

Вопрос энергосбережения и уменьшения затрат на теплоснабжение на сегодняшний день стоит очень остро не только для жилых объектов, коммуникаций, промышленных объектов, но и для подвижного состава железных дорог в котором перевозятся грузы, требующие длительного хранения при заданных температурах, а также обеспечения комфортных условий проезда пассажиров в любое время года.

Инновационным и перспективным решением этой задачи может стать применение в качестве термоизоляции жидких керамических покрытий. Жидко-керамическая изоляция — это керамические или силиконовые шарики, имеющие внутри вакуум, которые являются взвешенным компонентом в жидком синтетическом каучуке, акриловых полимерах и неорганических пигментах. По виду это светло-серая суспензия, образующая после высыхания эластичное сверхтонкое покрытие. Комбинирование таких компонентов позволило создать уникальный материал, обладающий одновременно гибкостью, лёгкостью, эластичностью и превосходной адгезией к поверхности любой формы и почти любому химическому составу.

Принцип действия жидкой керамической теплоизоляции основан на создании повышенного термического сопротивления. Блокируя одновременно три вида теплопередачи (радиацию, кондукцию и конвекцию), рассеивает и отражает из-за малой излучательной способности до 82% инфракрасного излучения.

В качестве связующих составов для этого вида теплоизоляции применяют акриловые смеси с применением пигментов и искусственно синтезированного каучука. Жидкие керамические теплоизоляционные материалы - инновация и прорыв в производстве изоляторов для тепла. Эти материалы обладают хорошей степенью сцепления с обрабатываемыми плоскостями и устойчивы к деформациям. В такой керамической теплоизоляции эффект сбережения тепла достигается благодаря наличию вакуума в микросферах и полостях этого материала.

Механические и химические характеристики керамической теплоизоляции препятствуют возникновению ржавчины на обработанных поверхностях, а также предотвращают образование плесени.

В сравнении с традиционными материалами (пенопласт, полиуретан, минеральная вата), данный тип теплоизоляции обладает целым рядом преимуществ. Для работы с ней не приходится освобождать рабочие площади и приобретать дополнительные материалы. Легкость в применении позволяет любому человеку без специальной подготовки провести теплоизоляцию самостоятельно. Обладая высокими адгезивными свойствами, жидкая керамическая теплоизоляция обеспечивает:

- теплоизоляцию поверхностей;
- защиту конструкций от коррозии;
- влагостойкость и стойкость к механическим воздействиям.

Рассматриваемая керамическая теплоизоляция обладает хорошими теплозащитными свойствами при малом занимаемом объеме, ведь ее слой в 1 мм способен заменить слой минеральной ваты в 5 см, что немаловажно ввиду ограниченности пространства в подвижном составе, а также является экологичным и пожаробезопасным материалом.

Заявленный срок службы теплоизоляции, при соблюдении всех правил эксплуатации в температурном диапазоне $-50^{\circ}\text{C} \dots +250^{\circ}\text{C}$ составляет до 15 лет.

Наша лаборатория «Вагоны» приступила к комплексному исследованию по применению данного вида теплоизоляции на подвижном составе железных дорог. Целью этих исследований является определение: целесообразности применения данного материала, реальной долговечности покрытия и эффективности работы на подвижном составе.

Підвищення ефективності ремонту теплоізоляції кузова пасажирського вагона

Пуларія А.Л., Грічаний М.А., Дєдаєва Т.І. (ДНУЗТ)

Необхідність зниження експлуатаційних витрат в умовах конкуренції на ринку транспортних послуг диктує створення нової системи технічного обслуговування і ремонту пасажирських вагонів, виходячи з їх фактичного технічного стану, з відмовою від планово - попереджувальної системи ремонту.

Одним з таких факторів є визначення дефектів теплоізоляції кузова в експлуатації, які виникають від впливу різноманітних факторів та мають непередбачуваний характер, розмір і місце розташування. На сьогодні, методика виявлення дефектів теплоізоляції кузова під час проведення планових ремонтів пасажирського вагона являє собою дуже складний та трудомісткий технологічний процес, при якому проводиться демонтаж внутрішнього обладнання та розкриття елементів обшиви вагона.

Керуючись новими тенденціями у сфері системи технічного обслуговування і ремонту пасажирських вагонів, обсяг та вид ремонту необхідно призначати виходячи з фактичного технічного стану вагона, а для цього необхідно розробити та впровадити методики оперативного проведення технічного діагностування вагонів. Тобто, під час експлуатації або технічного обслуговування вагона, кваліфіковані фахівці за допомогою сучасного обладнання на протязі однієї - двох годин, проводять технічне діагностування вагона та надають відповідні рекомендації к обсягу робіт по виявленим пошкодженням.

На сьогодні, фахівцями Галузевої науково-дослідної лабораторії вагонів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна виконуються теоретичні дослідження та напрацювання практичних методів визначення розміру та місць розташування дефектів або пошкоджень теплоізоляції кузова за допомогою тепловізора, під час експлуатації або проведення технічного обслуговування вагона.

Проведення таких досліджень, дозволить провести розробку відповідних методик оперативного обстеження пасажирських вагонів в експлуатації, що надасть економічний ефект, пов'язаний з ресурсозбереженням палива, електроенергії та запасних частин, зменшення обсягу професійної праці при усуненні пошкоджень теплоізоляції кузова, виявлених дефектів на початковій стадії їх розвитку.

Крім того, досвід проведення теоретичних та практичних досліджень у цьому напрямку дозволить закласти основу для проведення робіт з оцінки теплотехнічного стану інших видів транспорту, систем тепло та енергопостачання, житлово-комунального господарства та ін.

Поиск рациональных решений энергоэффективных кровельных систем

Радкевич А. В., Худенко В. Ф., Глущенко В. М., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

На сегодняшний день, в связи с постоянным ростом цен на природные ресурсы, весь мир уделяет большое внимание энергетической эффективности зданий и сооружений, не забывая при этом об их надежности и экологической безопасности для окружающей среды. Рассматривая здание в целом, нужно отметить, что с точки зрения энергоэффективности, через поверхность кровельных систем происходят наиболее значимые теплопотери, которые могут достигать 40%. При отсутствии в цепи энергосбережения хотя бы одного элемента, например оптимальной теплоизоляции ограждающих конструкций, не будет обеспечиваться никакого энергосбережения и окупаемости затрат.

Для предотвращения этого, на этапе проектирования кровельной системы необходимо учесть изменения показателей в процессе строительства, реконструкции или ремонта, а также эксплуатации этой системы, обеспечивая ее организационно-технологическую надежность. Самым ответственным моментом в этом процессе является определение организационно-технологической надежности кровельной системы и постановка задачи для исключения колоссальных трат на решение неправильно поставленной задачи. ОТН кровельных систем не может быть обеспечена только надежным гидроизоляционным слоем и требует определения влияния каждого из слоев, а также влияния различных элементов (примыкания, ендовы, воронки и т. д.) с их организационно-технологическими решениями на работу кровельных систем в целом.

Выделим все воздействия, которым подвергается кровельная система в процессе строительства, ремонта или реконструкции и эксплуатации, представим их в виде системы простейших воздействий. Необходимо максимально точно воспроизвести работу кровельной системы, чтобы модель и полученные результаты были достоверны.

Важной задачей является необходимость выявления всех возможных последствий, которые вызываются воздействиями, учитывая вероятность их возникновения, повторяемости и совпадения. Таким образом, мы можем установить требования, которым должны удовлетворять различные кровельные системы в целом и их конструктивные элементы в частности, и которые существенно будут влиять на надежность этих систем.

Определяя требования к кровельным системам, нужно выделить параметры кровельной системы, к которым относятся: влагостойкость; термическое сопротивление; сопротивление паропрооницанию; огнестойкость; экологическая чистота; стойкость к ультрафиолетовому облучению; стойкость к биологическому разложению; химическая стойкость; звукопоглощение; количество строительной влаги в процессе выполнения кровельных работ; количество конденсата в процессе эксплуатации; простота и удобство в применении; масса конструкции; стоимость; сроки выполнения работ.

Выявив параметры воздействий и последствий, которые они вызывают, установив параметры требований можно перейти к формированию целевой функции и созданию математической модели. Возможность использования ЭВМ при выборе рационального варианта кровельной системы позволит упростить проектирование, подбор материалов и

організаційно-технологічних рішень, обґрунтувати вартість і строки виконання робіт, забезпечити організаційно-технологічну надійність цієї системи в умовах виникнення різних дестабілізуючих факторів. Це приведе до значительному покращенню якості зводимих дахових систем, забезпеченню їх організаційно-технологічної надійності, що в свою чергу приведе до енергетичної ефективності і екологічної безпеки цих систем і будівель в цілому.

Снижение энергоёмкости приготовления водоугольного топлива при доставке по железной дороге

Рубан В.Д., Подоляк К.К., Рыжова С.А., ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины

Согласно Энергетической стратегии Украины предполагается переход ТЭЦ на уголь, что открывает новые перспективы для применения водоугольного топлива (ВУТ), исключающего использование мазута и природного газа даже для подсветки котлов, работающих на угле. Традиционно ВУТ транспортируется по трубопроводам, что энергозатратно и требует строительства трубопроводов значительной протяженности.

Альтернативой трубопроводному транспорту является технология получения и транспортирования ВУТ в железнодорожных цистернах, предложенная специалистами ИГТМ НАН Украины, которая предполагает засыпку в железнодорожные цистерны исходного угля вместе с мелющими телами и минимальным количеством водного раствора поверхностно-активного вещества; выдерживание хранения и отправление цистерны из угольных регионов Украины на ТЭС и промышленные предприятия.

Концентрация и свойства реагента подбираются таким образом, чтобы предотвратить замерзание суспензии за счет низкой температуры кристаллизации, обеспечить ее устойчивость, хорошее смачивание угля и его диспергирование под действием вибрации движущегося железнодорожного вагона до момента прибытия цистерн к потребителю. Из цистерн готовое ВУТ извлекается по трубопроводу и подается в технологический процесс.

Комбінований активний фільтр послідовного типу з імпульсною системою керування для тягової підстанції постійного струму

Семененко Ю.О., Український державний університет залізничного транспорту

На залізницях України в системі тягового електропостачання постійного струму суттєвою проблемою є необхідність забезпечення електромагнітної сумісності тягової мережі із засобами залізничної автоматики, сигналізації, автоблокування, а також лініями зв'язку. Дана проблема ще більше ускладнюється зростанням навантажень, а отже й рівня пульсацій вихідної напруги тягових підстанцій, а також впровадженням електричного рухомого складу з імпульсними перетворювачами. Для зниження рівня пульсацій вихідної напруги на тягових підстанціях застосовують пасивні резонансно-аперіодичні LC-фільтри, які є ефективними лише при симетричних напругах, що живлять випрямляч. На практиці несиметрія вказаних напруг є практично штатним режимом роботи тягових підстанцій, оскільки реально неможливо забезпечити симетрію фаз ошиновки випрямляча, обмоток трансформатора та позбутися власної несиметрії плечей випрямного агрегату тягової підстанції. Придушення пасивними фільтрами неканонічних гармонік, які виникають в результаті несиметрії напруг, що живлять випрямляч, шляхом збільшення електричних

параметрів і, в свою чергу, вартості елементів аперіодичного фільтра та застосуванням резонансних фільтрів, налаштованих на частоти 100 Гц та 200 Гц є недоцільним з техніко-економічної точки зору.

В даній роботі запропоновано та досліджено можливість поліпшення компенсації в першу чергу неканонічних гармонік вихідної напруги тягової підстанції постійного струму за допомогою комбінованого фільтра з послідовним активним фільтром. Принцип дії активного фільтра оснований на створенні замкненої структури шляхом включення в коло негативного зворотного зв'язку джерела електрорушійної сили компенсації, здатної придушувати гармонійні, у тому числі неканонічні, пульсаційні складові напруги навантаження. В замкнутій структурі для компенсації гармонік вихідної напруги тягової підстанції постійного струму ввімкнений послідовно з індуктивністю реактора аперіодичного LC-фільтра трансформатор, який являється гальванічною розв'язкою силової частини комбінованого фільтра з інвертором, що отримує сигнал з адаптивної системи керування. Запропонована замкнена структура за допомогою удосконаленої системи автоматичного регулювання компенсуючого сигналу забезпечує його адаптованість до змін пульсаційної складової випрямленої напруги на виході тягової підстанції та величини струму навантаження.

Проведене дослідження процесів роботи запропонованої структури комбінованого фільтра з послідовним активним фільтром для компенсації гармонік вихідної напруги тягової підстанції постійного струму показало, що її застосування доцільне для покращення якості електричної енергії тягової мережі постійного струму, що досягається адаптованістю замкнутої структури автоматичного регулювання до змін величини і частотного спектру гармонік напруги пульсацій та зміни величини струму навантаження в залежності від змін його параметрів, чим досягається необхідний рівень електромагнітної сумісності тягової мережі із суміжними електроустановками.

Комплекс для измерения и регистрации низкочастотных электромагнитных полей

Сердюк Т.Н., ДНУЖТ; Швец А.В., Кривонос А.П., Институт радиофизики и электроники имени А.Я. Усикова НАН Украины

На первом этапе развития в понятие электромагнитной совместимости (ЭМС) вкладывалось обеспечение совместного и одновременного функционирования средств радиосвязи. Эти задачи решались путем распределения частот, выполнения определенных требований к передатчикам, радиоприемникам, источникам электромагнитных помех. Сегодня ЭМС включает в себя, наряду с классическим определением защиты от радиопомех, и вопросы устойчивости систем к помехам, то есть учет различных параметров электромагнитных помех на электронные устройства.

На железнодорожном транспорте, как и в других сферах хозяйственной деятельности человека, наметилась тенденция к увеличению числа различных электронных устройств и оборудования (квазиэлектронные и электронные АТС, электронные телефонные и телеграфные станции коммутации, микропроцессорные устройства диспетчерской централизации и автоблокировки, например, КЭБ-1 и КЭБ-2, разработанные в России и др.).

Источниками помех, которые следует принимать во внимание при рассмотрении данного вопроса, являются генераторы помех (контактная сеть с постоянным напряжением 3 кВ или переменным 25 кВ, высоковольтные линии электропередач (ЛЭП), линии основного и резервного питания устройств автоблокировки ВЛ СЦБ и ВЛ ПЭ

напряжением 6, 10 кВ и два провода – рельс (ДПР)) и процессы их суммирования от нескольких источников (в том, числе резонанса в контактной сети).

Устройства, обеспечивающие безопасность движения поездов и соединенные с рельсовыми цепями, подвергаются постоянному воздействию помех со стороны систем тягового и внешнего электроснабжения. При этом помехи, возникающие в контактной сети, могут появиться на входе приемников устройств СЦБ и связи гальваническим путем или индуктивно.

Проведение измерений в высоковольтных сетях связано с рядом трудностей, касающихся как вопросов безопасности обслуживающего персонала при проведении измерений, так и организации рабочего места. Перерывы в электроснабжении или выделение «окон» в графике движения поездов и возможное исчезновение при этом источника помех, вызывает необходимость разработки бесконтактных методов и аппаратуры определения уровней и спектрального состава электрического и магнитного полей. При этом диапазон частот должен охватывать спектр излучения основных и высших гармоник силовых и сигнальных сетей, а также импульсных помех, возникающих при коммутации силовых цепей.

Таким образом, разработка системы исследования импульсных и квазимонохроматических помех, создаваемых электрическими и магнитными полями систем внешнего и тягового электроснабжения, высоковольтными линиями питания автоблокировки является актуальной задачей.

Для решения поставленной задачи и научного обоснования выбора метода и средства бесконтактного исследования уровней и спектра электромагнитных помех необходимо оптимизировать метод расчета магнитометров, который позволит согласовать динамический диапазон шума на выходе датчика и на входе антенного усилителя, разработать измерительный комплекс с использованием ПЭВМ для возможности архивирования данных и оперативного анализа изменения электрического и магнитного полей, оценки их влияния на смежные устройства СЦБ и связи.

Забезпечення сталості напруги в тяговій мережі постійного струму

Сиченко В.Г., Борщ Б. О., Головки С. М. (ДНУЗТ)

Сьогодні тягове електропостачання нині характеризується декількома негативними факторами: обвальне старіння інфраструктури енергетичних каналів, збільшення втрат електричної енергії, значне зростання вартості закупованої електроенергії та збільшення її дефіциту.

В той же час одним з найважливіших завдань електрифікованих залізниць є необхідність надійного енергетичного забезпечення перевезень вантажів і пасажирів при ефективному зниженні енергоємності перевізного процесу в умовах розвитку швидкісного і високошвидкісного руху. Виконання цього завдання вимагає постійного вдосконалення устаткування і структури управління енергетичним комплексом галузі, що неможливе, в тому числі, без підсилення діючої системи електропостачання.

На сьогодні застосовуються різні способи підсилення тягового електропостачання: використання пунктів паралельного з'єднання; збільшення перерізу проводів контактної мережі; будівництво додаткових тягових підстанцій; регулювання напруги під навантаженням; установка вольтододавальних пристроїв; спорудження на міжпідстанційних зонах одноагрегатних пунктів живлення з різними типами поздовжніх ліній живлення; підвищення напруги в контактній мережі до 12, 18, 24 кВ; пропонується навіть перехід на систему змінного струму різних модифікацій.

Досвід розробок і дослідження наукових і навчальних інститутів, ряду залізниць, зарубіжних організацій і фірм показує, що усунення обмежень по напрузі і струмовим навантаженням в системі тягового електропостачання 3,0 кВ може бути вирішене з найменшими витратами за допомогою систем і пристроїв підвищення та автоматичного регулювання випрямленої напруги.

Для поліпшення режиму напруги в тяговій мережі на сьогодні найбільш широко використовуються шафи автоматичного керування напругою ШАУН у системі керованого електропостачання (розробки проф. Аржаннікова Б. А.) та вольтододавальні пристрої (розробки НПЕФА-ЕНЕРГО). Їх застосування дає можливість підвищення пропускної спроможності ділянок залізниць постійного струму за рахунок скорочення інтервалів руху.

В той же час необхідно зазначити, що існуючі системи електропостачання електрорухомого складу, маючи значну встановлену потужність тягових підстанцій, не дозволяють забезпечити необхідний рівень питомої потужності тягової мережі в межах 1,5 - 2 МВт/км. При цьому коефіцієнт використання наявної потужності і устаткування тягових підстанцій, в середньому, складає близько 20 %. Вживані останнім часом засоби підсилення у більшості випадків не забезпечують необхідних енергетичних показників і є дуже дорогими. Необхідно також прийняти до уваги той факт, що на Україні фактично відсутні пристрої регулювання режимів напруги в тяговій мережі. Перераховані чинники обґрунтовують передумови до заміни централізованої системи тягового електропостачання децентралізованою. Її впровадження на теренах України для підсилення тягової мережі дозволить здійснити якісний прорив у підвищенні ефективності функціонування системи тягового електропостачання постійного струму та забезпечить не тільки необхідну сталість рівня напруги на пантографах при збільшених навантаженнях, а й необхідні показники питомої потужності тягової мережі.

Удосконалення режиму напруги в тяговій мережі при цьому має здійснюватись з застосуванням удосконалених регуляторів напруги та її контролю по довжині зони живлення у єдиній системі розподіленого керування активним інтелектуальним обладнанням, здатним адаптивно змінювати характеристики передачі, перетворення та споживання електроенергії й оптимізувати режим функціонування системи тягового електропостачання при завданих обсягах перевізної роботи та в умовах швидкісного руху.

Эффективные методы снижения затрат энергоресурсов при формировании составов

Сковрон И.Я., Демченко Е. Б. (ДНУЖТ)

В условиях рыночной экономики весьма существенным является повышение конкурентоспособности железнодорожного транспорта по отношению к другим его видам. С этой целью необходимо вести анализ путей сокращения разных статей расходов на подвижной состав. Одним из основных направлений повышения эффективности работы станций является совершенствование технологии формирования составов с целью уменьшения объемов маневровой работы.

Актуальность проблемы формирования составов вызвала появление достаточно большого числа различных методов формирования. В то же время, практически отсутствует анализ, сравнительная оценка эффективности и практические рекомендации по выбору рациональных методов формирования.

Эффективным средством уменьшения времени нахождения местных вагонов на технических станциях и связанных с этим эксплуатационных расходов является оптимизация процесса формирования многогруппных составов. Оперативный анализ и

выбор метода формирования составов позволяет минимизировать время формирования и достичь существенного сокращения объема маневровой работы, и связанных с ней эксплуатационных расходов. В этой связи была поставлена задача сравнительного анализа и оценки существующих методов формирования многогруппных составов.

Среди множества известных методов были исследованы пять наиболее эффективных: комбинаторный, распределительный, основной и двойной ступенчатый и равномерного нарастания. Формализация этих методов позволила создать имитационную модель процесса формирования, с помощью которой были выполнены исследования и оценка эффективности указанных методов. Установлено, что для каждого состава существует рациональная схема и метод формирования, использование которых позволяет на 5-20% сократить время выполнения технологических операций, и, соответственно, снизить расход энергоресурсов на выполнение соответствующей маневровой работы.

В то же время, для выбора рационального комплекса технических средств для формирования многогруппных составов недостаточно учитывать только технологические параметры этого процесса. В этих случаях необходим экономический анализ, который позволит оценить целесообразность сооружения сортировочной горки малой мощности для формирования многогруппных составов и специализированного группировочного парка или дополнительных сортировочных путей для уменьшения времени формирования составов.

Для выполнения технико-экономического анализа процесса формирования составов в имитационной модели предусмотрено вычисление необходимых показателей: локомотиво-, вагоно- и тонно-километров пробега, а также энергетических затрат на маневровую работу. Расчет значений указанных показателей необходим для определения суммарных эксплуатационных расходов на формирование многогруппных составов, которые используются для выбора рационального варианта технических средств (типа сортировочного устройства и числа сортировочных путей).

Расчет эксплуатационных расходов связанных с маневровой работой может оказаться необходимым также для оптимизации оперативного управления процессом формирования многогруппных составов на станциях. В частности, в оперативных условиях могут выбираться для каждого состава оптимальные схема и метод формирования в зависимости от складывающейся ситуации по минимуму продолжительности формирования либо по его минимальной стоимости. Это позволит повысить энергоэффективность процесса формирования на станциях.

Применение накопителей электрической энергии в системе электроснабжения железной дороги

Сокол Е.И., Замаруев В.В., Кривошеев С.Ю., Ересько А.В.,
Стысло Б.А., Макаров В.А., НТУ «ХПИ»

В системе электроснабжения железной дороги нагрузка на питающую сеть участка железной дороги в каждый момент времени может быть спрогнозирована на основании графика движения поездов и известных характеристик подвижного состава. Также прогнозируется значение потребляемой мощности и соответствующие интервалы времени. Для снижения пульсаций потребляемой мощности и, следовательно, уменьшения потерь в сети питания, целесообразно в качестве буферного источника энергии использовать батарейные системы накопления электрической энергии (БСНЭ), включающие в свой состав аккумуляторные батареи (АБ) требуемой емкости. Подзарядка АБ производится на интервале отсутствия движения электропоездов. Потребление

энергии из сети питания во время прохождения по участку состава частично компенсируется за счет энергии, ранее накопленной в БСНЭ. Для минимизации просадок напряжения контактной сети БСНЭ могут устанавливаться как на территории существующих подстанций, так и между ними. Применение БСНЭ также позволит интегрировать в существующую систему электроснабжения солнечные и ветровые генераторы электрической энергии. Одной из последних разработок аккумуляторных батарей, подходящих для подобных решений, по мнению авторов, являются LiFePO₄ батареи, обладающие всеми положительными качествами классических литиевых АБ (высокая энергоемкость, наличие режимов быстрого заряда/разряда, отсутствие эффекта памяти, отсутствие необходимости периодического обслуживания), но при этом являются взрывобезопасными и имеют гораздо больший срок жизни.

Для обеспечения нормальной работы аккумуляторной батареи, в процессе ее эксплуатации требуется постоянно отслеживать уровень заряда каждого из элементов батареи, предотвращая его выход за допустимые границы. Кроме того, необходимо выравнивать значения напряжения каждого из последовательно включенных элементов между собой. Эта задача возлагается на систему управления аккумуляторной батареей - BMS (Battery Management System). Предложенная структура BMS включает в себя N обратных преобразователей, где N – количество элементов батареи в секции. Преобразователи выполнены на многообмоточном трансформаторе, причем к каждому элементу батареи через коммутирующие элементы подключена одна первичная и одна вторичная обмотка трансформатора обратного преобразователя. Для измерения уровней напряжения каждый аккумулятор на короткое время подключается к обмотке трансформатора (режим сканирования). В это время на дополнительной измерительной обмотке системой управления фиксируется значение соответствующего напряжения. За N циклов система управления получает сведения об уровне напряжения на каждом из аккумуляторов секции. В случае превышения допустимой разницы в уровнях напряжения элементов секции, производится отбор мощности от максимально заряженного элемента АБ и передача ее элементу с наименьшим уровнем заряда. Во время прямого хода обратного преобразователя происходит отбор энергии от аккумулятора, имеющего избыточный заряд и измерение уровня напряжения на нем, а на обратном ходу передача накопленной энергии аккумулятору с меньшим зарядом и фиксируется минимальное напряжение среди батарей секции (режим выравнивания). При этом, на интервале накопления энергии в дросселе, достаточно просто производить оценку внутреннего сопротивления батареи. При его недопустимом значении (вследствие старения) принимается решение о необходимости регламентных работ.

Специфика использования накопителей электрической энергии в системе электроснабжения железной дороги

Сокол Е.И., Замаруев В.В., Кривошеев С.Ю.,
Ересько А.В., Стысло Б.А., НТУ «ХПИ»

Неравномерность потребления электроэнергии – одна из основных проблем систем электроснабжения. Во время движения состава по участку железной дороги, находящегося между двумя соседними подстанциями, наблюдается пиковое потребление мощности и в результате, с определенной периодичностью, возникает локальный недостаток генерируемой электроэнергии. Следствием импульсного потребления энергии становится повышение потерь в линии электроснабжения, несимметричная нагрузка на питающую трехфазную сеть, максимальная просадка напряжения сети.

Отличительной особенностью сети электроснабжения железной дороги является возможность точного прогнозирования пиковых (как максимальных, так и минимальных) значений нагрузки. Очевидным средством организации баланса генерируемой и потребляемой мощности является введение в систему электроснабжения батарейной системы накопления электрической энергии (BESS), что позволяет снизить колебания потребляемой мощности и разнести во времени фазы накопления и отдачи потребителю электроэнергии. Применение BESS позволяет решить целый ряд задач: улучшить качество электрической энергии и снизить затраты на ее производство, сглаживая профиль загрузки генерирующих мощностей; увеличить ресурс электросетевого оборудования, снижая пиковую нагрузку на подстанции; интегрировать в существующую систему электроснабжения солнечные и ветровые генераторы электрической энергии; увеличивает надежность энергосистемы в целом.

Несмотря на широкую номенклатуру аккумуляторных накопителей электрической энергии, специфика использования их в BESS накладывает достаточно серьезные ограничения на выбор типа аккумулятора и обслуживающей его системы. Наилучшими энергетическими характеристиками, по мнению авторов, обладают LiFePO_4 аккумуляторные батареи, допускающие разрядный ток на уровне 10С. Из-за неизбежных различий в химических и электрических характеристиках, обусловленных производством, старением элементов в процессе эксплуатации, температурой окружающей среды, необходимо оценивать такие параметры аккумуляторных батарей как *состояние заряда* (SOC) и *состояние жизни* (SOH), а при их последовательном соединении, необходимо обеспечить выравнивание уровней напряжения на каждом из аккумуляторов во избежание его выхода за допустимые пределы (диапазон (2.0-3.65) В).

Одним из важных параметров, позволяющим оценить состояние батареи, является внутреннее сопротивление (R_0). Определить значение внутреннего сопротивления можно по изменению напряжения на батарее при нескольких значениях тока нагрузки. R_0 является функцией от SOC и имеет максимальное значение при $\text{SOC} < 0.1$. Как правило, сопротивление в режиме заряда ниже чем в режиме разряда. Параметр SOC определяет текущий уровень заряда батареи и изменяется в диапазоне от 0 до 1.0 (0..100%). Существуют различные способы измерения SOC. Наиболее простым методом является измерение передаваемого заряда (*Coulomb counting*). Наличие в эквивалентной схеме аккумулятора последовательной паразитной RC-цепи оказывает существенное влияние на параметры разрядного тока и напряжения на зажимах батареи, что было подтверждено в процессе разряда импульсным током аккумуляторной батареи AMP20M1HD-A. На основе проведенных исследований, можно сделать вывод о нецелесообразности применения разрядного тока с шириной импульса менее 100 мкс, поскольку в этом интервале времени наблюдается максимальное значение динамического внутреннего сопротивления аккумуляторной батареи.

Експериментальні дослідження процесів теплообміну в рекуперативних теплообмінних апаратах

Соколова Н.В., Іщенко В.О. (ДНУЗТ)

Справжня робота присвячена експериментальним дослідженням теплообмінних процесів при передачі тепла від нагріваючої рідини, яка протікає в металевому корпусі теплообмінного апарату, до нагріваємої, яка протікає по металевим трубкам, розташованим в корпусі. Теплообмінні апарати, в яких передача тепла здійснюється через тверду стінку називають рекуперативними і вони знайшли широке застосування в

промисловості. Тиск і швидкість течії кожної рідини в теплообмінному апараті різні, також слід мати на увазі, що температура рідини як в корпусі, так і в трубах також різні і до того ж є функцією часу, тобто змінна по довжині корпусу. Метою експериментів є визначення температури рідини, що нагрівається при фіксованих температурах та витрати нагріваючої та нагріваної рідини.

Дослідження проводилися на лабораторному устаткуванні кафедри, «Теплотехніка», що представляє собою трубу діаметром 33 мм, всередині якої проходить інша труба діаметром 16 мм. Довжина труби становить 1000 мм. Лабораторна установка дозволяє змінювати напрямок потоку усередині трубки, що дає можливість моделювати рух рідини, яке називається прямоходом, якщо вектори швидкостей нагріваючої і рідини, що нагрівається збігаються, і протитечією, коли вони протилежні.

В процесі випробувань фіксувалися витрати і температури рідин, як на вході, так і на виході труб теплообмінного апарату. Ці вимірювані параметри дозволяють визначити швидкість руху рідин в трубах і значення чисел Рейнольдса. Випробування проходили в діапазоні швидкостей 0.5 - 1.5 м / сек і температур 50-70°C. Експериментальні значення збільшення температур потоків для нагріваючої рідини склали 6.5°C при прямоході і 7.5 °C при протитечі, а температура нагріваючої рідини зменшилася на 6-10°C.

Математична обробка результатів експериментів полягала у розрахунку температури рідини на виході із труби. Диференціальне рівняння теплопровідності з граничними умовами III роду вирішувалося чисельно з урахуванням турбулізації потоку, яке суттєво зменшило час нагріву рідини та, як слідство, габаритні розміри теплообмінного апарату. Розрахункові значення температур потоків для нагріваючої і нагріваної рідин відрізняються від експериментально виміряних на 1-1.5°C.

Підвищення енергетичної ефективності систем тягового електропостачання на високошвидкісних магістралях

Спасибухова В.В. (ДНУЗТ)

Підвищення енергетичної ефективності систем тягового електропостачання (СТЕ) і енергосистем загального призначення завжди було пов'язане з підвищенням напруги передачі енергії до споживача. З введенням в Україні в 2012 році швидкісного руху потрібно збільшувати енергетичні можливості СТЕ.

Енергооптимальна технологія тягового електропостачання з урахуванням режимів роботи живлячих енергосистем вимагає вирішення декількох першочергових завдань. По-перше, це по можливості рівномірне завантаження тягових мереж за рахунок енергооптимального графіка руху поїздів, швидкостей руху та вагових норм. По-друге, раціональне використання потужності локомотивів і тягових підстанцій, їх модернізація з метою поліпшення тягово-енергетичних характеристик, застосування асинхронного тягового приводу. По-третє, вдосконалення СТЕ, їх управління комп'ютеризованими системами з урахуванням режимів роботи живлячих енергосистем, мінімізація перетоків потужності і економія електроенергії. В даній роботі запропоновані методи підвищення енергоефективності.

Один із методів вирішення є евристичний алгоритм оптимізації послідовності відправлення та інтервалів між поїздами. Метод заснований на застосуванні процедури пошуку мінімуму, з його використанням дозволяє знаходити локальні мінімуми функції. Для визначення глобального мінімуму функції пропонується використовувати даний алгоритм не менше трьох разів, змінюючи початкові умови - починаючи з першого елементу списку варіантів, зі серединного і останнього. Використання даного методу дає

можливість мінімізувати втрати електроенергії в тяговій мережі. Варіація втрат при різних варіантах ГРП досягає 23,4%.

Іншим способом підвищення енергетичної ефективності пропонується метод управління режимами СТЕ, який включає в себе архітектуру з розподіленими центрами прийняття рішень (керуючі контролери-агенти-координатори) на основі вимірів і високошвидкісного аналізу за допомогою обчислювальних засобів на базі мультиагентних систем. Зниження навантажувальних втрат склало в середньому близько 18%, підвищення напруги - 4,9%. Використання принципів координованого управління об'єктами системи електропостачання залізниць дозволить знизити втрати електроенергії, підвищити її якість.

Також збільшити енергоефективність можна завдяки модернізації обладнання, використання нових рішень по діодним і тиристорним випрямним агрегатам для ділянок з інтенсивним рухом, що засновані на застосуванні силових приладів з високими значеннями напруги і струму і інтенсивних систем примусового повітряного охолодження втрати зменшені майже на 40%. Завдяки застосуванню нових пунктів підвищеної напруги загальні втрати електроенергії в електротяговій мережі зменшуються на 25-30%.

Проаналізувавши ефективність систем тягового електропостачання в своїй роботі, можна зробити висновок, щоб досягти максимальної ефективності використання СТЕ потрібно застосовувати усі вище запропоновані методи, та найбільш ефективним методом підвищення енергоефективності у подальшому є застосування інтелектуальних систем тягового електропостачання.

Гармонизация правовой системы Украины в области железнодорожного транспорта к нормам европейского права

Татарченко Г.О., д.т.н., проф., (СТИ); Ларюшкин В.Л., к.т.н.

Увеличение пропускной способности железнодорожной инфраструктуры, обеспечение интероперабельности технических средств, качество предоставления услуг по перевозке, обеспечение конкурентоспособности, экологической безопасности и снижение энергопотребления не возможны без пересмотра технической политики на железнодорожном транспорте Украины.

Компетентные органы Украины в работе по имплементации положений Права Европейского Союза касательно железнодорожного транспорта достигли заметных результатов. Из 45 действующих в Украине регламентов - 2 регламента непосредственно касаются деятельности железнодорожного транспорта Украины (Технический регламент предоставления услуг по перевозке пассажиров и грузов железнодорожным транспортом и Технический регламент безопасности железнодорожного транспорта).

Первичное Право Европейского Союза это основополагающие документы высшей юридической силы в правовой системе ЕС. Документы разрабатываются и принимаются совместно государствами-членами и являются по форме международными договорами:

- Договор об учреждении Европейского сообщества 1957 г.;
- Договор об учреждении Европейского сообщества по атомной энергии 1957 г.;
- Договор о Европейском Союзе 1992 г.

Источники дополнительного первичного права ЕС - документы, которые содержат изменения или дополнения в источники первичного права и договоры о присоединении.

Право Европейского Союза (European Union Law - англ.) - многоязычная (более 23 официальных языков стран-участниц ЕС), самостоятельная правовая система, возникшая в результате интеграции правовых систем государств ЕС. Правовые акты издаются на

всех официальных языках ЕС и имеют одинаковую юридическую силу.

Инструментом унификации (установление единых правил, которые непосредственно регулируют общественные отношения на всей его территории ЕС) служат *регламенты* (regulation - англ.), обладающие признаками законов.

Инструментом гармонизации (издание в ЕС основ законодательства, в соответствие с которыми государства-члены приводят свои внутренние законы и подзаконные акты, но не вводится полное единообразие) служит *директивы* (directive - англ.).

Регулирование деятельности железнодорожного транспорта проводится в рамках транспортной политики ЕС. В ЕС издан ряд правовых актов, проводящих унификацию и гармонизацию отдельных элементов правового статуса железнодорожных предприятий, формы и содержания предоставляемых ими услуг:

- Регламент № 1191/69 от 26 июня 1969 г. о действиях государств-членов в связи с обязательственными отношениями, возникающими в сфере общественных услуг, оказываемых в железнодорожном, автомобильном транспорте и внутренних водных путях;
- Регламент № 1192/69 от 26 июня 1969 г. об общих правилах нормализации расчетов железнодорожных предприятий;
- Регламент № 1107/70 от 4 июня 1970 г. о государственной помощи, обеспечивающей меры по координации функционирования транспорта;
- Директива 95/18/ЕС от 19 июня 1995 г. о лицензировании железнодорожных предприятий;
- Директива 91/440/ЕЭС от 29 июля 1991 г. о развитии железных дорог Сообщества (с изменениями, внесенными Директивой 2001/12/ ЕС от 26 февраля 2001 г.);
- Директива 2001/14/ЕС от 26 февраля 2001 г. о размещении мощностей железнодорожной инфраструктуры, взимании платы за использование железнодорожной инфраструктуры и сертификации безопасности;
- Директива 2008/57/ЕС от 17 июня 2008 г. о функциональной совместимости железнодорожной системы в Сообществе.
- Директива 92/106/ЕЭС от 7 декабря 1992 г. об учреждении общих правил для некоторых видов смешанных перевозок грузов между государствами-членами.
- Директива 2012/34/ЕС Европейского парламента и Совета от 21 ноября 2012 года о создании единого европейского железнодорожного пространства *Директива 2012/34/ЕС на Европейския парламент и на Съвета от 21 ноември 2012 година за създаване на единно европейско железопътно пространство текст от значение за ЕИП, Официален вестник п° L 343 , 14/12/2012 стр. 0032 – 0077*), которая устанавливает следующее:

Директивы 91/440/ЕЕС, 95/18/ЕС и 2001/14/ЕС, с изменениями, внесенными в соответствии с Директивами, перечисленных в части А Приложения IX, должны быть отменены 15 декабря 2012 года, без ущерба для обязательств государств-членов, касающихся сроков транспозиции в национальное законодательство Директив, изложенных в Части В Приложения IX. Ссылки на отмененные Директивы должны толковаться как ссылки на настоящую Директиву и должны читаться в соответствии с корреляционной таблицей в Приложении X.

Регулирование деятельности в области грузового железнодорожного транспорта в ЕС во многом определяется не только нормами Европейского Права, но и нормами традиционных международных договоров, к которым относятся Бернские грузовые конвенции 1966 г. (КОТИФ) с Дополнительным соглашением 1966 г., и Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении 1998г. (СМГС), с последующим дополнением (МТТ) и др.

Правовая система ЕС формирует механизмы защиты прав человека, создает демократические правовые инструменты, позволяющие согласовывать динамику

процессов интеграции и глобализации с интересами государств, регионов, а главное — человека, который все более выдвигается в качестве определяющего критерия оценки прогресса нашей цивилизации. На пути Украины в Европу невозможно обойтись без специалистов железнодорожного транспорта высокой квалификации, серьезных научных школ, учебных пособий и учебников для изучения документов Права Европейского Союза в оригинале или официальном переводе на государственный язык Украины, создания специализированных учебных программ в вузах и курсах повышения квалификации персонала, который сегодня обеспечивает функционирование железнодорожного транспорта Украины.

Предстоит большая работа по гармонизации железнодорожного законодательства и нормативных документов в соответствие с нормами ЕС по возможным следующим направлениям:

- пересмотр положения отдельных законодательных и нормативно-правовых актов Украины о железнодорожном транспорте.
- разработка и ввод в действие Технического регламента «О безопасности подвижного состава железнодорожного транспорта».
- разработка Порядка применения процедур оценки соответствия инфраструктуры ж.д. транспорта, систем управления, технического, технологического, организационного и квалификационного обеспечения.
- разработка Порядка применения процедур оценки соответствия подвижного состава ж.д. транспорта, его составных частей, технического, технологического, организационного и квалификационного обеспечения.
- создание и ведение национальных реестров инфраструктуры и подвижного состава.

Прогнозування місячних витрат електроенергії з використанням АСКОВ

Теодорський С.В. (ДНУЗТ)

У зв'язку з переходом залізниць України на закупівлю електротроенергії на оптовому ринку і впровадженням мікропроцесорних автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії виникла можливість визначати фактичні профілі навантаження тягових підстанцій з мінімальним інтервалом усереднення. Знання фактичного профілю навантаження дозволяє вирішувати ряд прикладних задач, серед яких можна виділити задачу прогнозування витрат електроенергії в дистанціях електропостачання.

АСКОВ (автоматизована система контролю та обліку електроенергії) являє собою багаторівневу систему з розділеною базою даних. Побудова системи по такому принципі створює технологію автоматизованої обробки інформації. Це пов'язане з об'єднанням автономних територіально розділених процесів обробки інформації у єдину структуру.

Завдяки цій системі можливий збір інформації у будь-якій вимірвальній точці, що дозволяє нам без ускладнень робити прогнози та контролювати їх не залежно від контрольованого пункту.

Мета докладу — є виклад методики прогнозування місячних витрат електроенергії тягових підстанцій на основі методу гармонійного аналізу з використанням АСКОВ залізниць.

Об'єкт досліджень — процес прогнозування витрат електричної енергії на основі даних зібраних автоматизованою системою контролю та обліку електроенергії.

У роботі вирішувалась проблема складання прогнозу витрат електроенергії на тягу поїздів підстанції "К". При цьому використовували метод складання прогнозів для

показників, підданих сезонним коливанням, на основі гармонійного аналізу. Суть даного методу полягає в розкладанні тимчасового ряду на складові. Складові цього ряду: тенденція (загальні зміни ряду за тривалий проміжок часу), короткочасні коливання (сезонні хвилі), випадкові коливання.

Для дослідження обрана діюча дільниця залізниці витрати електричної енергії, за 2011-2013 роки, на тягу поїздів, з можливим прогнозуванням на 2013 рік та похибкою яка виникла занесені до таблиці 1.

Таблиця 1 - Витрата електричної енергії на тягу поїздів. W, млн кВт·год

| Місяць | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2011 рік | 23,3 | 19,6 | 19,4 | 22 | 21,4 | 19,8 | 20 | 20,3 | 20,1 | 20,1 | 21,2 | 18,6 |
| 2012 рік | 26,3 | 26,1 | 24,6 | 30,5 | 27,6 | 26,9 | 22 | 24,4 | 23,7 | 22,6 | 23,4 | 23,1 |
| 2013 рік | 21,9 | 20,7 | 20,3 | 25,5 | 22,8 | 21,7 | 21,3 | 21,4 | 20,3 | 19,4 | 24,1 | 21,1 |
| Прогноз 2013 | 24,1 | 23,6 | 22,3 | 27,9 | 25,3 | 23,6 | 21,2 | 22,1 | 22 | 21,6 | 23,4 | 22,1 |
| Похибка, % | 9,13 | 12,3 | 9,12 | 8,48 | 9,98 | 7,79 | 0,25 | 3,03 | 7,63 | 10,3 | 3,15 | 4,3 |

У даній роботі запропоновано використовувати метод гармонійного аналізу для задач оперативного прогнозування місячних витрат електроенергії. На точність прогнозування великий вплив має вибір інтервалу сезонної хвилі у нашому випадку середнє відхилення від дійсного значення склала 7,12%.

Вплив вартості електроенергії та дизельного палива на ефективність електричної тяги

Фадєєв В.О. (ДНУЗТ)

Від початку свого утворення Укрзалізниця взяла курс на електрифікацію залізниць. Це пов'язано з тим, що в Україні мало свого дизельного палива та й ціна на нього формується за межами країни. На поточний час електрифіковано 47% від експлуатаційної довжини мережі залізниць, які виконують близько 90% вантажообігу. Діє програма подальшої електрифікації, якою передбачений перевід на електричну тягу більше 1,5 тис. кілометрів залізниць.

Найбільший ефект від впровадження електричної тяги забезпечується на двоколіїних лініях. Не випадково, майже всі двоколіїні залізниці в Україні (більше 90%) електрифіковані.

Дослідження проведені на кафедрі показали, що на одноколіїних ділянках введення електричної тяги ефективно не стільки за рахунок збільшення пропускної спроможності, скільки за рахунок покращення економічних показників, економії енергоресурсів.

Різне скорочення експлуатаційних витрат при електричній тязі залежить, в основному, від різниці вартості 1 кВт·год електроенергії і 1кг дизельного палива. Тому було поставлено завдання дослідити як впливає співвідношення вартості електроенергії і дизельного палива на ефективність впровадження електричної тяги.

Методику дослідження побудовано на порівнянні приведених витрат при електричній і тепловозній тязі, урахуванні різних співвідношеннях вартостей 1 кВт·год електроенергії і 1 кг дизельного палива та встановленні таких співвідношень, при яких приведені витрати будуть однаковими. При такому підході було зроблено висновок щодо ефективності електричної чи тепловозної тяги при різному співвідношенні вартості електроенергії та дизельного палива.

Дослідження проводилися для ділянки довжиною 295 км з керівним ухилом 8 ‰. На ділянці тепловозна тяга з локомотивом 2М62, маса составу 4000 т. Після електрифікації локомотив ВЛ80 з такою ж масою составу. Розрахунки проводилися для розмірів руху, що відповідають пропускній спроможності ділянки при тепловозній тязі.

При визначенні капітальних вкладень враховувалась вартість постійних пристроїв необхідних для введення електричної тяги та вартість рухомого складу. Вартість електрифікації 1 км одноколіїної лінії приймалася 4, 6 і 8 млн. грн. При розрахунках експлуатаційних витрат враховані витрати на рух поїздів та утримання постійних пристроїв. Вартість 1кВт-год електроенергії прийнята з урахуванням перспективи 1; 1,5 і 2,0 грн. Співвідношення вартості 1кВт-год до вартості 1 кг палива склало 1/6, 1/8, 1/10 і 1/12. За результатами розрахунків побудовані графіки залежностей приведених витрат від вартості енергоресурсів при вищеназваних співвідношеннях.

За результатами розрахунків було встановлено, що при вартості електрифікації 1 км колії 6 млн. грн ефективність електричної тяги настає при співвідношеннях 1/6,6-1/8. До того ж, менше співвідношення відповідає варіанту з більшою вартістю електроенергії. При вартості 1 км електрифікації 4 млн. грн ефективність електричної тяги настає при співвідношеннях більших ніж 1/6,25-1/7, при вартості 8 млн. грн/км – при співвідношеннях 1/7-1/9. При збільшенні вартості палива, зростає ефективність електричної тяги.

Badanie charakteru zmian zużycia energii pobieranej z tramwajowej podstacji trakcyjnej – w aspekcie poprawności doboru liczby i mocy zespołów prostownikowych

Chrabąszcz Ireneusz¹⁾, Drapik Sławomir³⁾, Dudzik Marek¹⁾, Kuznetsov Valeriy²⁾, Prusak Janusz¹⁾

¹⁾ Institute of Industrial Electrical Engineering and Computer Technology, Department of Theoretical Electrical Engineering and Metrology, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Cracow University of Technology

²⁾ Dnepropetrovsk National University of Railway Transport

³⁾ Independent specialist

Autorzy niniejszego opracowania od ponad dekady zajmują się badaniami specyfiki (charakteru) obciążeń pochodzących od elektrycznych pojazdów szynowych. W pierwszej kolejności mierzono i analizowano prądy obciążające kolejowe podstacje trakcyjne.

Obecnie zwrócono również uwagę na elektryczny transport miejski, a w szczególności tramwajowy. Ten rodzaj transportu w Polsce i w Europie posiada jedną wspólną cechę - jest zasilany napięciem stałym. W przypadku kolei systemy zasilania są różne i uzyskane wyniki dla warunków polskich nie muszą dotyczyć tych krajów europejskich, które mają inne rodzaje napięć zasilania. Natomiast zaprezentowane poniżej wyniki związane z transportem miejskim mogą dotyczyć również innych krajów.

Analizowana tramwajowa podstacja trakcyjna "Czyżyny" w Krakowie zasila sieć trakcyjną na trasach przelotowych, jest ona zlokalizowana w centralnej części miasta przy złożonym węźle komunikacji szynowej i drogowej o znacznym natężeniu ruchu.

Gęstość ruchu tramwajów w obszarze zasilania tej podstacji jest na maksymalnym poziomie, który wynika z potrzeb przewozowych, można przyjąć z dużym prawdopodobieństwem, że gęstość ta nie ulegnie już zwiększeniu.

W artykule przedstawiono zarejestrowane (zmierzone) wyniki obciążenia trakcyjnego zespołów prostownikowych, pomiary zrealizowano z częstotliwością 1 Hz w skali doby (dzień roboczy i dzień świąteczny).

Wyniki te przeanalizowano pod kątem określenia współczynników elektrycznych i statystycznych. Następnie zaproponowano metodę, która pozwoliła ocenić poprawność doboru liczby zespołów prostownikowych w aspekcie występującego obciążenia. W części końcowej opracowania przedstawiono wyniki obrazujące skutki ekologiczne wynikające z pracy układu przy braku wykorzystania zainstalowanej mocy zespołów prostownikowych.

Przedstawione wyniki wskazują, że w systemie zasilania elektrycznego miejskiego transportu szynowego występują rezerwy mocy, których zidentyfikowanie może przyczynić się do udoskonalenia metod doboru tego systemu.

Prowadzenie powyższych badań we współpracy różnych ośrodków naukowych zajmujących się elektrycznym transportem szynowym (Cracow University of Technology – Dniepropietrovsk National University of Railway Transport) mogłoby wzmocnić bazę badawczą i przyczynić się do szybszego uzyskania wartościowych wyników.

Критерій подібності для рекуперативного теплообмінного апарату

Чабаненко М.В., Іщенко В.О. (ДНУЗТ)

Рекуперативні теплообмінні апарати знайшли застосування в багатьох галузях промисловості. Їх проектування являє собою досить складну задачу. Складність завдання полягає в тому, що потоки нагріваної рідини та рідини, яка нагрівається в теплообмінному апараті віддають та набувають певну кількість тепла. Так як передача тепла відбувається через металеву стінку (трубу), то кількість відданого тепла залежить від коефіцієнта тепловіддачі, температури і довжини трубок, по яких протікає потік, який нагрівається. Ці параметри є змінними величинами. Аналогічна ситуація має місце і для нагрівального потоку. Зазначені параметри входять в рівняння граничних умов і вирішувати відповідні рівняння теплопровідності не представляється можливим. Тому при проектуванні таких теплообмінних апаратів використовують метод послідовних наближень, варіюючи рядом параметрів, найважливішим з яких є довжина трубок. Саме вона визначає основні габарити теплообмінного апарату. Незважаючи на те, що промисловість випускає досить великий асортимент рекуперативних теплообмінних апаратів, необхідність у проектуванні сучасних апаратів також має місце.

Вихідним параметром теплообмінного апарату є забезпечення заданої температури рідини на виході з трубок. Ця температура прийнята як середньо-інтегральна по радіальному перерізу трубки. Таке припущення виправдано тим, що в процесі перебігу по трубці відбувається змішання шарів рідини, що підтверджують експериментальні дослідження. Очевидно, що час досягнення середньо-інтегральної температури, яка дорівнює заданій, дозволить визначити довжину трубки, так як швидкість руху рідини в трубках є відомою величиною. Довжина трубки визначає габарити конструкції теплообмінного апарату. Вірність вибору довжини трубки перевіряється експериментально.

Запропоновано критерій подібності, дозволяючий суттєво спростити проектний розрахунок теплообмінного апарату. Виходячи з фізичної моделі були використані найсуттєвіші фактори, що впливають на температуру нагріваної рідини. До таких факторів належать: кількість тепла, що надходить в теплообмінний апарат, витрата, температуропровідність та середньо-інтегральна температура рідини, що нагрівається, величина нагріву рідини в теплообмінних апаратах і швидкість нагріву рідини до заданої температури, а також деякі інші фактори що дозволяє розрахувати довжину трубок та інші проектні параметри теплообмінного апарату. Розраховані значення цього критерію для різних конструкцій теплообмінних апаратів.

Експериментальні дослідження трубчастого газового нагрівача розташованого у будівельній конструкції

Чорноморець Г.Я., Ткачова В.В., ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Розглядається система опалення з трубчастими газовими нагрівачами розташованими у будівельній конструкції. У конструкції розташований металевий нагрівач, над нагрівачем є верхня кришка у вигляді будівельної пластини, яка повинна забезпечувати близьку до постійної величини температуру зовнішньої поверхні нагрівача.

Фізичні величини, які визначають процес теплообміну між газоповітряною сумішшю в каналі будівельної конструкції і повітряним середовищем опалювального приміщення, виступають: T – температура в каналі газоповітряної суміші, $^{\circ}\text{C}$; T_{pi} – температура знизу пластини, $^{\circ}\text{C}$; T_{pe} – температура на поверхні пластини, $^{\circ}\text{C}$; $G_{нов}$ – витрата припливного повітря, $\text{м}^3/\text{с}$; $G_{пел}$ – витрата пелет, $\text{кг}/\text{год}$; w_a – середня швидкість руху повітря в каналі, $\text{м}/\text{с}$.

При обробці результатів досліджень виконувалось наступне:

- оцінювання середнього значення:

$$X_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = 6,717 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{C}$$

- оцінювання стандартного відхилення:

$$S(X_{cp}) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (X_k - X_{cp})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{2,394}{(12-1)}} = 0,466 \%$$

- обчислення оцінки середнього квадратичного відхилення результату вимірювання:

$$S(X_{cp}) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (X_k - X_{cp})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{2,394}{12(12-1)}} = 0,135 \%$$

- обчислення двобічного довірчого інтервалу для середнього значення.

$$X_{cp} - \frac{t}{\sqrt{n}} S(X_{cp}) < m < X_{cp} + \frac{t}{\sqrt{n}} S(X_{cp}) = 6,421 < m < 7,014$$

$$\Delta\theta = t \cdot S(X_{cp}) = 2,20 \cdot 0,135 = 0,297$$

За даними серії експериментальних досліджень розраховано середній коефіцієнт теплопередачі теплоти від газоповітряної суміші крізь стінку металевого каналу на внутрішню поверхню будівельної конструкції k , $\text{Вт}/\text{м}^2\text{C}$:

$$k = X_{cp} \pm \Delta\theta = 6,717 \pm 0,297, (P_d = 0,95 ; n = 12).$$

Результати експериментального дослідження системи опалення з трубчастими газовими нагрівачами розташованими у будівельній конструкції показали, що з часом температура газоповітряної суміші в середині будівельного каналу зростає, і разом з нею зростає температура на поверхні будівельної пластини, що підтверджує можливість використання даного технічного рішення на практиці.

Опис заходів енергоресурсозбереження для підприємства нафтопереробної промисловості

Чорна В.О., Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського

Питання раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів в Україні завжди стояли на порядку денному, але після підвищення цін на ресурси, вони набувають особливої актуальності.

Необхідність підвищення ефективності української нафтопереробної промисловості зумовлює об'єктивно нагальну потребу в енергетичних та економічних дослідженнях, у зв'язку з чим на базі підприємства ПАТ «Укртатнафта» було проведено енергетичне обстеження, направлене на визначення джерел та обсягів нераціонального та малоефективного використання паливно-енергетичних ресурсів.

На підставі енергетичних досліджень виявлено найбільш енергоємний об'єкт нафтопереробного підприємства – комбінована установка з переробки нафти, для окремих блоків якої розроблений комплекс енергозберігаючих технічно обгрунтованих рекомендацій.

Так, впровадження системи контролю та планування витрат електроенергії для блоків комбінованої установки дозволить зекономити близько 5 % електричної енергії. Термін окупності даного енергозберігаючого заходу становить 5 місяців.

Економія від заміни світильників освітлення апаратного двору на світильники з енергозберігаючими лампами дозволить отримати економію електроенергії у розмірі майже 45 тис. грн. з терміном окупності заходу 2,5 роки.

Оптимізація процесу спалювання палива в технологічних печах однієї з установок дозволить зекономити близько 4 % палива, що еквівалентно 8,5 млн грн, термін окупності заходу становить 3 роки 5 місяців.

Використання тепла мазуту, що відходить із установки, для підігріву рідкого палива дозволить зменшити витрати теплової енергії, оборотної води та електроенергії на загальну суму близько 11 млн грн на рік. Термін окупності даного заходу становить 3 місяці.

Енергозберігаючий захід, пов'язаний з повторним використанням оборотної води після конденсаторів водяного охолодження в заглибному холодильнику дозволить зекономити 2 млн грн., а термін його окупності складає 5 місяців.

Використання гарячої оборотної води із заглибного холодильника для господарських потреб установки дозводить отримати економію води та теплової енергії на суму 520 тис грн, термін окупності даного заходу – 1,5 роки.

Використання послідовної схеми включення теплообмінників по нафті й мазуту дозволить зекономити газу на 2,8 млн , термін окупності – 4 місяці.

Річна економія при використанні теплової енергії безперервної продувки для підігріву живильної води складає 340 тис грн, термін окупності – 1 рік 3 місяці.

В якості організаційних заходів, які не супроводжуються додатковими матеріальними витратами, запропоновано скорочення витрат електроенергії насосів подачі блоку каталітичного крекінгу комбінованої установки, завдяки чому розмір економії становить 633 тис грн.

Впровадження запропонованих енергозберігаючих заходів на комбінованій установці з переробки нафти є досить ефективним і дає значне скорочення обсягів споживання енергетичних ресурсів.

Загальна економія електроенергії від запровадження запропонованих енергозберігаючих заходів становить 8 % від загальних витрат в цілому по підприємству, економія теплової енергії – 0,5 %, інших енергоресурсів – 12 %.

Автоматизация процессов сбора и учета данных потребления энергоресурсов в системе энергоменеджмента

Шаптала М. В. (ДНУЖТ), Шаптала Д. Е. (ДВНЗ «ПГАСА»)

Важнейшей задачей в энергетическом секторе страны является экономичное использование природных ресурсов. Для оценки эффективности внедряемых энергосберегающих мероприятий необходимо проводить качественный учет и контроль расхода энергоресурсов. На сегодняшний день, для учета и контроля энергоносителей в большинстве случаев используются механические счетчики, сбор информации с которых происходит, в основном, в ручном режиме, так как отсутствует автоматическая система получения и передачи данных. Реализацией автоматизированного процесса сбора и учета данных может служить замена существующих приборов учета на автоматизированные счетчики, однако их установка сопряжена с дополнительными финансовыми затратами. Также существуют другие методы автоматического контроля, но они не позволяют осуществлять комплексный подход от удаленного снятия показаний с разных приборов учета до их обработки и передачи непосредственно специализированным службам.

Авторами разработан метод автоматизации процессов сбора и учета данных потребления энергоресурсов, который предусматривает дополнение существующих приборов учета системой автоматического считывания показаний и их обработки. Это позволит в кратчайшие сроки и с минимальными финансовыми затратами внедрить автоматизированную систему энергетического мониторинга, без замены существующего оборудования. Система включает: получение цифрового изображения показаний со счетчика; отправку данных на центральный сервер; оптическое распознавание показаний; обработку и хранение полученных данных; передачу данных контролирующим организациям. Предложенная авторами система автоматизации может быть применена к приборам учета различного назначения и исполнения, и функционально не зависит от их технического устройства.

Данный метод позволяет максимально упростить процесс съема показаний и сверки данных со счетчиков, повысить уровень контроля расхода энергоносителей, значительно снизить влияние человеческого фактора на достоверность фиксируемых результатов измерений, уменьшить затраты обслуживающих организаций, связанные с необходимостью обхода работниками потребительских счетчиков, повысить уровень эффективности потребления природных ресурсов в целом.

Possible conversion of all Czech railway lines currently electrified at 3kV DC to 25kV AC/50Hz

Seelmann H., Brno University of Technology

Historical review of electrification of railways in Czech Republic

The history of electric rail traction in Czech Republic began in 1891 with the opening of the first tram line in Prague. In 1903 the first electric railway, the local line Tábor – Bechyně went into operation (24 km in standard gauge, traction 2x700 V DC, today 1500 V DC). In 1957 there went into operation the first electrified long distance railway line Praha – Česká Třebová with a length about 160 km and traction 3 kV DC. From this time most of the main Czech and also Slovak railway routes have been continuously electrified, from the year 1965 also with 25 kV AC/50 Hz. But the existence of two traction systems in formerly Czechoslovakia caused problems in flexible operation. This resulted in delivery of the first dual-system locomotives in

1974. At the moment overall 3217 km of the 9468 km long railway network of SŽDC (Railway Infrastructure Administration, state organization) are electrified (these are 34%) with the following traction systems:

1788 km with 3 kV DC (mainly in the north)

1391 km with 25 kV AC/50 Hz (mainly in the south)

24 km with 1.5 kV DC (local line Tábor – Bechyně)

14 km with 15 kV AC/16.7 Hz (line Šatov/near Austrian border – Znojmo, operated by trains of ÖBB/Austrian Federal Railways)

For this reason, Czech Railways (ČD and ČD Cargo) currently operate 160 dual-system locomotives for 3 kV DC and 25 kV AC/50Hz, 16 dual-system locomotives for 3 kV DC and 15 kV AC/16.7Hz, 14 dual-system units for 3 kV DC and 25 kV AC/50Hz, 20 locomotives and 7 units for three-systems (3 kV DC, 25 kV AC/50Hz, 15 kV AC/16.7Hz). Furthermore, some dual- and three-system locomotives from Austria and Slovakia are running with international trains also in Czech Republic.

Planned conversion of 3 kV DC to 25 kV AC/50 Hz

SŽDC and the Ministry of Transport of Czech Republic have launched a feasibility study on the conversion of its lines electrified with 3 kV DC to 25 kV AC/50 Hz. While the 3 kV DC network is placed in the Northern part of the country reaching the Polish and Slovakian borders, where the connecting lines are also equipped with 3kV DC, the southern parts of both the Czech Republic and Slovakia are electrified with 25 kV AC/50 Hz, which is the same system as neighbouring Hungary.

The 3kV DC network is therefore seen as an island and also a barrier to long-distance passenger and freight operations. As SŽDC is carrying out an extensive renewal of its railway corridors, the study examines the opportunity to harmonise the entire Czech network on 25 kV AC/50 Hz during the next 30-40 years. Traction 25 kV AC/50 Hz is more efficient not only in investment but also operationally, e.g. eliminating damage by stray currents.

In this context it should be noted that Slovakia has definitely decided to convert its 3kV DC lines (at the moment approx. 620 km) to 25 kV DC/50 Hz (at the moment approx. 740 km) in the case of reconstruction and modernization of its 3kV DC lines.

As mentioned above many electric locomotives of state owned Czech Railways (ČD and ČD Cargo) are dual (and some also three) voltage and in case of conversation there will arise a problem for private operators because they almost exclusively use older locomotives which are only equipped to operate on 3kV DC lines. Therefore the Czech government probably has to think about compensations for these operators for investment in new locomotives.

REFERENCES

1. Baudyš K. *Železniční osobní doprava* [Passenger rail transport]. *Ústav logistiky a managementu dopravy ČVUT v Praze, Fakulta dopravní* [Department of Logistics and Management of Transport of Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences]. Presentation, Praha, 2013
2. Binko M. *Modernizace železniční infrastruktury do roku 2025* [Modernization of railway infrastructure up to the year 2025]. *SŽDC* [Railway Infrastructure Administration, state organization]. Presentation, Jeseník, 2013
3. SPŽ – Stránky přátel železnic [Railway Fans Pages]. Statistika vozidel železničních společností – České dráhy / ČD Cargo [Statistics on vehicles of Railway companies – Czech railways / ČD Cargo]. Internet <http://spz.logout.cz/stat/stat.html>
4. SŽDC. *The Network Statement on nationwide and regional rail systems*. *SŽDC* [Railway Infrastructure Administration, state organization]. Praha, 2014.
5. SŽDC. *Prohlášení o dráze celostátní a regionální* [The Network Statement on nationwide and regional rail systems]. *SŽDC* [Railway Infrastructure Administration, state organization]. Praha, 2014.

Підвищення енергоефективності мереж живлення глибоких та енергоємних шахт

Шкрабець Ф.П., Остапчук О.В. (Державний ВНЗ «НГУ»)

Розвиток економічного потенціалу України нерозривно пов'язаний з ростом об'єму промислового виробництва, для якого необхідна наявність відповідної сировинної бази. Вітчизняна гірничодобувна та вугільна промисловість завжди займали лідируючі позиції у формуванні ВВП країни. Останнім часом значне поглиблення існуючих гірничих виробок та постійне збільшення тарифів на електроенергію призводять до підвищення вартості кінцевого продукту і, як наслідок, зниження конкурентної спроможності та рентабельності роботи вітчизняних гірничих підприємств. Зазначені обставини примушують керівництво таких об'єктів застосовувати передовий закордонний досвід у технології видобутку корисних копалин. Проте на сьогоднішній день не існує єдиного підходу до перспектив розвитку гірничих підприємств (в першу чергу значної глибини виробок та енергоємності), як на етапі проектування так і реконструкції існуючого виробництва. Вагомим параметром, що чинить вплив на продуктивність та рентабельність гірничого підприємства є робота системи електропостачання підприємства, від правильного вибору її основних параметрів залежить надійність електропостачання, відповідна якість електроенергії та безпека обслуговуючого персоналу.

Вибір оптимального рівня напруги мережі живлення є досить актуальною задачею в умовах підприємства з постійним збільшенням електричного навантаження. При виконанні відповідних досліджень, що направлені на оцінку факторів, які чинять вплив на вибір рівня напруги, необхідно розглядати об'єкт з усередненими показниками продуктивності, глибини виробок корисних копалин, водорясності тощо. При виконанні аналізу необхідно враховувати, що у якості робочої напруги доцільно використовувати наступний ряд 6, 10 та 35(110) кВ. Використання класу напруги 20 кВ, не є доцільним через відсутність необхідного обладнання вітчизняного виробництва (в першу чергу двигунів та трансформаторів).

В умовах фінансової невизначеності досить складно виконувати планування тих чи інших технологічних процесів. Тому на етапі техніко-економічного обґрунтування для визначення найбільш оптимального класу напруги для підземної розподільної мережі доцільно використовувати методику визначення пропускної здатності діючих кабельних ліній. При зниженні показників якості електричної енергії більш за норму, робиться висновок про підвищення класу робочої напруги. Використання класу напруги 10 кВ у якості основного для нових шахт отримало значну підтримку у 80-х роках минулого століття. Проте за останні роки ситуація змінилася в першу чергу через певні досягнення у виготовленні обладнання напругою 35 кВ, тому в певних випадках доцільно використовувати цей клас напруги. З аналізу низки схем електропостачання існуючих підприємств можна зробити висновок про наявність на підстанції підприємства класу напруги 35 кВ та відсутності 10 кВ, тому при підвищенні напруги необхідно спорудження трансформаторної підстанції (модульного типу), як у першому, так і у другому варіанті, приблизно однакової вартості. Крім того електрична енергія напругою 35 кВ відноситься до першого класу, а електроенергія напругою 6-10 кВ до другого, що призводить до збільшення її вартості.

В наслідок виконаних розрахунків та проведених досліджень встановлено, що доцільність використання класу напруги 35 кВ виникає при глибині біля 1000 м та

глибше, в залежності від рівня потужності, а доцільність використання класу напруги 10 кВ зовсім сумнівна, через низький економічний ефект.

Розробка заходів з енергозбереження в умовах ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»

ШокарьовД. А., Богодист К. П., Кременчуцький національний університет
ім. Михайла Остроградського

В умовах постійного зростання цін на енергоносії актуальними є питання енергозбереження. З огляду на важливість проблеми заощадження енергії в глобальному масштабі, практично у всіх країнах проводяться різні заходи, покликані зменшити кількість споживаної енергії як у промисловій, так і в соціальній сферах.

Після проведеного попереднього енергоаудиту заходи з енергозбереження, що рекомендуються для впровадження на підприємстві ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (КВБЗ).

1. Впровадження системи плавного пуску і дроселювання турбокомпресорів турбокомпресорної установки.
2. Впровадження газових теплоповітряних генераторів для сезонного обігріву фарбувальних камер.
3. Впровадження автоматизованої системи технічного обліку електроенергії, природного газу, питної води, споживаних підрозділами заводу.
4. Завершення впровадження локальних систем опалення в пресовому цеху, заготівельній і експериментальній ділянках вагоноскладального та ремонтно-механічного цехів.
5. Локалізація системи опалення у виробничих і побутових приміщеннях цехів вагоноскладального, збірки і здачі вагонів та керування інструментальним виробництвом.
6. Реконструкція внутрішньоцехового освітлення в пресовому цеху.
7. Впровадження автономного підігріву технологічних розчинів на ділянці точного лиття.

В умовах постійного зростання тарифів на енергоносії зниження споживання енергоресурсів і масове впровадження енергозберігаючих технологій набуває для економічного розвитку ПАТ КВБЗ вирішальне значення.

Енергетичний аудит дозволяє знайти вірний шлях економії енергоресурсів, виявити першочергові, маловитратні заходи і розробити перспективу енергозбереження підприємства в цілому з урахуванням плану розвитку підприємства.

Розглянувши основні відомості про ПАТ КВБЗ, енергоефективність роботи, та вже існуючі заходи покращення енергоефективності, що були введені в дію впровадженою в нещодавньому часі «Програмою енергозбереження», ми дійшли висновку, що вони є досить ефективними, так як мають значну річну економію у порівнянні з попереднім обладнанням і вже частково себе окупають, деякі навіть приносять непоганий річний прибуток.

Підприємство повинно розробити політику енергозбереження – публічно декларовані принципи та обов'язки, які пов'язані з аспектами енергозбереження діяльності підприємства і забезпечити основу для встановлення його цілей і задач енергозбереження.

Були запропоновані заходи для підвищення ефективності використання енергоресурсів, що мають простий термін окупності не більше 5 років, що є досить

зручним для фінансової сторони підприємства. Вони спрямовані на зниження споживання газу та підвищення використання теплової енергії.

Проведення енергетичного аудиту дозволило вірно визначити стратегію і тактику енергозбереження, визначення заходів енергозбереження, скорочення прямих і непрямих витрат на виробництво і собівартість продукції.

ЗМІСТ

Азюковський О.О., ДВНЗ «НГУ»

Зміна електротехнічних параметрів підземного металевого трубопроводу під впливом високочастотної складової напруги станцій катодного захисту.....3

Акулов А.С., Желєзнов К.І., Заболотний О.М., Чабанюк Є.В., Швець А.О. (ДНУЗТ)

Використання енергозберігаючих віртуальних тренажерів в процесі підготовки фахівців інженерних спеціальностей4

Антонов А. В., Стороженко А. С. (ДНУЗТ)

Исследование взаимодействия контактных подвесок с токоприемниками.....5

Антонов А. В., Манко В.О. (ДНУЗТ)

Діагностування вугільних вставок як засіб ресурсозбереження.....6

Арпуль С. В., Білозора Д. І., Орлов А. О. (ДНУЗТ)

Визначення потужності швидкісного електрорухомого складу для залізниць України.....6

Афанасов А.М., Арпуль С.В., Неверова В.С. (ДНУЖТ)

Анализ режимов пуска автономного электропоезда при питании тягового электропривода от ионистора.....7

Баб'як М.О., Львівська філія ДНУЗТ

Комплексні порівняльні випробування накладок пантографів на мережі постійного струму.....8

Бакутін А.В., ДВНЗ «НГУ»

Вибір оптимальної частоти комутації силових ключів автономного інвертора напруги9

Балахонцев А.В., Албу А.А., Национальный горный университет

Оптимальная конфигурация привода гибридного электрического автомобиля.....10

Балійчук О.Ю., (ДНУЗТ)

Поліпшення якості електричної енергії, що живить допоміжні машини електропоїздів змінного струму11

Бардас А. П., Державне підприємство «Дніпропетровський орган з сертифікації залізничного транспорту»

Побудова ефективної системи впровадження енергозбереження на підприємствах залізничного транспорту та промисловості України12

Белухин Д. С., (ДНУЖТ)

Вариант модернизации электропоездов ЭР9М.....13

Бех П.В., Лашков О.В. (ДНУЗТ)

Застосування інформаційних технологій на залізничному транспорті.....14

Бобровский В. И., Демченко Е. Б., ДНУЖТ

Совершенствование конструкции сортировочной горки с целью сокращения энергетических затрат на надвиг и роспуск составов.....17

| | |
|--|----|
| Богодист К.П., Чорна В.О., КрНУ імені Михайла Остроградського Складання прогнозу енергоспоживання підприємства машинобудівної галузі | 18 |
| Боднар Б.Є., Капіца М.І., Кислий Д.М. (ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна) Енергозберігаючі режими розгону поїздів..... | 19 |
| Боднар Б. Є., Очкасов О. Б., Черняєв Д. В. (ДНУЗТ) Енергоефективні методи діагностування тепловозного дизеля..... | 20 |
| Боднар Б. Є., Очкасов О. Б. Шевченко Я. І. (ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна) Скорочення енергозатрат при випробуванні тягових електродвигунів за рахунок удосконалення діагностування..... | 21 |
| Боднар Б. Є., Бобирь Д. В., Ляшук В. М., (ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна) Модель розрахунку енергозощаджуючих режимів ведення вантажних поїздів | 22 |
| Боднар Б.Є. (ДНУЗТ), Мінчук В.П. (ПАТ «Промтепловоз»), Очкасов О.Б., Черняєв Д.В. (ДНУЗТ) Скорочення витрат енергоресурсів під час випробувань тепловозних дизелів | 23 |
| Бойко С. М., Дозоренко О. В, (КрНУ імені Михайла Остроградського) Система електропостачання підприємств гірничо-видобувного комплексу на базі вітроенергетичних установок | 24 |
| Бойко С.М. (КрНУ імені Михайла Остроградського), Саблін О.І. (ДНУЗТ) Особливості проектування та функціонування автономних вітроенергетичних комплексів, що експлуатуються в умовах підземних виробок залізничних шахт | 25 |
| Болжеларський Я.В., Львівська філія ДНУЗТ, Львівський НДІ судових експертиз Нормування витрати дизельного палива при проведенні судових залізнично-транспортних експертиз | 26 |
| Бондаренко І. О. (ДНУЗТ) Надійність і ресурсозбереження залізниць | 27 |
| Бондар О.І. (ДНУЗТ) Модифікований підхід до апроксимації петель гістерезису | 28 |
| Борисовська Ю. А., Сиченко А. В. (ДНУЗТ) Удосконалення системи тягового електропостачання постійного струму при швидкісному русі | 29 |
| Босий Д. О., Міщенко С. М., Шама О. В. (ДНУЗТ) Удосконалення режиму напруги тягової підстанції змінного струму при транзиті потужності тяговою мережею | 31 |
| Босий Д. О. (ДНУЗТ) Інтелектуальне управління режимами систем тягового електропостачання електрифікованих залізниць | 32 |

| | |
|--|----|
| Буряковский С.Г., Маслий Ар.С. Маслий Ан.С., Український державний університет залізничного транспорту Электропривод стрелочного перевода моношпального типа на базе линейного электродвигателя | 33 |
| Васильев И.Л., Ковалев А.А., Павличенко М.Е. (УрГУПС, Екатеринбург) Особенности использования солнечной энергии при распределенном электроснабжении | 34 |
| Васильев И.Л., Ковалев А.А., Павличенко М.Е. (УрГУПС, Екатеринбург), Татарченко Г.О. (СТИ), Сыченко В.Г. (ДИИТ) Совершенствование модели возникновения и развития коррозии в железобетонных опорах контактной сети | 35 |
| Вернигора Р.В., Березовий М. І., Малашкін В.В. (ДНУЗТ) До питання вибору раціонального оснащення вантажних пунктів на під'їзних коліях промислових підприємств та портів | 36 |
| Габрінець В.О., ДНУЗТ, Марченко О.Л., ДНУ імені Олеся Гончара Вплив вібрації і кута нахилу на динамічні характеристики теплової труби | 38 |
| Габрінець В. А., Титаренко И. В., Козюк В. А., Водолага В. М. (ДНУЖТ) Использование грунтовых аккумуляторов для энергоснабжения удаленных объектов железной дороги | 39 |
| Габрінець В. А., Титаренко И. В. (ДНУЖТ) Энергоактивное покрытие для пассажирских вагонов | 40 |
| Габрінець В.О., Терентьєва Н. Л., Чумель Л. Е. (ДНУЗТ) Використання сонячної енергії для опалення пасажирських вагонів | 41 |
| Гетьман Г.К., Васильєв В. Є. (ДНУЗТ) Визначення питомої витрати електроенергії на тягу при встановленому режимі руху поїзда..... | 42 |
| Гічов Ю.О., Ступак М.Ю. (НМетАУ), Попова А.С., Перцевий В.О. (ДНУЗТ) Дослідження пульсаційно-резонансного способу спалювання палива в процесі сушіння сталерозливних ковшів | 43 |
| Голік С.М. (ДНУЗТ) Визначення параметрів математичної моделі тягово-енергетичних характеристик електровозів..... | 44 |
| Горячкін В.М., Булгаков Д.О. (ДНУЗТ) Розрахунок горіння рідкого палива в камері згоряння дизельного ДВЗ..... | 45 |
| Губинський М.В., Адаменко Д.С., Кремнева К.В. (НМетАУ) Енергозберігаюча технологія двостадійної газифікації біомаси для когенераційних установок | 46 |

| | |
|--|-----------|
| Губський П.В. (ДНУЗТ) Методи підвищення енергетичної ефективності систем тягового електропостачання..... | 47 |
| Данилов О.А., Войтушенко І.О. (ДНУЗТ) Експериментальні дослідження часу відключення швидкодіючого вимикача АБ-2/4..... | 47 |
| Дьяков В. О., Гаркуша І.О. (ДНУЗТ) Протикорозійний захист підземних споруд при переводі електрифікованих ділянок постійного струму на швидкісний рух | 49 |
| Забарило Д. О. Марікуца С. Л. (ДНУЗТ) Застосування імпульсних перетворювачів при випробуваннях тед постійного струму по методу взаємного навантаження | 51 |
| Замаруев В.В., Кривошеев С.Ю., НТУ «ХПИ» Особенности перехода к цифровым системам управления статическими преобразователями электрической энергии..... | 52 |
| Земський Д.Р., Босий Д.О. (ДНУЗТ) Дослідження порушення енергетичного обміну між випрямним агрегатом тягової підстанції та живлячою мережею | 53 |
| Иванов А.П. (ДНУЖТ имени академика В. Лазаряна) Усовершенствование методов расчета оптимальных по стоимости режимов ведения грузовых поездов | 54 |
| Kaniewski M., Glowacz M. Instytut Kolejnictwa (Railway Institute Warsaw) Requirements and assessment of interoperability constituents: overhead contact line of the „Energy” subsystem and the pantograph and contact strips of „Locomotives and passenger rolling stock” subsystem according to EC TSI..... | 55 |
| Капіца М.І., Очкасов О.Б., Коренюк Р.О. (ДНУЗТ) Скорочення витрат електроенергії при випробуваннях гідравлічних передач тепловозів | 56 |
| Капіца М. І., Шепотенко А. П. (ДНУЗТ) Удосконалення випробування дизеля тепловоза з гідропередачою..... | 57 |
| Кипенский А.В., Король Е.И., НТУ «ХПИ» Электропитание систем автоматики и управления | 58 |
| Кирилюк Т. І., Карук В. О., Карук О. О., Ковалевська Л. Р., Ковалевська Ю. Р. (ДНУЗТ) Особливості визначення норм витрат електроенергії для нетягових споживачів залізниці..... | 57 |
| Kirilyuk T. I., Bosiy D. A., Ostashevsk M. S., Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan Smart metering of electricity losses in the contact line of electrified railways | 59 |

| | |
|---|----|
| Kirilyuk T. I., Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan The study of energy losses in the contact line depending on the number of trains on railway section | 61 |
| Кныш Л.И., ДНУ имени Олеса Гончара; Габринец В.А., ДНУЗТ Особенности комплексного исследования тепловых аккумуляторов фазового перехода «твёрдое тело – жидкость» | 61 |
| Кныш Л.И., Кныш А.Ю., ДНУ им. Олеса Гончара Комбинированные солнечные коллекторы: перспективы использования и особенности проектирования..... | 62 |
| Коваленко В.В., Горобець В.Л., Ярмак А.А. (ДНУЗТ) Досвід Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту в комплексній оцінці експлуатаційних характеристик накладок пантографів різних виробників..... | 63 |
| Коваленко В.В. (ДНУЗТ) Енергозбереження на всіх етапах виробництва та експлуатації залізобетонних підрейкових основ | 64 |
| Колесник А. І. (ДНУЗТ) Удосконалення методів проектування гіркових горловин сортувальних станцій з метою скорочення енергетичних витрат під час розформування составів..... | 66 |
| Колихаєв Є.Г., ДНУЗТ Поліпшення енергетичних характеристик систем тягового електропостачання шляхом управління тяговим навантаженням | 67 |
| Косарєв Є. М., Липський М. Г., Зюзь Г. О., ДНУЗТ Основні принципи проектування розподіленої системи тягового електропостачання постійного струму | 67 |
| Косарєв Є. М., ДНУЗТ Стабілізація напруги на заданому рівні в тяговій мережі електрифікованих залізниць постійного струму | 68 |
| Кудряшов А.В., Мазуренко О.О. (ДНУЗТ імені академіка В.Лазаряна) Енергоефективність експлуатаційної діяльності залізниць | 69 |
| Кузнецов В.В., Николенко А.В., Трипутень Н.М., НМетАУ Алгоритмы распознавания в инженерной методике выбора средств защиты асинхронных двигателей, работающих в условиях некачественной электроэнергии | 70 |
| Кузнецов В.Г., Саблін О.І., Чорна А.О. (ДНУЗТ) Проблема обліку енергії рекуперації на залізницях..... | 73 |
| Кузнецов В.Г., Саблін О.І., Чорна А.О. (ДНУЗТ) Аналіз ефективності рекуперації енергії в приміському русі поїздів | 74 |

| | |
|---|----|
| Kuznetsov V.G., Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Ukraine Innovative approach to the research and training activities | 75 |
| Kulagin D.O., Zaporizhzhya national technical University The need for the introduction of energy saving measures for diesel generator transport..... | 76 |
| Курган М. Б., Байдак С. Ю., Гусак М.А. Хмелевська Н. П. (ДНУЗТ) Оцінка економічної ефективності усунення обмежень швидкості | 77 |
| Курган М. Б., Байдак С. Ю. (ДНУЗТ) Реалізація проектів з електрифікації залізниць | 78 |
| Курган М. Б., Хмелевська Н. П. (ДНУЗТ) Заходи з енергозбереження при реконструкції залізниць | 80 |
| Лагута І.І., Департамент електрифікації та електропостачання Укрзалізниці, Дробаха В.І., виробниче управління Департаменту локомотивного господарства Укрзалізниці Світлодіодне освітлення на залізничному транспорті: за і проти | 81 |
| Лобач И.О. (НТУ «ХПИ») Исследование диапазона регулирования напряжения на выходе активного выпрямителя напряжения..... | 84 |
| Логвінова Н.О. (ДНУЗТ) Оптимізація ходової швидкості руху вантажних поїздів на залізничному напрямку в умовах енергооптимального графіку руху поїздів | 85 |
| Лукиша А.П., Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины К вопросу пересчёта теплофизических характеристик пористых и гладкостенных прямоточных генераторов пара, используемых в теплотехнических узлах подвижного состава железных дорог с граничных условий второго рода для граничных условий первого рода | 86 |
| Ляшук В.М., Половяник О.І. (ДНУЗТ) Дослідження можливості застосування напруги 6кВ в тяговій мережі на ділянці Кривий Ріг Головний – Тімково для збільшення швидкості руху..... | 87 |
| Мартишевський М.І., ДНУЗТ Наукові основи вибору раціональних режимів ведення поїздів | 88 |
| Мартишевський М.І., ДНУЗТ Заміна маневрових локомотивів маневровими тягачами | 89 |
| Матусевич О.О., Міронов Д. В. (ДНУЗТ) Ризик-аналіз технічного стану обладнання тягових підстанцій | 90 |
| Матусевич О.О., Тюрін М.В. (ДНУЗТ) Діагностика технічних засобів системи тягового електропостачання залізниць..... | 92 |

| | |
|---|-----|
| Матусевич О.О. (ДНУЗТ) Прийняття рішення про залишковий ресурс технічної системи..... | 93 |
| Михайленко Ю.В. (ДНУЗТ) Технології ресурсозбереження в системі утримання тягового рухомого складу залізниць України | 94 |
| Михайличенко Д. А., Вирвикишка С. В., КрНУ імені Михайла Остроградського Лабораторний комплекс для дослідження режимів роботи автономного джерела електричної енергії на базі асинхронного генератора | 95 |
| Михайличенко Д. А., Демків В. С., КрНУ імені Михайла Остроградського Лабораторний комплекс для дослідження пристроїв автономного електропостачання | 96 |
| Мицко Р. С., Державне підприємство «Дніпропетровський орган з сертифікації залізничного транспорту» Аналіз функціонування гібридної системи резервного електропостачання з мережевою підтримкою..... | 97 |
| Міронов Д. В., Звягінцев С.В., Шевченко О.В. (ДНУЗТ) Управління якістю технічного обслуговування і ремонту обладнання тягових підстанцій шляхом застосування процесного підходу | 97 |
| Міронов Д. В., Лябах О. С. (ДНУЗТ) Оцінка якості технічного обслуговування обладнання тягових підстанцій з застосуванням функції бажаності Харінгтона..... | 98 |
| Накашидзе Л.В. (ДНУ), Габринец В.А. (ДНУЖТ), Трофименко А.В., Ляшенко О.И. (ДНУ) Особенности комплектации на объектах промышленного и железнодорожного назначения систем теплообеспечения использующих энергию солнечного излучения | 100 |
| Панченко В.И, Цыпленков Д.В., Леонова М.О., Кириченко В.В., Национальный горный университет Характеристики электрогенератора вітроустановки с вертикальной осью вращения | 101 |
| Папахов О.Ю. (ДНУЗТ) Дослідження коефіцієнтів зйому в умовах прискореного та швидкісного руху пасажирських поїздів | 102 |
| Півник О.А. (ДНУЗТ) Дослідження впливу електрорухомого складу на процес короткого замикання у тяговій мережі | 103 |
| Полях О.М. (ДНУЗТ) Моделювання системи електропостачання залізниць на основі інформації зонування та агрегування..... | 104 |

| | |
|--|-----|
| Пулария А.Л., Андреев А.А. (ДНУЖТ) Перспективы применения жидкой теплоизоляции на подвижном составе железных дорог..... | 105 |
| Пуларія А.Л., Грічаний М.А., Дєдасєва Т.І. (ДНУЗТ) Підвищення ефективності ремонту теплоізоляції кузова пасажирського вагона..... | 106 |
| Радкевич А. В., Худенко В. Ф., Глущенко В. М. (ДНУЖТ) Поиск рациональных решений энергоэффективных кровельных систем | 107 |
| Рубан В.Д., Подоляк К.К., Рыжова С.А., ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины Снижение энергоемкости приготовления водоугольного топлива при доставке по железной дороге..... | 108 |
| Семененко Ю.О., Український державний університет залізничного транспорту Комбінований активний фільтр послідовного типу з імпульсною системою керування для тягової підстанції постійного струму..... | 107 |
| Сердюк Т.Н., ДНУЖТ; Швець А.В., Кривонос А.П., Інститут радіофізики і електроніки імені А.Я. Усикова НАН України Комплекс для измерения и регистрации низкочастотных электромагнитных полей | 109 |
| Сиченко В.Г., Борщ Б. О., Головка С. М. (ДНУЗТ) Забезпечення сталості напруги в тяговій мережі постійного струму | 110 |
| Сковрон И.Я., Демченко Е. Б. (ДНУЖТ) Эффективные методы снижения затрат энергоресурсов при формировании составов | 111 |
| Сокол Е.И., Замаруев В.В., Кривошеев С.Ю., Ересько А.В., Стысло Б.А., Макаров В.А., НТУ «ХПИ» Применение накопителей электрической энергии в системе электроснабжения железной дороги | 112 |
| Сокол Е.И., Замаруев В.В., Кривошеев С.Ю., Ересько А.В., Стысло Б.А., НТУ «ХПИ» Специфика использования накопителей электрической энергии в системе электроснабжения железной дороги..... | 113 |
| Соколова Н.В., Іщенко В.О. (ДНУЗТ) Експериментальні дослідження процесів теплообміну в рекуперативних теплообмінних апаратах | 114 |
| Спасибухова В.В. (ДНУЗТ) Підвищення енергетичної ефективності систем тягового електропостачання на високошвидкісних магістралях | 115 |
| Татарченко Г.О., д.т.н., проф., (СТИ); Ларюшкин В.Л., к.т.н. Гармонизация правовой системы Украины в области железнодорожного транспорта к нормам европейского права..... | 116 |

| | |
|--|-----|
| Теодорський С.В. (ДНУЗТ) Прогнозування місячних витрат електроенергії з використанням АСКОВЕ | 118 |
| Фадєєв В.О. (ДНУЗТ) Вплив вартості електроенергії та дизельного палива на ефективність електричної тяги.. | 119 |
| Chrabąszcz Ireneusz (Cracow University of Technology), Drapik Sławomir, Dudzik Marek (Cracow University of Technology), Kuznetsov Valeriy (Dnepropetrovsk National University of Railway Transport), Prusak Janusz (Cracow University of Technology) Badanie charakteru zmian zużycia energii pobieranej z tramwajowej podstacji trakcyjnej – w aspekcie poprawności doboru liczby i mocy zespołów prostownikowych | 120 |
| Чабаненко М.В., Іщенко В.О. (ДНУЗТ) Критерій подібності для рекуперативного теплообмінного апарату | 121 |
| Чорноморець Г.Я., Ткачова В.В., ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Експериментальні дослідження трубчастого газового нагрівача розташованого у будівельній конструкції | 122 |
| Чорна В.О., КрНУ імені Михайла Остроградського Опис заходів енергоресурсозбереження для підприємства нафтопереробної промисловості | 123 |
| Шаптала М. В. (ДНУЖТ), Шаптала Д. Е. (ДВНЗ «ПГАСА») Автоматизация процессов сбора и учета данных потребления энергоресурсов в системе энергоменеджмента | 124 |
| Seelmann H., Brno University of Technology Possible conversion of all Czech railway lines currently electrified at 3kV DC to 25kV AC/50Hz..... | 124 |
| Шкрабець Ф.П., Остапчук О.В. (Державний ВНЗ «НГУ») Підвищення енергоефективності мереж живлення глибоких та енергоємних шахт | 126 |
| Шокарьов Д. А., Богодист К. П., КрНУ імені Михайла Остроградського Розробка заходів з енергозбереження в умовах ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» | 127 |