

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ИМЕНИ АКАДЕМИКА В. ЛАЗАРЯНА
ВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ТРАНСПОРТНОЙ АКАДЕМИИ УКРАИНЫ
ООО “ЭЛЕКТРОТЯГОВЫЕ СИСТЕМЫ”



МАТЕРИАЛЫ
V Международной
научно-практической конференции
“ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ
И В ПРОМЫШЛЕННОСТИ”
(11.06 - 13.06.2014)

Воловец
2014

УДК 621.331

Энергосбережение на железнодорожном транспорте и в промышленности: Материалы V Международной научно-практической конференции

(Воловец, 11 июня – 13 июня 2014 г.) – Д.: ДНУЖТ, 2014. – 180 с.

В сборнике представлены материалы V Международной научно-практической конференции «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ И В ПРОМЫШЛЕННОСТИ», которая состоялась 11 июня – 13 июня 2014 г в пгт. Воловец, Закарпатской обл.

Сборник предназначен для научно-технических работников железных дорог, предприятий транспорта, научных организаций, преподавателей и ученых высших учебных заведений, аспирантов и студентов.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Мямлин С. В. – д.т.н., профессор (ДИИТ, Украина)

Сыченко В.Г. – д.т.н., доцент (ДИИТ, Украина)

Кузнецов В.Г. – д.т.н., доцент (ДИИТ, Украина)

Адрес редакционной коллегии:

49010, г. Днепропетровск, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Материалы в сборнике печатаются на языке оригинала в редакции авторов.

Исследование режимов работы поглощающего устройства с импульсным регулированием

Андриенко П.Д., Каплиенко А.О., Запорожский национальный технический университет

На долю электрифицированного железнодорожного транспорта приходится достаточно большая часть железнодорожных перевозок. При постоянном увеличении объемов перевозимых грузов возрастает количество потребляемых энергоресурсов, а также появляется необходимость замены морально и физически устаревшего оборудования энергообеспечения электроподвижного состава. Устаревшее оборудование необходимо заменять современным, которое требует намного меньше участия для обслуживания постоянным оперативным персоналом и дает возможность повысить качество и надежность электроснабжения потребителей. Однако, следует учитывать, что имеющаяся на данный момент инфраструктура системы электроснабжения, не может быть радикально изменена в небольшие сроки. Так же особенностью электрического транспорта является неравномерность потребления электроэнергии при движении электроподвижного состава, что влечет за собой весьма существенные потери электроэнергии в системе тягового электроснабжения.

Благодаря интенсивному развитию полупроводниковой техники, произошло много изменений схем и конструкций выпрямительных устройств в системе тягового электроснабжения. Для снижения критичного уровня перенапряжения в тяговой сети получили широкое применение системы для рекуперации энергии, которые используют реверсивные выпрямители или устройства гашения избыточной (когда на линии нет потребителей) энергии рекуперации. Применение данных схемных решений позволяет снизить эксплуатационные затраты и повысить энергоэффективность железнодорожных перевозок, но создает определенные неудобства за счет снижения качества электроэнергии в тяговой сети. Непосредственно при работе устройств поглощения энергии рекуперации возникают скачки напряжения(тока), связанные с дискретным подключением ступеней резисторов поглощающего устройства.

Однако для современных систем электрической тяги на железных дорогах предъявляются особые требования к качеству электроснабжения. Это повышение объясняется заметными изменениями в условиях эксплуатации и техническом уровне электроподвижного состава, тяговых подстанций и других обслуживающих устройств.

Ранее была разработана модель, которая включала в себя тяговую подстанцию постоянного тока и электроподвижной состав, позволяющая проводить как общее моделирование, так и исследовать электромеханические процессы в каждом элементе в отдельности. В данной работе особое внимание было уделено изучению электромагнитных процессов в тяговой сети при работе устройства гашения избыточной энергии в различных режимах. Проведенное исследование позволяет оценить влияние работы силовых ключей выпрямительного агрегата тяговой подстанции постоянного тока и алгоритма работы устройства гашения ТП на качество электрической энергии в тяговой сети. Представлены зависимости гармоник, возникающих в тяговой линии при выборе различных параметров элементов, используемых в фильтрующем устройстве подстанции постоянного тока.

Выводы. Анализ результатов, полученных при моделировании, позволяет сформулировать некоторые рекомендации по выбору параметров элементов фильтрующего устройства тяговой подстанции. Полученные рекомендации дают возможность добиться некоторого улучшения качества напряжения тяговой сети и

частоты модуляции для обеспечения электромагнитной совместимости системы тягового электроснабжения.

Підвищення надійності вставок струмоприймачів електрорухомого складу

Антонов А.В. (ДНУЗТ)

Особливістю електрифікованого транспорту являється процес передачі електроенергії електрорухомому складу через ковзний контакт між контактним проводом та струмоприймачем, який супроводжується механічним та електричним зношуванням контактуючих поверхонь. З підвищенням швидкостей руху та маси поїздів збільшуються споживані струми і, як результат, збільшується негативний вплив електричної дуги на пристрої струмознімання. По цій причині, актуальною задачею залишається вирішення проблеми підтримки в робочому стані контактної мережі та струмоприймачів електрорухомого складу. Відповідно до того, що процес струмознімання в системі тягового електропостачання являється найбільш відповідальним, до нього висувуються високі вимоги по надійності.

Згідно з ТУ 32.22117843.003-2000 вугільні вставки проходять заводський контроль якості виготовлення, який передбачає:

- вимір поверхневої твердості зразків по шкалі Шора;
- вимір границі міцності при трьохточковому статичному згинанні та статичному стисненні;
- вимір щільності зразка;
- вимір величини водопоглинання;
- визначення електричного опору вугільних вставок.

Але, проведення сукупності таких заходів для діагностування вугільних вставок в експлуатації, а саме в умовах депо, викликає необхідність значних витрат часу та фінансових впливань для закупки дорогого вимірювального обладнання.

Досягти підвищення надійності системи «контактний провід – струмознімальна вставка» можливо розробивши комплекс заходів неруйнуючого контролю струмознімальних пристроїв в умовах експлуатації, для чого необхідно провести дослідження механізмів, а також причин руйнування елементів контактної мережі та струмоприймачів електрорухомого складу.

Існує два найбільш часто застосовуваних методи контролю внутрішньої структури матеріалу: рентгенографія та ультразвукові дослідження, вони частково перекривають області застосування один одного і частково розширюють їх. Таким чином, багато завдань контролю можна вирішувати більш економічним і безпечним ультразвуковим методом, а в ряді спеціальних проблем (атомні електростанції, космічна промисловість) – використовувати рентген.

Принцип ультразвукового методу неруйнуючого контролю оснований на тому факті, що тверді матеріали являються хорошими провідниками звукових хвиль, за рахунок чого, хвилі відображаються не тільки від граничних поверхонь, але і від внутрішніх дефектів.

При визначенні методом ультразвукового контролю внутрішніх недоліків матеріалу виділяють наступні задачі:

- знаходження несучільностей;
- визначення їх розташування;
- оцінка розмірів;
- визначення властивостей.

Застосування ультразвукових методів неруйнуючого контролю дозволяє визначити якість нових чи вже експлуатованих вугільних вставок струмоприймачів електрорухомого складу та зробити висновок відповідно їх придатності для подальшої експлуатації.

Порівняння тягових властивостей електровозів ДЕ1 та 2ЕЛ4

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

Залізничний транспорт являє собою велику й складну технічну та соціально-економічну систему, котра перебуває в постійній взаємодії з галузями народного господарства, де в якості прямих зв'язків виступають пропозиції транспортних послуг, а зворотних – попит на залізничні перевезення.

В сучасних економічних умовах перед залізничним транспортом постає першочергове завдання по підвищенню якості перевезень, оперативності та ритмічності в роботі, зменшення термінів доставки вантажів та експлуатаційних витрат.

Залізниці займають одне з провідних місць в транспортній системі України, прогрес яких нерозривно пов'язаний зі станом всіх підрозділів Укрзалізниці. У зв'язку із цим дуже важливо підвищити рівень використання та надійність роботи всіх господарств. Аналіз діяльності залізниць показує, що питома вага витрат окремих господарств у загальній сумі експлуатаційних витрат не однакова. Найбільш високу питому долю (27,1%) займають витрати локомотивного господарства, господарства колії (24,9%) і вагонного господарства (11,8%).

Скорочення експлуатаційних витрат у локомотивному господарстві є актуальною проблемою, і одним з основних напрямків зменшення цих витрат є покращення якісних показників роботи локомотивного господарства.

В даній роботі, на підставі тягових розрахунків, проведено аналіз роботи електровозів ДЕ1 та 2ЕЛ4 з метою порівняння їх тягових властивостей та встановлення переваг тієї чи іншої серії електровозів.

Обидві серії електровозів прийшли на заміну фізично та морально застарілому електровозу ВЛ8 та мають практично однакові параметри: силу тяги, швидкість та потужність (годинна потужність електровоза ДЕ1 становить 6280 кВт, а 2ЕЛ4 – 6200 кВт).

В результаті виконаних розрахунків було проаналізовано тягові властивості порівнюваних електровозів та встановлено, що електровоз серії ДЕ1 може реалізувати більш високі значення швидкості руху, що також підтверджується досвідом їх експлуатації на Донецькій залізниці, де обидві серії (ДЕ1 та 2ЕЛ4) працюють в однакових умовах. Крім того, за результатами розрахунків було встановлено, що електровози розроблені на Дніпропетровському електровозобудівному заводі є економічнішими ніж електровози заводу «Луганськтепловоз». Але значна кількість відмов обладнання цих електровозів призводить до погіршення показників їх роботи, що надає більших переваг електровозам серії 2ЕЛ4.

Показано, що вдосконалення конструкції окремих вузлів електровозів ДЕ1 підвищить їх надійність та знизить долю матеріальних витрат локомотивного депо, пов'язаних з простоями електровозів на внепланових видах ремонтів, а показники використання цих електровозів вийдуть на один рівень з показниками електровозів 2ЕЛ4.

Дослідження ефективності застосування системи рекуперативного гальмування в умовах складного гірського профілю

Арсонов В.В., магістр, Горобець В.Л., д.т.н., Урсуляк Л.В., к.т.н. (ДНУЗТ)

Експлуатаційна роботи дільниць із складним гірським профілем колії має проводитися з безумовним дотриманням вимог безпеки руху поїздів. У відповідності до цього у 2010-2011 рр. проведено науково-дослідну роботу з оцінки можливості виключення з графіків руху вантажних та пасажирських поїздів технічної зупинки по пл. Скотарське, Львівської залізниці з метою підвищення її пропускної здатності. Передбачалося, що збільшення до трьох кількості локомотивів, що рекуперують на дільниці Лавочне-Бескид-Воловець дозволить не застосовувати пневматичне гальмування, тим самим не виснажуючи гальмівну магістраль та не припускаючи перегріву гальмівних колодок та коліс, що може бути вирішенням даного питання.

В рамках проведеної роботи було виконано: аналіз технічних характеристик та функціональних можливостей існуючої системи рекуперативного гальмування; дослідження технічного стану колії на дослідній дільниці; виконання дослідних поїздок у складі вантажних та пасажирських поїздів; проведення теоретичних розрахунків з метою оцінки поздовжніх сил, що виникають при русі вантажних та пасажирських поїздів типового складу; розгляд можливості збільшення інтенсивності використання рекуперативного гальмування шляхом переформування вантажних поїздів або зменшення їх вагових норм.

Актуальність даної роботи значно підвищується у зв'язку з пропозиціями щодо поповнення локомотивного парку Львівської залізниці перспективними локомотивами 2ЕС6 та 2ЕС10, які планується на вказаній дільниці.

Проведений комплекс робіт дозволив зробити наступні висновки.

Ведення пасажирських поїздів з використанням виключно рекуперативного гальмування (без виключення технічної зупинки по пл. Скотарське) можливе, але при умові забезпечення рекуперації по параметрам напруги у контактній мережі.

Підвищення пропускної здатності дільниці Лавочне-Бескид-Воловець не може бути досягнуте за рахунок виключення технічної зупинки по пл. Скотарське з позицій виконання умов безпеки руху поїздів по пл. Скотарське, реалізації близького до критичного рівню поздовжніх сил у вантажному поїзді при рекуперації трьома локомотивами, втрати ефективності роботи штовхачів при виключенні можливості їх відчеплення по пл. Скотарське, підвищення напруги в контактній мережі, що провокує непередбачені відключення схем рекуперації.

Пропонується подальше проведення досліджень з вирішення питання можливості застосування рекуперативного і реостатного гальмування, в першу чергу, в межах стрілочних переводів.

Автоматизированный стенд для выполнения прямо-сдаточных испытаний тяговых электродвигателей

Афанасов А.М., д.т.н, проф., Друбецкий А.Е., аспирант (ДНУЖТ)

Наибольшее распространение на испытательных станциях предприятий по производству и ремонту тягового подвижного состава получила схема с последовательно-параллельным включением источников питания. В данной системе используется тот же принцип, что и в схеме Хетчинсона. При этом обмотки возбуждения испытуемых

электрических машин включаются последовательно с якорем той машины, которая работает в режиме двигателя.

Характер управления параметрами взаимного нагружения тяговых электромашин при их приёмо-сдаточных (послеремонтных) испытаниях во многом определяет как качество самих испытаний, так и общие экономические затраты на их проведение. Существует ряд вариантов систем взаимной нагрузки электромашин, применение которых в ручном режиме регулирование крайне затруднено из-за проблем с их электромеханической устойчивостью.

В соответствии с ГОСТ 2582-81 система автоматического управления стендом взаимного нагружения тяговых электрических машин должна обеспечивать:

- стабилизацию напряжения на тяговой электромашине, работающей двигателем;
- стабилизацию тока тяговой электрической машины, работающей двигателем;
- стабилизацию частоты вращения валов тяговых электромашин;
- защиту от перегрузок по всем трём управляемым параметрам.

В соответствии с вышеизложенными требованиями была разработана и собрана система автоматизированная система управления стендом на базе контроллера Arduino. Данная СУ позволяет не только стабилизировать напряжение, ток и частоту вращения испытываемых машин, но и в зависимости от условий производства наращивать степень автоматизации всего процесса испытаний.

Выбор рациональных схем взаимного нагружения электрических машин тягового и моторвагонного подвижного состава

Афанасов А.М., д.т.н, проф., Друбецкий А.Е., аспирант (ДНУЖТ)

Снижение расхода электроэнергии на проведение приёмо-сдаточных послеремонтных испытаний тяговых электромашин является одной из актуальных проблем на предприятиях по ремонту тягового подвижного состава магистрального и промышленного транспорта. Испытания на нагрев тяговых электромашин на стенде взаимной нагрузки являются наиболее энергоёмкой частью всей программы испытаний. Энергетические затраты на проведение данного вида испытаний могут быть снижены как за счёт повышения энергетической эффективности системы взаимной нагрузки, так и путём оптимизации режима нагружения тяговых электромашин.

Полный ряд альтернатив схемных решений системы взаимного нагружения тяговых электромашин постоянного и пульсирующего тока последовательного возбуждения включает 20 вариантов. Задача выбора рациональных вариантов схемы взаимного нагружения тяговых электродвигателей и вспомогательных электромашин тягового и моторвагонного подвижного состава может быть разбито на следующие независимые подзадачи:

- определение рационального количества источников мощности;
- выбор рационального типа источника мощности;
- выбор рационального типа преобразователя мощности;
- выбор рационального способа регулирования возбуждения электромашин.

Каждая из данных подзадач является многокритериальной, но может быть рассмотрена отдельно. В качестве критериев выбора рационального варианта в каждой из подзадач необходимо рассматривать:

- минимум приведенной суммарной мощности источников и преобразователей;
- максимум энергетической эффективности системы взаимного нагружения;

- минимум расхождения тепловых нагрузок обмоток якорей и обмоток возбуждения испытуемых электромашин;
- возможность выполнения всех пунктов программы приёмо-сдаточных испытаний тяговых электромашин, предусмотренных ГОСТ 2582-81.

Суммарная мощность источников питания системы взаимного нагружения определяет себестоимость всего испытательного стенда, капитальные затраты на создание новых и модернизацию существующих испытательных станций, а следовательно, и сроки окупаемости такой модернизации. Энергетическая эффективность системы взаимного нагружения определяет общий расход электроэнергии и текущие расходы на проведение испытаний. Расхождение тепловых нагрузок обмоток тяговых электрических машин, испытуемых на нагрев на стенде взаимной нагрузки, определяет качество проведения приёмо-сдаточных испытаний. Возможность выполнения всех пунктов программы приёмо-сдаточных испытаний тяговых электромашин на стенде взаимной нагрузки является обязательным, так как диктуется требованиями ГОСТ 2582-81 и Правилами ремонта электрических машин тягового подвижного состава.

Использование системы взаимного нагружения электромашин рациональной структуры позволит существенно уменьшить как себестоимость испытательной станции, так и суммарные расходы электроэнергии на проведение послеремонтных испытаний тяговых электрических машин.

Анализ и синтез электромагнитной совместимости системы тягового электроснабжения и инфраструктуры на участках с высокоскоростным движением

Бадёр М.П., д.т.н., профессор, МГУПС (МИИТ)

Мировой опыт показывает, что на участках с высокоскоростными и тяжеловесными поездами с достаточно большим электропотреблением применяется система тягового электроснабжения переменного тока 27,5 кВ, которая имеет очень широкую возможность маневра энергетической эффективностью в зависимости от размеров движения. Так в сравнении с обычной системой электротяги 27,5 кВ система с усиливающими и экранирующими проводами (ЭУП) повышает провозную способность в 1,4 раза, автотрансформаторная система 2х25 кВ – в 1,8...1,9 раза. В США, Канаде, ЮАР применяется нетрадиционная система 50 кВ, обеспечивающая при длине межподстанционной зоны 60 км и 10-минутном интервале весовые нормы поездов до 20 тыс. тонн. Дальнейшее увеличение провозной способности может быть достигнуто повышением уровня напряжения питающего провода выше традиционного напряжения 25 кВ – 35, 65, 94, 110 кВ. Возможность реализации систем с нетрадиционным повышенным напряжением в питающем проводе, а также автотрансформаторной системы 2х50 кВ практически полностью снимает ограничения пропускной способности по условиям электроснабжения.

Известно также, что одним из направлений повышения надёжности и эффективности тяговой сети переменного тока является её усиление, так как недостаточность сечения проводов приводит к увеличению потерь энергии и напряжения и связанное с последним показателем снижение скорости движения поездов. В настоящее время наибольшее распространение получили способы усиления тяговой сети за счет включения усиливающих и экранирующих проводов (ЭУП). Определённый эффект даёт также применение устройств ёмкостной компенсации.

Существуют несколько способов повышения энергетической эффективности электрической тяги постоянного тока [1]. Один из них - это усиление системы тягового электроснабжения постоянного тока 3 кВ с помощью фидера постоянного тока повышенного напряжения 24 кВ и пунктов питания контактной сети на перегоне 24/3 кВ. При этом на тяговой подстанции устанавливается дополнительная выпрямительная установка 24 кВ. На пункте питания устанавливается преобразовательный модуль 24/3 кВ, состоящий из автономного инвертора и выпрямительного агрегата 3 кВ, а питающая линия прокладывается по опорам контактной сети

Резко повысить пропускную способность и эффективность электрической тяги постоянного тока позволяет уровень напряжения в тяговой сети постоянного тока 24 кВ [1, 2]. В том числе значительно увеличить расстояние между подстанциями, снизить сечение проводов тяговой сети, уменьшить потери электроэнергии в устройствах электроснабжения, полностью устранить несимметрию питающего напряжения. Всё это и отсутствие индуктивных потерь при постоянном токе может превзойти по эффективности все системы переменного тока.

Очередной виток научно-технического прогресса обусловлен бурным развитием силовой электроники и компьютерных технологий. Совершенствование системы электрической тяги и перспективы её развития предопределены необратимым процессом обновления всей системы преобразования энергии, затрачиваемой на перевозочный процесс. Применение преобразователей постоянного тока в трехфазный переменный ток, тиристорных преобразователей уровня напряжения постоянного тока, создание высокоэкономичных алгоритмов компьютерного управления преобразованием электроэнергии, замена коллекторных двигателей постоянного тока на бесколлекторные асинхронные трехфазного тока составляют основное направление технического перевооружения систем электрической тяги и в настоящее время широко используются в ряде промышленно развитых стран.

Новые системы тягового электроснабжения требуют прокладки дополнительных проводов и использования многопроводных линий, поэтому очень важно создать методику расчета распространения электромагнитных колебаний вдоль многопроводных линий тягового электроснабжения, что позволит с высокой степенью точности обосновать их электромагнитную совместимость со смежными коммуникациями связи и устройствами железнодорожной автоматики.

Электромагнитная связь линий имеет место при наличии одновременного электрического и магнитного влияний между двумя или несколькими электрически длинными линиями. В электрически длинных линиях напряжения и токи не могут рассматриваться независимыми друг от друга. Они связаны друг с другом через волновое сопротивление соответствующей линии (подобно тому, как электрические и магнитные поля электромагнитных волн связаны друг с другом через волновое сопротивление пространства).

Является ли линия электрически длинной или короткой, определяется во временной и частотной областях по разным критериям [1]: во временной области линия считается электрически длинной, если время нарастания передаваемых по ней импульсов имеет один порядок с временем распространения импульса вдоль линии или даже меньше его, и тем самым напряжение и ток линии зависят от места, т.е. $U = U(t, x)$ и $I = I(t, x)$; в частотной области линия считается электрически длинной, если комплексные амплитуды импульсов напряжения и тока зависят от расположения на линии, т.е. $U = U(x)$ и $I = I(x)$. Этот эффект имеет место, если длина волны имеет один порядок с длиной линии или даже меньше ее.

Математическое описание электромагнитной связи в многопроводных системах зависит от очень многих условий, поэтому принципиальный подход вначале

проиллюстрируем на двухпроводной системе. Затем формально этот подход распространим на $(n+1)$ - проводную систему.

На рис. 1 показаны полевая и цепочечная модели двух параллельных линий с общим обратным проводом. Переменное магнитное поле $H(x, t)$, связанное с линейным током активного проводящего контура 1 (полезный сигнал), вернее, его поток, пронизывает пассивный соседний проводящий контур 2 и индуцирует там напряжение, которое вызывает в этом контуре индуктивный паразитный ток. Вследствие имеющейся между обеими линиями разности потенциалов существует переменное электрическое поле $E(x, t)$ которое наводит в пассивной линии емкостный паразитный ток.

Отличие от чисто индуктивной и емкостной связей состоит в том, что при электромагнитной связи величины i , i , а также E и H являются функциями места и времени и, кроме того, связаны между собой волновым сопротивлением соответствующей системы.

При выводе дифференциальных уравнений для напряжений и токов в связанных линиях рассмотрим вначале электрически короткий участок линий длиной Δx (рис. 1, б). Индуцирующее действие магнитного поля мешающей системы моделируется в схеме замещения взаимной индуктивностью $L_{12}\Delta x$, действие электрического поля – емкостью связи $C_{12}\Delta x$.

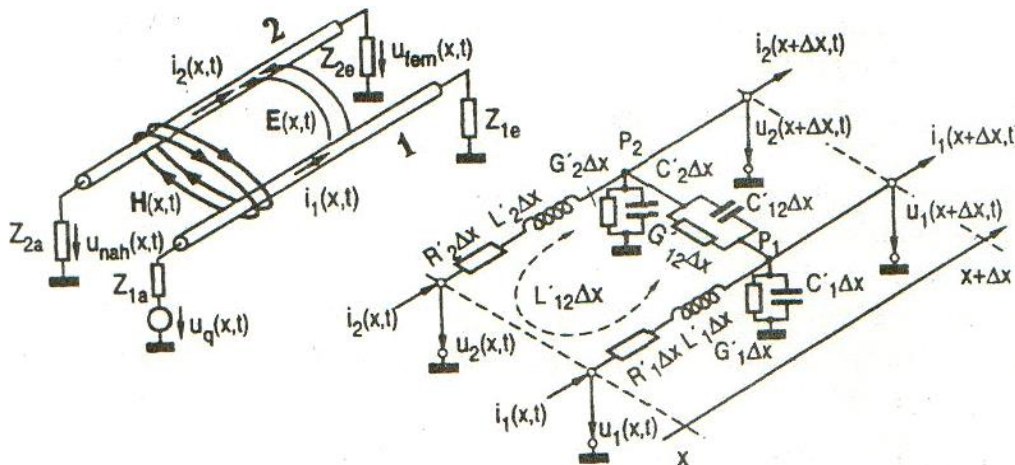


Рис. 1. Полевая (а) и цепочечная модель (б) электромагнитносвязанной двухпроводной системы с общим обратным проводом;

1 - линия, создающая помехи; 2 - линия, воспринимающая помехи; $R' = R/1$,
 $L' = L/1$, $C' = C/1$, $G' = G/1$ - удельные параметры линий

Применение второго закона Кирхгофа $\sum u = 0$ к контуру, образованному каждой линией с ее обратным проводом, последующее деление на Δx и, наконец, осуществление предельного перехода $\Delta x \rightarrow 0$ [1] дают:

$$\begin{aligned} \text{для линии 1} \quad & -\frac{\partial u_1(x,t)}{\partial x} = R'_1 i_1(x,t) + L'_1 \frac{\partial i_1(x,t)}{\partial t} + L'_{12} \frac{\partial i_2(x,t)}{\partial t}, \\ \text{а для линии 2} \quad & -\frac{\partial u_2(x,t)}{\partial x} = R'_2 i_2(x,t) + L'_2 \frac{\partial i_2(x,t)}{\partial t} + L'_{21} \frac{\partial i_1(x,t)}{\partial t}, \end{aligned} \quad (1)$$

Аналогично этому, применяя первый закон Кирхгофа к узлам P_1 и P_2 , получаем для линии 1 и для линии 2 соответственно:

$$\begin{aligned} -\frac{\partial i_1(x,t)}{\partial x} &= (G'_1 + G'_{12}) u_1(x,t) + (G'_1 + G'_{12}) \frac{\partial u_1(x,t)}{\partial t} - G'_{12} u_2(x,t) - C'_{12} \frac{\partial u_2(x,t)}{\partial t}, \\ -\frac{\partial i_2(x,t)}{\partial x} &= (G'_2 + G'_{21}) u_2(x,t) + (G'_2 + G'_{21}) \frac{\partial u_2(x,t)}{\partial t} - G'_{21} u_1(x,t) - C'_{21} \frac{\partial u_1(x,t)}{\partial t}. \end{aligned}$$

В этих уравнениях появляются частные производные, как по координате, так и по времени. Переходом из временной области в частотную. То есть, ограничением синусоидальных возбуждений и переходом к комплексным амплитудам, которые содержат коэффициент $e^{j\omega t}$, временная зависимость может быть исключена с помощью подстановок

$$\frac{\partial}{\partial t} \rightarrow j\omega; \quad \frac{\partial}{\partial x} \rightarrow \frac{d}{dx}; \quad u_i(x,t) \rightarrow \dot{U}_i; \quad i_i(x,t) \rightarrow \dot{I}_i$$

получаем системы обыкновенных дифференциальных уравнений в частной области:

$$\begin{aligned} \text{для линии 1} \quad & -\frac{d}{dx} \dot{U}_1 = (R'_1 + j\omega L'_1) \dot{I}_1 + j\omega L'_{12} \dot{I}_2 \\ \text{для линии 2} \quad & -\frac{d}{dx} \dot{U}_2 = j\omega L'_{21} \dot{I}_1 + (R'_2 + j\omega L'_2) \dot{I}_2 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{или для линии 1} \quad & -\frac{d}{dx} \dot{I}_1 = [G'_1 + G'_{12} + j\omega(C'_1 + C'_{12})] \dot{U}_1 - (G'_{12} + j\omega C'_{12}) \dot{U}_2 \\ \text{для линии 2} \quad & -\frac{d}{dx} \dot{I}_2 = (G'_{21} + j\omega C'_{21}) \dot{U}_1 + [G'_2 + G'_{21} + j\omega(C'_2 + C'_{21})] \dot{U}_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Переходя к матричной записи, можно компактно записать при одновременном сохранении наглядности:

$$-\frac{d}{dx} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (R'_1 + j\omega L'_1) & j\omega L'_{12} \\ j\omega L'_{21} & (R'_2 + j\omega L'_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$-\frac{d}{dx} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G'_1 + G'_{12} + j\omega(C'_1 + C'_{12}) & -(G'_{12} + j\omega C'_{12}) \\ -(G'_{21} + j\omega C'_{21}) & G'_2 + G'_{21} + j\omega(C'_2 + C'_{21}) \end{bmatrix}$$

Матрица коэффициентов

$$\begin{bmatrix} (R'_1 + j\omega L'_1) & j\omega L'_{12} \\ j\omega L'_{21} & (R'_2 + j\omega L'_2) \end{bmatrix} \quad (5)$$

называется матрицей удельных сопротивлений $[Z]$, матрица коэффициентов

$$\begin{bmatrix} G'_1 + G'_{12} + j\omega(C'_1 + C'_{12}) & -(G'_{12} + j\omega C'_{12}) \\ -(G'_{21} + j\omega C'_{21}) & G'_2 + G'_{21} + j\omega(C'_2 + C'_{21}) \end{bmatrix} \quad (6)$$

-матрицей полных удельных проводимостей $[Y]$.

При помощи этих сокращений системы линейных дифференциальных

$$-\frac{d}{dx} \begin{bmatrix} \dot{U} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I} \end{bmatrix} \quad (7)$$

уравнений (4) могут быть еще более упрощены:

$$-\frac{d}{dx} \begin{bmatrix} \dot{I} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Повторное дифференцирование по координате и взаимная подстановка приводят к обыкновенным дифференциальным уравнениям 2-го порядка для напряжений U и токов I ,

$$\frac{d^2}{dx^2} \begin{bmatrix} \dot{U} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{Y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{A} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\frac{d^2}{dx^2} \begin{bmatrix} \dot{I} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{Z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{A} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I} \end{bmatrix} \quad (10)$$

После подстановки соответствующих величин и граничных условий по этим уравнениям могут быть определены напряжения и токи в любой точке, в частности, в начале и в конце обеих линий в частотной области [1].

Для многопроводной системы с p параллельными прямыми проводами и одним общим обратным матрицы удельных полных сопротивлений и проводимостей вышеприведенных систем дифференциальных уравнений (9) и (10) могут быть формально записаны в виде:

Электромагнитная связь отображается в матрицах $[A]$ и $[B]$. Они, как правило, не

$$\begin{bmatrix} \dot{Z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (R'_{11} + j\omega L'_{11}) & j\omega L'_{12} & \dots & j\omega L'_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ j\omega L'_{n1} & j\omega L'_{n2} & \dots & (R'_{nn} + j\omega L'_{nn}) \end{bmatrix}$$

и

$$\begin{bmatrix} \dot{Y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n (G'_{1k} + j\omega C'_{1k}) & \dots & -(G'_{n1} + j\omega C'_{n1}) \\ \cdot & \dots & \cdot \\ -(G'_{n1} + j\omega C'_{n1}) & \dots & \sum_{i=1}^n (G'_{nk} + j\omega C'_{nk}) \end{bmatrix}$$

являются диагональными матрицами, так что напряжение и ток одной линии зависят от напряжений и токов всех других линий. Разделение дифференциальных уравнений возможно с помощью модального анализа. Этот подход демонстрируется для уравнения (9). В предположении существования матрицы преобразования $[T]$ линейным преобразованием с условием:

$$\begin{bmatrix} \dot{U} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{W} \end{bmatrix} \quad (11)$$

получают новые, друг от друга линейно независимые напряжения

$$\begin{bmatrix} \dot{W} \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} \dot{W}_1(x), \dots, \dot{W}_n(x) \end{bmatrix},$$

для которых справедливы известные уравнения [1] простой линии

$$\frac{d^2}{dx^2} \begin{bmatrix} \dot{W} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{\Gamma}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{W} \end{bmatrix} \quad (12)$$

с диагональной матрицей

$$\begin{bmatrix} \dot{\Gamma}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_1^2 & & 0 \\ & \cdot & \\ 0 & & \gamma_n^2 \end{bmatrix}$$

Величины γ_1 представляют собой известные из теории простой линии комплексные постоянные распространения. Если ввести в (9) преобразование, то получим:

$$\frac{d^2}{dx^2} \begin{bmatrix} \dot{W} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{A} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{W} \end{bmatrix} \quad (13)$$

При этом должны соблюдаться соотношения

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{A} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \dot{\Gamma}^2 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} \dot{A} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\Gamma}^2 \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (14)$$

что непосредственно следует из сравнения (12) и (13). Для определения элементов неизвестной матрицы преобразования $[T]$ прежде всего нужно определить собственные значения матрицы $[A]$ из характеристического уравнения

$$\text{Del} \left(\begin{bmatrix} \dot{A} \end{bmatrix} - \lambda [E] \right) = 0$$

Матрица $[E]$ представляет собой единичную матрицу. Решение характеристического уравнения приводит к линейному уравнению n -ой степени, решения которого $\lambda_1, \dots, \lambda_n$, называются собственными значениями матрицы $[A]$ и идентичны с квадратами постоянных распространения γ_1 . Элементы матрицы преобразования $[T]$ получают, например, путем применения правила Крамера [1].

Таким образом, с помощью модального анализа получают n новых волн напряжения, которые независимо друг от друга с принадлежащими им постоянными распространения движутся по проводной системе. Эти волны называют собственными волнами или модами системы. Продемонстрированный выше подход может быть применен и к (10). Таким образом, каждое состояние связанной проводной системы по напряжению и току может быть представлено наложением ее собственных волн.

Так как для каждой собственной волны справедливо волновое уравнение, то, как и для простой линии, система дифференциальных уравнений (12) может быть решена по экспоненциальному закону Даламбера для каждой собственной волны отдельно:

После определения векторов-столбцов прямой волны $[K]$ и обратной волны $[K_0]$ из граничных условий в началах линий получают путем несколько более длинных

$$\begin{bmatrix} \dot{W} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e^{-\gamma x} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{K} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e^{+\gamma x} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{K}_0 \end{bmatrix}$$

вычислений напряжения и тока в любом месте многопроводной системы в зависимости от напряжений и токов в началах линий,

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \dot{U}(x) \end{bmatrix} &= \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} e^{-\gamma x} \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{U}(0) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{\Gamma} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{Z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}(0) \end{bmatrix} \right) + \right. \\ &+ \left. \begin{bmatrix} e^{+\gamma x} \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{U}(0) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{\Gamma} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{Z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}(0) \end{bmatrix} \right) \right\}, \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \dot{I}(x) \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \dot{Z} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I} \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} e^{-\dot{\gamma}x} \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{U}(0) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{I} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{Z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}(0) \end{bmatrix} \right) - \right. \\ \left. - \begin{bmatrix} e^{+\dot{\gamma}x} \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{U}(0) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{I} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{T} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{Z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}(0) \end{bmatrix} \right) \right\}. \end{aligned} \quad (16)$$

Эти уравнения называются также обобщенными телеграфными уравнениями $(n + 1)$ - проводной системы. Первый член описывает бегущие по проводной системе, второй - обратные волны. Из наложения бегущих и обратных волн напряжения и тока получаются напряжения и токи в любом месте проводной системы.

При учете условий соединений в начале и конце линий из телеграфных уравнений при двух линиях могут быть определены возникающие на концах линии напряжения связи. Рассмотрение связанных многопроводных систем во временной области математически получается более сложным. По данному вопросу имеется обширная специальная литература, приведенная в [1].

В исходные данные вносится расчетная схема замещения. Определяются для данной схемы конкретные значения параметров ветвей нагрузки и источников напряжения, а также характеристики проводов линий: тяговой сети; двухпроводной линии связи; трехфазной трехпроводной линии продольного электроснабжения напряжением 10 кВ; трехфазных фильтров.

Так как к линиям продольного электроснабжения 10 кВ подключается большое количество однофазных потребителей, как правило, малой мощности (например, освещение переездов, электроснабжение линейно-путевых зданий на перегонах и остановочных пунктах, резервное питание сигнальных точек автоблокировки и ряд других потребителей), то на схеме замещения нагрузка может быть задана средними значениями элементов активно-индуктивного характера R_H , L_H и условно приложенная в конце фидерного участка.

Зная токи и напряжения в любой заданной точке многопроводной линии тягового электроснабжения определяются наведенные напряжения в смежной линии и электромагнитное влияние тяговой сети и линий продольного электроснабжения на коммуникации связи и цепи железнодорожной автоматики.

Заключение. Предложена методика расчета электромагнитных процессов в многопроводных линиях тягового электроснабжения. Выполненные исследования и проведенный анализ показали возможность моделирования распространения электромагнитных колебаний вдоль многопроводных линий тягового электроснабжения, которые позволяют определять не только токи и напряжения в любой заданной точке многопроводной линии, но и одновременно наведенные напряжения в смежной линии. Всё это позволяет с высокой степенью точности проводить обоснование электромагнитной совместимости тяговой сети и линий продольного электроснабжения с коммуникации связи и цепями железнодорожной автоматики.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. П. Бадер. Электромагнитная совместимость. Учебник для вузов. М.: Транспорт, 2002. 640 с.
2. М.П. Бадер, Ю.М. Иньков. О повышении энергетической эффективности преобразовательного оборудования тяговых подстанций. Журнал "Электричество" 2008 г., № 2, с. 60-65.

Вплив якості живлячої енергії на термін служби допоміжних машин електрорухомого складу змінного струму

Балійчук О.Ю., Маренич О.Л., Дубинець Л.В. (ДНУЗТ)

На електровозах та електропоїздах змінного струму залізниць України для привода допоміжних пристроїв (компресорів, вентиляторів, насосів та т.п.) встановлені загальнопромислові асинхронні двигуни (АД) трифазного струму, які отримують живлення від фазорозщеплювача. Якість живлячої електроенергії при цьому суттєво відрізняється в гірший бік від вимог ГОСТ 13109-97, який визначає норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. В результаті загальнопромислові АД на електрорухомому складі залізниць працюють в дуже складних умовах з точки зору нагрівання ізоляції. Дослідження показали, що найбільший вплив на додаткове нагрівання ізоляції допоміжних машин в порівнянні з номінальним режимом мають такі фактори як несиметрія та відхилення живлячої напруги. Під номінальним режимом системи фазорозщеплювач – допоміжні машини розуміємо режим при номінальній (25 кВ) напрузі у контактній мережі та при працюючих у номінальному режимі усіх допоміжних машин одночасно.

В номінальному режимі фазорозщеплювач забезпечує майже симетричну систему живлення. Допоміжні АД при цьому працюють при якості живлячої електроенергії близької до вимог ГОСТ 13109-97. Але в реальних умовах в більшості випадків режим роботи вказаної системи суттєво відрізняється від номінального по вказаним вище факторам, що сприяє додатковому нагріванню ізоляції двигунів.

Статистичний аналіз показує, що основна причина виходу з ладу допоміжних машин електровозів та електропоїздів змінного струму – це достроковий вихід з ладу їх ізоляції. Тому проведені дослідження з метою встановлення сумарного впливу несиметрії живлячої напруги та її відхилення від номінального значення на додаткове нагрівання ізоляції допоміжних машин і відповідно на зменшення терміну служби цих машин. Наприклад, термін служби допоміжних машин при реальних коефіцієнті несиметрії живлячої напруги 7% та відхиленні її від номінального значення (220 В) в межах 150...280 В скорочується до 20%. Потрібно з використанням отриманих при дослідження результатів розробити рекомендації по зменшенню впливу вказаних факторів на термін служби допоміжних машин.

Вплив деяких показників якості електричної енергії на стан ізоляції нетягових споживачів на електрорухомому складі змінного струму

Балійчук О.Ю., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна

Відповідно до чинного міждержавного стандарту ГОСТ 13109 – 97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», до показників якості (ПЯ) електричної енергії відносять наступні: усталене відхилення напруги, розмах зміни напруги, доза флікера, коефіцієнт спотворення синусоїдності кривої напруги, коефіцієнт n-ої гармонічної складової напруги, коефіцієнти несиметрії напруги за зворотною і нульовою послідовністю, відхилення частоти, тривалість провалу напруги, імпульсна напруга, коефіцієнт тимчасової перенапруги та інші.

З точки зору впливу на довговічність роботи нетягових споживачів електрорухомого складу (ЕРС) змінного струму – асинхронних двигунів (АД) допоміжних машин, найбільшого впливу завдають такі ПЯ електричної енергії, як: усталене відхилення напруги, коефіцієнти несиметрії напруги за зворотною і нульовою послідовністю і коефіцієнт спотворення синусоїдності кривої напруги.

Зниження тривалості служби АД при несинусоїдності, несиметрії та відхиленнях напруги пов'язано, передусім, з тепловим старінням ізоляції через перевищення температури обмотки статора. Опір зворотної послідовності АД в 5 – 7 разів менше опору прямої послідовності, тому навіть незначна несиметрія напруг викликає значну несиметрію струмів, яка викликає додатковий нагрів і прискорене старіння ізоляції обмотки статора. При несинусоїдності напруги виникає перегрів за рахунок додаткових втрат активної потужності в обмотках статора, ротора і сталі АД. Значного впливу на теплове старіння ізоляції і скорочення терміну служби АД завдають відхилення напруги.

Для електричних мереж загального призначення нормально допустимі і гранично допустимі значення відхилення показників якості електричної енергії встановлено названим стандартом. Для відхилення напруги нормально допустиме значення складає $\pm 5\%$, гранично допустиме становить $\pm 10\%$. Для коефіцієнта несиметрії напруги за зворотною послідовністю нормально допустиме значення – 2% , гранично допустиме – 4% . Коефіцієнт спотворення синусоїдності кривої напруги в залежності від величини значення напруги може мати нормально допустиме значення 8...2 (зі зменшенням значення при збільшенні величини напруги в мережі), а гранично допустиме 12...3 (при тих же умовах).

Якість електричної енергії в тягових мережах електрифікованих залізниць, а тим більше в системах живлення допоміжних машин на ЕРС, вказаним стандартом не нормуються. Як показують дослідження, значення ПЯ електричної енергії в названих системах відрізняються від стандартних, що досить негативно відображається на безвідмовності і надійності роботи допоміжних машин.

В якості приводних двигунів допоміжних машин на рухомому складі застосовують АД загальнопромислового призначення, розраховані для роботи в мережах із нормованими ПЯ.

Аналіз статистики виходу з ладу допоміжних машин свідчить про те, що питання підвищення якості електричної енергії в системах живлення допоміжних машин на електрорухомому складі є актуальною. Необхідним заходом із підвищення надійності роботи допоміжних машин також є впровадження спеціальних симетрокомпенсуючих пристроїв на ЕРС змінного струму.

Комбинированное имитационное моделирование как метод исследования несинусоидальных режимов в электрических сетях с преобразователями частоты

Бараненко Т.К., Саравас В.Е.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Методы исследования электромеханических систем с преобразователями частоты условно можно разделить на аналитические и методы имитационного моделирования. Среди первых можно выделить кусочно-припасовочный, метод переменных состояния, разностных уравнений, методы, основанные на теореме умножения и интеграле Дюамеля, методы на основе рядов Фурье и Уолша, вероятностные методы. Каждый из перечисленных методов имеет свои области применения, достоинства и недостатки. Они весьма удобны для анализа простых систем, но с ростом числа взаимовлияющих

элементов математическое описание объекта исследования усложняется в геометрической прогрессии.

Методы имитационного моделирования, используемые для исследования объектов в системах практически любой сложности для получения зависимостей, характеризующих их свойства, требуют проведения модельного эксперимента.

С развитием вычислительной техники появилось новое направление моделирования – комбинированное, являющееся синтезом имитационного и аналитического моделирования. Это привело к новым возможностям моделирования комплексных систем, в том числе и систем с преобразователями частоты. Теперь модель представляет собой имитационный объект исследования, выраженный с помощью аналитических зависимостей. С ростом объема памяти и скорости вычислений ЭВМ стало возможным рассчитывать сложные аналитические выражения при сохранении наглядности имитационного моделирования.

Основным преимуществом метода комбинированного имитационного моделирования является то, что это стохастический подход, позволяющий учитывать влияние множественных случайных факторов. Этот метод позволяет построить адекватную модель сложной системы, дает возможность исследовать поведение модели как в определенный момент времени, так и в течение длительного периода (статическая и динамическая имитация); нередко данный метод применяется для изучения новой системы перед проведением эксперимента на реальной системе.

С точки зрения рассмотрения вопроса распространения гармонических искажений в электрических сетях с преобразователями частоты метод комбинированного имитационного моделирования является наиболее подходящим, так как он удовлетворяет ряду необходимых условий. Применение данного метода позволяет получить наглядную картину о гармонических искажениях сетевого тока и напряжения, вносимых источниками искажений. С помощью данного метода представляется возможным определить уровень гармонических искажений, вносимых в питающую сеть преобразователями частоты, с учетом множества факторов, которые при использовании других методов выносятся в допущения, снижая тем самым точность полученных результатов.

Анализ кривых выходного напряжения и входного тока преобразователей частоты, а также соответствующих амплитудных спектров, полученных путем имитационного моделирования и экспериментально, подтверждает корректность использования метода комбинированного имитационного моделирования для исследования гармонических искажений в электрических сетях с преобразователями частоты.

Экспериментальные исследования температурных режимов работы тепло-электро-аккумуляторов

Белименко С.С., Ищенко В.А. (ДНУЖТ)

Эффективное использования энергии является одной из важных задач в общей проблеме энергосбережения. Известно, что невозможность регулирования процесса выработки электроэнергии по времени суток приводит к существенным её потерям. В тех случаях, когда электроэнергия используется для отопления, возможность рационального её расходования предоставляют тепло-электро-аккумуляторы. За счет электрического нагрева теплоаккумулирующего тела в ночное время, этот процесс называется зарядкой аккумулятора, происходит накопление тепла, которое в дневное время выделяется, т.е. происходит его разрядка, и обогревает помещение, где он установлен. При массовом

применении таких аккумуляторов в домах индивидуального отопления, на железнодорожном транспорте и других отраслях народного хозяйства, можно существенно снизить потери электроэнергии.

Накопления тепла обусловлено сложными процессами теплообмена между нагревающими элементами аккумулятора и теплоаккумулирующим телом. Исследование этих процессов осуществлялось на тепловых аккумуляторах различной мощности с использованием специализированного обеспечения фирмы Testo 2.3.10.09.2009, которое позволило получить не только термограммы, но и выполнить статистическую обработку результатов экспериментов.

Экспериментальные результаты замера температур при заряде аккумулятора в различных точках теплоаккумулирующего тела показали существенную температурную неравномерность, под которой понимается отклонение температуры в точке замера по отношению к средней температуре теплоаккумулирующего тела в фиксированный момент времени. С увеличением мощности аккумулятора температурная неравномерность увеличивается. Из экспериментальных данных следует, что до температуры 400°C температурная неравномерность максимальная и может достигать 30-40%. При достижении температуры теплоаккумулирующего тела порядка 400°C температурная неравномерность уменьшается до 3-5%. Влияние обдува при заряде аккумулятора незначительное.

Температурная неравномерность теплоаккумулирующего тела теплового аккумулятора при зарядке, как показывают экспериментальные данные, весьма значительна, поэтому её необходимо учитывать при расчете емкости и массы теплоаккумулирующего тела. В тоже время при разряде тепловых аккумуляторов температурная неравномерность теплового поля несколько ниже и существенно снижается при саморазряде.

Опасность температурной неравномерности заключается в том, что она приводит к появлению значительных температурных напряжений и больших температурных деформаций. Эта особенность заставляет с особой тщательностью подходить к проектированию основных рабочих элементов тепловых аккумуляторов.

Анализ экспериментальных данных показывает, что соотношение накопленного количества теплоты и электрической мощности находится в пределах 60-90%. Это обстоятельство позволяет при использовании ночного тарифа зарядить тепловой аккумулятор до полной емкости и разрядить его на 70-80%.

Полученные экспериментальные данные позволили уточнить процессы теплообмена в рабочих каналах аккумулятора при зарядке и разрядке и на этой основе разработать научные подходы к проектированию тепло-электро-аккумуляторов заданной мощности, массовое внедрение которых позволит эффективно использовать электроэнергию.

Скорочення енерговитрат на формування поїздів за рахунок удосконалення спеціалізації сортувальних колій

Березовий М. І., Козаченко Д.М., Вернигора Р.В. (ДНУЗТ)

В умовах ринкової економіки та конкуренції з іншими видами транспорту одним з вагомих факторів забезпечення високої ефективності експлуатаційної роботи залізниць є впровадження прогресивної ресурсо- та енергозберігаючої технології на етапі поїздоутворення на сортувальних станціях, що дозволить підвищити ефективність використання їх технічного забезпечення та зменшити собівартість перевезень. Одним із способів зменшення витрат при розформуванні-формуванні поїздів без зміни технічного

забезпечення сортувальних парків є вибір раціональної спеціалізації сортувальних колій. Дослідження технічного забезпечення, схем колійного розвитку сортувальних парків, довжин та поздовжнього профілю їх сортувальних колій, поздовжнього профілю спускної частини гірок, параметрів вагонопотоків окремих призначень плану формування показали суттєву їх різницю між собою, що дозволило поставити задачу вибору раціональної спеціалізації сортувальних колій для забезпечення мінімальних витрат, пов'язаних з розформуванням-формуванням поїздів.

Сумарні середньодобові витрати сортувальної станції, грн., що пов'язані з поїздоутворенням певного призначення плану формування s визначаються за формулою

$$C_s = C_{\text{пр},s} + C_{\text{пс},s} + C_{\text{зф},s} + C_{\text{вист},s} + C_{\text{кг},s},$$

де $C_{\text{пр},s}$ – витрати на підтягування та осаджування вагонів на колії; $C_{\text{пс},s}$ – витрати на повторне сортування вагонів даного призначення з відсівних колій; $C_{\text{зф},s}$ – витрати на закінчення формування составів; $C_{\text{вист},s}$ – приведені витрати на виставку составів з урахуванням витрат палива маневровими локомотивами та витрат, на відновлення верхньої будови колій хвостової горловини; $C_{\text{кг},s}$ – приведені витрати на відновлення верхньої будови колій гірочної горловини.

Розподіл доцільно проводити таким чином, щоб отримати оптимальний ефект, тобто мінімальні загальні експлуатаційні витрати на розформування-формування поїздів.

Оптимізаційна задача формулюється наступним чином. Обмежену загальну кількість сортувальних колій w , що може бути об'єднана у групи $g=1 \dots k$, що складаються з підгруп з кількістю колій від однієї g_1 до g_{max} , (g_{max} відповідає максимальній кількості груп у групових поїздах) необхідно розподілити серед обмеженої кількості одnogрупних та групових составів поїздів $s=1 \dots m$. Змінними є призначення, що накопичуються на виділеній групі колій x_{sg} , при цьому $x_{sg}=1$ якщо група колій g виділяється для накопичення состава s , інакше $x_{sg}=0$.

При виділенні для составів s -го призначення g -тої групи колій показник ефективності, складає C_{sg} . Задача полягає у пошуку таких значень x_{sg} , які забезпечують для цільової функції

$$Z(x_{sg}) = \sum_{s=1}^m \sum_{g=1}^k C_{sg} x_{sg}$$

мінімальне значення при наступних обмеженнях: для кожного призначення може бути виділена одна група колій; на кожній колії можуть накопичуватись вагони лише одного призначення.

Наведена задача є цілочисельною задачею лінійного програмування з булевими змінними. Через значну розрідженість, велику розмірність та виродженість методами лінійного програмування розв'язати задачу немає можливості, тому для пошуку раціонального розподілу сортувальних використовувались комбінаторні методи. Графічно задачу розподілу сортувальних колій можна представити у вигляді зваженого орієнтованого графа $G=(V, E)$ з вершинами типу $v_n \in V$, $v_r \in V$ та $v_k \in V$ що відповідають призначенням, групам колій та коліям.

Дуги орграфа $v_n \rightarrow v_r$ вказують на виділення групи колій для накопичення деякого призначення з відповідними витратами, що пов'язані з накопиченням составів призначення v_n на групі колій v_r . Дуги графа $v_r \rightarrow v_k$ вказують на використання в групі v_r деякої колії v_k . Оптимальним є таке допустиме рішення при якому загальна вага дуг, що включені у оргграф G^* є мінімальною. Пошук оптимального розподілу сортувальних колій між призначеннями вагонопотоків здійснюється за допомогою методу гілок та меж. На підставі запропонованих методів розроблено алгоритми для автоматизованого рішення задачі вибору спеціалізації сортувальних колій та доведено їх до програмної реалізації.

Постановочные вопросы к стратегии энергосбережения УЗ

Битюков С.Д. (Донецкая ж.д.)

I. Электроэнергетика.

1. Совершенствование системы учёта электроэнергии.

1.1 Построение внутреннего периметра АСКУЭ (железнодорожные предприятия) позволит оперативно получить информацию о расходе электроэнергии, сигнализировать о загрузке эл. сетей, потерях в эл. сетях, принимать оперативные меры по их уменьшению и планировать работы по модернизации, подключению новых мощностей, автоматизировать реализацию электроэнергии.

1.2 Построение подсистемы учёта эл. отопления (оперативный контроль за расходом эл. энергии, корректировка и планирование заявок в ОРЭ).

1.3 Установка высокоточных интеллектуальных приборов учёта на электроподвижном составе с возможностью передачи данных в АСКУЭ (анализ потребления, уменьшение условных потерь, осуществление контроля за режимами ведения подвижного состава, а в долгосрочной перспективе дорогам как лицензиатам представиться возможность добиваться включения контактной сети в состав сетей лицензионной деятельности).

1.4 Оснащение многоквартирных домов системой АСКУЭ (контроль за расходом эл. энергии, уменьшение коммерческих потерь, автоматизация реализации эл. энергии)

1.5 Вынос приборов учёта эл. энергии в частном секторе на фасады зданий.

2. При проектировании новых участков электрификации на постоянном роде тока для тягового электроснабжения принимать в качестве образцовой схему преобразования 35/3.3 вместо схем 10/3.3 и 6/3.3, т.е. тяговые преобразовательные агрегаты подключать к сети 35 кВ (это позволит значительно экономить финансовые ресурсы на стоимости закупки эл. энергии, т.к. стоимость эл. энергии I класса – 35 кВ и выше значительно ниже стоимости эл. энергии II класса – 6, 10 кВ)

3. Замена (перевод) преобразовательных агрегатов с 6-ти на 12-ти пульсовые схемы выпрямления с применением современной элементной базы, а именно диодов и тиристоров более высокого класса, что позволит снизить их количество в выпрямителе, а соответственно количество контактных соединений и длину шин (уменьшение потерь в контактах и на охлаждение).

4. Рассмотреть вопрос возможности перевода крупных железнодорожных узлов с электроснабжения напряжением 6 кВ на 10 кВ (уменьшение потерь при трансформации эл. энергии).

5. Замена устаревших прожекторов и светильников с большим потреблением эл. энергии и низкой светоотдачей, на экономичные для освещения станций, остановочных пунктов, переездов, цехов предприятий (экономия эл. энергии).

6. Применение тепловых кумулятивных нагревательных установок, нагревательных установок на принципе инфракрасного излучения, нагревателей УФО и других передовых технологий для обогрева служебно-технических помещений.

7. Рассмотреть вопрос замены централизованной обдувки стрелок на мобильные, в частности в отдаленных районах горловин станций, на станциях, где значительно снижены грузоперевозки и незначительны объемы пассажироперевозок (экономия эл. энергии).

8. Рассмотреть вопрос целесообразности применения «пневмопочты» для доставки поездных документов (экономия эл. энергии).

9. Рассмотреть целесообразность формирования сдвоенных поездов.

11. Рассмотреть возможность и целесообразность отстоя и прогрева электроподвижного состава в холодное время года в ангарах с автономными системами отопления.

II. Экономия ГСМ по хозяйству электроснабжения.

1. Закупка автомотрис с буровой установкой-манипулятором в каждое ЭЧ для замены одиночных дефектных опор контактной сети в замен установочных комплексов, которые используются при капитальном строительстве и массовой замене опор.

2. Замена карбюраторных автолетучек, автокранов, автовышек и прочей автомобильной техники в дистанциях электроснабжения на современную экономную дизельную автотранспортную технику (возможно приобретение за счёт средств лицензионной деятельности по инвестиционной программе).

Усовершенствование конструкции сортировочных горок с целью сокращения энергозатрат на расформирование составов

Бобровский В.И., Колесник А.И., ДНУЖТ

Расформирование составов является одним из наиболее важных технологических процессов технических станций, который требует значительных энергетических затрат. При этом основные энергозатраты связаны с расходом топлива локомотивов на надвиг и роспуск составов, а также расходом электроэнергии на работу вагонных замедлителей. Существенное влияние на величину энергетических затрат и качество сортировочного процесса оказывает высота и конструкция продольного профиля сортировочной горки. Высота горки и параметры профиля, совместно с установленными режимами торможения, определяют динамику скатывания вагонов, влияют на величину интервалов между отцепами, скорость их соударения, а также степень заполнения сортировочных путей. В этой связи оптимизация параметров продольного профиля горки и ее высоты, с целью минимизации эксплуатационных расходов, представляет собой весьма важную задачу, которую необходимо решать при проектировании сортировочных горок. При этом необходим комплексный расчет высоты и параметров профиля горки.

Одним из основных требований к конструкции горки является обеспечение докатывания плохого бегуна от вершины горки (ВГ) до расчетной точки (РТ) на сортировочном пути. Как показали исследования, скорость отцепа в РТ $V_{рт}$ зависит не от отдельных элементов профиля, а в целом от его конструкции от ВГ до РТ. С целью характеристики профиля горки на протяжении от ВГ до РТ введен такой параметр, как коэффициент вогнутости профиля μ , представляющий собой отношение площади продольного сечения данной горки к максимально возможной площади при одинаковой высоте горки. Профиль горки с максимальной площадью продольного сечения представляет собой однородный уклон от ВГ до РТ. Установлено, что при постоянной высоте горки с увеличением величины μ скорость $V_{рт}$ существенно сокращается, а при увеличении высоты величина $V_{рт}$ возрастает. В этой связи возникает задача определения такой конструкции профиля, вогнутость μ которого обеспечит докатывание плохого бегуна до расчетной точки при наименьшей высоте сортировочной горки. Минимизация высоты позволит сократить расходы топлива при надвиге составов на горку и при вытягивании групп вагонов из сортировочного парка с целью их повторной сортировки, а также уменьшить число включений замедлителей при расформировании составов.

Продольный профиль, который обеспечивает докатывание до расчетной точки при наименьшей высоте горки, представляет собой однородный уклон от ВГ до РТ. При этом реализация подобного профиля невозможна, поскольку уклоны всех элементов имеют

определенные эксплуатационные ограничения. Так, значения уклонов скоростного участка должны определяться исходя из обеспечения надежного разделения отцепов на первом разделительном элементе. Параметры уклонов стрелочной зоны рассчитываются исходя из обеспечения необходимого поперечного уклона сортировочных путей. Следовательно неизвестными остаются уклоны участков I тормозной позиции ($i_{ТП}$), промежуточного элемента ($i_{пр}$) и II тормозной позиции ($i_{ТПII}$). Таким образом, необходимо определить такой вектор параметров $I^* = (i_{ТП}, i_{пр}, i_{ТПII})$, который обеспечит остановку расчетного плохого бегуна в РТ при наименьшей высоте горки.

Для решения поставленной задачи первоначально определяется область допустимых параметров $i_{ТП}, i_{пр}, i_{ТПII}$, при которых вогнутость профиля μ обеспечивает остановку плохого бегуна в расчетной точке. В дальнейшем, в полученной области с использованием метода Хука-Дживса определяется вектор I^* , при котором высота горки наименьшая.

Как показали исследования, расчет продольного профиля с использованием предложенной методики позволяет снизить высоту горки на 7...10 % по сравнению с существующими подходами к проектированию сортировочных горок, что дает возможность уменьшить энергетические затраты на переработку вагонов и повысить качество сортировочного процесса.

Оценка энергетических затрат на надвиг и роспуск составов на сортировочной горке

Бобровский В. И., Демченко Е. Б. (ДНУЖТ)

В условиях постоянного удорожания энергоресурсов внедрение ресурсосберегающей технологии переработки вагонопотоков является приоритетным направлением повышения эффективности функционирования сортировочных станций. Известно, что энергетические затраты на расформирование состава на сортировочной горке состоят из затрат топлива на его надвиг и электроэнергии на торможение отцепов. Поэтому эффективное решение задачи ресурсосбережения в подсистеме расформирования возможно при условии комплексного рассмотрения процессов надвига и роспуска. Однако, как показал анализ, в настоящее время исследования указанных процессов выполняется, как правило, раздельно. Так, существующие модели надвига не позволяют оценивать влияние принятого режима расформирования состава на условия интервального и прицельного торможения его отцепов. Вместе с этим, в известных моделях процесса роспуска начальная скорость отцепов принимается постоянной, что не соответствует реальному режиму надвига составов на горку.

Для решения указанной проблемы была построена комплексная имитационная модель процесса надвига и роспуска составов, которая на основе тяговых расчетов, адаптированных к условиям маневровой работы, детально имитирует режим работы горочного тепловоза и процесс движения расформируемого состава. В результате моделирования может быть определен расход топлива; при этом был выполнен анализ различных методик определения указанного расхода, основанных на использовании как расходных характеристик локомотивов и величины часового расхода топлива, так и зависимостей расхода от эффективной мощности дизеля и выполненной механической работы силы тяги.

С целью выявления наиболее эффективной методики для определения затрат топлива тепловозами на расформирование составов были выполнены экспериментальные исследования сортировочного процесса в четной системе станции Нижнеднепровск-Узел.

При этом фиксировались: параметры расформируемого состава, динамика перевода контроллера машиниста при надвиге и роспуске состава, моменты отрыва отцепов на вершине горки, продолжительность полурейса надвига и роспуска, расход топлива горочным тепловозом (с помощью системы «БИС-Р»). Также были получены данные о конструкции плана и продольного профиля путей парка приема 3 и сортировочной горки четной системы рассматриваемой станции. С использованием указанных данных и построенной модели выполнено имитационное моделирование расформирования 17 реальных составов поездов.

Проведенные исследования показали, что расход топлива горочным тепловозом при расформировании составов на сортировочной горке целесообразно определять на основе величины выполненной в процессе надвига и роспуска механической работы силы тяги локомотива. Статистический анализ результатов натурных наблюдений и имитационного моделирования, выполненный с использованием T -критерия Уилкоксона для связанных выборок, свидетельствует об адекватности разработанной модели для оценки расхода топлива при надвиге и роспуске составов на сортировочных горках.

Таким образом, разработанная модель надвига и роспуска позволяет с достаточной точностью имитировать процесс расформирования составов на сортировочной горке и определять соответствующий расход топлива горочным локомотивом. Данная модель позволяет комплексно оценивать качество сортировочного процесса и может быть использована в системе поддержки принятия решений для определения энергоэффективных режимов функционирования сортировочных комплексов станций.

Розробка енергоефективної методики оптимізації режимів гальмування відчепів на сортувальних гірках

Бобровський В. І., Дорош А. С. (ДНУЗТ)

В умовах скорочення експлуатаційних витрат на переробку вантажних вагонопотоків на залізницях України актуальною залишається задача зменшення витрат енергоресурсів на розформування составів на сортувальних гірках. В даний час пошук шляхів вирішення цієї проблеми ведеться за кількома напрямками: створення нових і модернізація існуючих технічних засобів регулювання швидкості скочування вагонів, удосконалення існуючих та розробка нових алгоритмів керування гальмівними позиціями, спрямованих на зменшення витрат при гальмуванні, поліпшення конструкції плану і профілю сортувальних гірок, заміна маневрових тепловозів електровозами при виконанні насуву составів, що розформовуються та ін.

Одним із можливих заходів, спрямованих на зменшення витрат енергоресурсів при розформуванні составів, є оптимізація режимів гальмування відчепів, що скочуються з гірки. Вирішення цієї задачі дозволить скоротити як безпосередні витрати на гальмування відчепів, так і обсяг маневрової роботи, пов'язаної з ліквідацією вікон на коліях сортувального парку і повторним сортуванням вагонів внаслідок їх нерозділення на стрілках. Як показав аналіз наукових робіт, присвячених цій проблемі, в даний час задача оптимізації режимів скочування відчепів з гірки повністю не вирішена; відсутня теоретична оцінка нижньої межі необхідних витрат енергоресурсів на розформування составів на гірках. В той же час зазначена оцінка необхідна для аналізу роботи сортувальних гірок і розробки заходів, спрямованих на підвищення ефективності їх функціонування.

У зв'язку з цим була розроблена методика оптимізації режимів гальмування відчепів на сортувальних гірках, що враховує конструкцію технічних засобів, параметри

відчепів та умови їх скочування. Вказана методика базується на імітаційному моделюванні процесу розпуску потоку составів і дозволяє оцінити режими гальмування з позиції економії енергоресурсів.

Критерієм оптимальності в запропонованій постановці задачі є енергетичні витрати на розформування; в той же час одночасно висувається вимога забезпечення максимальних інтервалів між відчепами на розділових стрілках. Слід відмітити, що ця додаткова умова дозволить мінімізувати ймовірність нерозділення відчепів на стрілках при реалізації знайдених оптимальних режимів в умовах дії випадкових факторів.

Для вирішення поставленої задачі було досліджено вплив режимів гальмування на процес регульованого скочування відчепів з гірки. З цією метою виконано аналіз можливих обмежень режимів гальмування, пов'язаних з потужністю уповільнювачів, умовами скочування відчепів на спускній частині гірки, а також вимогами прицільного регулювання їх швидкості. У результаті було встановлено існування області допустимих режимів гальмування відчепа і виконані дослідження залежності її параметрів від питомого опору руху відчепів, їх довжини та потрібної дальності пробігу в сортувальний парк при різних метеорологічних умовах. Для обґрунтованого вибору раціональних значень інтервалів між відчепами були виконані дослідження умов їх розділення на стрілках і уповільнювачах при варіюванні ступіні гальмування і зони дії уповільнювачів гальмівних позицій. При цьому було встановлено наявність функціонального зв'язку інтервалів між відчепами і можливої дальності їх пробігу в сортувальний парк.

Аналіз та узагальнення результатів проведених досліджень послужили основою для розробки методики оптимізації режимів скочування відчепів на сортувальних гірках, що забезпечує економію витрат енергоресурсів при розформуванні составів.

Економія енергоресурсів за допомогою застосування раціональних режимів ведення поїздів

Боднар Б. Е., Бобир Д. В., Кислий Д. М. (ДНУЗТ)

Багаточисельні дослідження вітчизняних і зарубіжних учених показують можливість зниження споживання електроенергії на тягу поїздів на 5...20 % за рахунок застосування енергооптимальних режимів ведення поїзда по ділянці. Тому що вибір режимів ведення поїзда залежить від множини факторів, індивідуальних для даного поїзда, таких як, маса й составність поїзда, обмеження швидкості, кліматичні умови й інші фактори, потрібен індивідуальний розрахунок режимів ведення безпосередньо перед відправленням поїзда й урахування зміни умов проходження в реальному масштабі часу.

Машиніст локомотива не завжди може евристично абсолютно точно визначити оптимальні параметри траєкторії ведення поїзда. Трудомісткість такого аналізу може бути значно зменшена, а швидкість обчислень при розгляді максимально можливого числа варіантів проходження ділянки збільшена за рахунок використання електронно-обчислювальної техніки й спеціалізованих програмних засобів.

Співробітниками ДПТУ був розроблений програмний комплекс із розрахунку раціональних режимів ведення поїзда, що має наступні характеристики.

1. Структура програмного комплексу і його інтерфейс забезпечують інтуїтивно-зрозуміле введення й збереження в базу даних вихідної нормативно-довідкової інформації, такий як: характеристики профілю й плану колії, включаючи тимчасові і постійні обмеження швидкості, відомості про роздільні пункти, характеристики системи енергопостачання, тягових підстанцій, пікетаж підключення живильних ліній, нейтральних вставок, характеристики електровозів і тягових двигунів, також інформацію

про составність поїзда, забезпеченості його гальмовими засобами, їхні характеристики й т.п.

2. Програмний комплекс адаптований для різних серій електрорухомого складу як змінного, так і постійного струму.

3. Оперативна взаємодія в реальному масштабі часу з реєстраторами таких параметрів руху як швидкість, струми електровоза й двигуна, сигналів АЛСН, позиції контролера машиніста, відображення й збереження цих параметрів у базу даних..

4. Можливість підключення додаткових реєстраторів параметрів гальмових пристроїв, параметрів роботи допоміжного устаткування й ін.

5. Виведена інформація представляється режимною картою в графічному й табличному вигляді, що включає пікетаж, швидкість руху, струм електровоза, обмеження швидкості.

6. Математична модель руху враховує всі існуючі режими ведення поїзда, можливість аналізу їх довільних комбінацій, забезпечує високу швидкість і достатню точність обчислень, а також заданий час руху поїзда по ділянці, обумовлене, що задаються значенням середньої швидкості, передбачає використання кратної тяги, підштовхування й перевірки перегріву тягових електричних машин.

У результаті застосування раціональних режимів ведення, визначених за допомогою апаратно-програмного комплексу, вдалося досягти зниження питомої витрати електроенергії на 3...12 %.

Автоматизація енергозбереження під час реагування на аварійні ситуації на залізниці

Бондаренко Б. М., Кухлівський С. В., Шилько С. І. (ДНУЗТ)

Проблема автоматизації енергозбереження під час реагування на аварійні ситуації, яки виникають на залізниці, особливо під час транспортування небезпечних вантажів (палива, хімічних речовин, боєприпасів) набуває все більшої актуальності у сучасних умовах. Це, насамперед, пов'язано з людським чинником, коли фахівці неспроможні у надзвичайних ситуаціях запобігти енергетичним втратам, які можливо було б не допустити, як би була відповідна їх підготовка, або здійснена автоматизація процесу енергозбереження під час аварій. Можливість збільшення енергетичних втрат відбувається внаслідок загального збільшення вантажоперевезень, прихованості комерційній або таємності державної діяльності у перевезенні небезпечних вантажів в умовах підвищення терористичної активності. Але сучасний розвиток інтелектуальних мікропроцесорних пристроїв надає можливість створювати на новому технічному рівні сучасні прилади і системи автоматизації аварійного реагування, націлені на енергозбереження у надзвичайних ситуаціях на залізниці, коли припинення надання енергії або енергоносія не завжди є економічно обумовленим та енергозберігаючим методом.

Автоматизація енергозбереження під час аварійного реагування передбачає автоматизоване виконання першочергових дій з переліку, якій наразі виконуються уручну аварійно-рятувальними службами, відповідно до першочергових дій. До них можна віднести ідентифікацію аварії відповідно з аварійними чинниками, а саме: спалах, дим, радіоактивність, розповсюдження хімічних речовин і газів, відключення електроживлення, висока температура або тиск, високий рівень вібрації або шуму та інші.

Реагування на аварійні ситуації буде найефективнішим, якщо небезпека буде правильно ідентифікована автоматизованими пристроями і буде швидко здійснено

відповідне автоматизоване реагування. План аварійних заходів повинен здійснюватися аварійною автоматизованою системою з енергозбереженням, яка містить датчики контролю з мережею передавання та аналізу цих даних. Рівень реагування вирішується автоматизованою системою за допомогою програмного забезпечення, яке використовується відповідно до окремої надзвичайної ситуації на території майданчика об'єкту контролю або до загальної надзвичайної ситуації у регіоні з урахуванням встановлених критеріїв енергозбереження. В деяких випадках, по даним з датчиків, автоматизована система об'єкту повинна вказати на необхідність негайного переходу на вищу класифікацію небезпеки з аварійним припиненням подання енергії або енергоносія (хладогенту), палива і т. п. та перехід на автоматизований процес ліквідації аварії з ігноруванням критеріїв енергозбереження для припинення можливого поширення аварії.

У програмному забезпеченні аварійної автоматизованої системи з енергозбереженням повинні бути передбачені достатньо чіткі критерії енергозбереження під час автоматичної ідентифікації тривоги з подальшим визначенням порядку у процесі послідовного ухвалення рішення, з урахуванням поєднання надійності прийнятого рішення і енергозбереження при цьому. Автоматизована ідентифікація аварії вимагає контроль рівня відповідної небезпеки з вирішенням питань енергозбереження; наявність бази даних з інструкціями дій посадових осіб у разі тривоги, в залежності від виду аварії; вирішення питань взаємодії підрозділів у разі тривоги; вирішення питань захисних дій; продовження автоматизованого моніторингу небезпеки з корегуванням відповідних рішень; активізація систем оповіщення з автоматизованим доведенням інструкцій до працівників у разі тривоги. У свою чергу, активізація систем автоматизованого оповіщення повинна виконувати функції доведення конкретного виду небезпеки, при цьому, забезпечувати можливість виконання мір енергозбереження, а також передбачати віддання команд на вимкнення, припинення або блокування подання енергії, з метою обмеження негативних наслідків аварії, евакуацію фахівців і обладнання у пункти збору та активізацію груп моніторингу і інших аварійних команд. Автоматизована ідентифікація аварії полегшується, якщо база даних постійно поновлюється у залежності від виду вантажів які переміщуються на контрольованій ділянці залізниці.

Таким чином, автоматизація енергозбереження під час реагування на аварійні ситуації на залізниці передбачає автоматизоване виконання значного переліку дій, які досі виконуються уручну. Введення автоматизації аварійного реагування виключає вплив людських чинників у прийнятті невірних рішень, що забезпечує енергозбереження, підвищує енергоефективність систем, поєднуючи їх з надійністю, особливо під час транспортування небезпечних вантажів.

Енергозбереження із застосуванням автоматизованих комплексів перевірки електромагнітних приладів залізничного транспорту

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

Технологічно розвинені країни вирішують питання енергозбереження, одночасно із забезпеченням надійності і контролю параметрів електромагнітних приладів у системах безпеки руху залізничного транспорту за допомогою автоматизованих цифрових пристроїв і комплексів, які забезпечують можливість збереження результатів цього контролю.

Енергозбереженню, у відмінності від гарантування надійності, під час перевірки систем безпеки руху на залізничному транспорті в Україні приділяється не

багато уваги. При цьому безпека руху на залізниці, в основному, забезпечується електромагнітними приладами залізничної автоматики першого класу надійності. Основу цих приладів складають електромагнітні реле, яких у системах автоматики Укрзалізниці, одночасно працює сотні тисяч та які підлягають періодичній перевірці. При великій кількості цих перевірок на перший план, після надійності, стає саме енергозбереження.

Робота над удосконаленням технічної експлуатації електромагнітних реле залізничної автоматики за рахунок автоматизації процесів їх діагностування, впровадження нових автоматизованих діагностичних вимірювальних систем і комплексів дозволить підвищити ефективність енергозбереження під час перевірки електромагнітних приладів, істотно поліпшити технологічний процес їх обслуговування та забезпечити високу надійність.

Шлях вирішення існуючої проблеми полягає в розробці нових підходів для здійснення енергозбереження, за рахунок створення автоматизованих діагностичних комплексів на базі мікропроцесорної техніки, з малим споживанням електричної енергії. Вирішення цієї проблеми, націлено на поєднанні енергозбереження з підвищенням надійності реле, точністю вимірювання параметрів, скороченням часу перевірки та поліпшенням об'єктивності контролю.

У ході роботи над проблемою, розроблено метод акустичного діагностування стану рухомої системи реле, у якому контроль технічного стану здійснюється на підставі розподілу ймовірностей амплітуд звукового тиску, що дозволяє скоротити час перевірки та, як наслідок, зменшити споживану енергію. Розроблено оптичне сканування блоку реле за принципом неруйнівного контролю, що створює можливості автоматизації процесу діагностування, скорочення часу, збільшення ефективності енергозбереження з підвищенням надійності системи за рахунок виключення людського чиннику.

У наслідок використання нових методів контролю в автоматизованих діагностичних системах поліпшуються комплексні показники надійності та зменшується середній час відновлення електромагнітних приладів, що підвищує енергоефективність без зменшення надійності системи.

Питання розробки математичної моделі асинхронного тягового електроприводу електровозів постійного струму

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

На теперішній час, ключовим напрямком розвитку залізниць України є підвищення ефективності залізниць постійного струму, здійснення якого, в першу чергу, пов'язане з впровадженням в експлуатацію електрорухомого складу (ЕРС) з асинхронним тяговим електроприводом (АТЕП). Поява у структурі таких залізниць принципово нової для тягової одиниці безумовно передбачає проведення дослідження її функціонування, в тому числі з точки зору ефективності та електромагнітної сумісності з суміжними системами.

Основою можливого створення негативного електромагнітного впливу таких тягових одиниць є тяговий статичний перетворювач, основою функціонування якого є застосування принципу формування вихідної напруги для живлення тягових двигунів за допомогою широтно-імпульсної модуляції. Така його особливість може бути причиною зміни звичної картини електромагнітної взаємодії суміжних систем, що в свою чергу може

призвести до збільшення кількості відмов апаратури останніх та, як наслідок, стати причиною порушення нормального функціонування залізниць постійного струму.

На сьогоднішній день існує тільки один приклад експлуатації ЕРС вказаного типу на території залізниць України – випробування трьохсекційного електровозу російського виробництва 2ЭС10 «Гранит». В той же час тенденція, щодо його подальшого впровадження зберігається, що підтверджує необхідність здійснення попередньої оцінки можливого електромагнітного впливу ЕРС з АТЕП на суміжні системи.

Основою виконання таких досліджень стала розроблена автором експериментальна установка, що імітує функціонування АТЕП. Її використання дозволяє отримати реальні числові значення контрольованих параметрів для номінального режиму функціонування реальної системи шляхом перерахунку через масштабні коефіцієнти, встановлені приведенням подібності. В той же час функціонування об'єктів залізничного транспорту не рідко супроводжується наявністю різноманітних режимів роботи, що відрізняються від номінального. В цьому випадку виконати дослідження можливо за допомогою математичного моделювання, одним з шляхів виконання якого, як вказує практика, є використання програмного середовища Matlab Simulink.

Аналіз літературних джерел вказує на наявність великої кількості варіантів реалізації математичних моделей АТЕП або його окремих складових, як правило основи – тягових автономних інверторів. Не зважаючи на це такі моделі не забезпечують повноцінності досліджень, адже їх основою є реалізація статичного режиму роботи об'єкту моделювання, як правило з фіксованими значеннями вихідної напруги та частоти. В той же час, з точки зору повноцінності досліджень є необхідним відтворення динаміки функціонування реальних систем, що вимагає створення відповідних математичних моделей. Останнє твердження і визначає напрямок подальших досліджень.

Оцінка внутрішнього опору сонячних та вітрових електростанцій

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

Одним з шляхів досягнення енергетичної незалежності України є широке впровадження використання енергії відновлювальних джерел електроенергії (ВДЕ) в електричній системі країни. Важливим аспектом цього процесу є необхідність забезпечення коректної роботи систем релейного захисту з урахуванням різної фізичної природи джерел електричної енергії у складі сонячних та вітрових електростанцій (СЕС та ВЕС), що в свою чергу обумовлює відмінності у значеннях параметрів їх схем заміщення. Тому постає задача розрахунку струмів короткого замикання (к.з.) в зазначених випадках, що в свою чергу потребує побудови схеми заміщення СЕС або ВЕС та визначення її внутрішнього опору.

Зокрема при цьому процесі слід враховувати наступні особливості СЕС. Типова структура сонячної електростанції містить розгалужену структуру з послідовно та паралельно з'єднаних фотоелектричних панелей, автономних інверторів та підвищувальних трансформаторів. Задача ускладнюється тим, що у складі однієї і тієї ж СЕС може одночасно використовуватись обладнання різних типів з різними параметрами. Враховуючи цю обставину, а також те, що за своєю сутністю фотоелектрична панель представляє собою джерело струму згідно зі своєю зовнішньою характеристикою представляється доцільним кожен секцію СЕС представити у вигляді реального джерела струму. При цьому пропонується співвідношення між струмом короткого замикання СЕС та її номінальним струмом обирати таким як і для окремої панелі. Інвертор при цьому

вважається ідеальним перетворювачем, струми на первинній та вторинній стороні якого зв'язані лінійно, відомим з теорії коефіцієнтами. Внутрішній опір цього реального джерела вважається суто активним. Для подальших розрахунків зазначене реальне джерело струму може бути перетворене на еквівалентне реальне джерело напруги.

При потужності ВЕС порядку декількох мегават суттєвою відмінністю є те, що виходячи з характеристик первинного генератора цю електростанцію можна вважати реальним джерелом напруги. При цьому його внутрішній опір на відміну від СЕС пропонується вважати індуктивним.

Зазначені вище спрощені підходи дозволяють суттєво спростити розрахунки струмів короткого замикання в системах електропостачання з ВДЕ при достатній точності прогнозування спрацювання релейного захисту та можливості відключення струму короткого замикання комутаційним апаратом.

Додамо також, що такий підхід дає змогу проводити розрахунки струмів к.з. лише на елементах системи електропостачання, що знаходяться назовні СЕС або ВЕС, тому питання про струми внутрішніх к.з. в них мають бути вирішені на стадії проектуванні даних електростанцій.

Удосконалення розрахунків тягової мережі при застосуванні розподіленої системи живлення

Босий Д. О., Косарєв Є. М., Сиченко В. Г., Осіпова О. В. (ДНУЗТ)

Існуючі системи тягового електропостачання постійного і змінного струму не відповідають сучасним вимогам забезпечення передачі електричної енергії потрібної потужності і якості електрорухомому складу. Кожна з цих систем має як свої переваги, так і недоліки. Основними варіантами підсилення діючих електрифікованих ділянок, які застосовуються в умовах експлуатації є: підвищення перерізу контактної підвіски до економічного значення, будівництво постів секціонування та пунктів паралельного з'єднання, застосування потужних дванадцятипульсових перетворюючих агрегатів, введення пристроїв регулювання напруги на тягових підстанціях. Але, необхідно відзначити, що існуючі системи живлення тягової мережі недостатньо ефективні та економічні, навіть при використанні цих способів. Справа в тому, що добове завантаження діючих тягових підстанцій при забезпеченні графіку інтенсивного руху потягів не перевищує 20 – 25 %, при цьому втрати енергії в тяговій мережі при пікових навантаженнях підвищуються і досягають 10 – 15 % від споживаної енергії. Радикальним способом підвищення ефективності функціонування системи тягового електропостачання, є підвищення напруги в контактній мережі постійного струму до 18...24 кВ. Але головним обмежувачим фактором є використання централізованого електропостачання.

Значно підсилити тягове електропостачання можливо не лише впровадженням новітніх технологій та сучасного обладнання, але і за рахунок використання систем розподіленого живлення.

Розподілена схема живлення має більшу кількість елементів та декілька варіантів реалізації. Відповідно, необхідна розробка нових підходів до її розрахунків. В доповіді розглядається питання розрахунку системи розподіленого живлення з застосуванням в якості пункту живлення сонячної електростанції з послідовним вирішенням наступних завдань:

- вибір необхідної кількості пунктів та їх потужності для забезпечення необхідного рівня напруги;

- розробка методології керування потужністю пунктів живлення для забезпечення мінімального розкиду змін напруги;
удосконалення методології розрахунку системи розподіленого живлення.

Варіанти застосування фотоелектричних джерел електроенергії в системах тягового електропостачання

Босий Д.О., Косарев Є.М. (ДНУЗТ)

Обмеженість традиційних енергоресурсів обумовлює необхідність вирішення довгострокових енергетичних проблем, пов'язаних з їх близькою перспективою вичерпання і погіршенням екологічного стану Землі. Розвинені країни протягом багатьох років щорічно вкладають у розвиток альтернативних джерел енергії мільярди доларів. Існують державні програми підтримки розвитку відновлювальних джерел енергії. Проте в даний час альтернативні джерела енергії поки не можуть конкурувати з традиційними. Перетворення сонячної енергії в електричну є найбільш перспективним і напрямком відновлювальної енергетики, що активно розвивається. При фотоелектричному перетворенні сонячної енергії не відбувається забруднення навколишнього середовища. Для прямого перетворення енергії сонця в електричну використовується явище фотоефекту в сонячних елементах на основі структури з р-п переходом.

Застосування фотоелектричних джерел електроенергії для потреб електрифікованих залізниць, як варіант, можливе у разі їх підключення безпосередньо до шин тягової підстанції або для підсилення тягової мережі ділянки електропостачання. Тягові підстанції живлять не тільки тягове навантаження, а й мають розгалуженні електричні мережі сторонніх споживачів, тому при підключенні сонячних джерел до їх шин, вироблена енергія може бути направлена до нетягових споживачів або на власні потреби у разі відсутності тягового навантаження. У випадку застосування сонячної енергії для підсилення тягової мережі, вона може виступати джерелом живлення підсилюючого пункту. Але оскільки системи тягового електропостачання мають певну специфіку роботи, то при застосуванні альтернативних джерел виникає ряд питань, які мають бути вирішені:

- необхідність накопичення електроенергії;
- вибір оптимального закону керування з урахуванням потреб системи тягового електропостачання як розподіленої системи;
- проблема визначення оптимального розташування сонячних панелей.

Розміщення сонячних електростанцій поблизу тягових підстанцій може бути ускладнено через складності відчуження територій значної площі. Також є можливим варіант розміщення сонячних панелей у полосі відводу залізничної колії, але і при такому варіанті виникають проблеми з розташуванням.

Виникає і необхідність накопичення електроенергії, яка обумовлена специфікою роботи системи тягового електропостачання, а саме різкозмінним навантаженням у просторі та часі, не постійною кількістю сонячного випромінювання вдень та роботою сонячної електростанції вночі та в безсонячні дні.

Використання керованих підсилюючих пунктів дозволить розширити можливості оптимізації рівнів напруги в контактній мережі і забезпечить більшу ефективність перевізного процесу. Підібравши оптимальний закон керування можна досягти підвищення рівня напруги в різних точках міжпідстанційної зони і не перевищити його більше нормованого значення при будь-яких змінах поїзної ситуації. Впровадження керованих підсилюючих пунктів забезпечить в подальшому можливість використовувати

інтелектуальні технології для оптимізації режимів роботи системи тягового електропостачання.

Доцільністю впровадження альтернативних джерел на залізницях може бути створення власних генеруючих потужностей для покриття втрат в розподільчій мережі, економії електроенергії на власні потреби та при економічній доцільності її постачання за «зеленим» тарифом.

Проблеми ефективного використання сонячної енергії в системах тягового електропостачання постійного струму

Босий Д.О., Косарев Є.М. (ДНУЗТ)

В умовах постійного зростання цін на енергоносії актуальним питанням стає їх економічне використання. Водночас впровадження швидкісного руху, збільшення вагових норм поїздів обумовлює необхідність нарощування провізної спроможності залізниць. Для цього здійснюються заходи щодо збільшення швидкостей руху, створюються нові електровози великої потужності, вишукуються способи підсилення тягового електропостачання, що в свою чергу веде до збільшення споживання електроенергії.

Однак, треба зазначити, що існуючі системи живлення тягової мережі недостатньо ефективні й економічні. Справа у тому, що добове завантаження діючих тягових підстанцій при забезпеченні графіка інтенсивного руху поїздів не перевищує 20-25 %, при цьому втрати енергії в тяговій мережі при пікових навантаженнях збільшуються і досягають 10-15 % від спожитої енергії. Радикальним способом підвищення ефективності функціонування системи тягового електропостачання, є підвищення напруги в контактній мережі постійного струму до 18...24 кВ, але цей спосіб включає в себе розробку нового електрорухомого складу. Однак, на наш погляд, головним обмежуючим фактором є використання системи централізованого електропостачання.

Значно посилити тягове електропостачання може не тільки впровадження новітніх технологій і сучасного обладнання, а й застосування систем розподіленого живлення. Принципи побудови цих систем були сформульовані проф. Марквардтом К. Г. ще в середині минулого століття. При їх застосуванні живлення контактної мережі здійснюється за допомогою перетворювальних пунктів, що підключаються до поздовжньої лінії електропередачі підвищеної напруги змінного або постійного струму.

З одного боку при використанні систем розподіленого живлення енергозбереження досягається за рахунок зменшення втрат енергії, підтримки необхідного рівня напруги в контактній мережі і збільшення коефіцієнта використання потужності основного енергетичного обладнання при зниженні його встановленої потужності. З іншого – невелика потужність підсилюючих пунктів дозволяє здійснювати їх живлення від сонячної енергії, що зменшить споживання електроенергії на тягу поїздів від зовнішньої енергосистеми.

Підсилення системи тягового електропостачання за допомогою сонячної енергії призводить до появи ряду питань пов'язаних із специфікою роботи тягового навантаження. По-перше, необхідно визначитись з погодинною потужністю, що може генерувати сонячна електростанція з урахуванням всіх можливих варіантів освітлення (день, вечір, ніч, безсонячні дні). Для того, щоб отримати максимальне значення потужності вибирається максимальна точка живлення за допомогою мікроконтролера, що працює за Р&О або IncCond методом. Вищевикладені питання зумовлюють розглядати також застосування накопичувачів електроенергії для покриття піків споживання та накопичення надлишку сонячної енергії при відсутності навантаження на

міжпідстанційній зоні. Напрямом для зменшення розкиду значень напруги на струмоприймачі є застосування керованих підсилюючих пунктів. Підібравши оптимальний закон керування, з урахуванням потреб системи тягового електропостачання як розподіленої системи, можна розширити можливості оптимізації рівнів напруги в контактній мережі і забезпечити більшу ефективність перевізного процесу, підвищити рівень напруги в різних точках міжпідстанційної зони і не перевищити його більше нормованого значення при будь-яких змінах поїзної ситуації.

З огляду на вищесказане можна зробити висновок, що за допомогою сучасних методів управління є можливим підвищення енергоекономічної ефективності систем тягового електропостачання постійного струму за допомогою фотоелектричних джерел електроенергії, хоча на перший погляд таке застосування викликає багато питань.

The features of intangible assets accounting of foreign countries enterprises

Bulgakova Yu. V., DNURT

In the conditions of rampant development of market relations it is very difficult to ensure the competitiveness of enterprises using the material resources only. In the process of profit formation of economic entities the use of assets without material form is the dominant condition. Intangible assets (IA) act as a tool to control the company's competitiveness. The capitalization of enterprises, i.e. the conversion of their capacity into the market outcome is carried out using the intangible assets.

In the companies of foreign countries (China, Japan, Israel) the intangible assets constitute the lion's share of their market value and provide a successful operation on a global level.

Thus, the rational management of intangible assets is the guaranty of making the weighted management decisions and results in the effective functioning of enterprise. Solution of the problem depends on the proper organization of IA accounting that provides the company management with substantiated and reliable information on the status of such assets. Intangible assets are the most important object of accounting.

One can identify the ways of improvement the intangible assets accounting due to the study of foreign experience and its practical application in domestic business entities, taking into account the specifics of their activities.

It is this fact explains the urgency of this study.

Some aspects of accounting, analysis and control of intangible assets investigated the following domestic and foreign scientists: F. F. Butynets, A. V. Strelchenko, M. Blair, K. Standfield and others. Their developments are a significant contribution to the theory and practice of accounting and auditing of IA. Paying the tribute to scientific achievements of scientists, it should be noted that on this topic of studies there are unresolved issues regarding the development of the clear algorithm of crediting, acknowledgement, assessment and accounting of intangible assets.

In this regard, there is need for further research and improvement of intangible assets accounting that will guarantee the successful development of companies in the current market conditions.

Accounting for intangible assets in Ukraine is regulated by Ukrainian Accounting Standards 8 "Intangible Assets" and the Tax Code of Ukraine. At the enterprises of foreign countries the International Financial Reporting Standard 38 "Intangible Assets" is used.

One of the problems of intangible assets accounting is their identification. Up to now there is no single approach to the issue of separating this asset among the rest. Also, there is no

unity on the issue of accounting the organizational expenses and the expenses for research and development. Each foreign country such as the UK, Ireland, Spain, Luxembourg, France, and the United States uses its own algorithm of accounting for such expenses. In Ukraine, as opposed to the above mentioned countries IA do not include the organizational expenses.

No less important in the issue of intangible assets accounting is their proper evaluation. In Ukraine there is no a single methodology for this evaluation. Therefore it is reasonable to use foreign experience in this matter, namely, to apply one of the approaches of intangible assets evaluation (expendable, income or market one).

Thus, the Ukrainian enterprises because of imperfect legal framework practically ignore the IA.

One can eliminate the existing problems using:

- approximation of the Ukrainian Accounting Standards 8 to the International Financial Reporting Standard 38;
- development of one criteria for referring of assets to the intangible ones;
- determination of the optimal approach to the evaluation of IA value.

Математичне моделювання системи «контактна мережа – електровоз змінного струму»

Васильєв В.Є., Рубан Р.С. (ДНУЗТ).

Математична модель електровоза однофазно-постійного струму являє собою комплексну систему, що складається з декількох підсистем, які взаємодіють між собою.

За основу електричної частини електровоза приймається схема силових електричних кіл однієї секції електровоза 2ЕЛ5, що складається з тягового трансформатора, двох випрямлячів, двох згладжуючих реакторів, чотирьох тягових двигунів, датчика кута комутації і датчика стеження за напругою у вторинній обмотці тягового трансформатора.

При дослідженні перехідних процесів в силових колах електровоза та контактній мережі силові напівпровідникові прилади в математичних моделях представляються ідеальними ключами.

Моделювання та аналіз роботи силової схеми електровоза в режимі тяги виконується за допомогою програми «PSpice», яка входить до пакету «Design Lab 8.0»

Математична модель ділянки контактної мережі та тягової підстанції представлена джерелом синусоїдальної напруги з амплітудним значенням напруги $U_c = 35250 \text{ В}$ і частотою мережі живлення 50 Гц. При необхідності в розрахунках схеми і параметри вносяться корективи.

Первинна і вторинна обмотки тягового трансформатора представлені моделлю з чотирьох двохобмоткових трансформаторів (XFRM) з врахуванням індуктивностей розсіювання та взаємоіндуктивностей первинної та вторинної секцій обмоток трансформатора з відповідними коефіцієнтами зв'язку.

Математична модель випрямляча призначена для відображення перетворення однофазного змінного струму частотою 50 Гц в постійний і для отримання плавного чотирьохзонного регулювання напруги живлення тягових двигунів у режимі тяги. Силова частина моделі випрямляча має вісім плечей.

Блок керування тиристорним випрямлячем моделюється імпульсними джерелами напруги (VPULSE) із заданими мінімальними кутами відкриття тиристорів α_0 , затриманим кутом α_{03} , кутом регулювання відкриття тиристорів α_p .

Згладжуючий реактор електровоза 2ЕЛ5 РС-78 моделюється індуктивністю (L) величиною 5мГн і активним опором (R) величиною 0,0068 Ом.

Математична модель тягового двигуна НБ-514 моделюється активними і індуктивними опорами. Активний опір послідовно включених обмоток якоря тягового двигуна моделюється резисторами ($r = 0,031$ Ом), активний опір обмоток збудження моделюється резисторами ($r = 0,08$ Ом). Індуктивність обмоток якоря становить 1 мГн, індуктивність обмоток збудження – 1,5 мГн. Розмагнічуючу дію реакції якоря вважаємо скомпенсованою включенням додаткових полюсів і компенсаційної обмотки тягового двигуна. Зменшення пульсацій струму збудження забезпечуємо шунтуванням обмотки збудження постійним резистором $r_{пш}$, величина опору якого забезпечує 96% ослаблення магнітного поля.

Безреостатний пуск і регулювання швидкості електровоза ЧС2

Вісін М.Г., Кійко А.І., Власенко Б.Т., Чернишенко К.Л. (ДНУЗТ)

На електровозі ЧС2 процес пуску та регулювання швидкості руху здійснюється груповим перемикачем, який за допомогою замикання і розмикання контакторів ступінчасто зменшує величини пускових опорів в силовому колі. Перехід із з'єднання «С» на «СП» та з «СП» на «П» здійснюється шунтуванням тягових двигунів опором.

Перехід з одного з'єднання двигунів на інше здійснюється головним перемикачем 17КН, який має 32 контакторних елемента з дугогасними камерами та 39 блокувальних контактів. Перемикач має 48 позицій. Кулачковий вал головного перемикача повертається з позиції на позицію пневматичним приводом 15NP. При модернізації головний вимикач повністю видаляється. Для регулювання швидкості електровоза ЧС2 на ходових позиціях застосовується перемикач 5КС, на 5 ступенів послаблення збудження, котрий модернізації не підлягає.

Недоліки ступінчастого реостатного регулювання швидкості руху електровоза ЧС2:

- стрибкоподібне збільшення напруги на тягових двигунах, що погіршує їх роботу в комутаційному відношенні і знижує коефіцієнт зчеплення колеса з рейкою;
- значні втрати електроенергії в пускових резисторах на всіх видах з'єднань тягових двигунів;
- велика кількість силових контакторів знижує надійність роботи силового кола і вимагає додаткових витрат часу на огляд і ремонт;
- груповий перемикач володіє низькою швидкодією (18 секунд після скидання і повторного набору позицій).

Для підвищення надійності й економічності роботи електровоза ЧС2 та продовження терміну його служби запропонований тиристорно-імпульсний спосіб регулювання напруги на тягових двигунах з використанням вітчизняних тиристорів і діодів, замість застосованих замикаючих тиристорів або біполярних транзисторів у виді значної їхньої вартості.

Застосування тиристорно-імпульсного способу регулювання напруги на тягових двигунах основане на дискретному відборі електроенергії від джерела, величина якого в наслідок збільшення швидкості руху автоматично збільшується.

В роботі виконано докладний аналіз конкурентних схем тиристорно-імпульсного регулювання напруги на тягових двигунах постійного струму та розраховані для застосування на електровозі ЧС2 два види перетворювачів.

В першому варіанті виконаний розрахунок параметрів двофазного тиристорно-імпульсного перетворювача з короткочасним ввімкненням маневрового опору з його невеликим значенням в 0,4 Ом замість 12 Ом, тобто в 30 раз менше, в коло двох послідовно ввімкнених тягових двигунів, при зрушуванні з місця, потім на другій позиції воно закорочується силовим контактором і далі не приймає участі в роботі силового кола.

При цьому частота двофазного перетворювача збільшена до 350 Гц, а вхідний індуктивно-ємнісний фільтр має прийнятні параметри $L_f = 3,6 \text{ мГн}$ і $C_f = 1000 \text{ мкФ}$.

Наявність індуктивно-ємнісного фільтру пояснюється тим, що тягова підстанція і контактна мережа володіють індуктивністю від 6 до 30 мГн. При відсутності L_f , C_f струм, що протікає з тягової підстанції, переривчастий. Так як в момент закриття тиристорно-імпульсного перетворювача струм контактної мережі зменшується до нуля зі

швидкістю $\frac{di}{dt} = 10^5 \div 10^6 \text{ А/с}$, то ЕРС самоіндукції може досягнути великих значень $6 \div 30 \text{ кВ}$. Крім того при проходженні переривчастого струму через контактну мережу, утворюється переривистий магнітний потік, який перетинає лінії телефонного зв'язку та наводить в них ЕРС до 1000 В і створює перешкоди які не дозволяють машиністу підтримувати зв'язок з диспетчером.

В другому варіанті виконаний розрахунок параметрів для амплітудно-широтного імпульсного перетворювача, при застосуванні якого не потрібна установка маневрового опору у коло двох послідовно ввімкнених тягових двигунів, так як частота перетворювача 500 Гц, і має значно менші габарити вхідного фільтра $L_f = 0,55 \text{ мГн}$, $C_f = 970 \text{ мкФ}$. Треба відзначити, що цей перетворювач має більш складну систему автоматичного управління в порівнянні з вище розглянутим.

По закінченню двох етапів регулювання напруги перетворювач також шунтується силовим контактором.

Розроблена « Дискретная система автоматического управления амплитудно-широтным преобразователем» яка рекомендується для практичного використання на електровозі ЧС2.

Застосування методу тиристорно-імпульсного регулювання напруги на ЕРС дозволяє не тільки покращити показники перетворювача, але і забезпечити економію електроенергії до 6,5-7,0 %, а приведених загальних витрат на 12 %.

Підвищення ефективності застосування сонячного теплового випромінювання для обігріву об'єктів Укрзалізниці

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

На даний час, як ніколи гостро, постає питання економії енергоресурсів, які використовуються в різних галузях будь-якої країни сучасного світу. Це, в першу чергу, пов'язано з різким зростанням цін на енергоносії. Високі ціни на світовому паливному ринку та наявність екологічних проблем, що пов'язані з використанням традиційних енергоносіїв, призвели до того, що в багатьох країнах світу вже давно прийшли до розуміння того, яким важливим та необхідним є пошук та розвиток альтернативних джерел енергії, та, зокрема, енергії сонячного випромінювання.

До переваг сонячного випромінювання як джерела енергії можна віднести такі його властивості, як поновлюваність, екологічна чистота та розповсюдженість. Воно надходить у всі куточки Земної кулі і знаходиться «під рукою» у будь-якого користувача. Спектр випромінювання Сонця близький до спектру випромінювання абсолютно чорного тіла,

нагрітого до температури близько 5800 К, що набагато перевищує температуру навколишнього середовища, при якій це випромінювання буде використовуватись. Останнє означає, що граничний термодинамічний ККД перетворення сонячного випромінювання може бути достатньо високим, тому доцільно розглядати шляхи його застосування та використання для задовільнення потреб в тепловій енергії.

Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження теплоенергетичного обладнання практично в усіх областях. Термін ефективної експлуатації геліоенергетичного обладнання в південних областях України - 7 місяців (з квітня по жовтень), в північних областях 5 місяців (з травня по вересень). Фотоенергетичне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися на протязі всього року.

В кліматометеорологічних умовах України для сонячного теплопостачання ефективним є застосування плоских сонячних колекторів, які використовують як пряму, так і розсіяну сонячну радіацію. Сонячний колектор складається з прозорого покриття, теплоізоляції, теплосприймаючого елементу з теплоносієм, поглинаючої поверхні. В таких колекторах теплоносієм служать рідини: вода, антифриз, кремнійорганічні рідини та інші. Також в якості теплоносія може застосовуватись повітря, але це є небажаним через його низьку теплоємність. ККД таких колекторів є досить низьким. Один зі шляхів підвищення ККД сонячних колекторів – використання селективних поглинаючих покриттів. Селективне покриття для променепоглинаючої поверхні сонячного колектора повинно мати високий коефіцієнт поглинання короткохвильового випромінювання (коротше 2 мкм), низьку випромінювальну здатність в інфрачервоній області, стабільний ступінь селективності, здатність витримувати короточасний перегрів поверхні, добру корозійну стійкість, бути сумісним з матеріалом основи та мати низьку вартість.

В даній роботі для сонячного теплопостачання пропонується встановлювати сонячні колектори з селективним покриттям на дахах стаціонарних будівель Укрзалізниці. Площа, яку займають ці будівлі для України складає 158 тис. м². За таких умов кількість сонячної енергії, яка буде надходити на ці колектори за період з 15 жовтня по 15 листопада і з 15 березня по 15 квітня буде складати 169 МВт·год. Додатково перевагою такого підходу буде застосування цих геліоколекторів для системи гарячого водопостачання на період з 15 березня по 15 листопада. Економія буде складати 51 тис. тонн умовного палива.

Терморегуляція пасажирських вагонів при застосуванні сонячної енергії

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

Для України, яка знаходиться в центрі Європи і через яку проходить велика кількість залізничних колій, важливим питанням є забезпечення комфортних умов для транзитних та вітчизняних пасажирів. Це потребує відповідних витрат енергоресурсів для обігріву вагонів в зимовий період та для кондиціювання в літній. З іншого боку, на даний час в Україні гостро постає проблема економії енергоресурсів, що пов'язано, в першу чергу, з різким зростанням цін на енергоносії. В даній роботі для забезпечення теплового режиму всередині вагонів пропонується застосувати таке відновлюване джерело енергії, як сонячна, що надходить в вагон через його вікна. Сонячна енергія є невичерпною, достатньо доступною для будь-якого району України, а її утилізація не утворює відходів, шкідливих для екології. На території України середньорічна кількість сонячної радіації, що поступає на 1 м² поверхні, знаходиться в межах: від 1070 кВт·год/м² на півночі до 1300 кВт·год/м² в південній частині. Тому використання сонячної енергії для теплопостачання

пасажи́рських вагонів є достатньо ефективним.

Особливістю сонячного випромінювання є те, що головна частина енергії зосереджена в частині спектру, що є видимою, тобто в діапазоні довжин хвиль 0,35-0,8 мкм, що складає 46% енергії цього випромінювання. В діапазоні інфрачервоних хвиль – 0,8-3,0 мкм – знаходиться 48% енергії. Це витікає з закону Планка для випромінювання абсолютно чорного тіла, нагрітого до 5800 К, яким є Сонце. Таким чином, в зимовий період енергія сонячного випромінювання, яка знаходиться в діапазоні хвиль 0,35-3,0 мкм, повинна повністю надходити до внутрішнього об'єму вагону та бути джерелом забезпечення комфортного режиму. Тобто в цьому оптичному діапазоні вікна вагону повинні пропускати всю енергію сонячного випромінювання. З іншого боку, для внутрішнього об'єму вагону довжини хвиль, на котрі припадає максимум енергії власного випромінювання, знаходиться в діапазоні довжин хвиль 6-12 мкм. На цей діапазон хвиль припадає 63% енергії випромінювання при температурі 293 К. В цьому діапазоні хвиль вікна не повинні пропускати випромінювання назовні, і, таким чином, мати селективні властивості. При створенні таких умов для вікон вагона позитивне сальдо енергії для внутрішнього об'єму вагону при пропусканні сонячного світла буде складати для зимового періоду 450-600 Вт/м². Для загальної площі вікон пасажирського вагону – 23,5 м² – позитивний тепловий баланс за рахунок сонячної енергії буде складати 9,5-14,1 кВт. Це може забезпечити комфортні умови всередині вагону в осінньо-весняні місяці. 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 CO₂.

В літній період експлуатації вагонів необхідно навпаки не пропускати до внутрішнього об'єму вагона сонячне випромінювання та створити умови для безперешкодного проходження власного випромінювання внутрішнього об'єму вагону в навколишнє середовище в тому самому діапазоні довжин хвиль – 6-12 мкм – яке містить більшу частину енергії для випромінювання при температурі 293 К. Це можна без перешкод зробити, заповнюючи внутрішній об'єм вікон озonom O₃.

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

Застосування енергії зовнішнього середовища для кліматизації пасажирського вагону

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

Розвиток усіх галузей народного господарства України в значній мірі визначається витратами на енергоносії, ціни на котрі постійно підвищуються. Залізничний транспорт нашої країни є великим споживачем палива і електроенергії, при чому більше 40% енергоресурсів витрачається на нетягове енергогосподарство. Це господарство є надзвичайно широким комплексом паливно- і тепловикористовуючих установок. Важко назвати підприємство, виробничий об'єкт або навіть технологічний процес, де не було б потреби в теплі, особливо в зимовий період. Великих витрат енергії потребує також кондиціонування повітря влітку.

У даній роботі досліджується ефективність роботи реверсного теплового насоса при його установці в пасажирський вагон для кліматизації. Цій насос взимку буде забезпечувати подачу теплової енергії для обігріву внутрішніх приміщень вагону, а влітку

для кондиціювання повітря. При цьому зовнішнє середовище має бути джерелом теплової енергії взимку, та бути поглиначем її влітку.

Теплові витрати на обігрів вагону при швидкості руху 90 км/год., в залежності від зовнішньої температури, знаходяться в межах 40-45 кВт при звичайному значенні теплоізоляції вагона. Також була прорахована величина теплової потужності, затрачуваної на нагрівання повітря, що подається в пасажирський вагон, залежно від зовнішньої температури повітря для зимового періоду від 0 С до – 30 С. Величина теплової потужності, затрачуваної на нагрівання повітря, що подається в пасажирський вагон для його вентиляції, залежно від зовнішньої температури повітря лежить в межах 16-4 кВт.

Порівнюючи ці дані, можна зробити висновок, що теплові втрати вагона і витрати на нагрів вентиляційного повітря практично мають один порядок. Тобто більшу частину теплових втрат можна компенсувати за рахунок теплоти повітря, яке надається для вентиляції вагона. Це передбачає створення гібридної суміщеної системи нагріву і вентиляції пасажирського вагона. Робота цієї системи може бути значно покращена при установці рекуперативного теплообмінника по тракту вивода та подачі повітря в вагон. В ході виконання роботи було встановлено, що тепловий насос виправдує себе тільки в добре утепленому вагоні або приміщенні, тобто з тепловтратами не більше 100 Вт/м². Було встановлено – чим більше різниця температур теплоносіїв у вхідному й вихідному контурах, тим менше економія електроенергії. Тому більш вигідне підключення агрегату до низькотемпературних систем опалення, яким є пасажирський вагон.

Було встановлено, що для досягнення більшої вигоди практикується експлуатація теплових насосів у парі з додатковим генератором тепла. Для цього можна використовувати традиційну систему опалення пасажирських вагонів. У пасажирському вагоні з великими тепловтратами ставити насос великої потужності (більше 30 кВт) не вигідно. Він громіздкий, а буде працювати в умовах України на повну силу всього лише біля місяця. Значний інтерес являє застосування реверсного теплового насоса, який влітку буде працювати як холодильник зовнішнього повітря. В цьому випадку може бути застосована така сама система підводу та відводу повітря та тепла. Це значно покращує техніко-економічні показники системи.

В ході оцінки економічної ефективності установки об'єкту було встановлено, що термін окупності складає всього 3,08 року, а зі збільшенням цін на енергоносії, ця цифра може істотно знизитися.

EL HEIRRO: The Hidden gem

Vishal Gajjar, Post Graduate Program in Energy Management
Great Lakes institute of Management, India

Most of the Islands face energy challenges because of the geographical location and the non-capability to utilise renewable energy sources. They always end up paying high energy cost. El Hierro was not an exception till today. El Hierro is the smallest and farthest south and west of the Canary Islands in the Atlantic Ocean off the coast of Africa, with a population of 10,162. Like the rest of the Canary Islands chain, El Hierro is sharply mountainous and volcanic. Only one eruption has ever been recorded on the island from the Volcan de Lomo Negro vent in 1793.

The major assignment, for El Hierro, is to become the first island in the world to be fully energy self-sufficient through wind and water energy sources. In June 2014, El Hierro will open new wind farm with 5 wind turbine which will provide approximately 11 MW of energy to entire population and desalinations plants of El Hierro (fig. 1).

El Hierro was the first Island to adopt sustainable development plan to protect the environment in 1997. The Island was importing and burning approximately 6000 tonnes of diesel per year with emission of 18,700 tonnes carbon dioxide per year. Twenty percent of the total energy was used to run desalination plants to generate water for drinking and irrigation. So, energy was not only important for daily activities but equally important for water and so for the food (fig. 2).

The lower reservoir and hydropower station at the Gorona power station on El Hierro Island. To resolve the energy challenge, A public private partnership (PPP) was created between the Island Council, the Spanish energy company Endesa, and the Canary Islands Technological Institute to develop the project. Currently, El Hierro Island has 5 wind turbine with installed capacity of 11.5 MW which will be the major source of electricity in near future. Surplus power from this wind turbine will be used to store water from a reservoir near the harbor to another larger reservoir near a volcanic crater about 2,300 feet (700 meters) above.

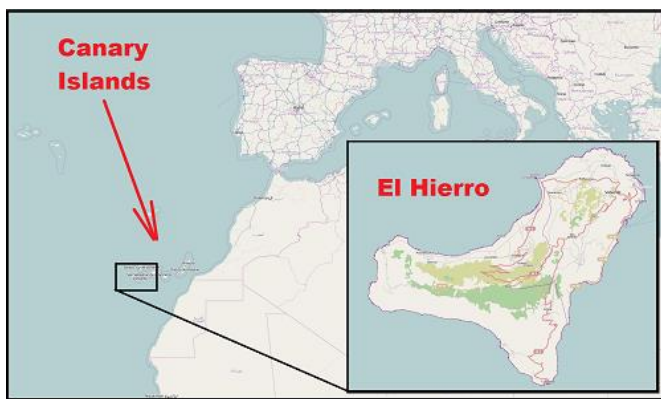


Figure 1 – El Hierro in Canary Islands (1)

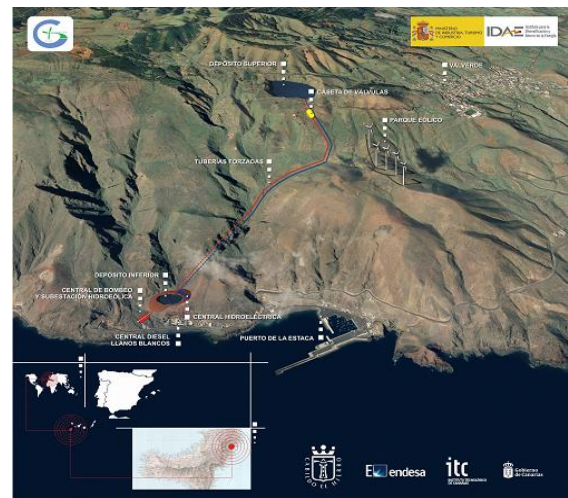


Figure 2 – Courtesy of Gorona del Viento El Hierro (2)

The upper reservoir stores over 132 million gallons of water. So, whenever there is not enough wind to generate electricity, Island can simply open the valves of larger reservoir near a volcanic crater and use this kinetic energy to produce electricity. The location of the reservoir works as a natural battery in this case. This concept is known as pumped storage reservoir. The greater the height, the more energy is stored. In 2009 world pumped storage generating capacity was 104 GW (fig. 3).



Figure 3 – The lower reservoir and hydropower station at the Gorona power station on El Hierro Island (3)

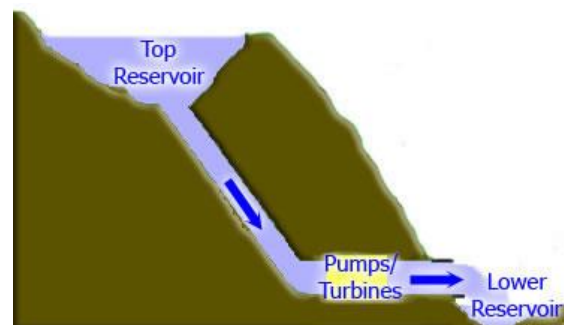


Figure 4 – Pumped Storage Reservoir (4)

Pumped Storage Reservoir. With this \$75 million project, El Hierro is going to cut CO₂ emission by about 20,600 tonnes per year and eliminate the island's annual consumption of 40,000 barrels of oil per year according to Phys.org. After this project El Hierro is believed to be the first Island to have exclusive source of electricity from wind and hydro resources and without having any connection to an outside electricity grid. The Goronadel Viento partnership expects to earn over \$5 million a year in electricity sales, and save almost \$2.5 million a year in diesel imports (fig. 4).

El Hierro's hydro-wind plant holds a lot more value and it creates a classic example for all the other Islands. It is serving as a role model for renewable energy projects in other isolated communities where transportation of energy is difficult and costly. El Hierro is also planning to run all its 6000 vehicles through Electricity by 2020.

References

1. Photo Source: <http://news.thomasnet.com/IMT/2011/07/18/el-hierro-how-an-island-can-serve-as-a-model-for-renewable-energy/>
2. Photo source: <http://news.thomasnet.com/IMT/2011/07/18/el-hierro-how-an-island-can-serve-as-a-model-for-renewable-energy/>
3. Photo Source: <http://www.businessinsider.com/a-spanish-island-is-about-to-be-the-worlds-first-energy-self-sufficient-island-2014-4?IR=T>
4. Photo Source: <http://www.darvill.clara.net/altenerg/pumped.htm>
5. http://en.wikipedia.org/wiki/Pumped-storage_hydroelectricity
6. <http://tckctck.org/2014/05/spains-el-hierro-island-first-powered-entirely-water-wind/61965>
7. http://blog.rmi.org/blog_2014_02_13_high_renewables_tomorrow_today_el_hierro_canary_islands
8. <http://news.thomasnet.com/IMT/2011/07/18/el-hierro-how-an-island-can-serve-as-a-model-for-renewable-energy/>

Анализ расхода электроэнергии на тягу карьерных поездов

Гетьман Г. К., Васильев В. Е., (ДНУЖТ)

Электрифицированный железнодорожный транспорт предприятий по открытой добыче полезных ископаемых является крупным потребителем электрической энергии, поэтому в связи с удорожанием топливно-энергетических ресурсов в настоящее время возросла актуальность работ по снижению энергоемкости перевозок.

Применительно к магистральному железнодорожному транспорту энергетика движения поезда с целью поиска резервов экономии электроэнергии подвергалась пристальному изучению в течении практически всей истории электрификации железных дорог. В результате получено существенное снижение энергоемкости перевозок на электрифицированных железных дорогах.

Для поисков возможных резервов экономии электроэнергии необходимо более подробно рассматривать составляющие расхода электроэнергии и анализировать степень их взаимосвязи с режимом движения поезда.

Об удельном весе составляющих расхода электроэнергии на тягу карьерных поездов можно судить по результатам трех опытных поездок по полному циклу движения на маршруте протяженностью 12,35 км с разностью высот конечных пунктов 224,4 м. Опыты проводились с тяговым агрегатом ПЭ2^М и составом из 9-и вагонов 2ВС-105 (масса тары поезда $M = 730$ т; расчетная масса груженого поезда $m = 1730$ т).

Анализ приведенных данных и расчетных выражений показывает, что общий расход электроэнергии и удельный вес его составляющих зависит в основном от характеристик маршрута движения. В рассматриваемом случае наибольший удельный вес в расходе электроэнергии приходится на затраты, связанные с преодолением сопротивления движению от уклонов пути. Далее по убыванию удельного веса следуют затраты на преодоление сил сопротивления движению поезда (основного, от кривых пути и добавочного) – 30,84%, потери энергии на вредных спусках – 19,27%, в пусковых цепях – 11,17% и на собственные нужды – 6,25%.

К основным факторам, определяющим структуру расхода электроэнергии по составляющим и энергоемкости перевозок следует отнести в первую очередь спрямленный уклон маршрута. Увеличение перепада высот, на которых расположены пункты погрузки и разгрузки, при прочих равных условиях приводит к росту энергоемкости перевозок и росту удельного веса работы по изменению потенциальной энергии поезда.

Из приведенных данных можно заключить, что при действующих схемах транспортировки горной массы независимо от характеристик профиля маршрутов резервы снижения расхода электроэнергии на тягу следует искать на пути снижения затрат на собственные нужды и уменьшения потерь энергии в электроподвижном составе и на вредных спусках.

Концепція розробки технології пульсаційно-резонансного спалювання палива в процесах сушіння та розігрівання сталерозливних ковшів

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

Сушіння та розігрівання футеровки сталерозливних ковшів є важливими операціями, які визначають строк служби та якість футеровки ковшів, створюють стабільні температурні умови розливання металу.

Як правило, футерівка ковшів в радіальному напрямку складається з трьох шарів: ізоляції, арматурного ряду та робочої кладки. Цегла робочої кладки містить значну кількість вологи, яка потрапляє в ківш з розчином, на якому виконується кладка, а також вологи, яку сорбує цегла робочої кладки з повітря навколишнього середовища.

На переважній більшості вітчизняних підприємств металургійної галузі процеси сушіння та розігрівання сталерозливних ковшів здійснюються наступним чином: ківш встановлюється на спеціальних стендах та закривається кришкою з пальником. Сушіння та розігрівання футеровки сталерозливного ковша здійснюється продуктами спалювання природного газу.

Низка закордонних металургійних підприємств випробовує нові методи та способи сушіння та розігрівання футеровки ковшів. Відомий спосіб видалення вологи з футеровки за допомогою мікрохвильової енергії. Проводяться дослідження технології комбінованого використання енергії надвисоких частот та енергії інфрачервоного випромінювання. Однак, слід зазначити, що широкому впровадженню подібних способів сушіння перешкоджає висока вартість обладнання.

В даній роботі запропоновано спосіб пульсаційно-резонансного спалювання палива, який за певних обставин дозволить:

- підвищити ефективність спалювання палива;
- поліпшити використання робочого об'єму ковша в якому відбувається спалювання

палива;

- інтенсифікувати теплообмін між продуктами згоряння палива та футеровкою ковша.

В підсумку, пульсаційно-резонансний спосіб спалювання палива дозволяє знизити витрати палива та скоротити тривалість процесів сушіння та розігрівання сталерозливних ковшів.

Розроблено методику експериментального дослідження акустичних властивостей робочого простору сталерозливних ковшів та пошук резонансних частот при імпульсному способі подачі палива.

Проведено дослідно-промислові дослідження пульсаційно-резонансного спалювання палива в процесах сушіння та розігрівання сталерозливних ковшів.

Виконано аналіз енергетичної та економічної ефективності при застосуванні імпульсного способу подачі палива.

Розроблено алгоритм розрахунку, за допомогою якого визначається перехід безполум'яного спалювання палива у факельний.

Розроблено математичну модель розрахунку температури продуктів згоряння палива в ковші.

Перспективою для подальших досліджень вбачається розробка технічних рішень та ефективних режимів функціонування системи пульсаційно-резонансного спалювання палива в процесах сушіння та розігрівання сталерозливних ковшів.

Дослідження процесу рафінування металургійних розплавів трансзвуковими струминами газу з урахуванням ефекту зворотного акустичного зв'язку

Гічов Ю.О. Національна металургійна академія України,

Прокопенко Л.О., Перцевий В.О. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Струминне диспергування металургійних розплавів є найбільш розповсюдженим способом рафінування металургійних розплавів.

Перспективним виглядає використання в якості розпилювального середовища трансзвукових струмин газу у зв'язку з достатньо невеликими енерговитратами на реалізацію процесу та високу продуктивність у порівнянні з іншими способами диспергування.

В роботі складена класифікація способів струминного диспергування металургійних розплавів, показане місце та технічні рішення здійснення струминного диспергування.

Наведено огляд відомих експериментальних досліджень процесу струминного диспергування з якого слідує нестача в описі усього комплексу процесів взаємодії трансзвукових струмин з потоком розплаву. Це пояснюється труднощами проведення натурного фізичного моделювання процесу диспергування при температурі, що перевищує 1600°С.

Обґрунтовано необхідність проведення додаткових експериментальних досліджень з метою уточнення газодинамічних та теплофізичних характеристик трансзвукових газових струмин в області їх взаємодії з потоком розплаву металу.

Наведено огляд існуючих математичних моделей диспергування розплаву металу, які, в переважній більшості, базуються на методах аналізу малих збурень або теорії подоби.

Відомо, що на якість диспергування та, відповідно, рафінування металургійних

розплавів позитивно впливають наступні чинники:

- в'язкість розплаву;
- температура розплаву;
- діаметр потоку розплаву;
- високі тиск та швидкість струмини газу;
- збільшена довжина струмини газу.

На два останні чинники значний вплив має зворотний акустичний зв'язок.

Звукові хвилі під час розповсюдження в середовищі, в якому відбувається процес рафінування розплаву металу, можуть відбиватись від поверхонь устаткування, наприклад, бокової поверхні ємності, в якій відбувається процес рафінування розплаву, та від кромки сопла, з якого витікає перший потік газу. Після відбивання звукова хвиля може потрапляти на ділянку течії першого потоку газу зі структурою у вигляді стрибків ущільнення та руйнувати стрибки ущільнення, тобто можливе утворення зворотного акустичного зв'язку, що здатне значно знизити тиск газу в першому потоці газу і, як наслідок, знизити ефективність використання енергії другого потоку газу для розпилювання металу.

Усунення впливу зворотного акустичного зв'язку сприяє зменшенню втрат енергії струмини газу та підвищенню якості диспергування металургійних розплавів.

У зв'язку з цим в роботі запропоновано спосіб усунення впливу зворотного акустичного зв'язку на стрибки ущільнення початкової ділянки трансзвукової газової струмини, та математичну модель процесу диспергування металургійних розплавів.

Визначення витрат електроенергії на тягу поїздів на ділянках постійного струму без використання струмових характеристик електровоза

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

Енергоємність залізничного транспорту України складає близько 4,5 млрд. кВт·год. електроенергії в рік. Значна частина цієї енергії припадає на тягу поїздів. Тому знаходження та реалізація резервів економії енергії – це одні з основних завдань, які стоять перед галуззю.

Важливим напрямком для економії витрат електроенергії на тягу поїздів є розробка досконаліших методів визначення цих витрат. Зокрема, підвищення точності розрахунків дозволить встановити оптимальні параметри тягових засобів, точніше планувати витрати електроенергії на конкретних ділянках залізниці та вибирати найбільш оптимальні за мінімумом витрати електроенергії режими водіння поїздів на цих ділянках.

У даний час, витрати електроенергії на тягу поїзда визначаються згідно з методикою регламентованою Правилами тягових розрахунків для поїзної роботи. Використання такого підходу для сучасних електровозів з плавним регулюванням потужності пов'язане з рядом труднощів викликаних, в основному, складністю отримання чіткого взаємозв'язку між тяговими та струмовими характеристиками. Одним з можливих варіантів рішення проблеми, пропонується застосування методу визначення витрат електроенергії за роботою сили тяги з застосуванням тягово-енергетичних характеристик. Такий підхід дозволяє визначати витрати електроенергії на основі тягових розрахунків без застосування струмових характеристик.

У дослідженні виконано порівняння результатів розрахунку витрат електроенергії на тягу поїздів, отриманих за допомогою тягово-енергетичної характеристики електровоза з результатами отриманими за кривими струму. Було виявлено, що у разі якісного

визначення параметрів математичної моделі тягово-енергетичної характеристики заданого електровоза, метод розрахунку витрат електроенергії за роботою сили тяги володіє достатньою точністю, а отже може набути широкого застосування.

Resonant converters for energy distribution systems that contain storage units

Goncharov Yu.P., Ivakhno V.V., Zamaruiev V.V., Styslo B.A., Lobko A.V., Bobrov M. A., Makarevich D. A. (NTU “KhPI”)

Nearly 70% of the energy used in our households and industry is the form of electricity. Due to the imminent depletion of conventional energy sources like oil and gas appeared a need to search for alternative energy sources. Significant progress has been achieved in the fields of solar and wind power generation. Due to a change in solar panel manufacturing technology a conversion rate of nearly 44% has been achieved. In Ukraine the use of solar energy is economically justified, according to an estimation made by abroad scientists, it can cover more than half of the country's energy demands. It is most suitable to locate PV generators along linear industry objects such as roads and railways.

It should be noticed that the use of photovoltaic generators has some limitations. Solar panels can be affectively used mostly as direct current sources. It is sound to use solar and wind generators plugging them into a power system that contains energy storage units. This will allow compensating daily and even seasonal dissimilarities in the amounts of generated power. But that will require the use of reversible connecting convertors able to operate as inverters on the PV source side and as rectifiers on the grid side. An important aspect of modern converter designs is the search for maximum power density. One of the proven approaches to reach this goal is the use of higher frequency designs, which allows to greatly lessen the sizes of passive elements (capacitors, reactors). But the increase of semiconductor components switching frequency leads to an increase in total switching losses, this often makes the PWM converters less effective on high frequencies. A possible solution to this matter is the use of resonant converters. The operation of the resonant circuit creates conditions for nearly lossless switching of the semiconductor elements at certain time periods.

The power circuit topologies for such converters had been well research by the time, while the variety of control systems had been poorly analyzed. During the work on this topic a suggestion was made to research the ability to run a resonant converter by a phase-shifting control system. A control system where current control was performed through a regulated phase shift to an α sized angle between the source voltage and the switch input voltage vectors was designed. Since current regulation is based on a controlled voltage difference, it is clear that the direction of the power flow will change sides, according to the sign of the α angle. Thus a phase control algorithm can provide controlled reversible energy transfer between the grid and the load of the converter. In addition the use of resonant circuits where inductive reactance overbalances capacitance can cause lagging between the reactive current and the voltage creating a $\pi/2$ sized angle, this allows the converter to operate without generating reactive power into the grid under low control angles. Such additional property that allows controlling the LC-philter resonance frequency by an intentional symmetrical detuning, allows to call the obtained control method resonant-phase shifting. It is also possible to stop energy transfer between the grid and the energy storage unit by setting $\alpha=0$. Computer modeling had been done to examine the possibility of an above mentioned convertor operation. The results have proven the suggestions to be valid, and shown some additional features to be present in the converter. It has been noticed that under certain levels of LC-philter detuning the active current that flows through the converter gets affected by its reactive current and becomes lower. Thus a timed suppression of the converter

active current can be done to create short nearly zero current intervals for soft semiconductor switching. Due to the convertor's operating features it is possible to use a solely integrating regulator to run it which greatly simplifies the control system structure.

Методы повышения помехоустойчивости тональных рельсовых цепей

Гончаров К. В., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Рельсовые цепи эксплуатируются в условиях воздействия различных электромагнитных помех, источниками которых являются система тягового электроснабжения, подвижной состав, устройства автоматической локомотивной сигнализации, соседние рельсовые линии. Для подавления помех в путевых приемниках рельсовых цепей применяются узкополосные фильтры, настроенные на несущую частоту сигнала контроля рельсовой линии (КРЛ). Полоса пропускания таких фильтров выбирается из условия максимального подавления возможных сосредоточенных по спектру гармонических помех (гармоник тягового тока, сигналов соседних рельсовых цепей). В то же время узкополосные фильтры не позволяют подавить импульсные помехи, которые возникают в результате различных коммутационных процессов в контактной сети, изменения режима ведения электровоза, грозовых разрядов и других причин. Импульсные помехи приводят к появлению на выходе узкополосного фильтра свободных затухающих колебаний на несущей частоте сигнала КРЛ, что может привести к сбою в работе рельсовой цепи.

Наиболее часто для подавления импульсных помех используются амплитудные ограничители, которые строятся на базе различных элементов с нелинейной вольт-амперной характеристикой: варисторов, полупроводниковых диодов и стабилитронов. Однако аддитивная смесь гармоник тягового тока и сигналов соседних рельсовых цепей приводит к появлению на выходе нелинейного элемента комбинационных частот, которые могут попасть в полосу пропускания входного фильтра путевого приемника и привести к сбою в работе рельсовой цепи. Например, путевой приемник тональной рельсовой цепи (ТРЦ) с несущей частотой 480 Гц имеет полосу пропускания от 468 Гц до 492 Гц. Предположим, что соседняя рельсовая цепь работает на несущей частоте 420 Гц при частоте модуляции 12 Гц. В спектре сигнала соседней ТРЦ будут присутствовать несущая частота 420 Гц и первые гармоники нижней и верхней боковых полос 408 Гц и 432 Гц. Сигнал соседней рельсовой цепи вместе с помехой от тягового тока 50 Гц могут создать на выходе нелинейного ограничителя комбинационные частоты 458 Гц, 470 Гц и 482 Гц. Последние две частоты являются «опасными», т.к. попадают в полосу пропускания приемника с несущей частотой 480 Гц, что может привести к ложному срабатыванию приемника.

Эффективным методом подавления импульсных помех является применение системы «широкополосный фильтр – ограничитель – узкополосный фильтр» (ШОУ). Предложено в качестве узкополосного фильтра в путевом приемнике ТРЦ использовать коррелятор. В результате проведенного анализа была получена зависимость отношения сигнал / импульсная помеха на выходе коррелятора от полосы пропускания широкополосного фильтра.

Для исследования эффективности схемы ШОУ было проведено имитационное моделирование в среде Matlab. Было установлено, что при полосе пропускания широкополосного фильтра 100 Гц и несущей частоте 480 Гц традиционная схема ШОУ позволяет повысить отношение сигнал / импульсная помеха в 4,1 раз по сравнению с

одиноким узкополосным фильтром. Схема ШОУ с коррелятором при тех же условиях позволяет повысить отношение сигнал / импульсная помеха в 5,9 раз по сравнению с узкополосным фильтром.

Силовые активные фильтры для тяговых подстанций магистральных железных дорог постоянного тока

Гончаров Ю.П., Замаруев В.В., Войтович Ю.С., Безъязычный А.В. (НТУ «ХПИ»),
Сыченко В.Г., (ДНУЖТ).

В настоящее время «Укрзалізниця» проводит модернизацию тяговых подстанций постоянного тока путем замены устаревших 6-пульсных выпрямительных агрегатов на более совершенные 12-пульсные. Последние позволяют существенно улучшить электромагнитную совместимость подстанций как с питающей промышленной трехфазной сетью, так и с нагрузками. Тем не менее, новым мировым стандартам на качество потребляемой электроэнергии 12-пульсные агрегаты не удовлетворяют, а с учетом непрерывного ужесточения стандартов, которое идет в связи с мировым энергетическим кризисом, разрыв между фактическим гармоническим составом потребляемого тока и требованиями к нему будет непрерывно увеличиваться. Ранее авторами была предложена комбинированная система активной фильтрации входного и выходного токов, которая позволяет решить эту проблему.

Ущербные гармоники входного тока подавляются в ней параллельным активным фильтром (АФ), который может устанавливаться как в каждом из выпрямительных агрегатов, так и как одно устройство на подстанции. Общее исполнение проще, но требует установки более высоковольтного развязывающего трансформатора. Для сокращения его массы, повышения к. п. д. и снижения класса изоляции, развязку целесообразно проводить на повышенной частоте фильтруемых гармоник. Но тогда возникает проблема их отделения от основной частоты 50 Гц, прежде всего по напряжению, поскольку наличие существенной основной гармоники в магнитном потоке сводит на нет все преимущества высокочастотного исполнения. Проблема осложняется тем, что в магнитном потоке содержание основной гармоники в K раз выше, чем в напряжении, где K – это номер подавляемой гармоники. В данном случае наибольшей по амплитуде из высших гармоник является одиннадцатая, то есть требования к содержанию основной гармоники в потоке на порядок выше, чем в напряжении. Отметим также, что устранение первой гармоники напряжения на первичной обмотке развязывающего трансформатора позволяет в несколько раз снизить класс изоляции трансформатора, что является немаловажным фактором. Снижается также величина рабочего напряжения на полупроводниковых ключах собственно АФ, что позволяет применить менее мощные, а поэтому более быстродействующие приборы, в том числе быстро прогрессирующие MOSFET.

Задача данной работы состояла в разработке схемы параллельного АФ, минимизирующей содержание основной гармоники напряжения в напряжении на развязывающем трансформаторе и на других элементах схемы АФ, а также определение параметров соответствующих узлов силовой схемы и системы управления.

В ходе проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Применение развязывающего трансформатора на повышенной частоте подавляемых гармоник позволяет в несколько раз снизить его размеры.
2. Принцип ограничения основной гармоники напряжения состоит в создании для нее режима короткого замыкания на выводах вторичной обмотке средствами силовой схемы в сочетании со средствами управления.

3. Силовой демпфированный резонансный контур обеспечивает для основной гармоники режим, близкий к короткому замыканию, при одновременном использовании демпфирующего резистора для повышения скорости установления режима.

4. Дополнительная обратная связь по основной гармонике снижает установленную мощность силового резонансного контура более чем на порядок.

Разделенная коммутация как средство снижения динамических потерь силовых полупроводниковых ключей двухзвенных преобразователей постоянного напряжения в постоянное

Гончаров Ю.П., Ивахно В.В., Замаруев В.В., Стысло Б.А., Межеричкий М.В.,
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

При преобразовании постоянного напряжения в постоянное с гальванической развязкой первичной и вторичной сторон широко используются традиционные схемы преобразователей на основе полумостовой (либо мостовой) схем инвертора напряжения (ИН) на управляемых ключах на первичной стороне трансформатора с неуправляемым выпрямителем и LC фильтром на вторичной с использованием алгоритма однократной ШИМ. Существуют многочисленные модификации базовой схемы, позволяющие обеспечить, за счет применения различных снабберов и модификации базового алгоритма управления, режимы переключения силовых полупроводниковых ключей (СПК) ИН в нулях напряжения на ключе (zero voltage switching, ZVS) либо в нулях тока ключа (zero-current switching, ZCS) и, следовательно, существенно уменьшить коммутационные потери в силовых ключах в сравнении с режимом жесткой коммутации. При входных напряжениях до (300 - 400 В) в качестве СПК первичной стороны используются полевые транзисторы (MOSFET), при от примерно 400 В и выше, до (3 – 4) кВ – биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT). В докладе рассматриваются различные модификации базовой схемы с использованием принципа разделенной коммутации. В этом случае силовой коммутатор одного из звеньев выполняется по схеме ИН на СПК типа MOSFET либо IGBT, шунтированных обратными диодами и снабберными конденсаторами мягкого выключения; другого звена – по схеме инвертора тока (ИТ) на СПК типа MOSFET либо IGBT с последовательным диодом, а роль снаббера мягкого включения выполняет индуктивность рассеяния трансформатора. В докладе описывается алгоритм управления СПК, позволяющий обеспечить в каждом из звеньев однородную коммутацию: одно из переключений СПК на периоде естественное (включение СПК ИН в режиме ZVS, выключение СПК ИТ в режиме ZCS), а другое – принудительное мягкое (снабберное) (выключение СПК ИН, включение СПК ИТ). Это достигается благодаря наличию временной задержки между моментом принудительного выключения СПК ИН и принудительного включения СПК ИТ. Использование в ИТ мостовой схемы позволяет регулировать величину выходного напряжения либо тока путем регулировки относительной длительности существования контура холостого хода (когда проводят ключи стойки ИТ). В силу обратимости каждого из звеньев возможно применение на первичной стороне схемы ИН (тогда на вторичной – схемы ИТ) либо наоборот, на первичной – схемы ИТ и схемы ИН – на вторичной. Для приложений с входным напряжением 2 – 4 кВ и выходным до 400 В (например, в преобразователе для питания электрооборудования вагона железной дороги постоянного тока) целесообразно преобразователь первичного звена выполнить по схеме ИТ на IGBT с последовательными диодами и с входным дросселем на первичной стороне и вторичного звена – по полумостовой схеме ИН на MOSFET с выходным фильтровым конденсатором. ZCS

режим выключения IGBT позволяет избежать эффекта «хвоста тока» при снабберном выключении, который наблюдался бы при использовании в первичном звене ИН с высоковольтными IGBT (при снабберном выключении IGBT энергия коммутации не может быть снижена до величины менее чем примерно половина энергии при безснабберном выключении). Работоспособность и эффективность алгоритма подтверждена моделированием и физическими экспериментами.

Моделирование аварийных ситуаций при столкновении поездов

Горобец В.Л. , Урсуляк Л.В. (ДНУЖТ)

В данной работе исследован уровень и характер формирования продольной нагруженности поездов при их столкновении. Уровень наибольших продольных сил оценивался с помощью математического моделирования с использованием материалов, предоставленных Донецкой железной дорогой. Моделировалось соударение двух товарных поездов. Первый поезд, который стоял на станции, состоял из одного локомотива ТЭМ-7, 17 порожних полувагонов и 24 загруженных хопперов массой 77,5 тонн каждый. Общий вес поезда составлял 2270 т. Второй поезд, состоящий из одного локомотива ВЛ-8 и 39 загруженных коксовозов массой 94 тонн каждый, при скорости 30 км/ч столкнулся со стоящим на станции грузовым поездом. Общий вес второго грузового поезда составлял 3400т.

При моделировании предполагалось, что межвагонные соединения экипажей были оборудованы упруго-фрикционными поглощающими аппаратами Ш-1-ТМ. Столкновение двух поездов моделировалось на горизонтальном участке пути. Учитывались зазоры в упряжи, максимальное значение которых принималось равным 65мм. Рассматривались различные скорости соударения, которые изменялись в диапазоне 5,... 30 км/ч.

Оценка продольных сил проводилась без учета и с учетом пластических деформаций, которые, как правило, возникают в таких ситуациях.

В результате расчетов были получены осциллограммы продольных сил, диаграммы распределения максимальных продольных сил вдоль состава и зависимости наибольших сил в поезде от координаты пути, скорости соударения и начального состояния зазоров в межвагонных соединениях в момент столкновения.

Из полученных результатов следует, что чем меньше скорость соударения, тем меньше значения наибольших растягивающих и сжимающих усилий. Учет пластических деформаций, возникающих при столкновении поездов существенно изменяет характер продольной нагруженности. Однако при скоростях соударения больших 5 км/ч независимо от начального состояния обоих составов, уровень продольных сил приведет к его сходу.

Полученные результаты использованы при расследовании инцидента, произошедшего на станции Мариуполь Донецкой железной дороги.

Исследование эксплуатационных качеств вставок пантографов электровозов

Горобец В.Л. , Коваленко В.В., Федоров Е.Ф., (ДНУЖТ), Ярмач А.А. (Укрзалізниця)

Развитию электрифицированных железных дорог всегда отводилась и отводится большое внимание. В связи с этим, постоянно ведутся работы по усовершенствованию и повышению надежности разных электрических контактов, которые принимают участие в

обеспечении передачи электрической энергии из контактной сети на электроподвижной состав.

Большая часть произведенной электроэнергии тем, или другим путем проходит через разные электрические контакты. Электрическим контактом называют соединение тел, которые обеспечивают непрерывность электрической цепи. При этом качество соединений зависит от используемых материалов и конструкций контактов.

Методика сравнительной оценки качеств накладок (вставок) пантографов должна в сжатые сроки времени давать достаточно объективные оценки качества токосъема, надежности и долговечности накладок и вставок пантографов и контактного провода. Методика должна разрешать внедрение прогрессивных технологий токосъема и обеспечивать подготовку к проведению исследовательских эксплуатационных испытаний новых, перспективных образцов накладок и вставок пантографов.

Результатом проведенных испытаний является условный рейтинговый список, который устанавливает приоритет и ограничения использования исследовательских вставок (накладок) пантографов, после чего они допускаются к опытной эксплуатации на участках железных дорог с последующим анализом их результатов.

Рейтинговая оценка вставок определенного типа (определенного производителя) определяется выражением, приведенным ниже

$$R_k = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{gj} R_{ci} Y_{ki}$$

где R_k - условная рейтинговая оценка вставок (накладок) k – того типа; R_{gj} – весовая оценка важности параметра в группе параметров; R_{ci} – условная весовая оценка важности параметра; Y_{ki} – безразмерный (относительно определенной вставки - эталона) параметр качества вставки; k – количество типов вставок (накладок); n – общее количество групп параметров; m – количество параметров качества вставок (накладок).

Анализ высокочастотных составляющих, содержащихся в искаженных кривых линейного напряжения и тока на выходе преобразователя частоты типа LS800-42K2-TD

Горпинич А.В., Тараненко И.А., ГБУЗ «Приазовский государственный технический университет»

С помощью цифрового осциллографа типа АКТАКОМ АСК-2034 в лаборатории кафедры электрификации промышленных предприятий ГБУЗ «Приазовский государственный технический университет» были проведены экспериментальные исследования преобразователя частоты со звеном постоянного тока типа LS800-42K2-TD. Установлено, что кривые линейного напряжения и тока на выходе этого преобразователя имеют достаточно сложный спектральный состав, особенностью которого является наличие ансамбля периодически возникающих стационарных и нестационарных высокочастотных составляющих импульсного характера, поскольку для формирования выходного синусоидального переменного напряжения в данном преобразователе используется автономный инвертор, который формирует напряжение заданной формы на обмотках двигателя методом широтно-импульсной модуляции. В качестве электронных ключей в инверторе применяются биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT-транзисторы), которые коммутируются с очень высокой скоростью нарастания выходного напряжения (до 50 кВ/мкс) и частотой следования импульсов (по паспорту от 2 до 16 кГц).

Чтобы выявить особенности спектрального состава полученных осциллографом кривых, был выполнен экспорт данных в Microsoft Excel с последующей их обработкой в математической среде Wolfram Mathematica, используя wavelet-преобразование. Анализ показал, что в спектральном составе присутствуют высокочастотные составляющие в диапазоне 2,4-97 кГц значительной амплитуды (до 199 % по напряжению и до 78 % по току от амплитуды основной частоты). Длительность этих составляющих достигает десятков микросекунд-единиц миллисекунд, а фронт близок к прямоугольному. Форма кривой линейного напряжения на выходе преобразователя частоты представляет собой сложный сигнал, возникающий вследствие наложения на синусоиду многочисленных групп высокочастотных импульсов большой скважности.

Наличие высокочастотных составляющих в диапазоне 2,4-97 кГц значительной амплитуды оказывает негативное влияние на конденсаторы звена постоянного тока, изоляцию обмоток приводимого двигателя, а также изоляцию соединительного кабеля. Кроме того, возможно возникновение резонансных явлений на таких частотах, приводящих к выходу из строя элементов преобразователя частоты и двигателя. Электромагнитное излучение, обусловленное наличием таких высокочастотных составляющих, способно ухудшить работу систем связи, незранированного измерительного оборудования, электронных счётчиков, модулей микропроцессорной защиты с программируемыми логическими контроллерами, а также может негативно сказываться на здоровье обслуживающего персонала. Для подавления вышеуказанных высокочастотных составляющих наибольшее распространение получили пассивные фильтры в виде L-C-L-цепочек различных конфигураций, что, однако, не исключает и возможности применения активных фильтров.

Оцінка потенціалу енергозбереження в системі теплопостачання студентського містечка Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту

Горячкін В.М., к.т.н., доцент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна

Витрати теплоти на опалення та гаряче водопостачання житлових, громадських та промислових об'єктів складають суттєву частину споживання енергії. Підвищення вартості енергоносіїв, що відбувається у світі і в Україні, зробило дуже актуальними роботи, пов'язані з енергозбереженням в системах виробництва, транспортування та використання енергоносіїв і, зокрема, теплової енергії.

В роботі наведені основні результати аналізу стану і показників роботи системи теплопостачання студмістечка Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, розглянуті напрямки можливого підвищення ефективності використання енергії та проведена оцінка ефективності заходів з енергозбереження.

Теплопостачання та гаряче водопостачання студмістечка університету, на території якого розташовані навчальні корпуси, гуртожитки, житлові будинки, спорткомплекс, басейн, їдальня та інші споруди, відбувається централізовано від котельні, яка також розташована на території студмістечка. Аналіз інформації про структуру системи теплопостачання, розрахункове виробництво і споживання теплової енергії всіма споживачами протягом календарного року дав можливість з'ясувати напрямки і необхідну кількість використання теплоти різними споживачами, визначити частку витрати теплової енергії для кожного з них, виокремити найбільших споживачів теплоти. Найбільшими споживачами виявилися учбові корпуси (близько 35,4 % опалювального навантаження і

10,9 % навантаження гарячого водопостачання), гуртожитки – (26,7 % і 74,8 % відповідно), житлові будинки – (19,9 % і 2 % відповідно).

Аналіз фактичного використання теплової енергії окремими споживачами проводився за наявними вузлами обліку, встановленими як в котельні, так і у споживачів. Необхідно відмітити, що в системі теплопостачання студмістечка облік споживаної теплової енергії ведеться тільки у окремих споживачів. Витрата теплоти на опалення виявилась суттєво нижчою норм КТМ 204 України 244-94, які призначені для планування потреб в теплоті та паливі на опалення житлових та громадських споруд, що з одного боку пов'язано з пом'якшенням клімату, а з іншого – обумовлено вже виконаними роботами з термомодернізації будівель. В той же час фактичні питомі витрати теплоти перевищують норми ДБН В 2.6-31-2006, які є обов'язковими при проектуванні будинків і споруд, що опалюються, у разі нового будівництва, реконструкції й термомодернізації, при складанні енергетичного паспорту, проведенні енергетичного обстеження будівель та споруд. Це означає, що роботи з термомодернізації споживачів теплоти обов'язково мають бути направлені на енергозбереження.

Виходячи з аналізу фактичного споживання теплоти були розроблені заходи по енергозбереженню, які можуть бути реалізовані в системі теплопостачання студмістечка університету, серед яких встановлення вузлів обліку теплової енергії на об'єктах, на яких вони ще не встановлені; утеплення зовнішніх поверхонь будівель, використання регульованих елеваторів на вводах, автоматизація системи відпуску теплоти, встановлення радіаторних рефлекторів між зовнішньою стіною та нагрівальним приладом, періодична промивка систем опалення та інші. Запропоновані заходи з енергозбереження дозволять знизити споживання теплової енергії на 25...40 % та покращити якість роботи системи теплопостачання.

Перспективи застосування вихрової труби для кондиціювання пасажирського вагону

Горячкін В.М., к.т.н., доцент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна

Розвиток пасажирських перевезень на залізничному транспорті в Україні і в світі призвів до зростання вимог стосовно рівня комфорту перевезення пасажирів. Зокрема нові пасажирські вагони обладнуються сучасними системами кондиціювання і вентиляції, до яких висуваються більш жорсткі вимоги щодо забезпечення параметрів повітряного середовища. Сучасні кондиціонери є достатньо складними в своїй конструкції, експлуатації, ремонті. Альтернативою їм може стати застосування вихрової труби для охолодження та нагрівання повітря, що подається системою вентиляції або кондиціювання.

Вихровий ефект енергетичного розділення газу відкритий французьким інженером Ж. Ранком ще у 1931 році. Сутність вихрового ефекту полягає в зниженні температури в центральних шарах закрученого потоку газу (вільного вихору) і підвищенні температури периферійних шарів. При відповідній конструкції пристрою вихор газу вдається розділити на два потоки – відповідно із зниженою і підвищеною температурами, що дає змогу використовувати вихрову трубу як для охолодження, так і для нагріву газу.

Головною перевагою застосування вихрової труби в системах кондиціювання є відсутність будь-яких холодоагентів і теплоносіїв. Конструкція вихрової труби є простою, що призводить до зменшення трудомісткості виготовлення, а також монтажу та обслуговування. Система в цілому складається з окремих вузлів, які можуть бути

розміщені в різних місцях в будь-якому положенні. Відсутність рухомих частин в конструкції вихрової труби значно підвищує надійність холодительно-нагрівальної системи в цілому. Додатковою перевагою є зручність компонування, адже все обладнання є досить компактним і легким. Вихрова труба здатна вийти на свій номінальний режим роботи вже через кілька секунд після запуску, що дозволяє практично миттєво реагувати на зміну температурного режиму.

Можливість застосування вихрового ефекту в різних конструкціях розглядається давно. Проте широкого розповсюдження дана технологія не набула. Причиною цього є складність дослідження вихрового ефекту, в першу чергу через те, що аналітичних методів його розрахунку до теперішнього часу не створено, а експериментальні дослідження вимагають значних матеріальних ресурсів.

Разом з тим, вихровий ефект, хоча і простий на вигляд, насправді включає в себе складний газодинамічний процес, що відбувається в турбулентному потоці стисливого газу. Рівняння газової динаміки, що його описують, на сьогоднішній день можуть бути розв'язані тільки за допомогою чисельних методів з використанням певних припущень щодо структури потоку. Водночас, існує велика кількість робіт по експериментальному вивченню вихрового ефекту як у вітчизняних так і закордонних публікаціях. На підставі серії дослідів розроблено кілька напівемпіричних методів розрахунку апаратів з вихровими трубами в залежності від їх призначення.

Виходячи з існуючих даних можна стверджувати, що використання вихрових труб є перспективним в системах кондиціонування пасажирських вагонів. Проведені оцінки свідчать, що конструкція установки з вихровою трубою, яка буде застосовуватись для охолодження повітря в літній період і забезпечувати необхідну холодопродуктивність, за своїми розмірами буде менше традиційного кондиціонера, а споживана потужність – незначною і зіставною з ним. Це дозволить легко розмістити таку установку у вагоні і забезпечити підвищення комфорту перевезення пасажирів в частині мікроклімату салону.

Дослідження ефективності роботи електропостачання на ділянці Л – В при стабілізації напруги 3,3 кВ

Грудзур М. М., студент, Ляшук В. М., доцент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Проведенні вимірювання напруги холостого ходу на тягових підстанціях на ділянці Лавочне – Воловець на Львівській залізниці показали, що в реальності вона піднімається до 4,0 кВ. Така підвищена напруга негативно позначається на дорогому комутаційному і перетворювальному електроустаткуванню рухомого складу і часто призводить до виходу його з ладу. З іншого боку, зниження напруги контактної мережі призводить до збільшення часу розгону транспорту, а також перегріву обмоток тягових двигунів. Ясно, що стабілізація напруги мережі живлення залізничного транспорту дозволяє значною мірою підвищити якість їх роботи, безпеку, надійність та знизити витрату електроенергії.

Живлення електричних ланцюгів електрифікованого транспорту здійснюється від контактної мережі постійного струму напругою 3,3 кВ \pm 0,5 кВ. Номінальна напруга на виході тягової підстанції становить 3,3 кВ, максимальне – 3,8 кВ.

В роботі розглядається питання використання методу стабілізації напруги постійного струму з використанням ланки високої частоти на тягових підстанціях електричного транспорту постійного струму, наводиться опис і принцип роботи стабілізатора напруги.

Описується модуль стабілізації напруги для тягових підстанцій, заснований на використанні ланки високої частоти, як найбільш економічний спосіб. Система стабілізації напруги складається з інвертора, який перетворює постійну напругу 3,3 кВ в змінну з частотою 5 кГц, автотрансформатора, який служить для зміни амплітуди напруги з частотою 5 кГц, випрямляча на IGBT транзисторах, датчиках напруги і системи управління.

У силову частину системи стабілізації напруги входить автономний інвертор, зібраний за мостовою схемою на IGBT транзисторах. Інвертор перетворює постійну напругу в змінну з частотою 5 кГц. Навантаженням для інвертора є автотрансформатор, вторинна обмотка якого служить для отримання різних за рівнем напруг на виході. Виводи автотрансформатора підключені до випрямляча, зібраному за мостовою схемою на силових діодах і IGBT транзисторах, які працюють у ключовому режимі. Змінюючи тривалість імпульсу напруги затвор – емітера IGBT транзисторів можна керувати напругою на навантаженні, тобто контактної мережі. При наявності зв'язку проводиться стабілізація напруги в тяговій мережі 3,3 кВ.

Таким чином зробивши відповідні дослідження ефективність тягового електропостачання безпосередньо залежить від стабілізації напруги, а саме від його якості електроенергії, яка подається безпосередньо на електрорухомий склад залізниці.

Вирішення цієї проблеми повинне базуватися на проведенні переоснащення господарства електропостачання та його модернізації.

Вимірювання напруги фідерів контактної мережі постійного струму мікропроцесорними захистами.

Данилов О.А., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту

Спеціалізовані мікропроцесорні захисти фідерів контактної мережі мають в своєму складі наступні захисти:

- максимальний струмовий захист (двонаправлена МТЗ);
- захист по мінімальній напрузі;
- захист по швидкості зростання струму;
- захист по зменшенню опору (дистанційний захист);
- захист по збільшенню струму за проміжок часу з урахуванням попереднього значення.

Мікропроцесорний захист вимірює тільки струм і напругу. Всі інші параметри (опір, швидкість зміни струму) мікропроцесорний захист розраховує. Струм вимірюється безпосередньо через шунт або струмовий датчик. Тому виміряні значення струму відповідають дійсному струму, який протікає в цей час через фідер. Напругу вимірюють через дільник, який підключають між фідером +3,3 кВ і внутрішнім контуром заземлення. Це пов'язано з тим, що шина -3,3 кВ знаходиться на відносно великій відстані від швидкодіючого вимикача або взагалі не проходить через чарунку фідера. Крім зручності підключення вимірювального кабелю, дільник, в якому один кінець безпосередньо підключається до контуру заземлення, виконати конструктивно і за умовами електробезпеки значно простіше.

Вимірювати напругу фідера контактної мережі між +3,3 і внутрішнім контуром заземлення почали задовго до появи мікропроцесорних захистів. Тому коли з'явилися цифрові пристрої, в яких в якості первинних даних використовувалась напруга, то звичайно конструктори пішли перевіреним і більш простим шляхом. Всі виробники

захистів чи регістраторів для отримання інформації про напругу вимірюють її між +3,3 кВ і внутрішнім контуром заземлення.

Треба зазначити, що шина -3,3 кВ в тяговій мережі постійного струму не з'єднана ні з внутрішнім, ні з зовнішнім контуром заземлення тягової підстанції. Тому струм, який протікає по вимірювальному дільнику, буде проходити по додатковим опорам. Цей опір складається з опору внутрішнього заземлення, котушки реле земляного захисту, зовнішнього заземлення, перехідного опору землі між рейками і зовнішнім контуром заземлення і опору реактора.

При сталому режимі сумарний додатковий опір між шиною -3,3 кВ і точкою приєднання дільника зазвичай не перевищує 1 Ом. При різких змінах струму в реакторі буде виникати значна проти е.р.с. При короткому замиканні струм зростає з великою швидкістю і з'являється індуктивна складова загального опору реактора, яка значно перевищує активну складову. Таким чином струм через дільник значно зменшиться і вимірювальні органи мікропроцесорних захистів зафіксують значний провал напруги. При цьому реальне зменшення напруги безпосередньо між «+» фідером і «-» шини перетворювального агрегату буде незначним і обумовлено падінням на внутрішньому опорі підстанції.

Напруга, яка вимірюється між «+» фідера і внутрішнім контуром заземлення змінюється по більш складному закону, ніж напруга на шинах підстанції. Вимірюючи таким чином напругу в значній мірі залежить від швидкості зміни струму. Тому при розрахунках уставок захисту, який використовує напругу, необхідно враховувати специфіку її виміру.

Проблеми оцінювання енергоефективності підприємства

Денисюк С.П., д.т.н., професор, Базюк Т.М., асистент, Огієвич О.М., магістр,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Останнім часом підвищення енергоефективності все частіше розглядається, як одна з необхідних умов модернізації економіки. Вважається, що енергоефективність виробничих компаній і сфери народного господарства є вкрай низькою. Для підтвердження даного твердження періодично проводяться ті чи інші оцінки енергоефективності, які інколи кардинально відрізняються одна від одної. Причина таких відмінностей полягає в різних методиках оцінки енергоефективності, оскільки немає єдиного підходу до оцінки енерговитрат і позитивного результату, що виник за рахунок цих витрат.

Покращення ефективності використання енергії є найбільш швидким і найменш дорогим шляхом сприяння енергетичній безпеці держави, охороні довкілля та стимулювання якісних зрушень у національній економіці. Це вимагає системної роботи, сконцентрованих ринкових сигналів, якими б забезпечувалися стимули ефективних дій, прискореного впровадження нових технологій, забезпечення мінімальних стандартів енергоспоживання.

Ефективність, відповідно до словникового визначення, - це результативність, тобто відношення отриманого результату на одиницю витрачено ресурсу (праці, матеріалів, енергії).

Введення вимірювання і оцінки енергоефективності підприємства на різних рівнях – це необхідна частина системи управління енергоінфраструктурою підприємства, вони виконують важливі функції і є базовим елементом аналізу її ефективності.

Для більшості українських підприємств основним індикатором енергоефективності служить енергоемність - це відношення енергоресурсів, фактично витрачених на виробництво продукції (послуг) до кількості виробленої продукції в прийнятих одиницях

виміру. Визначення даного показника як результуючого явно недостатньо для повної оцінки енергоефективності енергоінфраструктури підприємства.

Набір показників енергоефективності включає узагальнюючий і окремі показники. Окремі або факторні показники визначені в розрізі: енергоінфраструктури підприємства в цілому, енергоспоживаючих технологічних процесів (різняється формою кінцевої енергії використовуваної в технологічних установках), окремих енергоносіїв, окремих видів енергоспоживаючих установок. Показники на різних рівнях повинні бути узгоджені між собою, щоб сприяти ефективній роботі системи керування та управління підприємством. За результатами оцінювання енергоефективності потрібно впроваджувати інновації, наприклад smart-системи чи підвищення ролі активного споживача.

Будь-яка система показників не досконала, про її недоліки можна судити тільки виходячи з практичного застосування, необхідно передбачати її розвиток і зміни. Тому постають наступні завдання для системи показників: забезпечення ефективного керування підвищенням енергоефективності; відображення реального співвідношення між кінцевими результатами і витратами на їх досягнення; єдність показників для аналізу планування, стимулювання, контролю; врахування особливостей галузі; зручність для розрахунків: вихідна інформація не повинна виходити за рамки статистичної звітності.

Набір показників, що включаються в систему оцінки енергоефективності, для кожного підприємства необхідно уточнювати, беручи до уваги енергоемність продукції, масштаби виробництва, а також особливості енергоінфраструктури і технологічних процесів, що допускають або жорстко регламентують застосування альтернативних джерел енергії.

Класифікація активних споживачів відповідно до ступеня їх залученості та наявності потенціалу

Денисюк С.П. д.т.н., професор, Базюк Т.М., асистент, Опришко В.П., магістр
ІЕЕ НТУУ «КПІ»

Для розробки механізмів реалізації та стимулювання «активної» поведінки споживача електроенергії, в тому числі побудови системи керування попитом необхідно розробити класифікацію споживачів для можливості оцінки потенціалу їхньої участі в коригуванні власного графіка споживання.

Традиційно в електроенергетиці виділяють дві групи класифікаційних ознак, а саме: якісні та кількісні показники. До якісних класифікаційних ознак відносяться: види споживачів та наявність у них власної генерації, вид одержуваного ефекту регулювання, вид технологічного процесу споживача та вид кінцевого споживання. В свою чергу, кількісні показники поділяються на: швидкість зниження навантаження та його допустимий потенціал, максимально можливу тривалість раптових відключень, яка не веде до зриву технологічного процесу та максимально можливу тривалість роботи в умовах регулювання навантаження.

До економічних факторів, що впливають на поведінку «активного» споживача, варто виділити: ціну на споживану з мережі електроенергію; вартість виробленої електроенергії власними генераторами; можливість підключення власної генерації до мережі; вартісна оцінка вигідності можливих режимів, можливість перенесення навантаження устаткування в часі.

Потенціал «активної поведінки» споживачів різний, тому важливим є питання оцінки цього потенціалу та відповідної класифікації споживачів. Здійснення класифікації активного споживача можливо визначивши частку власної генерації та баланс потреб

споживача, і системи енергопостачання, можливості генерації в мережу та надання додаткових послуг, потенціал та швидкість реакції на зміну навантаження, тривалість та повторюваність раптових відключень від мережі та інше.

На підставі традиційних характеристик споживачів і основних факторів, що впливають на поведінку активного споживача, були виділені основні класифікаційні ознаки, що послужили базою для розробки класифікації споживачів з точки зору ступеня їх залученості та наявного потенціалу участі в програмах з управління попитом: 1) «активний» споживач – це такий споживач який має можливість або готовність приймати активну участь у регулюванні навантаженням. 2) «пасивний» споживач – це споживач у якого відсутня можливість для регулювання навантаження або бажання брати участь в регулюванні навантаження.

За встановленим обладнанням активного споживача поділяють на: генеруюче обладнання, накопичувачі електричної енергії, системи керування навантаженням та спільне використання кількох варіантів. В свою чергу за впливом на систему енергопостачання активних споживачів поділяють на тих, що використовують РГ для власних потреб, споживачів які мають можливість передавати надлишки до мережі, споживачі, які використовують обладнання лише для коригування власного графіку споживання та тих, які надають додаткові системні послуги. Запропонована класифікація активних споживачів, враховує основні фактори, що можуть впливати на «активну» поведінку споживачів, а також традиційну класифікацію споживачів електричної енергії.

В Законі України «Про засади функціонування ринку електричної енергії України» №1197-VII від 10.04.2014 визначено, що кожен споживач електричної енергії може вільно обирати електропостачальника, та безпосередньо укласти з ним договір на обсяг власного споживання, такий споживач є кваліфікованим споживачем електричної енергії. Це стало першим кроком у реалізації концепції активного споживача.

Системи енергетичного менеджменту – особливості системного підходу та напрямки формування

Денисюк С.П., д.т.н., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Сучасна економіка розвинених країн характеризується високим рівнем енергоефективності. Практика сучасного технологічного розвитку показала, що зниження енергоємності продукції базується на впровадженні сучасних технологій і стандартів енергоменеджменту. Енергоменеджмент – це постійно діюча система організації, управління та керівництва енергоспоживанням підприємства. Енергоменеджмент поєднує в собі як управлінські, так і технічні аспекти. Лише за допомогою системного підходу до енергоменеджменту організації, які застосовують стандарт, зможуть домогтися конкретних управлінських результатів.

Система енергетичного менеджменту – комплексна системи управління енергією підприємства, яка передбачає: розробка та реалізація політики підприємства в галузі управління енергією; навчання персоналу питань безперервного зниження споживання енергії та запуск механізмів мотивації; облік достатньою мірою деталізації всіх видів енергії; нормування і погодинне планування споживання всіх видів енергії; управління споживанням енергії; аналіз споживаних видів енергії та вироблення пропозицій щодо їх зниження; інвестування в заходи щодо зниження споживання енергії і т.п.

Підвищення рівня енергоефективності – це не тільки технічна проблема, що вимагає технологічних рішень, а й управлінська проблема. Для вирішення цієї

управлінської проблеми розроблено міжнародний стандарт ISO 50001:2011 «Energy management systems – Requirements with guidance for use» («Системи енергоменеджменту – Вимоги з керівництвом з використання»). Згідно ISO 50001 система енергоменеджменту – набір взаємозв’язаних чи взаємодіючих елементів, що використовуються для розробки і впровадження енергетичної політики та енергетичних цілей, а також процесів та процедур для досягнення цих цілей. Стандарт ISO 50001 допомагає створити основу для інтеграції енергоефективності в практику управління підприємством, більш ефективно використовувати існуючі енергоактиви. Згідно стандарту встановлюються вимоги до режиму використання та споживання енергії, включаючи: вимірювання, документацію, звітність, проектування, практичні методики, що стосуються забезпечення виробничої діяльності організації необхідним: обладнанням, системами, процесами, персоналом, які вносять свій внесок у результативність діяльності організації в галузі енергетики.

З точки зору процесного підходу, покладеного в основу ISO 50001:2011, менеджмент розглядається як система заходів, яка являє собою безперервну серію взаємопов’язаних дій, за допомогою яких здійснюється досягнення цілей. Переваги використовуваного системного процесного підходу: аналіз всіх аспектів, що впливають на енергоефективність, а також на постійне покращення; бізнес-процеси, пов’язані з енергоменеджментом, чітко визначені і перевіряються, як з боку внутрішніх, так і зовнішніх аудиторів, включаючи можливість сертифікації; безперервний і планований процес енергоменеджменту, що має певні параметри порівняння (базові лінії) для досягнутих результатів і документовані енергоцілі; підхід, заснований на кращій світовій практиці.

Основні напрямки проведення робіт в області енергетичного менеджменту: оновлення або модернізація виробничого обладнання, його окремих вузлів і агрегатів, зміни в технологічних процесах виробництва, спрямованих на скорочення величини енергетичних витрат виробництва продукції, з інноваціями в області використовуваних матеріалів; формування ефективної системи мотивації персоналу підприємства до економії використовуваних енергоносіїв; впровадження автоматизованого обліку та контролю споживання всіх видів енергетичних ресурсів.

Система енергоменеджменту визначає організаційні та інформаційні структури, необхідні ресурси, а також політику в галузі енергетики, планування, розгляд / впровадження та використання, моніторинг та вимірювання, контроль і корекцію, внутрішніх аудиторів, регулярний аналіз з боку керівництва. Виконання вимог стандартів ISO 50001 має цілий ряд як прямих, так і непрямих вигод організаційного, фінансового та репутаційного характеру.

Функціональна структура та алгоритми роботи системи моніторингу силових трансформаторів

Денисюк С.П., Притискач І.В., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»,
Пилипенко Ю.В., Інститут електродинаміки НАН України

Потужні трансформатори є найбільш дорогими і стратегічно важливими компонентами будь-якої електропостачальної системи. Їх надійність має вирішальне значення для функціонування електричних мереж. Серйозне пошкодження великого силового трансформатора за пробою ізоляції призводить до значних витрат на ремонт і недовідпуск електроенергії через відключення споживачів.

Сучасні підходи до побудови електроенергетичних систем передбачають широке використання мікропроцесорної техніки для реалізації інтелектуальних алгоритмів роботи

обладнання та його діагностики. Електрообладнання стає джерелом великих обсягів інформації та набуває здатності реагувати на різноманітні впливи та сигнали.

Для виявлення дефектів трансформатора на ранній стадії їх розвитку найбільш ефективними є системи безперервного моніторингу, які виконують оцінку поточного стану. Архітектору системи оцінки поточного стану зручно представити в ієрархічному вигляді з використанням чотирьох рівнів. Кожен рівень представлений модулями, які відповідають за ту чи іншу функцію.

Перший рівень є рівнем одержання даних від датчиків та систем моніторингу показників. Цей рівень включає апаратні засоби вимірювання конкретних фізичних величин, та сильно залежить від специфіки трансформаторів, які підлягають моніторингу. Сукупність встановлюваних датчиків і систем моніторингу визначається економічною доцільністю відповідно напрузі і потужності трансформаторів.

Другий рівень це рівень аналізу даних виконує функцію перетворення даних в інформацію зручну для подальшої оцінки стану за індикаторами.

Третій рівень відповідає за діагностику стану трансформатора. На цьому рівні відбувається інтеграція всіх індикаторів стану трансформатора, які надходять від модулів аналізу параметрів. У результаті одержуємо оцінку стану трансформатора. Модуль діагностики включає інформацію, яка характеризує ступінь впливу кожної з характеристик на загальну оцінку стану. Ця інформація повинна задаватися експертами або одержуватися статистичною обробкою великих обсягів даних з діючих установок.

Останній рівень є рівнем представлення інформації. Він відповідає за відображення результатів, отриманих на діагностичному рівні, для обслуговуючого інженерного персоналу. Також модуль представлення інформації може надавати рекомендації щодо певних заходів та керуючих впливів, отримані на основі оцінки стану трансформатора.

Оцінку поточного стану трансформатора пропонується виконувати на основі визначення «індексу стану», який залежить від усіх індикаторів, доступних для даного трансформатора. На основі отриманих значень цього індексу виконується класифікація трансформатора за станом. Відповідно до отриманого класу можуть бути зроблені висновки щодо необхідної частоти виконання профілактичного обслуговування чи про необхідність заміни трансформатора.

Алгоритм визначення індексу стану трансформатора базується на системі оцінок на основі значень контрольованих показників (вологість та температура масла, струми збігання, тангенс кута діелектричних втрат та інші). Оскільки індикатором погіршення стану обладнання може дати не тільки саме значення параметра, а й його швидке зростання, що характеризується похідною за часом, то, крім середнього значення для певних показників, алгоритмом розглядається і їх зміна за певний базисний термін часу.

Аналіз чутливості в локальних системах електроживлення з джерелами розосередженої генерації

Денисюк С.П. – д.т.н., проф., Дерев'янка Д.Г. – асистент, Щербань К.Ю. – магістрант, Дерев'янка Н.Г. – студент, Інститут енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ «КПІ»

Інтеграція джерел розосередженої генерації в локальних системах електроживлення дозволяє підвищити енергоефективність та зменшити викиди парникових газів в енергосистемі. Збільшення кількості таких відновлювальних джерел енергії в мережі впливає на якість електричної енергії в розподільчих мережах середньої та низької

напруги. До основних джерел розосередженої генерації відносяться: фотоелектричні елементи, вітрові установки, малі ГЕС, дизель-генератори.

Більшість джерел розосередженої генерації під'єднані до мережі за допомогою перетворювачів струму. При підключенні ці перетворювачі повинні зберігати якість електричної енергії. Причини погіршення ПЯЕ, наряду із впровадженням джерел розосередженої генерації (генерація в електричну мережу гармонік, інтер- та субгармонік), є також наявність у споживачів потужних нелінійних, несиметричних навантажень із різко-змінним режимом роботи.

У протяжних мережах складної структури процеси на вищих гармоніках носять складний характер, що визначається конфігурацією мережі, складом і параметрами її елементів, хвильовими властивостями мережі. В результаті дослідження моделі локальної системи електроживлення у програмному середовищі Matlab Simulink з моделюванням різних типів завад, що найчастіше притаманні зазначеним джерелам РГ (див. Рис. 1) було визначено окремі гармонічні складові, що підсилюються сумісною роботою різнорідних джерел РГ (див. рис. 2).

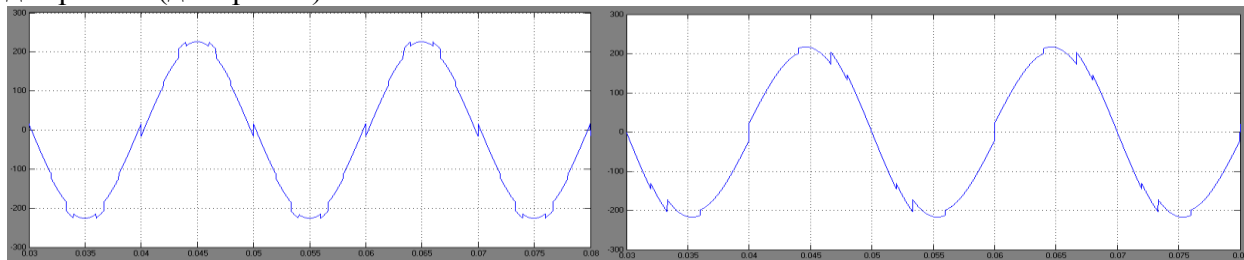


Рисунок 1 – Різні типи завад, що найчастіше генерують джерела РГ

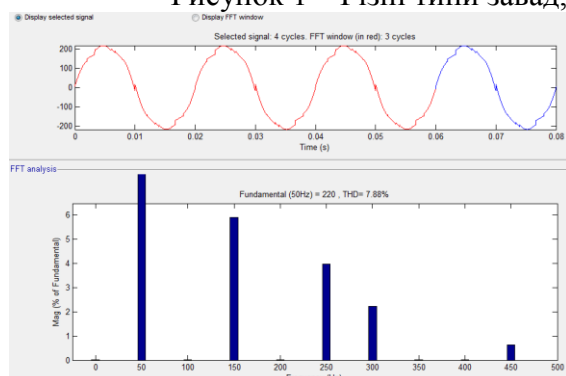


Рисунок 2 – результати FFT аналізу локальної системи електроживлення з різнорідними джерелами РГ

За результатами дослідження можна зробити висновок про необхідність подальшого аналізу чутливості у виділених системах по відношенню до зміни гармонічного спектру, що має найбільший вплив на реактивну потужність в системі:

$$S_U^{Q_\phi} = \frac{Q_\phi^{\Delta U} - Q_\phi^0}{\Delta U},$$

де $Q_\phi^{\Delta U} = \sqrt{(Q_{л.ч.}^{\Delta U})^2 + (Q_{н.ч.}^{\Delta U})^2}$ – реактивна потужність по Фризе, з урахуванням впливу гармонічних складових на коливання напруги в системі; Q_ϕ^0 реактивна потужність по Фризе, без врахування коливань напруги.

Tramway traction substation miniaturization – selected issues

Ireneusz Chrabąszcz, Marek Dudzik, Janusz Prusak, Waldemar Stec (Cracow University of Technology)

1. Introduction

Electric rail transportation (trams), for over a century, has been an efficient mean of passenger transport in both bigger and smaller metropolitan areas in Poland. Currently Poland [1] has 14 tram networks that are being used by 16 entrepreneurs (in Łódź there are three providers

present), trams operate in 11 voivodeships. On the streets of Krakow, electric trams appeared on March 16th 1901.

From a technical point of view the main advantage of trams [2] is their low demand for energy as compared to other mechanical means of transport (especially passenger motor cars). Ecological factors present themselves in an especially favorable light. Trams in their place of operation do not pollute the atmosphere with any exhaust fumes (e.g. CO₂). Additionally, which isn't without significance, this mean of transport operates based on national energy resources (the operation of power plants is based on lignite and bituminous coal) and for that reason the operational costs are less susceptible to the fluctuations in oil prices on global markets. What's specific about this mean of transport is that trams (as well as other vehicles of electric traction) require a constant supply of energy provided from a specialized power system. This is caused by the fact that they are non-autonomous as vehicles, as they don't possess their own energy source.

2. Power supply of electric railway transportation

Traction substations constitute the most basic element of the tramway system power supply. These are road structures equipped with conversion devices which adapt the voltage parameters of the national power system to the requirements of the railway rolling stock.

Traction substations are powered from a power system, through overhead and cable transmission lines of voltages ranging from 6 to 110 kV. Tramway system substations are most commonly powered by cables of a voltage between 6 and 15kV [5]

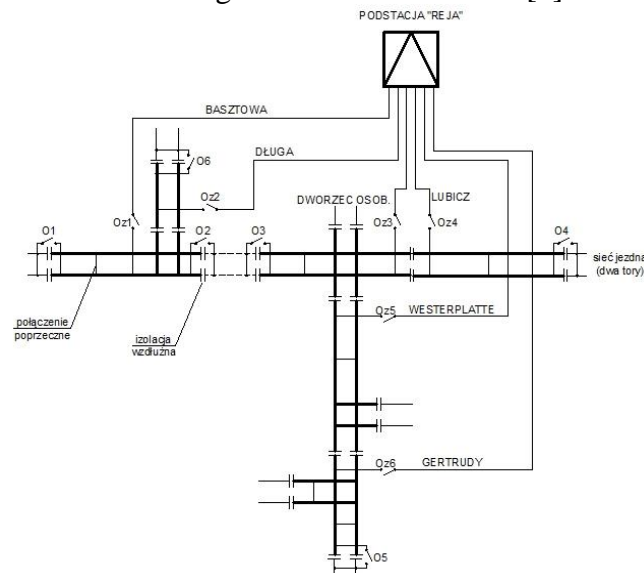


Fig.1 Schematics of connection between tramway system substations direct current system with the traction network based on an existing „Reja” substation (Oz1,...,Oz6 – isolating switches for power supply, O1,...,O6 – section isolating switches)

In tramway systems a one-directional power supply system is most commonly used. [3],[4],[5]. This means that the substation power supply is divided into a sequence of sections, where each one is powered by a separate cable (power supply) from the traction substation.

Figure 1 presents an existing area of power supply of a tramway system „Reja” substation in the center of Krakow [6].

The dimensions of a traction substation building depend, among others, on the power of conversion devices installed in them. For a presented „Reja” substation, it is the power of over 3MW. The decrease of the installed power should translate into the decrease of the substation size.

Figure 2 shows the proposed method of the power supply of the contact line system by smaller power tram traction substation. It is assumed that every power supply (power supply cable) will be connected with a separate mini-substation.

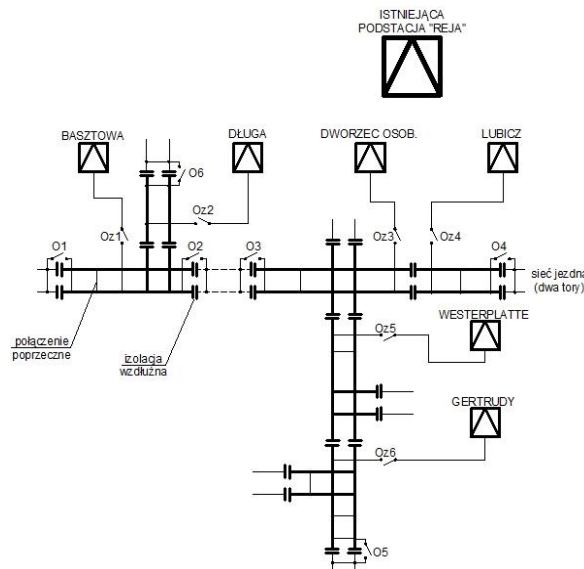


Fig. 2. Connection schematics of hypothetical tramway system direct current mini-substations with the traction network based on an example of the existing „Reja” substation’s power supply area (Oz1,...,Oz6 – isolating switches for power supply, O1,...,O6 – section isolating switches)

3. Results of Calculations

The selection of rectifier units for mini substations was based on traction electricity runs in the power supply cables (power supplies) that were obtained through simulation using a method of so-called theoretical passage [7].

To evaluate the possibility of the power supply of the contact line system from miniaturized tram traction substation in the analyzed area there should be carried out simulations of changes of each power supply (power cable) from analyzed tram traction substation.

To do this, was performed the theoretical rides for all trams moving on the power supplied analyzed area of in directions consistent with their true route taking into account the constraints resulting from:

- route
 - hills and arcs which increase the vehicles resistance movement,
 - tramway stops, on which the vehicles stop,
 - speed limits in the city,
- used vehicles
 - maximum accelerations and decelerations.

Results presented in the article (traction load currents were simulated for the real power supply parameters)

Below in Figure 3 is presented a simplified algorithm for calculation carried out in order to determine the possibilities of applicability of power supply the area under study from miniaturized hypothetical tram traction substations.

Figure 4 presents the current of power supply load – "Basztowa", and figure 5 the current of power supply load – "Długa". Figure 6 shows the traction load at the output of the existing "Reja" tram traction substation.

In the above figures (fig. 4 and 5), significant differences between the loads of presented power supplies are conspicuous. This remark pertains to remaining power supplies within reasonable supply area. This variation is a result of a frequency of tram communication, their traction characteristics, line profiles and distances between stops.

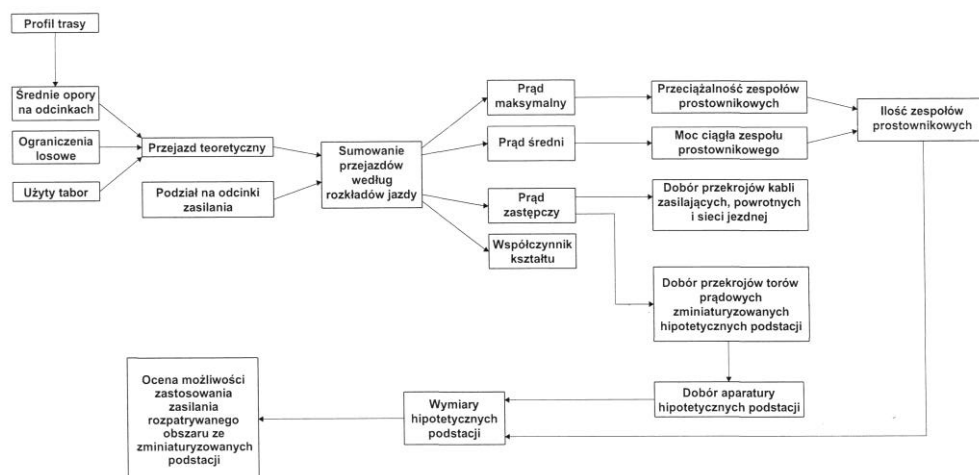


Fig. 3. Simplified algorithm for calculation carried out in order to determine the possibilities of applicability of power supply the area under study from miniaturized hypothetical tram traction substations

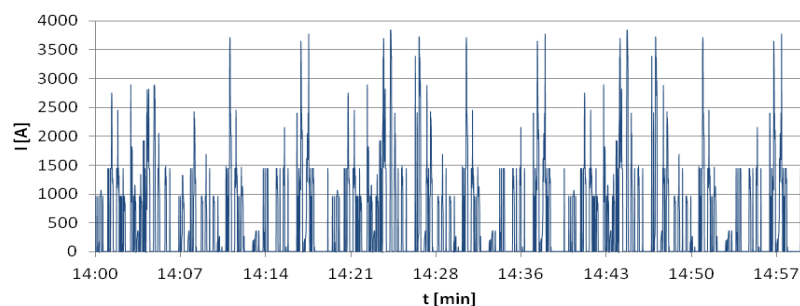


Fig. 4. "Basztowa" power supply: current of load

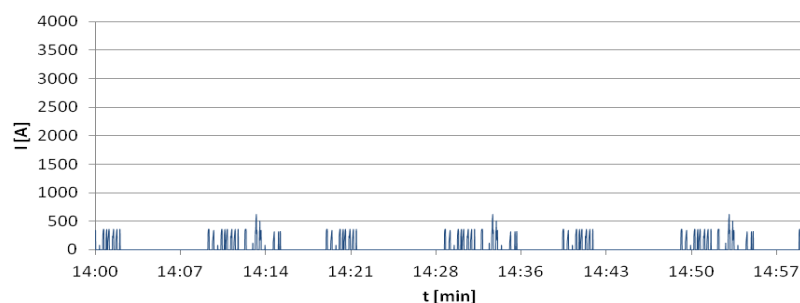


Fig. 5. "Długa" power supply: current of load

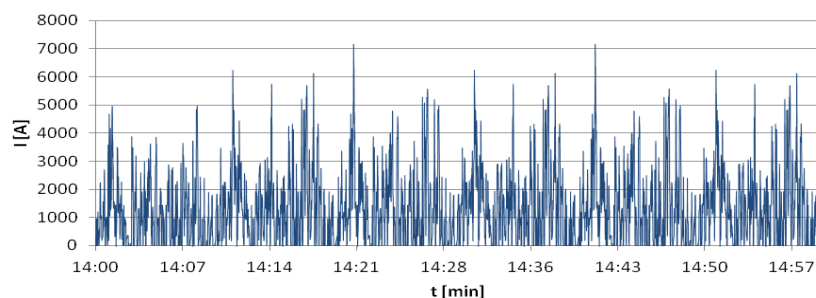


Fig. 6. Traction load at the output of the existing "Reja" tram traction substation

On hypothetical mini substations rectifier units (explanation: „transformer with rectifiers) in the fifth class of overload capacity could be used. Such groups are used at modernized tram substations. Rated current of such group on the side of direct current – 660 V equals 1200 A with the V class of overload capacity. [8], [9]. The amounts of overload in this class equal:

- 100% - permanent load (1200 A),
- 150% - 2-hour load (1800 A),
- 200% - 1-minute load (2400 A).

The selection of the amount of rectifier sets is based on the comparison of their permanent current-carrying capacity, with the permanent load of the substation and the temporary current-carrying capacity that stems from the class of the rectifier sets with the maximum instantaneous current of the substation [5].

From the calculated amounts of rectifier sets (under different loads), the highest is being picked and rounded up to an integer. The result is the amount of necessary rectifier sets – n for a given mini substation.

Table 1 presents the results of calculations of rectifier units amount on hypothetical, reduced in size tram substations as well as for the existing "Reja" tram traction substation [7].

Table 1

Determining the amount of rectifier units on hypothetical substations [5].

Miniaturized hypothetical tram traction substation	I_{\max} [A]	$I_{1m-prost}$ [A]	n_{1m}	$I_{c-podst}$ [A]	$I_{c-prost}$ [A]	nc	n
"Lubicz"	1922	2400	0,80	107	1200	0,089	1
"Basztowa"	3840	2400	1,6	353	1200	0,29	2
"Dworzec Osob."	2880	2400	1,2	261	1200	0,22	2
"Westerplatte"	2880	2400	1,2	252	1200	0,21	2
"Gertrudy"	1825	2400	0,76	132	1200	0,11	1
"Długa"	617	2400	0,26	27	1200	0,02	1
Existing "Reja" tram traction substation							
Substation "Reja"	7119	2400	2,97	1308	1200	1,09	3

Where:

$I_{c-podst}$ – average substation constant current,

$I_{c-prost}$ – rectifier set constant current,

I_{\max} – maximum substation instantaneous current,

$I_{1m-prost}$ – 1-minute overload current of rectifier set,

n_{1m} – number of installed rectifier units resulting from overload,

nc – number of rectifier units resulting from continuous traction load

Currently on "Reja" traction substation are installed four rectifier units with power 800kW each, in the fifth overload class and with nominal current 1200A [3].

As may be noted from Table 1, the number of currently used rectifier units in the 'Reja' traction substation is one greater than the amount resulting from the calculation.

A large variability in traffic and different other situations which causes derogation from timetables may result in an increase of the maximum instantaneous current in relation to the value that was calculated (calculations were performed for strictly defined circumstances).

Therefore, it seems reasonable to apply four rectifier units on the existing "Reja" traction substation.

4. Closing Remarks

Possible advantages of use of power supply from miniaturized traction substations [7]:

- reducing the length of power cables and return cables,
- increase the amount of return points – stray currents reduction
- smaller substations can be easier integrated into the urban environment,
- smaller amount of space necessary to locate a traction substation.

Disadvantages resulting from the use of miniaturized substation [7]:

- medium voltage network needs to be brought to each substation
- difficulties in locating of new substations in city centers due to existing underground infrastructure
- In the concerned power supply area for the conception of miniaturized substations the greater amount of substation devices is needed than for the case of a single substation

This subject requires further work and analysis

References

- [1] Wojcieszak J.: *Komunikacja tramwajowa w Polsce*. TTS Technika Transportu Szynowego, nr 9/2003, str. 31 – 50.
- [2] Verkehr auf Schienen: *Herausforderungen an die Elektrotechnik*, Siemens – Aktiengesellschaft – Berlin, Muenchen 1979.
- [3] Mierzejewski L., Szela A., Gałuszewski M.: *System zasilania trakcji elektrycznej prądu stałego*, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1989.
- [4] Chrabąszcz I., Prusak J., Drapik S.: *Trakcja elektryczna prądu stałego. Układy zasilania*, Podręcznik INPE dla elektryków, zeszyt nr 27, Bełchatów 2009.
- [5] Kałuża E., Bartodziej G., Ginalski Z.: *Układy zasilania i podstacje trakcyjne*. Politechnika Śląska, Skrypty uczelniane nr 1220, Gliwice 1985.
- [6] *Dokumentacja obszaru zasilania prostownikowej podstacji trakcyjnej, „Reja”*. ZIKiT w Krakowie.
- [7] Stec W.: *Ocena wartości prądów obciążenia kabli zasilaczy i kabli powrotnych tramwajowych podstacji trakcyjnych w aspekcie miniaturyzacji tych podstacji*. Praca magisterska. Politechnika Krakowska 2011.
- [8] *Rysunek ofertowy prostownika PD-12/08k firmy Woltan*.
- [9] *Zespół prostownikowy 12-pulsowy. Prospekt firmy Enika*.

Перспективи використання світлодіодних освітлювальних приладів у техніці та повсякденному побуті

Духновський О.М. (ДНУЗТ)

У нашому повсякденному житті ми завжди бажаємо економити. В наших домівках найефективніше економити електричну енергію. Це можливо за допомогою використання енергозберігаючих ламп. На зміну відомій усім лампочці накаливання прийшла люмінесцентна лампа. Це лампа, яка використовує свічення парів ртуті при проходженні через неї електричного розряду.

Вона має ряд переваг:

- має дуже велике значення коефіцієнту корисної дії (20Вт лампа є еквівалентом 100Вт лампи накаливання);
- різноманітні відтінки світла;
- розсіяне світло
- довготривалий термін служби.

Але є також досить відомі усім недоліки:

- вміст парів ртуті;
- зниження значення КПД після деякого терміну служби;
- досить довгий термін запуску лампи;
- можливе періодичне мерехтіння в виключеному стані;
- велика коефіцієнт пульсацій в електричній мережі.

На зміну лампам накаливання та люмінесцентним прийшли більш досконалі LED-лампи. LED – це напівпровідниковий прилад, який перетворює електричний струм у світлове випромінювання. LED – лампи це нове покоління світлової техніки. Вони використовують дуже малу кількість електроенергії, але при цьому не уступають звичайним лампам накаливання. Вони не нагріваються, тому являються дуже безпечними лампами. Термін служби складає від 50 до 100 тисяч годин. Таку кількість годин не може світити жоден електричний прилад. До складу цих ламп не входять шкідливі речовини (ртуть), також вони не випромінюють інфрачервоне випромінювання – це робить їх екологічно чистими лампами.

Як правило, вони їхній корпус виготовляється з пластику, тому вони не бояться вібрацій, різноманітних струсів. Також вони можуть працювати в широкому діапазоні температур – який складає від -50 до +50 °C.

Ці лампи швидко знайшли дуже широке використання:

світлодіодні світильники в волого та пиловому захисті використовуються для освітлення трас, доріг та вулиць;

світильники для використання на виробництві, складських приміщеннях, ЖКХ. Такі світильники виробляються в анти-вандальному корпусі захищеному від несанкціонованого відкриття та розбивання;

світлодіодні лампи мають звичайний стандартний патрон E27, тому їх можливо використовувати для заміни звичайних ламп в усіх побутових світильниках.

Ззовні здається, що ці лампи ідеальні, але чи так це насправді?

Нажаль ні, ці лампи мають ряд недоліків: світлодіодні світильники – це точкові світильники. На відміну від лампочки накаливання та люмінесцентних ламп які освітлюють простір на 360 градусів навколо себе, світлодіодні світильники концентрують своє світло (мають направлену дую). По цій причині кількість таких лампочок повинна бути більшою. Якщо враховувати вартість однієї точки світла – це становиться суттєвим недоліком. Наприклад для освітлення площі 7 м² використовувалось 2 звичайні лампочки потужністю 100Вт. Для забезпечення такого ж світлового потоку знадобилось 7 точкових світильників вартістю по 50 грн кожен. Якщо враховувати, що до цього лампочки замінювались 1 раз на рік, знадобиться 14 років для покриття витрат на заміну на світлодіодні світильники.

Також варто враховувати коефіцієнт пульсацій. Коефіцієнт пульсацій – коефіцієнт, що враховує пульсації світлового потоку який падає на одиницю площі. Чим більше значення коефіцієнту пульсацій – тим нижчою є працездатність людини, більша втомлюваність, погіршення зору. Під час випробувань було встановлено, що для різних світлодіодних світильників цей коефіцієнт коливається від 0,3% до 87.4%.

Эффективность применения отсасывающих трансформаторов для защиты линий связи от индуктивного влияния тяговой сети переменного тока

Дьяков В. А., Сафронова М. В. (ДНУЖТ)

В настоящее время эксплуатационная длина электрифицированных железных дорог Украины составляет более 10 тыс. км, причем больше половины из них

электрифицировано на переменном токе (25 кВ, 50 Гц). Вблизи с электрифицированных железных дорог расположены смежные сооружения различного назначения (трубопроводы, линии связи и т. п.). Тяговая сеть электрифицированных железных дорог, особенно переменного тока, оказывает на смежные сооружения опасное и мешающее влияние. В этой связи при электрификации железных дорог Украины на переменном токе в 60-е годы прошлого столетия для защиты воздушных линий связи от мешающего влияния тяговой сети были применены отсасывающие трансформаторы, которые показали свою эффективность на зарубежных железных дорогах (Швеция, Англия, Япония).

Еще в начале прошлого столетия при электрификации железных дорог Швеции на переменном токе (15 кВ, 16 $\frac{2}{3}$ Гц) было установлено, что в воздушных линиях связи появились значительные помехи. Даже после того, как телефонные линии связи были отнесены на расстояние более 50 м от полотна железной дороги, наблюдалось слишком высокое индуктированное напряжение. К концу 1915 г. Управление государственных дорог Швеции и Управление связи создали объединенную Комиссию для разработки предложений и мероприятий по уменьшению помех и доведению их до приемлемого уровня. Были проведены специальные исследования и Комиссия пришла к выводу, что наиболее целесообразно линии связи каблировать и в системе тягового электроснабжения использовать отсасывающие трансформаторы с проводами обратного тока.

Аналогичные исследования были проведены и в СССР, что позволяло эффективно использовать отсасывающие трансформаторы для защиты линий связи от мешающего влияния тяговой сети переменного тока. На электрифицированных железных дорогах переменного тока Украины отсасывающие трансформаторы эксплуатируются уже более 50 лет и показали свою эффективность по защите линий связи от индуктивного влияния тяговой сети. При расстоянии между отсасывающими трансформаторами в 4,5 км индуктивное влияние на смежные линии связи можно уменьшить в 4..10 раз в зависимости от количества электрифицированных путей, ширины сближения, конструктивных особенностей линии связи.

Применение отсасывающих трансформаторов для защиты линий связи от мешающего влияния тяговой сети переменного тока и сегодня не утратило свою актуальность, хотя большинство линий связи каблировано (экранирующее действие оказывает металлическая оболочка кабеля) и все большее применение находят оптиковолоконные линии связи, практически не подверженные индуктивному влиянию тяговой сети электрифицированных железных дорог. Применение отсасывающих трансформаторов может быть оправдано лишь для защиты дорогостоящих линий связи (магистральной, местной и железнодорожной связи и т. п.), однако использование отсасывающих трансформаторов удорожает строительство тяговой сети, усложняет эксплуатацию и увеличивает потери электроэнергии.

Соответствие требованиям ОСЖД динамических параметров контактных подвесок магистральных железных дорог Украины

Дьяков В.А., Перевертень М.Н., Шатыло В.Н. (ДНУЖТ)

Как и во многих странах мира на железнодорожных магистралях Украины в последние годы увеличились скорости движения поездов. В 2012 году на остальных магистралях Украины были запущены в эксплуатацию электропоезда, способны развивать скорость до 160 км/час. В ближайшей перспективе скорости движения электропоездов могут возрасти и до 200 км/час. В этой связи предстоит модернизация контактной сети, которая уже предусмотрена Главным управлением электрификации и электроснабжения.

В 2012 году введена в действие «Програма модернізації пристроїв електропостачання на 2012 – 2016 роки», в которой предусмотрены мероприятия по реконструкции, обновлению и модернизации устройств тягового электроснабжения. В этой программе речь идет о приведении в соответствие требованиям, предъявленным к скоростному движению, устройств тягового электроснабжения, в том числе и контактной сети.

В общих технических требованиях к системе тягового электроснабжения постоянного и переменного тока скоростных и высокоскоростных линий, разработанных совещанием экспертов V Комиссии Организации сотрудничества железных дорог (ОСЖД) в 2000 году и в рекомендациях по геометрическим, динамическим и электромеханическим параметрам контактной сети, токоприемников и токосъемных элементов для скоростного и высокоскоростного электроподвижного состава транспортных коридоров, разработанных комиссией ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу в 2004 году приведены динамические параметры контактной сети. Одним из основных параметров является коэффициент неравномерности эластичности (табл.1).

Таблица 1

Параметр контактной сети	до 160 км /час	до 200 км /час	до 250 км /час	до 300 км /час
	постоянный ток, переменный ток	постоянный ток, переменный ток	постоянный ток, переменный ток	переменный ток
Коэффициент неравномерности эластичности	1,3	1,2	1,15	1,1

В этой связи можно сделать вывод, что с увеличением скорости движения электроподвижного состава (ЭПС) для обеспечения надежного токосъема необходимо выравнивать жесткость (эластичность) контактной подвески в пролете. Однако расчеты, проведенные для типовых контактных подвесок постоянного и переменного токов, которые эксплуатируются на территории Украины, показали несоответствие требованиям нормативных документов коэффициента неравномерности эластичности даже для скоростей до 160 км /час (табл.2).

Таблица 2

Тип контактной подвески	t, °C	η_{\max} , $\frac{\text{мм}}{\text{даН}}$	η_{\min} , $\frac{\text{мм}}{\text{даН}}$	K _n
1	2	3	4	5
Полукомпенсированная ПБСМ – 95 + МФ – 100	- 30	$\frac{-}{11.15}$	$\frac{-}{4.55}$	$\frac{-}{2.45}$
	+50	$\frac{8.5}{7.9}$	$\frac{3.4}{3.35}$	$\frac{2.5}{2.35}$
Компенсированная ПБСМ – 95 + МФ – 100	- 30	$\frac{10.5}{9.1}$	$\frac{4.2}{3.9}$	$\frac{2.5}{2.33}$
	+50	$\frac{8.1}{7.1}$	$\frac{3.25}{3.1}$	$\frac{2.49}{2.29}$

1	2	3	4	5
Полукомпенсированная М – 120 + 2МФ – 100	- 30	$\frac{-}{4.879}$	$\frac{-}{2.903}$	$\frac{-}{1.68}$
	+50	$\frac{7.156}{7.156}$	$\frac{4.584}{4.556}$	$\frac{1.56}{1.57}$
Компенсированная М – 120 + 2МФ – 100	- 30	$\frac{4,658}{4,658}$	$\frac{2,72}{2,688}$	$\frac{1,712}{1,733}$
	+50	$\frac{6.059}{6.059}$	$\frac{3.503}{3.433}$	$\frac{1,73}{1,765}$
Компенсированная Бр – 120 + БрФ – 120	- 30	$\frac{4,70}{4,70}$	$\frac{3,80}{3,65}$	$\frac{1,236}{1,287}$
	+50	$\frac{4,60}{4,55}$	$\frac{3,90}{3,60}$	$\frac{1,179}{1,26}$
Компенсированная Бр – 120 + 2БрФ – 120	- 30	$\frac{3,063}{3,063}$	$\frac{2,53}{2,53}$	$\frac{1,211}{1,211}$
	+50	$\frac{3.396}{3.396}$	$\frac{2.803}{2.803}$	$\frac{1.212}{1.212}$

Примечание. В числителе приведены значения параметров η (эластичности) и K_n (коэффициента неравномерности эластичности) с учетом разгрузки струн, в знаменателе — без учета разгрузки струн. Разгрузка струн учитывалась при контактном нажатии токоприемника $P = 20$ даН (переменный ток) и $P = 25$ даН (постоянный ток). Для компенсированных проводов изменение их натяжения на основании требований нормативных документов определялось с учетом реакции струн, консолей и фиксаторов. Расчет эластичности полукомпенсированных контактных подвесок после разгрузки струн производился только при положительных стрелах провеса.

На основании расчетов можно сделать вывод, что при модернизации контактной сети под скоростное движение недостаточно не меняя конструкции контактной подвески в пролете замены полукомпенсированной подвески на компенсированную. Для обеспечения требований нормативных документов, предъявленным к скоростным контактным подвескам, необходимо изменить конструктивные параметры контактной подвески и применять бронзовые контактные провода и несущие троса, которые имеют большую механическую прочность по сравнению с медными.

Каналы связи в системах управления электроснабжением металлургических предприятий

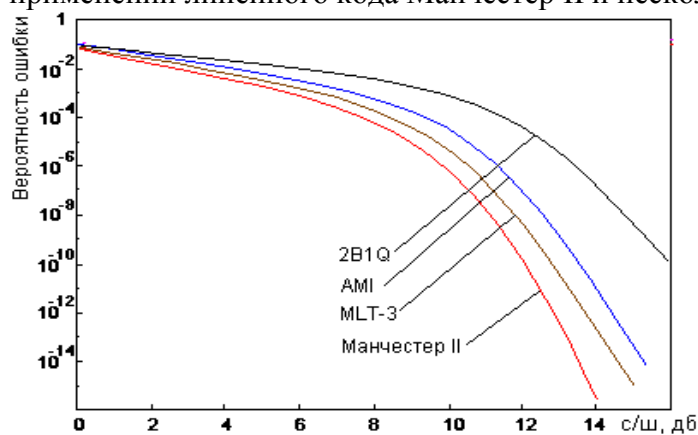
Дьяченко М.Д., ГБУЗ «Приазовский государственный технический университет»

В промышленности особый интерес, с точки зрения повышения эффективности производства, представляет использование как специализированных, так и стандартных SCADA систем. В энергетике их основными функциями является мониторинг состояния системы электроснабжения, контроль токораспределения, технический и коммерческий

учет потребленной электроэнергии, дистанционное управление коммутационной аппаратурой. Ряд особенностей металлургических предприятий накладывает ряд требований на организацию таких систем вообще и каналов связи в частности. Практически все металлургические комбинаты эксплуатируются уже многие десятки лет. Территориальная протяженность предприятий достигает 15 – 25 км, а кабели телефонной связи проложены без учета современных требований и не предназначены для организации передачи по ним высокоскоростных цифровых потоков.

Рассматривая крупное металлургическое предприятие с точки зрения организации на его территории высокоскоростных и высоконадежных каналов связи, необходимо остановиться на ряде особенностей металлургического производства. Наличие на крупных предприятиях сетей Ethernet является скорее экзотикой, чем правилом. Локальные сети охватывают только бухгалтерии, управления, крупные цеха, отделы, но не предприятие в целом, что практически не позволяет говорить о современных технологиях управления, например, таких как Transparent Factory. Кроме того, соседство с линиями связи сварочных установок, электросталеплавильных печей, прокатных станков с мощным тиристорным электроприводом негативно влияет на достоверность передачи информации. В этих условиях современные телекоммуникационные системы “именитых” фирм обеспечивают надежную высокоскоростную передачу данных только в ночное либо обеденное время.

Приведены данные эксперимента проведенные на неоднородной реальной линии связи протяженностью 27 км состоящей из разнородных кабелей типа ТПП сечением от 0.7 до 0.32 мм, проходящего по территории металлургического комбината через десятки распределительных шкафов и блоков. Скорость обмена информации была сознательно ограничена на уровне 9600 бод. Рассматривались только линейные коды 2B1Q, MLT-3 и Манчестер II. Надежная долговременная бесперебойная связь была получена только при применении линейного кода Манчестер II и несколько худшие при линейном коде MLT-3.



Вероятность появления ошибок в канале связи в зависимости от использованного метода линейного кодирования по результатам «полевых» испытаний

Сделан вывод, что применение многоуровневых потенциальных линейных кодов в системах связи автоматизированных комплексов в условиях металлургического производства не целесообразна в виду их недостаточной помехозащищенности.

Одним из способов повышения помехозащищенности канала связи можно считать применение потенциального кода MLT-3 в совокупности с методом логического кодирования 4В/5В и попеременным изменением направления потока данных.

Повышение надежности энергосистемы за счет централизованного мониторинга состояния линии электропередачи

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

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

Для контроля технического состояния высоковольтных контактных соединений применяют метод периодического тепловизионного либо визуального контроля отпадающих цветных плавящихся указателей и термоиндикаторных красок. Такой контроль на территории подстанции не вызывает больших проблем, но на большей протяженности линий электропередач становится весьма затратным.

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

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

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

Система состоит из множества интеллектуальных модулей, расположенных непосредственно на контактном соединении и непрерывно измеряющим его температуру и переходное сопротивление. Питание самого устройства осуществляется за счет отбора энергии передаваемой через соединение. Микропроцессор модуля контроля имеет непрерывную связь с такими же модулями, расположенными на других контактных соединениях через маломощный приемопередатчик пакетной радиосвязи, работающий в безлицензионном диапазоне частот.

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

Проблемы организации защиты тяговой сети постоянного тока от коротких замыканий при повышенных токовых нагрузках

Жарков Ю.И., д.т.н., проф., Фигурнов Е.П., д.т.н., проф., Ростовский
государственный университет путей сообщения

С увеличением мощности локомотивов, массы грузовых поездов, скоростей движения существенно обостряются вопросы надежной защиты от токов короткого замыкания контактной сети. Особенно остро эта проблема стоит для системы постоянного тока, где пусковые токи электровозов соизмеримы с токами удаленных коротких замыканий и отличить их друг от друга не всегда возможно.

1 (нормальный режим). В качестве пускового тока (тока трогания) электроподвижного состава (ЭПС), для выбора уставок защит принимается наибольшее мгновенное (пиковое) значение тока в режиме трогания поезда с места. Для ЭПС со ступенчатым реостатным регулированием в режиме пуска наибольшие пики тока возникают при переходе на параллельное соединение тяговых электродвигателей и при ослаблении поля. Так, например, при трогании состава с электровозами ВЛ11, ВЛ15С и пиковыми значениями пускового тока, ток в присоединении контактной сети достигает примерно 6000 А. В то же время, при КЗ возле поста секционирования, например, на расстоянии 7 км ток этого присоединения (с учетом падения напряжения в дуге) может оказаться лишь чуть больше 5000 А.

ПИКОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТОКОВ ТРОГАНИЯ

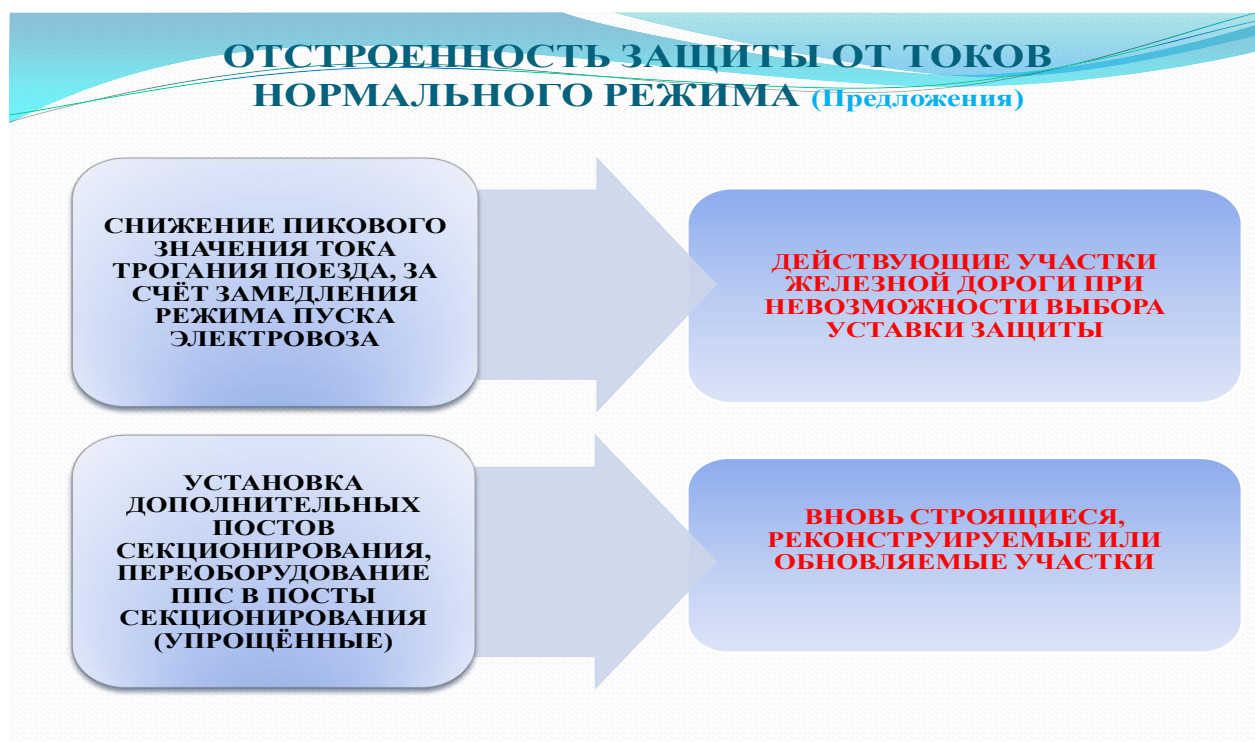
Серия ЭПС	Число секций или моторных вагонов	Мощность часового режима $P_{\text{ч}}$, кВт	Мощность длительного режима $P_{\text{дл}}$, кВт	КПД η	Наибольший пик тока трогания $I_{\text{тр}}$, А
ВЛ8	2	4200	3760	0,89	2350
ВЛ10, ВЛ10 ^у	2	5360	4600	0,90	2900
ВЛ11, ВЛ11^м	2	5360	4600	0,88	2850
	3	8040	6900		4100
ВЛ15	2	9000	8400	0,88	4600
ВЛ15С	3	13500	12600	0,88	6900
ЧС2, ЧС2 ^т	1	4620	4080	0,91	2500
ЧС3	1				1600
ЧС6, ЧС200	2	8400		0,91	4200
ЧС7	2		6160	0,9	3500
ЭП20	2	8750*			3040
Veiaro RUS B1 «Сапсан»	4	9200*			3300

В этих случаях либо во время трогания поезда контактная сеть слишком часто будет внезапно отключаться, либо, если такое ложное и вредное отключение исключать выбором уставки защиты, на контактной сети появляются так называемые «мертвые зоны», короткие замыкания на которых защита не чувствует. Контактная сеть не отключается и провода пережигаются. Движение поездов останавливается.

Если же за режим пуска принимать тот, который приведен в Правилах производства тяговых расчетов (ППТР), то уставку защиты во многих случаях вообще выбрать не

удается. Вместе с тем, в реальных условиях машинисты иногда затягивают режим пуска, пусковые токи снижаются, снижаются и приращения токов при переходе на параллельные соединения тяговых двигателей и при ослаблении поля. Это позволяет избежать ложных отключений быстродействующих выключателей при пусках и обеспечить защиту от токов КЗ в зоне «подстанция-пост. Формально режим пуска должен отвечать ППТР, а фактически вероятно возможна договоренность между службой Э и Дирекцией тяги относительно режима пуска в некоторых случаях, когда иначе уставку не выбрать. Поэтому в качестве полумеры для действующих участков, способной во многом снять эту остроту, следует предложить договариваться на дорогах энергетикам и локомотивщикам с тем, чтобы трогание поездов осуществлялось не по режиму, принятому в Правилах производства тяговых расчетов, а замедленно, с меньшими пусковыми токами.

Для вновь строящихся, реконструируемых или обновляемых участков эту проблему можно вообще снять, если вместо пунктов параллельного соединения устанавливать посты секционирования (упрощенные ?), что выгодно и для надежности эксплуатации (сокращается вдвое длина обесточенного участка), и для повышения надежности отключения коротких замыканий до уровня, достигнутого в контактной сети переменного тока за счет т.н. «дальнего резервирования».

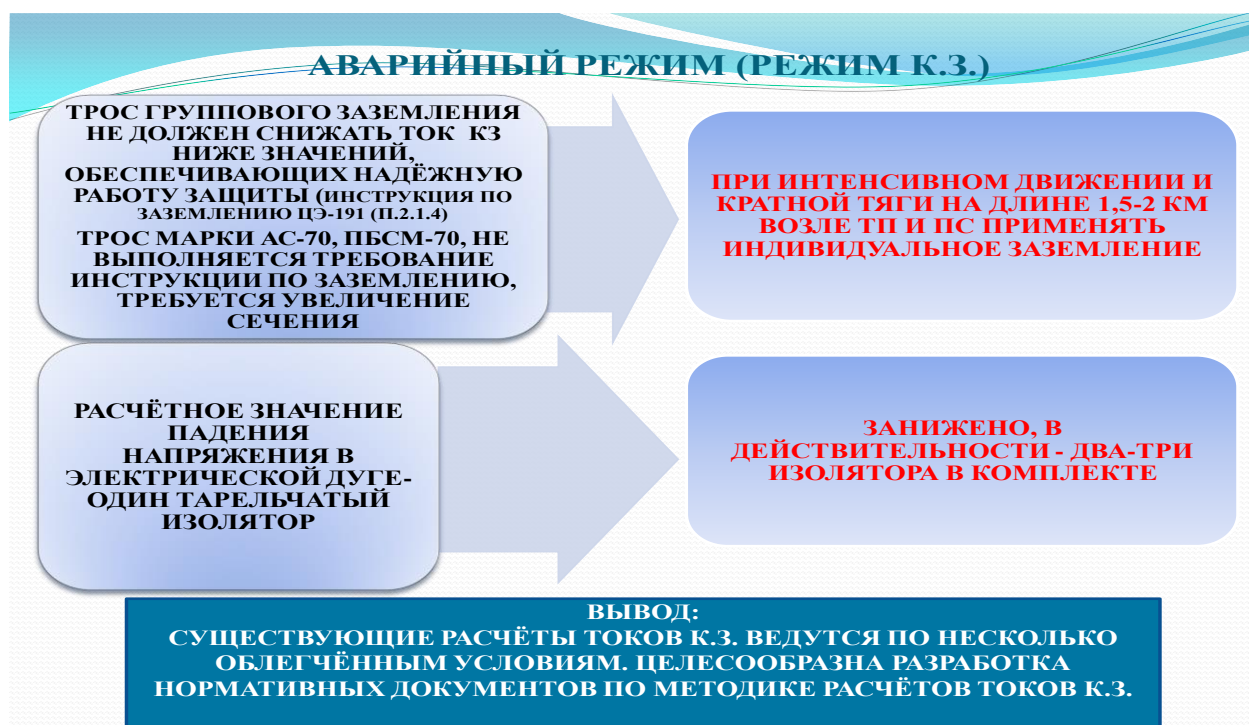


2 (короткое замыкание). Очень важно правильно оценивать значение токов короткого замыкания. Наиболее опасными для контактной сети оказываются наименьшие токи КЗ, поскольку они мало отличаются от максимальных токов нормального режима и их трудно обнаружить.

Особенно опасны КЗ на тресе группового заземления. В соответствии с действующей Инструкцией по заземлению ЦЭ-191(п.2.1.4.). сечение и марку проводов троса группового заземления следует выбирать так, чтобы трос не ограничивал ток КЗ. На самом деле при длине 1200 м (железобетонные опоры) трос очень ограничивает ток КЗ и создает мертвые зоны. Практику выбора этого троса марки АС-70, ПБСМ-70 считаем ошибочной, т.к. уже 600 м такого троса имеет сопротивление как несколько км контактной сети и он снижает

ток КЗ. Хотя в Инструкции по заземлению записано, что трос группового заземления не должен снижать ток КЗ ниже значений, обеспечивающих надежную работу защиты. Однако это требование в большинстве случаев не выполняется. При интенсивном движении и кратной тяге на длине 1,5 – 2 км возле тяговых подстанций и постов секционирования вместо троса группового заземления следует в таких случаях применять индивидуальные заземления. Возможности применения троса группового заземления и его сечение должны быть обоснованы расчетом, иначе могут образовываться мертвые зоны.

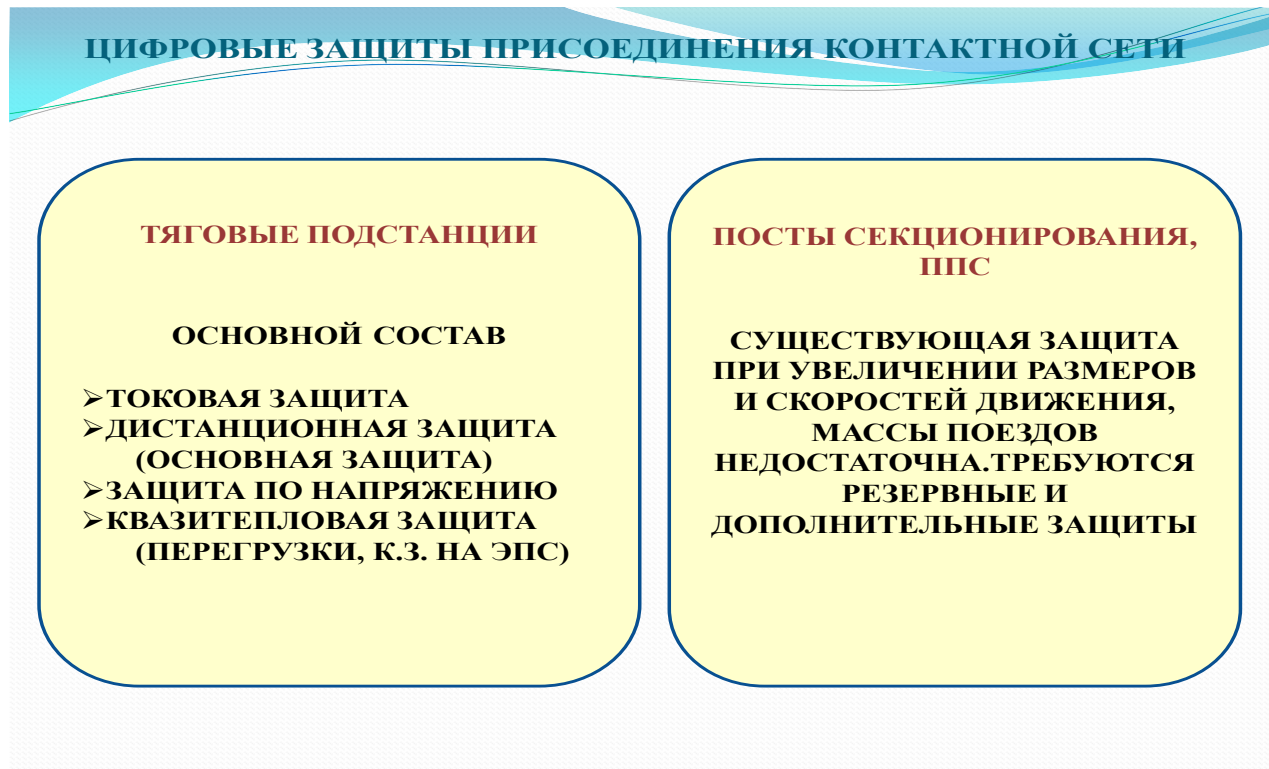
То же относится и к падению напряжения в дуге при КЗ, которое в расчетах принимается явно заниженным (соответственно одному тарельчатому изолятору в пирамиде, хотя давно уже ставят два или три изолятора). Сейчас расчет токов КЗ не учитывает изложенное и ведется по несколько облегченным положениям. Нужно разработать соответствующие нормативные документы по методике расчета токов КЗ в контактной сети постоянного тока.



3 (защита). В последние годы подстанции постоянного тока оснащаются устройствами цифровых защит и автоматики фидеров ЦЗАФ-3,3. Устройство полезное, но там где ток КЗ меньше или соизмерим с наибольшими значениями тока нормального режима (с учетом тока трогания), оно не снимает остроты проблемы. И в этом случае следовало бы вместо пунктов параллельного соединения устанавливать посты секционирования.

Особенную пользу комплектов ЦЗАФ-3,3 мы видим в наличии дистанционной защиты, защите по минимальному напряжению и квазитепловой защите. Дистанционная защита в ряде случаев может несколько продлить защищаемую зону, сократить вдвое длину «мертвой зоны», принять на себя функцию основной защиты. Квазитепловая защита должна быть обязательно включена в работу на всех присоединениях. Она является мощным средством для защиты от перегрузок, отжига проводов контактной сети при неотключенных КЗ на электроподвижном составе, которые не обнаруживаются основной защитой. Квазитепловую защиту следует обязательно включать и в комплект ЦЗАФ -27,5 (ИнТер) для контактной сети переменного тока тоже.

С увеличением размеров перевозок, скоростей движения и массы поездов на участках постоянного тока существующая защита на постах секционирования и пунктах параллельного соединения может оказаться недостаточной и понадобятся резервные и дополнительные защиты. Возможно, придется думать о каком-то более простом термине для них. Или еще проще – использовать типовые (существующие) датчики тока и напряжения производства ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО» с небольшим микропроцессорным комплексом (или без него), который легко может освоить МЭЗ ОАО «РЖД», поскольку защита по переходным процессам здесь не нужна.



Перспективи застосування аморфних сплавів для тягового електрорухомого складу

Забарило Д. О. (ДНУЗТ)

Залізничі України електрифіковані змінним і постійним струмом майже в рівних долях, тому інвентарний парк електрорухомого складу відповідних родів струму також поділяється приблизно навпіл. На електрорухомому складі змінного струму застосовуються двигуни постійного струму та асинхронні тягові двигуни.

Одним із основних компонентів привода являється тяговий трансформатор. Він являється компонентом з найбільшою сконцентрованою масою.

На шляху вдосконалення електромагнітних характеристик тягового трансформатора основним напрямком на сьогоднішній час являється заміна електротехнічної сталі однієї марки на іншу з більш низькими питомими втратами. Наприклад, для виготовлення трансформаторів типу ОДНЦЭ-5000/25Б електровозів серії ВЛ80^{к,т,с} використовується сталь електротехнічна холоднокатана анізотропна марки 3414 товщиною листа 0,35 мм, а в магнітопроводах трансформатора типу ОНДЦЭД-6316/25 електровоза ДСЗ використовується сталь марки 3407 товщиною листа 0,27 мм.

Застосування сталі марки 3407 товщиною листа 0,27 мм замість сталі марки 3414 товщиною листа 0,35 дозволяє знизити питомі втрати в сталі з 1,5 Вт/кг до 1,2 Вт/кг (при індукції 1,7 Тл), тобто на 20 %, що в порівнянні з можливостями сучасних магнітом'яких матеріалів являється незначною економією. Подальші перспективи використання електротехнічних матеріалів в якості магнітопроводів силових трансформаторів майже вичерпані.

Для суттєвого зниження втрат в сталі необхідно запровадити виготовлення магнітопроводів тягових трансформаторів з сучасних магнітом'яких матеріалів. Найбільш перспективними являються аморфні сплави.

Аморфні сплави – це сплави, які мають випадкову (некристалічну) структуру. В склад сплаву входять дві групи елементів: перехідні метали (Fe, Co...) і так називаємоі аморфоутворюючі елементи (B, C, Si...). Аморфна структура сплаву виходить тільки при визначеній швидкості його охолодження – до десятків і навіть сотень тисяч градусів за секунду.

Незалежно від варіанта застосування, при використанні аморфних сердечників в індуктивних компонентах забезпечуються наступні переваги: зменшення маси, розширений температурний діапазон від -60 до 125°C; підвищена стабільність властивостей та надійність; підвищення ККД пристрою.

В результаті розрахунків визначено, що питомі втрати аморфного сплаву в порівнянні з електротехнічною сталлю марок 3414 та 3407 нижчі відповідно в 10,6 та 8,5 разів.

Оскільки втрати в магнітопроводі трансформатора пропорційні масі і питомим втратам магнітного матеріалу, то застосування аморфного матеріалу замість електротехнічної сталі дозволить знизити втрати холостого ходу в 10,6 та 8,5 разів відповідно.

При заміні в тягових трансформаторах магнітопроводу з електротехнічної сталі на магнітопровід з аморфного сплаву можна отримати економію за рік на одному електровозі серії ДС3 18708 грн., для електровозу ЧС4 48529 грн. Оскільки електровози серії ВЛ80^{к,т,с} двосекційні, то очікувана економія на одному електровозі складає 111244 грн.

Підвищення ефективності захисту електричних силових кіл електрорухомого складу

Карзова О. О., Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту ім. акад. В. Лазаряна

На електровозах постійного струму, які експлуатуються на залізницях України, основним апаратом захисту від струмів короткого замикання (КЗ) у колі тягових електродвигунів (ТЕД) є швидкодіючий вимикач (ШВ). Щоб подати сигнал на розмикання утримуючої котушки швидкодіючого вимикача, застосовують низьковольтні електромеханічні реле та інші пристрої, що мають відносно низький рівень надійності та відносно великі значення власного часу спрацьовування. Сумарний час спрацьовування ШВ та вказаних реле при короткому замиканні може становити декілька сотих долей секунди. За цей час в режимі КЗ можуть відбутися значні пошкодження електрообладнання.

Одним із шляхів збільшення швидкодії ШВ є побудова низьковольтних пристроїв в колах керування на сучасній мікропроцесорній елементній базі, але при цьому необхідно враховувати специфічні умови їх експлуатації. Це пояснюється тим, що в схемах не тільки

захисту, а й всього ЕРС застосовуються так звані тягові апарати, які повинні відповідати спеціальним вимогам.

При використанні таких пристроїв, в порівнянні з існуючими електромеханічними, герконовими та напівпровідниковими, стає можливим суттєво збільшити швидкодію захисту, уніфікацію, зменшити масу та габарити, скоротити число обслуговуючого персоналу, зменшити витрати на експлуатацію. Також при використанні пристрою захисту від КЗ на сучасній мікропроцесорній елементній базі стає можливим за контролюємий параметр прийняти значення зміни швидкості зростання струму (di/dt) особливо на початку процесу короткого замикання за різних режимів роботи ЕРС та різних варіантах виникнення короткого замикання в схемах ТЕД на відміну від більшості експлуатуємих апаратів захисту, що реагують тільки на значення струму.

Тоді при цьому час спрацьовування всієї низьковольтної схеми захисту, що складається з часу спрацьовування датчика струму, часу обробки одного сигналу мікроконтролером та часу паузи між обробкою сигналів, складає $t_{\text{зар}} \approx 31,8$ мкс. Для порівняння, власний час спрацьовування електромеханічного диференційного реле складає $t_{\text{др}} = 0,009$ с.

Технічна ефективність результатів використання такого низьковольтного пристрою захисту зумовлена зменшенням значення струму короткого замикання, який проходить по силовому колу від моменту виникнення КЗ до моменту розриву кола за допомогою швидкодіючого вимикача і, відповідно, зменшенням пошкоджень електрообладнання.

Запропонований пристрій захисту може бути використаний на всіх видах електрорухомого складу після проведення відповідних досліджень для визначення уставки за критерієм швидкості зростання струму.

Встановлення закону розподілу втрат електроенергії в контактній мережі на основі методу Монте-Карло

Кирилюк Т.І., Калюжна І.С., Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна

В електричних мережах наявні значні резерви економії енергетичних ресурсів, а саме – зменшення втрат електроенергії в контактній мережі. В нашій країні середні втрати в контактній мережі сягають 10% на ділянках, що електрифіковані постійним струмом та 5% – на змінному.

У зв'язку з малими інвестиціями у розвиток і технічне переозброєння електричних мереж, в удосконалювання систем керування їхніми режимами, в облік електроенергії, виникла низка тенденцій, що негативно впливають на рівень втрат у мережах, адже йдеться про: застаріле обладнання, фізичне й моральне зношування засобів обліку електроенергії, невідповідність встановленого обладнання передаваній потужності.

На тлі змін що відбуваються у господарському механізмі енергетики проблема зниження втрат електроенергії в електричних мережах не тільки не втратила своєї актуальності, а навпаки висунулася в одне із завдань забезпечення фінансової стабільності енергопостачальних організацій.

Для пошуку шляхів зі зменшення втрат електроенергії в контактній мережі необхідно знати складові, які мають найбільший вплив на величину втрат та характер їх зміни.

Постановка експериментальних досліджень на залізниці – складна задача. Такі дослідження вимагають довгострокової зміни графіка руху та режиму ведення поїзду, що

є неприйнятним для діючих ділянок залізниць. Тому вивчення втрат електроенергії в контактній мережі виконується на основі моделювання. В даному випадку моделювання проведено на основі методу Монте-Карло. Цей метод є чисельним і базується на отриманні великого числа реалізацій випадкового процесу. Метод Монте-Карло ґрунтується на імітації масового процесу шляхом вираховування його ходу, в якому випадкові коливання визначаються за допомогою жеребу або таблиці випадкових чисел. Експеримент може замінюватися статистичними випробуваннями моделі дослідного процесу. Побудова цієї моделі може ґрунтуватися на розподілі випадкових величин у досліджуваному процесі.

Для проведення моделювання попередньо визначені фактори, що впливають на втрати електроенергії в контактній мережі, отримані їхні закони розподілу та відповідні характеристики (табл.)

Таблиця – Вихідні дані для моделювання

Вихідні дані моделі	Закон розподілу	Параметри закону
Кількість поїздів на розрахунковій зоні	Біноміальний	$P=0,0822$, $n=43$
Зношування контактних проводів	Логнормальний	$m=17,2$, $\sigma=5,67$
Температура навколишнього середовища	Вейбула	$k=50,51$, $v=4,6924$
Швидкість руху електрорухомого складу	Логнормальний	$m=47,52$, $\sigma=22,07$
Струм	Нормальний	

В результаті моделювання отримана гістограма розподілу втрат електроенергії для ділянки змінного струму та встановлено, що втрати підпорядковуються розподілу Стюдента.

Дослідження коефіцієнту втрат електроенергії в залежності від кількості поїздів на міжпідстанційній зоні

Кирилюк Т.І., Гуголько А.А., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна

Електрична тяга є одним з найбільших споживачів електричної енергії. У 2013 р. загальне споживання електроенергії залізницями з урахуванням підприємств, що підпорядковані Укрзалізниці, склало 6 216,8 млн кВт·год. Втрати електричної енергії в контактній мережі на постійному струмі складають 9-10 %, на змінному – 4-5 %. Зменшення втрат електроенергії – державне завдання, що відповідає державній цільовій економічній програмі енергоефективності й розвитку сфери виробництва енергоресурсів з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2012 – 2015 роки.

Визначення втрат електроенергії в тяговій мережі електрифікованих залізниць має певні особливості, які, в першу чергу, зумовлені змінним навантаженням залежно від величини та місцезнаходження.

У працях А. В. Бардушко, О. Л. Бикадорова, В. Т. Доманського, М. Е. Крестьянова, А. Н. Кувичинського, К. Г. Марквардта, В. Т. Черемисіна запропоновано непрямий метод визначення втрат електроенергії в контактній мережі. Він базується на реєстрації величини ампер-квадрат-годин на фідерах тягових підстанцій. Лічильник встановлюється

на фідері живлення, вимірює ампер-квадрат-години за одиницю часу та масштабує їх до втрат електроенергії постійним коефіцієнтом (коефіцієнтом втрат). Відомий метод має похибку на рівні 7,5 %. Це зумовлено неточним визначенням коефіцієнта втрат. Запропоновано вдосконалити непрямий метод врахуванням додаткових факторів: схеми живлення ділянки, зносу контактних проводів, кількості поїздів на розрахунковій зоні, температури навколишнього середовища, швидкості руху, струму електровоза.

Найбільший вплив на коефіцієнт втрат має кількість поїздів на міжпідстанційній зоні. Статистичні дослідження показали, що для ділянки постійного струму (Придніпровська залізниця) коефіцієнт кореляції між коефіцієнтом втрат та кількістю поїздів на міжпідстанційній зоні $-0,7942$, а для ділянки змінного струму (Одеська залізниця) $-0,8562$. Оскільки кореляція від'ємна, значить із збільшенням числа поїздів зменшується коефіцієнт втрат. Це підтверджується попередніми дослідженнями.

Для визначення закономірностей зміни кількості поїздів на досліджуваних міжпідстанційних зонах проаналізовані виконані графіки руху. Виконані дослідження показали, що кількість поїздів на міжпідстанційній зоні підпорядковується біноміальному розподілу (рис.).

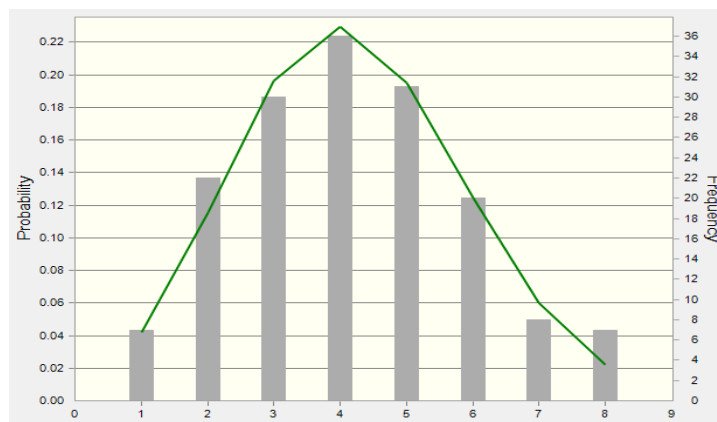


Рисунок – Гістограма розподілу кількості поїздів для ділянки змінного струму на міжпідстанційній зоні А-К Одеської залізниці

На основі методу невизначених коефіцієнтів отримано залежність для визначення коефіцієнта втрат електроенергії, що враховує кількість поїздів на міжпідстанційній зоні. Встановлено, що опір еквівалентної схеми для різної кількості поїздів у загальному вигляді являє собою суму квадратів натурального ряду чисел.

Енергетична та економічна ефективність використання енергозберігаючих ламп

Кирилюк Т. І., Осташевська М. С., Хань К. О. (ДНУЗТ)

Ресурси нашої планети обмежені, і ми все більше починаємо це розуміти. Тому багато країн розгортають урядові програми, спрямовані на заощадження енергії і зменшення споживання корисних копалин. Саме цією обставиною можна пояснити велику популярність енергозберігаючих ламп.

Економія електроенергії. Звичайні лампи велику частину енергії, яку використовують перетворюють на тепло, а не на світло. Сучасні високоефективні компактні люмінесцентні лампи використовують до 80% електроенергії менше, ніж лампи розжарювання. Економія електроенергії досягається завдяки більшій ефективності та

більшій тривалості використання. Звичайні лампи продукують 12-15 люменів на Вт спожитої електроенергії, тоді як компактні люмінесцентні лампи – 50-80.

Якість світла. Одним з недоліків енергозберігаючих ламп часто називають мерехтіння. В сучасних лампах частота мерехтіння досягає 2000 Гц, тому воно не помітне для людини. Для характеристики світла також використовують індекс передачі кольорів Ra, який визначає ступінь спотворення кольору предметів. Значення індексу Ra 80-90 свідчать про гарну передачу кольорів, а 90-100 - про дуже хорошу. Ще однією характеристикою енергозберігаючих ламп є їх кольорова температура, яка визначає колір світла:

*2700K – теплий, білий колір, найбільш близький до світла традиційної лампи розжарювання;

*4200K – денне світло;

*6400K – холодне світло.

Тривалість використання.

Час роботи енергоефективної лампи досягає 10000-13000 годин, тоді як звичайної лампи розжарювання – 750-1000 годин.

Існують відповідні рекомендації щодо використання енергозберігаючих ламп, які допоможуть продовжити термін їх використання:

- варто віддати перевагу енергозберігаючим лампам з плавним стартом, так як такий вид включення передбачає декілька тисяч додаткових годин роботи. У перші хвилини ввімкнення лампа розігрівается, горить не на повну потужність.

- негативно на тривалості слугування ламп відбиваються часті вмикання та вимикання. Рекомендується вимикати лампочку не менше, ніж після 5-10 хвилин роботи.

- не можна використовувати енергозберігаючі лампи з пристроями плавного старту або захисними блоками від стрибків напруги, які використовують зі звичайними лампами накаливання.

Економія за рахунок енергозберігаючих ламп.

Термін слугування лампи накаливання – 1000 годин. Для порівняння візьмемо недорогого компактну люмінесцентну лампу «Navigator» - 8000 годин. Вартість лампи накаливання 0.2\$, енергозберігаючої лампи - 4\$. Потужність ламп 100W і 20W відповідно. Вартість електроенергії приймемо за 0,05\$ за 1кВт*год. За 8000 годин роботи знадобиться 8 звичайних ламп по 0.2\$, а це вже 1.6\$. За 8000 годин роботи 8 лампочок по 100W або 0,1kW споживає 800 кВт*год енергії за 0,05\$, а це дорівнює 40\$. В результаті отримуємо ціну 41,6\$. Енергозберігаюча лампочка коштує 4\$, її потужність 20W або 0,2kW. За 8000 годин роботи вона споживає 160 кВт*год загальною вартістю 8\$. В результаті отримуємо ціну 12\$. Тобто, економія з однієї лампочки 29,6\$.

Згідно міжнародної норми освітленості навчальних лабораторій (300 Лм), ми підрахували кількість потрібних люмінесцентних ламп для всіх лабораторій кафедри «Електропостачання залізниць» (загальна їх площа 468 м²). Отримали 66 люмінесцентних ламп по 20w кожна, що в порівнянні з 332 лампами розжарювання по 100w кожна.

Improving the control method of energy losses in contact line of Ukrainian Railways

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

All Ukrainian Railways buy electricity at the wholesale electricity market (WEM). Buying electricity in the WEM to satisfy their own needs and needs of third-party customers is the strategic direction of their activities. It is confirmed by both the experience of the railways in

the WEM and the development concept of WEM that is approved by the Cabinet Ministers of Ukraine. Conditions of WEM require continuous analysis of energy losses in a contact line.

Energy losses in contact line are determined by calculating according to the "Instructions for calculation technological Energy losses in devices Traction Power Supply" approved by order of Ukrzaliznytsia on 29.08.2003 № 342-CH. But this method gives fairly approximate values. Accuracy and efficiency of controlling energy losses could be increased by using the indirect method. 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.

For improving the control method of energy losses in contact line were solved next problems:

1. The factors that affect the energy losses coefficient were selected and their mathematical models were developed.
2. Laws of distribution influencing factors and the limits of their change were found.
3. Analytical expressions for determining the energy losses coefficient for direct current and alternating current based on full factorial experiment were received.
4. Law of distribution and the limits of change for the energy losses coefficient were found.
5. Recommendations for regulations the energy losses coefficient were given.
6. Received theoretical results were verified experimentally.

As a result of the research the next results were obtained:

1. 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 experimental area. 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.
2. Probabilistic nature of factors that affect the loss factor was determined. Limits of their changes and laws of distribution were identified. It was established that the number of trains at the experimental area obeys the binomial distribution. Speed of trains at the experimental area, the wear (reduction of the area) of contact line and the current of trains obey lognormal distribution. The environment temperature obeys Veybula distribution.
3. Based on the mathematical modeling for areas of Prydniprovsk railway and Odessa railway was found that the average losses at the studied areas are 12.4% and 6.3%. Regression equation for determining the energy losses coefficient for direct current and alternating current were obtained from the full factorial experiment.
4. 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. The correlation coefficients for areas of direct and alternating currents are -0.7942 and -0.8562.
5. The recommendations for changes in regulations the energy losses coefficient were given. They ensure error of less than 5%.

The measuring complex was developed. This complex consists of an adapter and portable power analyzer.

Влияние конструкции сортировочного парка на энергоемкость маневровых операций, связанных с расформированием и формированием поездов

Козаченко Д. Н., Березовый Н. И., Малашкин В.В. (ДНУЖТ)

Одной из составляющих расходов, связанных с процессом поездообразования на сортировочных станциях являются расходы на маневровые операции по окончанию формирования составов на путях сортировочного парка и по подготовке путей к роспуску очередного состава, причем установлено, что на последнее влияет фактическое расположение групп вагонов на пути перед началом маневров. Избранный способ выполнения маневров – со стороны сортировочной горки (осаживание), хвостовой горловины (подтягивание) обеспечивает минимальную длительность маневровых операций для каждой конкретной ситуации. На практике на порядок выполнения вышеуказанных маневров влияние оказывает оперативная ситуация, например, подготовку путей может осуществлять не тот локомотив, при использовании которого будет обеспечена минимальная длительность маневров, а свободный в данный момент времени.

При выполнении вышеуказанных операций возникает потребность в заезде маневрового локомотива на сортировочный путь и выезда с пути. Маршруты движения на разные пути сортировочного парка существенно отличаются по длине, уклону, количеству стрелочных переводов и кривых участков пути и, как следствие, по удельной работе сил сопротивления движению. В результате время на заезд-выезд одиночного локомотива или с группой вагонов для разных путей сортировочного парка и, как следствие, затраты топлива на выполнение этих маневров будут отличаться.

С целью установления этих затрат произведен сравнительный анализ конструкции стрелочных горловин типовых сортировочных парков и стрелочных горловин реальных парков сортировочных станций Украины. В результате было установлено, что горловины существующих станций, реализованные под воздействием местных условий, имеют конструкцию, не всегда отвечающую требованиям компактности. Разброс длин маршрутов заезда локомотивов на различные пути, количества стрелок и кривых в маршруте значительно выше для горловин реальных станций.

Для определения расхода топлива на выполнение маневров по окончанию формирования и выставке составов были выполнены тяговые расчеты. В качестве исходных данных использована схема путевого развития сортировочного парка нечетной системы станции Нижнеднепровск-Узел. Всего в парке 31 сортировочный путь, 26 из которых предназначены для накопления составов по плану формирования. Для каждого из путей определено время на выполнения маневров и расход топлива на выставку составов в приемоотправочный парк.

Полученные результаты позволяют установить расход топлива на выставку составов с путей сортировочного парка, характеризующихся длиной полурейсов заезда и выставки состава и работой сил сопротивления движению при выполнении вышеуказанных маневров.

Комплексні дослідження процесів електроспоживання на тягових підстанціях Південної залізниці

Кравчук С. Л., Козачок В. М. (Південна залізниця), Босий Д. О. (ДНУЗТ)

Електроенергетичні процеси на тягових підстанціях електрифікованих залізниць мають свою специфіку та особливості. З метою вибору раціональних режимів та дослідження балансу електричної енергії в умовах спотворення її якості фахівцями кафедри Електропостачання залізниць ДНУЗТ проведені комплексні дослідження параметрів електроспоживання на тягових підстанціях постійного та змінного струму Південної залізниці.

Відповідно до розроблених програм проведення досліджень для системи електропостачання постійного струму передбачалось вимірювання загальнопідстанційної потужності на стороні постійного струму 3,3 кВ одночасно з параметрами електроспоживання на стороні 10 кВ змінного струму, що дозволило оцінити вплив несиметрії напруги живлячої мережі на виникнення неканонічних гармонійних складових на стороні випрямленої напруги.

Результати вимірювань на тягових підстанціях постійного струму використовувались для розрахунку оптимальної напруги на шинах суміжних підстанцій. Крім цього, результати вимірювань активної та реактивної потужностей зіставлені з даними системи автоматизованого комерційного обліку. Результати зіставлення показали достатню збіжність за обліком активної електроенергії та виявили певні особливості обліку реактивної електроенергії, оскільки в мережі наявні гармонійні спотворення від перетворювальних агрегатів.

Для системи електропостачання змінного струму вимірювання виконувались з огляду на проблему перетоків активної потужності між суміжними тяговими підстанціями та загальний аналіз показників якості з акцентом на гармонійні спотворення на несиметричність напруги.

На підставі проведених вимірювань в системі змінного струму підтверджено причину виникнення активних перетоків, а саме через явно несиметричну напругу на шинах однієї тягової підстанції та симетровану потужним транзитом через вводи 110 кВ суміжної тягової підстанції. Виникаюча таким чином різниця за кутами зсуву фаз напруги склала величину $2,2^\circ$, що в свою чергу, викликає вирівнювальні струми величиною близько 50 А, який сприймається приладами обліку як генерація активної електроенергії у разі відсутності тягового навантаження на міжпідстанційній зоні.

Для вирішення зафіксованих в результаті комплексних досліджень недоліків у роботі систем тягового електропостачання постійного та змінного струму запропоновано застосування ряду технічних та організаційних заходів, які достатньо теоретично обгрунтовані, а саме, застосування удосконаленої компенсації реактивної потужності, мінімізації вирівнювальних струмів у тяговій мережі та автоматизованого розрахунку раціональних режимів систем тягового електропостачання.

Ветроэнергетика как одно из перспективных направлений энергетики будущего

Краснов Р.В., доцент, Михеев А., студент (ДНУЖТ)

Ветроэнергетика — отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном

хозяйстве. Такое преобразование может осуществляться такими агрегатами, как ветрогенератор (для получения электрической энергии), ветряная мельница (для преобразования в механическую энергию), парус (для использования в транспорте) и другими.

Скорость ветра является наиболее важным фактором, влияющим на количество энергии, которое ветрогенератор может преобразовать в электроэнергию. Большая скорость ветра увеличивает объём проходящих воздушных масс. Поэтому с увеличением скорости ветра возрастает и количество электроэнергии, выработанной ветроэлектростанцией.

Существуют два основных типа современных ветрогенераторов: ветроэлектростанция с горизонтальной осью вращения – наиболее распространённый тип ветроэлектростанции и с вертикальной осью вращения (Н - образные). Несмотря на своё внешнее различие, ветряки с вертикальной и горизонтальной осями вращения представляют собой похожие системы. Кинетическая энергия ветра, получаемая при взаимодействии воздушных потоков с лопастями ветряка, через систему трансмиссии передается на электрический генератор. Благодаря трансмиссии генератор может работать эффективно при различных скоростях ветра.

По способу взаимодействия с ветром ветряки делятся на установки с жестко закрепленными лопастями без регулирования и на агрегаты, у которых лопасти сделаны с изменяющимся углом.

В настоящее время известно много различных типов ветроэлектростанций. Широкое распространение имеют ветроустановки с крыльчатыми колесами и горизонтальной осью вращения.

К достоинствам ветроэнергетики можно отнести возможность использования энергии ветра в труднодоступных местах. Главным недостатком этого вида энергии является низкая плотность энергии на единицу площади, что требует значительной поверхности для размещения ветроэлектростанции.

В отличие от ископаемого топлива, энергия ветра практически неисчерпаема, повсеместно доступна и более экологична. Однако сооружение ветряных электростанций сопряжено с некоторыми трудностями технического и экономического характера, замедляющими распространение ветроэнергетики.

Зниження втрат електроенергії в тяговій мережі змінного струму шляхом використання симетруючих пристроїв

Крупко О. І., Шама О. В. (ДНУЗТ)

Багаторічний досвід експлуатації тягової мережі змінного струму виявив ряд недоліків, до числа яких відноситься і явище несиметрії напруг, яке найчастіше виникає через нерівності навантажень фаз та неповнофазну роботу ліній. Саме несиметрія приєднання тягових навантажень до симетричних мереж зовнішнього електропостачання через трансформатори тягових підстанцій викликає появу струмів та напруг зворотної послідовності, погіршуючих якість електричної енергії та підвищуючих її втрати в живильній мережі та самих трансформаторах тягових підстанцій на 25-35% в залежності від відношень струмів плечей.

Неоднакові кути зсуву між векторами струмів та напруг фаз трансформаторів викликають додаткові втрати напруги на цих фазах в тяговій мережі та зниження швидкості руху поїздів, практично лінійно залежних від рівня напруг на струмоприймачах. Несиметрія викликає наявність зрівняльних струмів на

міжпідстанційних зонах (через наявність нерівностей напруг на введеннях тягових підстанцій, живлячих міжпідстанційні зони), які призводять до додаткових втрат електроенергії, що враховуються лічильниками енергії на тяговій підстанції разом з енергією, витраченою на тягу поїздів, збільшуючи витрати енергії.

Як показує досвід експлуатації, в реальних умовах при застосуванні існуючих елементів системи електропостачання виконання задачі зниження втрат електроенергії від несиметрії напруг виконується шляхом впровадження на тягових підстанціях трансформаторів, володіючих симетруючим ефектом, що забезпечить одночасно зниження як коефіцієнта несиметрії напруги по зворотній послідовності, так і встановленої потужності самого трансформатора внаслідок доцільнішого використання міді його обмоток.

Зазначеними вище ознаками володіють спеціальні симетруючі приставки, технологія вставок постійного струму FACTS, а також трансформатори Леблана, Кюблера, Скотта.

З технічних та економічних рішень по симетруванню двофазного тягового навантаження мережі змінного струму перевагу має трансформатор Скотта. Обраний пристрій забезпечує можливість симетрування як двофазного, так і однофазного навантаження, повне використання номінальної потужності трифазного трансформатора та невисоку чутливість до похибок регулювання параметрів схеми. Симетруючий ефект такого трансформатора оцінюється значенням коефіцієнта несиметрії струмів по зворотній послідовності в трифазній живлячій мережі через використання двох однофазних трансформаторів та забезпечення зсуву кута фаз між векторами напруг плечей живлення тягових навантажень, рівний 90° ел.

Застосування трансформатора Скотта втілює сучасні вимоги до систем тягового електропостачання та підтримує норми показників якості електроенергії (ПЯЕ). В обох випадках враховуються економічні критерії та забезпечується максимальна надійність системи.

Розробка заходів по симетруванню навантажень у системі тягового електропостачання змінного струму

Крупко О. І., Шама О. В. (ДНУЗТ)

Структура енергетичної системи змінного струму обумовлюється конкретними конструкціями схем живлення, які можуть мати різний вигляд. Насамперед, застосовується симетрична трифазна система напруги промислової частоти, а електрорухомий склад є однофазним електричним навантаженням. В результаті енергетичних процесів виникає спотворення струмів і напруг, при цьому, вони змінюються в широких межах як за модульним значенням, так і за аргументом, внаслідок чого величини фазної і лінійної напруги в різних точках приєднання можуть бути несиметричними.

Відповідно до національного стандарту ДСТУ EN 50160-2008 несиметрія напруги нормується допустимими і гранично допустимими значеннями коефіцієнта несиметрії напруги по зворотній послідовності, а саме 2,0 і 4,0% відповідно. Для його визначення вимагається багатократний вимір струмів і наступна обробка їх значень для кожного виміру. Враховуючи порядок значень навантажень тягової мережі, а також параметрів енергетичної системи, стає ясно, що без спеціальних засобів неможливо забезпечити допустимі показники несиметрії напруги.

Для втілення цієї задачі застосовуються спеціальні схеми живлення, засновані як на застосуванні трансформаторів спеціальної конструкції, так і комбінації різних

трансформаторів, які забезпечують функцію ортогональності співвідношення струмів і напруг у фазах пристрою. Найбільш поширеними у сфері симетрування є трансформатор Кюблера, трансформатор Зонса, трансформатор Леблана, двофазно-трифазний трансформатор МПТу, трансформатор зі з'єднанням обмоток $Y/\Delta-11$ та трансформатор, що володіє ефектом Скотта. Останній вважається найбільш ефективним засобом обмеження впливу однофазних тягових навантажень на коефіцієнт несиметрії напруги в мережі.

Схема Скотта була вперше впроваджена у 1895 році на території Сполучених Штатів Америки у якості проміжної ланки між двофазним генератором та трифазною лінією електропередач. Для реалізації такої схеми живлення можуть бути використані два однофазних трансформатори з різними коефіцієнтами трансформації, з'єднані за спеціальною схемою: обидва виводи трансформатора II, званого базисним, під'єднують до лінії передачі. Один кінець іншого трансформатора I, званого висотним, під'єднують до дротів лінії передачі, а другий – до середньої точки обмотки базисного трансформатора (точка 0). При рівності струмів плечей живлення можна досягти 100%-ої симетрії струмів трифазної лінії.

Схеми, побудовані на ідеї Скотта, мають кращі характеристики симетрування однофазних навантажень, але основна схема, що застосовується в даний момент на території України, схема на основі трансформатора із з'єднанням обмоток $Y/\Delta-11$. Це обумовлено наявністю у момент масової електрифікації необхідності постачання електроенергією районів поблизу тягових підстанцій, що, в свою чергу, вимагає використання трифазних трансформаторів. При рівних навантаженнях плечей і рівних кутах зсуву струмів відносно напруги своїх плечей для схем, побудованих на ідеї Скотта, в живлячій мережі відсутній струм зворотної послідовності. У схемі $Y/\Delta-11$ він завжди присутній і складає частину струму прямої послідовності. Схема Скотта має значну перевагу на схемою $Y/\Delta-11$.

Отже, на основі всього вищезазначеного можемо стверджувати про доцільність модернізацій тягових підстанцій мережі змінного струму за рахунок впровадження симетруючих трансформаторів з ефектом схеми Скотта. При використанні саме цього заходу ми мінімізуємо значення зворотної послідовності трифазних струмів та напруг, тим самим уникаючи спотворення їх симетрії.

Основні напрямки зниження енергозатрат, пов'язаних з просуванням поїздів по залізничним лініям

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

В умовах реформування економіки України, широкого включення її в систему світових господарських зв'язків, необхідно вирішувати складні проблеми адаптації залізничного транспорту до роботи в умовах ринкових відносин та забезпечення зростаючих вимог до якості та ефективності транспортних послуг. Серед багатьох проблем, які існують на залізничному транспорті України, значну увагу привертає питання зниження собівартості перевезень вантажів. Вирішення цього питання є багатовекторним, так як собівартість перевезень залежить від багатьох впливаючих факторів.

Одним з векторів зниження собівартості перевезень є зменшення витрат на ведення поїзда по перегонам. Для цього необхідно виявити основні проблеми, які призводять до

надлишкових витрат електроенергії при слідуванні поїздів та розробити ефективні заходи щодо їх усунення.

В 2008 році на замовлення Укрзалізниці співробітниками ДПТУ було виконано дослідження щодо визначення економічно обґрунтованих маршрутів слідування вагонопотоків та маси составів поїздів на основних напрямках перевезень вантажів. Серед інших результатів було отримано витрати енергії на ведення поїздів різної маси по залізничним лініям. Аналіз результатів дослідження показав, що існують значні (до 35 %) додаткові витрати на слідування поїзда по перегонах. Основними причинами цього є обмеження швидкості руху поїзда через незадовільний стан колії (в деяких випадках до 40 км/год), зниження потужності локомотива через його зношеність (коефіцієнт зношеності окремих локомотивів складає більше 0,8). Вирішення цієї проблеми полягає у своєчасному обслуговуванні залізничної колії та оновленні рухомого складу. Також було зроблено висновок, що існує певний резерв щодо підвищення маси составів поїздів на основних напрямках перевезень вантажів. В залежності від обраного напрямку існує можливість підвищення маси составу поїзда на 400-700 т без додаткових заходів збільшення тяги.

В 2010 році співробітниками ДПТУ було виконано дослідження щодо режимів ведення поїздів та можливості їх оптимізації. Результати досліджень показали, що близько 60% машиністів допускають додаткові витрати на тягу поїздів, причому для одного і того ж маршруту відхилення від оптимальних витрат електроенергії знаходяться в межах 20÷43%. Аналіз результатів досліджень виявив, що основними причинами цього є технічний та людський фактори. До технічного фактору відноситься зниження потужності локомотива через його зношеність, до людського – досвід роботи машиніста. Для зниження впливу людського фактору було запропоновано розробити автоматизовану систему керування локомотивом, в якій можливо було б реалізувати можливість обрання раціональних режимів ведення поїзда та застосувати інтелектуальні системи з можливістю самонавчання.

Крім перелічених проблем, до підвищених витрат електроенергії на тягу поїздів, можна віднести проблему нераціонального заповнення поїздами дільниць. При значному збільшенні кількості поїздів на енергоділянці відбувається підвищення витрати електроенергії через падіння напруги в контактній мережі. Цю проблему можливо вирішити за рахунок удосконалення системи керування рухом поїздів та її інтеграції з системою моніторингу контактної мережі.

Підсумовуючи результати досліджень, можна визначити наступні основні напрямки зниження енергозатрат на тягу поїздів: своєчасне оновлення технічного оснащення (залізнична колія, рухомий склад); виявлення та використання існуючих резервів, які дозволяють оптимізувати енерговитрати; розробка та широке застосування автоматизованих систем та систем контролю ведення поїздів.

Скорочення енергозатрат на гальмування вагонів уповільнювачами при розформуванні составів на сортувальній гірці

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

Одним з основних споживачів паливно-енергетичних ресурсів України є залізничний транспорт, при цьому значні витрати енергоресурсів припадають на сортувальні станції, і, зокрема, на сортувальні гірки, що виконують операції з масового розформування составів.

Одним з напрямків скорочення витрат на виконання операцій по розпуску з гірки є оптимізація режимів гальмування составів, що розформовуються.

Існуючі методи оптимізації дозволяють забезпечити необхідну якість інтервального регулювання швидкості відчепів, що скочуються, а також безпечну швидкість співударяння вагонів на сортувальних коліях. Проте дані методи не використовують серед своїх критеріїв мінімізацію витрат електроенергії пов'язаних з кількістю включень сповільнювачів в процесі розпуску составів.

Режими гальмування відчепів істотно залежать не тільки від параметрів сповільнювачів і вагонів, а й від моментів управляючих дій (включення і виключення сповільнювачів), які здійснюються в процесі руху відчепу по гальмівній позиції.

Для дослідження управління швидкістю відчепів в реальних умовах було формалізовано та розроблено модель, що дозволяє керувати вибором зони гальмування відчепу. Гальмування відчепу здійснюється номінальною потужністю уповільнювача при заданій ступені гальмування. Задану швидкість виходу відчепу з гальмівної позиції можна реалізувати з використанням багатьох режимів, що відрізняються координатою точки початку гальмування. При цьому довжина зони гальмування однозначно визначається координатою і заданою швидкістю.

Вибір координати точки гальмування суттєво впливає на показники процесів гальмування і скочування відчепів: довжину зони гальмування і кількість використаних сповільнювачів. Слід зазначити, що заданий режим гальмування реалізується при одноразовому включенні сповільнювачів, що значно знижує енергетичні витрати в порівнянні з багаторазовим включенням сповільнювачів, особливо при гальмуванні багатовагонних відчепів.

При виборі режиму гальмування також необхідно вирішувати компромісну задачу між підвищенням якості інтервального та прицільного регулювання швидкості скочуються відчепів і кількістю сповільнювачів, що включаються для реалізації заданого режиму.

Таким чином, з метою скорочення енергетичних затрат на гальмування уповільнювачами вагонів на сортувальній гірці задачу, оптимізації режиму розформування составів необхідно вирішувати як двокритеріальну. На першому етапі вирішується задача оптимізації за критерієм максимізації інтервалів між відчепами составу на розділових елементах, а на другому – за критерієм зменшення загальної кількості уповільнювачів, що будуть використовуватися для реалізації знайдених на першому етапі режимів гальмування. Зменшення кількості використаних уповільнювачів може бути досягнуто за рахунок деякого зменшення частини інтервалів між відчепами.

Разработка модели транспортного потока для решения задачи уменьшения потерь электроэнергии в тяговой сети постоянного тока

Кузнецов В. Г., Калашников К. А. (ДНУЖТ)

Транспортный поток поездов определяет нагрузку системы тягового электроснабжения. От его показателей зависит необходимая мощность энергосистемы железнодорожного транспорта, технология работы станций, депо, участков, расчет плана формирования и графика движения поездов. Рациональное регулирование транспортного потока позволит уменьшить потери электроэнергии в тяговой сети постоянного тока.

Значение и пределы изменения тяговых нагрузок на электрифицированных участках зависят от таких показателей транспортного потока, как интенсивность – число поездов, пропущенных в единицу времени, плотность – количество поездов на единицу длины, интервалов между поездами, неравномерности движения поездов. Существенное влияние

на систему тягового электроснабжения имеет масса поездов, сочетания массы поездов различных категорий, а на двухпутных участках — сочетание поездов (по числу и по массе) на обоих направлениях и, как следствие, изменение характера тяговой нагрузки. Данные факторы имеют случайный характер, и при исследовании закономерностей их изменения необходимо использовать методы теории вероятностей и случайных процессов.

Параметры транспортного потока под воздействием трансформации могут в значительной степени отличаться от параметров исходного потока. Воздействие этапов обработки потока может снижать или повышать его неравномерность, воздействия на различных фазах могут взаимно компенсироваться, погашаться или наоборот усиливаться. Поэтому для решения задачи уменьшения потерь электроэнергии в тяговой сети за счет регулирования транспортного потока необходимо исследовать закономерности и пределы изменения его показателей.

По мнению авторов доклада, для разработки модели транспортного потока необходимо рассмотреть ж. д. станцию как трансформатор транспортного потока и выделить группы параметров, оказывающих влияние на величину потерь электроэнергии в тяговой сети:

- входные параметры $X_i^{(0)} (i=1,...,n)$, значения которых могут быть измерены, но возможность воздействия на них отсутствует (размеры движения, порядок прибытия поездов);
- управляющие параметры $U_i (i=1,...,n)$, на которые можно оказывать прямое воздействие в соответствии с теми или иными требованиями, что позволяет управлять процессом (интервалы между поездами, дислокация, ранжирование поездов);
- возмущающие параметры $V_i (i=1,...,n)$, значения которых случайным образом изменяются с течением времени и которые недоступны для измерения (квалификация машинистов, погодные условия, ограничения скорости и т.д.);
- выходные параметры $X_i^{(n)} (i=1,...,n)$, величины которых определяются режимом процесса и которые характеризуют его состояние, возникающее в результате суммарного воздействия входных, управляющих и возмущающих параметров (размеры движения, порядок отправления поездов).

В результате исследований, проведенных авторами доклада с использованием разработанной модели транспортного потока, установлена возможность регулирования интервалов между поездами в целях уменьшения потерь электроэнергии в тяговой сети. В результате исследований, проведенных для электрифицированного участка Приднепровской ж.д. установлено, что величина потерь электроэнергии в тяговой сети изменяется в пределах от 2588,1 кВт·ч до 2833,6 кВт·ч при изменении интервала между поездами в пределах от 6 до 15 мин, что составляет 8,7% от уровня потерь. Установлен потенциал уменьшения потерь электроэнергии в тяговой сети путем уменьшения неравномерности транспортного потока (для схемы двухстороннего питания величина потерь изменяется на 18,9%; для узловой схемы питания на 11,1%).

Таким образом, использование модели транспортного потока позволяет при расчетах потерь электроэнергии в тяговой сети учитывать влияние показателей транспортного потока на величину потерь.

Разработка структуры генератора случайных изменений напряжений в электрических сетях промышленных предприятий

Кузнецов В.В., Николенко А.В., Национальная металлургическая академия Украины

В настоящее время накоплен большой опыт моделирования процессов, протекающих в электрических сетях. При этом в качестве математических аналогов применяются имитационные и аналитические модели. Последние из них позволяют определять расчетные значения показателей электрических сетей (характеристики пиков, выбросов и колебаний) без построения реализаций процессов. Однако они не всегда достаточны для решения задач электроснабжения, особенно нелинейных. К тому же получить необходимую для их применения исходную информацию бывает не менее сложно, чем само решение.

Как известно, режимы потребления электроэнергии в цехах промышленных предприятий различны и определяются видами технологических процессов и используемого оборудования. При этом показатели качества электроэнергии (ПКЭ) непостоянны и меняются в зависимости от множества различных факторов.

Если режим работы всех потребителей электроэнергии зависит от динамики технологического процесса, либо меняется со строгой закономерностью, предписанной производственным циклом, проблемы с заданием показателей ее качества в сети не возникает. Но в большинстве случаев указанные потребители работают в технологической линии совместно с электроприемниками, включение или отключение которых от сети происходит случайным образом. В результате показатели качества питающего напряжения формируются, вследствие отсутствия детерминированных связей между приемниками, случайным образом. Этим и объясняется целесообразность применения вероятностных методов для моделирования процессов в системах электроснабжения.

Сложность непосредственной имитации линейных напряжений в сети с некачественной электроэнергией заключается в том, что все гармонические составляющие имеют фиксированные частоты их колебаний, на которые накладываются случайные изменения амплитуд и начальных фаз. Таким образом генерировать целесообразнее не случайные последовательности напряжений, а амплитуды и начальные фазы присутствующих в них гармоник.

Указанный подход предполагает из экспериментально снятых реализаций напряжений выделять с определенной последовательностью участки (не менее одного периода основной частоты) и, разложив их в ряд Фурье, получать конкретные значения указанных амплитуд и фаз, составив из них случайные последовательности. Полученные таким образом реализации и будут служить исходной информацией для создания статистических генераторов.

Повышение надежности моделирования статистических характеристик линейных напряжений в цеховых сетях промышленных предприятий для реализации энерго-экономической модели асинхронного двигателя

Кузнецов В.В., Николенко А.В. Национальная металлургическая академия Украины

Наличие некачественной электроэнергии в цеховых сетях промышленных предприятий приводит к ускоренному физическому старению и снижению энергоэффективности используемого оборудования, повышению рисков возникновения аварийных ситуаций на производстве. Решение данной проблемы следует искать в

технико-экономической плоскости с привлечением методов математического моделирования.

Нами предложена методика принятия оптимального решения по эксплуатации электрооборудования в условиях некачественной электрической энергии на основе экономической оценки различных вариантов восстановления питающего напряжения до заданных показателей качества и показана возможность её применения на примере работы асинхронного электродвигателя (АД). Согласно данной методике по текущим показателям качества электроэнергии в сети предприятия и на основе электрической и тепловой моделей электромеханического преобразователя рассчитываются его энергетические показатели и осуществляется прогноз времени безаварийной работы. В случае существенных отклонений рассчитанных таким образом показателей от заданных рассматриваются различные варианты технических решений восстановления качества подводимой к двигателю электрической энергии. Для каждого из вариантов выполняется стоимостная оценка и принимается окончательное решение по условиям дальнейшей его работы.

Методика основана на применении энерго-экономической модели конкретного электрооборудования и в целом позволяет оптимизировать выбор технических средств восстановления качества электроэнергии по критерию стоимости с учётом ограничений на энергетические показатели данного электропотребителя. Однако, расчёт различных вариантов основывается на знании статистических закономерностей изменения линейных напряжений при различных условиях работы оборудования. Это предполагает проведение множества дорогих и длительных экспериментов на реальном объекте. Для того чтобы сократить стоимость и время экспериментальных исследований, предложено заменить промышленные эксперименты вычислительными. С этой целью энерго-экономическая модель дополнена блоком формирования и контроля линейных напряжений.

Один из вариантов энерго-экономической модели, позволяющий выполнить вычислительные исследования работы АД, приведен на рис 1. При этом принятие корректного решения возможно только при правильном воспроизведении линейных напряжений в соответствии с их статистическими закономерностями. Исходя из особенностей моделирования линейных напряжений контролировать следует средние значения, дисперсии, автокорреляционные и взаимно-корреляционные функции гармоник линейных напряжений. Причём указанные величины и функции следует оценивать одновременно и непрерывно в ходе моделирования. Такое оценивание можно выполнить на основе адаптивного подхода.

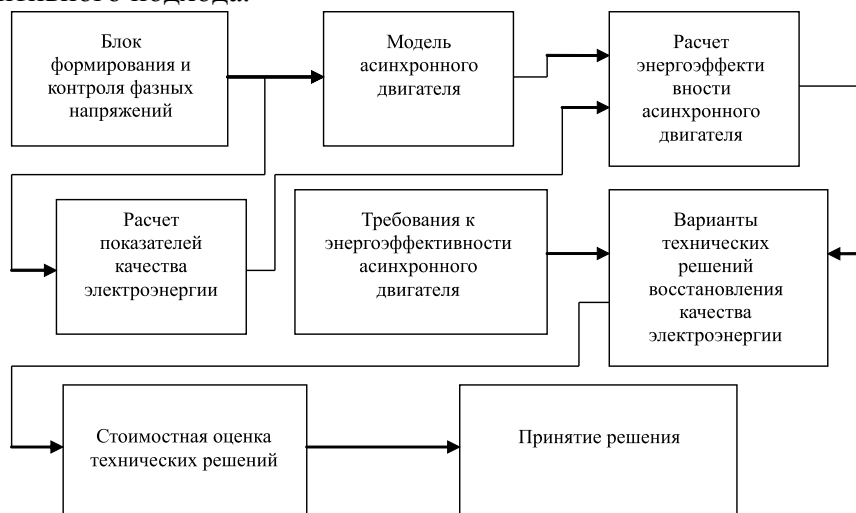


Рис.1 Блок-схема энерго-экономической модели электрооборудования

Дополнение энерго-экономической модели асинхронного двигателя системой контроля статистических характеристик линейных напряжений позволит контролировать корректность генерируемых случайных последовательностей при исследовании режимов работы АД в промышленных условиях

Количественная оценка состояния качества электрической энергии в сетях промышленных предприятий

Кузнецов В.В., Николенко А.В., Национальная металлургическая академия Украины

Как известно при наличии искажений в питающем напряжении асинхронного двигателя, появляются пульсации момента на его валу, повышаются потери и снижается коэффициент мощности. Последнее свойственно и для других потребителей электроэнергии, поэтому в настоящее время ГОСТом нормируются показатели качества электроэнергии (ПКЭ). Тем не менее, в цеховых сетях предприятий зачастую имеют место искажения, которые существенно снижают энергетические показатели производства.

Реально полученные осциллограммы напряжений в условиях конкретных промышленных предприятий подтверждают вышесказанное. Показатели качества напряжения в рассматриваемом случае приведены в табл. 1, которая отображает нормально и предельно допустимые значения коэффициентов гармонических составляющих сетевого напряжения $K_{U(n)}$ и его реальные значения по фазам. Жирным шрифтом выделены превышения допустимых величин.

Таблица 1. Показатели качества электроэнергии в цехе крекинга НПЗ

№ гармоники	Нормально допустимое значение коэффициента $K_{U(v)}$ для сети 6 кВ, %	Предельно допустимое значение коэффициента $K_{U(v)}$ для сети 6 кВ, %	Фаза «АВ» $K_{U(v)}, \%$	Фаза «ВС» $K_{U(v)}, \%$	Фаза «СА» $K_{U(v)}, \%$
4	0,7	1,05	0,87	0,32	0,55
6	0,3	0,45	0,91	0,91	0,55
8	0,3	0,45	0,49	0,19	0,60
10	0,3	0,45	0,28	0,66	0,23
12	0,2	0,35	0,60	0,55	0,52
14	0,2	0,35	0,60	0,31	0,50
16	0,2	0,35	0,48	0,07	0,35

Тем не менее, рассчитанное для рассматриваемого случая значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения K_U для всех трех фаз не превысило 3,6%, что удовлетворяет требованиям качества электроэнергии. Так, в исследуемом случае, несмотря на то, что K_U не превысил нормально допустимое значение (5%), обнаруживается несоответствие питающего напряжения требованиям качества по коэффициенту гармонических составляющих (гармоники №№ 6, 8, 10, 12, 14, 16).

В качестве следующего примера рассмотрим цеховые сети Запорожского трансформаторного завода. Электроснабжение его технологических потребителей осуществляется с помощью двух трансформаторных подстанций 6/0,4кВ. Обработка

статистических данных, набранных на входе предприятия, показала, что существенных отклонений по ПКЭ нет. Максимальное и минимальное значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения составило 0,75% и 0,32% соответственно. Указанные значения коэффициента несимметрии по обратной последовательности (K_{2U}) оказались равными 0,9% и 0,38% .

Анализ режима электропотребления этого предприятия показал, что в значительной степени на показатели качества электроэнергии влияют электроприемники сварочного цеха, в котором установлены выпрямители с мостовой схемой выпрямления; литейного цеха, в котором находятся гальванические ванны, питающиеся от вентильных преобразователей постоянного тока, которые увеличивают коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения. Показатели качества питающего напряжения рассмотренных предприятий приведены в табл. 2.

На предприятии ОАО «ЗТЗ» наибольшее отклонение ПКЭ от допустимых значений зафиксировано в сварочном и литейном цехах, что отрицательно влияет на работу потребителей, находящихся в них. Высокий процент искажения синусоидальности кривой напряжения негативно сказывается на техническом состоянии станков и механизмов, в которых используются АД, так как приводит к ухудшению изоляции обмоток последних. Возрастают также суммарные потери электрической энергии, снижается качество выпрямленного тока преобразовательных установок, необходимого для гальванического производства. Несоответствие значения коэффициента несимметрии по обратной последовательности нормально допустимому значению приводит к возникновению магнитных полей, вращающихся встречно ротору АД, вызывающих вибрации и разрушения подшипников.

Efficient use of fuel and energy resources on the railway transport

Kulagin D.O., Zaporizhzhya national technical University

Mode of operation of the locomotive determines the degree of use of power and traction control, reliability and efficiency in specific operating conditions, what is the actual problem. The desire to improve the use of power and traction control is accompanied by the improvement of modes of driving trains, rational use of fuel and energy resources for traction of trains. When developing rational modes of driving trains of great importance to study and generalize the experience of the best engineers.

The growth of qualification of locomotive crews, improvement of quality of repair and maintenance of locomotives necessary for effective use of traction properties and power. Great influence on the use of the locomotive capacity will also detect system operating locomotives. An important role is played by train schedule, which should provide the most favorable conditions skip areas.

Experience shows that even in the presence regime cards and implementation of recommended modes of driving trains, are technically feasible for some medium operating conditions, the actual consumption of electricity and fuel in various operators on the same area are different, deviations can be more or less than the established norm. Experienced drivers skillfully take into account the specific operational conditions, quickly make decisions, corrective recommendations regime cards and achieve significant savings of electricity or fuel.

Rational consumption of fuel and energy resources management trains should provide optimal use of the power of the locomotive on the conditions of heating of traction electric equipment, adhesion of the wheels with the rails on hills, limiting, plot. Of course modes of

doing trains, rational conditions of use of the locomotive capacity on hills, limiting, not inconsistent with the modes, rational consumption of electricity or fuel.

Great influence on the energy consumption provides technical condition of locomotives, which can have significant differences of characteristics of fuel economy, power and traction characteristics, due to the poor quality of repair and maintenance, the status changes in the between-repairs period, as well as the inconsistent parts of control systems of diesel generators. Therefore, an indispensable condition of economical consumption of diesel fuel with diesel traction are high-quality Rheostat test after planned repairs adjustable fuel equipment, electrical devices and machines in accordance with the applicable requirements. Significant reserve power saving enclosed in the application of regenerative braking trains. As calculations and experienced trip expansion of landfill use energy recycling gives a great reduction of its consumption.

To reduce the consumption of fuel and energy resources can decrease the mechanical energy of a locomotive and energy losses in its transformation. A significant reduction of mechanical work, you can increase the operating time for the race.

To reduce mechanical work, reducing the average speed of the train and the speed of his entrance to the bows with harmful slopes and uneven speed, the speed of the beginning of braking trains. It should be remembered that the decrease of the average velocity at a given time course unacceptable. The reduction of non-uniformity of speed makes a noticeable effect in saving power and fuel on flat areas path with a relatively rare train stations.

Визначення показників силового впливу на залізничну колію і контактну мережу

Курган М. Б., Лужицький О.Ф., Хмелевська Н.П (ДНУЗТ)

Останнім часом в Україні проводиться багато досліджень, пов'язаних з підвищенням швидкості руху поїздів. В той же час підвищення швидкості вочевидь призводить до збільшення витрат електроенергії або дизельного палива і витрат на утримання інфраструктури: залізничної колії, контактної мережі тощо.

Об'єктивна оцінки витрат, пов'язаних з підвищенням швидкості руху, може бути виконана за умови дослідження зміни енергоресурсів та витрат на знос інфраструктури при збільшенні швидкості руху поїздів.

Відомо, що факторами, які впливають на знос інфраструктури залізниці, з однієї сторони є механічна робота сили тяги локомотива і робота сил опору руху, з іншої – пропущений тоннаж і осьове навантаження. Два останніх фактори надалі будуть визначатися роботою вертикальних сил, що діють на колію. Такий підхід дозволяє враховувати структуру поїздопотоків.

Зважаючи на те, що при проходженні кривих виникають непогашені прискорення, які різні у пасажирських та вантажних поїздів, досліджувалась робота бічних сил, що діють в горизонтальній площині. Також відрізняються для цих поїздів режими гальмування, а тому була врахована робота гальмівних сил.

В результаті досліджень отримані кореляційні зв'язки між характеристиками ділянок залізниці та тягово-енергетичними факторами. Було встановлено, що найбільш тісні зв'язки між видом тяги (типами поїздів), складністю плану й профілю виявилися між факторами, що призводять до зносу залізничної колії: робота сил опору і гальмівних сил, робота бокових і вертикальних сил, швидкість руху, маса поїзда, довжина перегону.

При русі поїздів різних категорій процес передачі електричного струму до тягових електродвигунів через контактну пару контактний провід- струмоприймач

супроводжується зношуванням як контактного проводу так і вставок струмоприймача. Цей знос залежить від матеріалу контактного проводу і вставок, значення споживаного струму, якості струмознімання, стану поверхонь тертя і т. і. Процес, що відбувається в ковзному контакті між контактним проводом і струмоприймачем, досить складний, причому його фізичні параметри (площа, тиск, струм та ін.) змінюються в значних межах і залежать від багатьох факторів. Як в таких випадках орієнтовно оцінити витрати пов'язані із зносом контактної мережі?

В результаті дослідження встановлено, що на етапі попередньої оцінки можна прийняти, що вплив поїздів на контактну мережу, який призводить до витрат на її утримання, пропорційний поздовжній дії поїзда на колію та квадрату середньої швидкості. Поздовжня дія складається з механічної роботи, яка пропорційна витратам електроенергії, та гальмівних сил. Оскільки при гальмуванні може використовуватися рекуперация і змінюється взаємодія пантографу та контактної мережі, врахування цих сил слід вважати доцільним.

Виконання розрахунків достатньо громіздке. Тому для їх виконання на ділянках з різною інтенсивністю вантажного й пасажирського руху була розроблена програма ZnosInfra.

Під час проведення досліджень розглядались напрямки залізниць, які складались з ділянок, що відрізнялись своїми параметрами: довжина, стан колії, питома вага кривих і їх середній радіус, складність профілю (легкий, середній, важкий), категорії поїздів та їх параметри (кількість, маса, середня швидкість). В результаті розрахунків через дію вище зазначених сил визначався вплив кожного поїзда на залізничну колію і контактну мережу.

При відомих за звітними даними загальних витратах на утримання контактної мережі їх відносять до величини, що являє собою загальний вплив поїздів на всьому напрямку, і умножають на відповідну дію силових факторів, що визначена розрахунком на кожній ділянці залізниці.

Результати розрахунків записуються в текстові файли по кожній ділянці. Поеднання інформації за конкретним напрямком чи для всієї залізниці дозволяє на основі річних звітних даних зворотнім шляхом встановити долю кожної ділянки в загальних витратах і визначити показники для всіх типів поїздів, що обертаються.

Отримані в роботі аналітичні залежності характеризують вплив основних факторів (довжини ділянки, типу рухомого складу, швидкості руху тощо) на знос залізничної колії й контактної мережі. Обґрунтовані коефіцієнти визначають зв'язок між кількісними показниками впливу на колію й контактну мережу та якісним станом інфраструктури. Такий підхід дає можливість давати попередню оцінку впливу різних факторів на знос колії й контактної мережі, не виконуючи багатоваріантні тягові розрахунки та тривалі статистичні спостереження.

Запропонована програма може бути використана для оцінки впливу різного типу рухомого складу на будь-яких ділянках залізниць. В залежності від структури поїздопотуку, параметрів поздовжнього профілю і плану залізниць буде змінюватись вплив рухомого складу на колію й контактну мережу, що позначиться як на розподілі витрат на утримання, так і розподілі прибутків від перевезень.

Ефективність електрифікації ділянки Куми-Новомосковськ Придніпровської залізниці

Курган М. Б., Байдак С.Ю., Черняков М.М. (ДНУЗТ)

Організація швидкісного руху пасажирських поїздів на залізницях України можлива після проведення модернізації та реконструкції інфраструктури залізниць, яка передбачає електрифікацію ділянок, що працюють на тепловозній тязі. Крім того, впровадження швидкісних денних міжрегіональних поїздів дасть можливість мінімізувати витрати на пасажирські перевезення. Створення системи швидкісного руху пасажирських поїздів в Україні дозволить істотно підвищити конкурентноздатність залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень, скоротити час перебування пасажирів у дорозі, підвищити мобільність населення та додатково стимулювати соціальний розвиток регіонів.

В результаті проведеного дослідження Придніпровській залізниці надані рекомендації щодо підвищення допустимих швидкостей руху по перегонам і станціям, а також по кривим після корегування їх параметрів. Подальша модернізація існуючої мережі на ділянці Куми-Дніпропетровськ передбачає, крім інших заходів, впровадження електричної тяги.

Аналіз параметрів поздовжнього профілю ділянки Куми-Новомосковськ показав, що керівний ухил у непарному напрямку складає 7 ‰, у парному – 8 ‰, незважаючи на те, що на окремих ділянках зустрічаються і більш круті (до 10 ‰), але короткі за довжиною ухили. Відомо, що ділянки з крутими ухилами мають перевагу у порівнянні з тепловозною.

Проведений для порівняння аналіз всього напрямку Куми-Новомосковськ-Дніпропетровськ показав, що за крутизною ухилів більш складною є ділянка Куми-Новомосковськ, що на електрифікованій дільниці й потужному рухомому складі позначається не так сильно, як вплив плану лінії. За параметрами плану більш складною є ділянка Новомосковськ-Дніпропетровськ, що є більш впливовим фактором при впровадженні прискореного руху.

На вказаному напрямку існуючі швидкості на рівні 40 км/год обмежуються на станціях Бузівка, Перещепине, Кільчень, Губиниха, Новомосковськ, що приводить до втрат за рахунок збільшення роботи гальмівних сил на ділянці гальмування, механічної роботи сили тяги локомотива на ділянці розгону, часу руху поїзда.

Були надані пропозиції наряду з проведенням електрифікації підвищити швидкості руху на станціях Бузівка, Перещепине, Кільчень, Губиниха, Новомосковськ до 120 км/год у пасажирському русі (крім ст. Новомосковськ) і до 80 км/год у вантажному за рахунок проведення капітального ремонту колії, а також підвищити швидкості за рахунок ремонтів 17-ти переїздів, двох мостів (км 97+563, км 122+223), заміни ґрунту тіла насипу на хворому земляному полотні (км 144+500).

Перераховані роботи з модернізації напрямку підтверджують те правило, що перехід на електричну тягу повинен супроводжуватись проведенням низки інших заходів, тобто проблема повинна вирішуватись комплексно.

У якості рухомого складу розглядався міжрегіональний електропоїзд Hyundai Rotem. Виходячи з аналізу основних характеристик моторвагонного рухомого складу Hyundai Rotem, можна зробити висновки, що вони є двосистемними, відносяться до категорії поїздів з розподіленою тягою, мають хороші характеристики за динамікою руху, дозволяють забезпечити комфортні доставки пасажирів.

При виконанні тягових розрахунків передбачались різні варіанти допустимої швидкості руху по станціях і перегонах. Обмеження швидкості руху за планом колії

враховуються автоматично програмою MoveRW при заданих параметрах кривих (існуючих чи проектних). Використання програми дозволило розглянути чотири варіанти: існуючий технічний стан ділянки залізниці, проектний технічний стан інфраструктури залізниці без зміни плану лінії, проектний технічний стан інфраструктури залізниці з корегуванням параметрів кривих, проектний технічний стан інфраструктури залізниці з корегуванням плану лінії і реконструкцією станцій. Встановлено, що для четвертого варіанту час руху поїзда скорочується з 0,8 до 0,5 хв./км, а витрати електроенергії склали у першому варіанті близько 8 кВт-год/км, у другому – близько 13 кВт-год/км, у третьому – 10 кВт-год/км і в четвертому – 14 кВт-год/км.

Аналіз результатів тягових розрахунків показав, що збільшення максимальної швидкості руху по станціям до 80 км/год і на перегонах до 120-140 км/год (варіант 3) дає можливість скоротити час руху моторвагонного рухомого складу Hyundai Rotem від ст. Куми до ст. Дніпропетровськ на 27-28 хв. відносно існуючого технічного стану. При цьому усуваються різкі перепади в рівнях швидкості по станціях і перегонах і спостерігається відносно невелике збільшення витрат електроенергії. Цей варіант і пропонується при складанні графіка руху поїздів.

Підвищення швидкості руху на станціях до 120 км/год і перегонах до 160 км/год не є доцільним на розглянутій ділянці, бо час руху скорочується відносно варіанта 3 несуттєво – всього на 7 хв., а витрати електроенергії збільшуються в 1,2-1,6 рази відносно існуючого технічного стану і в 5-7 разів відносно варіанта 3.

На основі проведеного дослідження встановлено, що на сучасному етапі вирішення задачі впровадження прискореного руху потребує системного підходу, тобто комплексного вирішення питань з підвищення швидкості руху на станціях Бузівка, Перещепине, Кільчень, Губиниха, Новомосковськ з 40 до 80 км/год, удосконалення плану лінії шляхом корегування параметрів кривих, виконання ремонтних робіт на перегонах. Як показав проведений аналіз, бар'єрні місця викликають необхідність зниження швидкості відносно максимального її рівня, що приводить до втрат часу руху, збільшення витрати електроенергії.

При наявності бар'єрних місць з різним рівнем обмеження швидкості й довжини перевагу слід віддавати при інших рівних умовах усуненню ділянок з низьким рівнем обмеження 25, 40, потім 60 км/год і т.д.

При наявності ділянок обмеження швидкості різної довжини при інших рівних умовах слід віддавати перевагу тим, які мають більшу довжину ділянок.

При наявності ділянок обмеження швидкості, що розташовані на різних ухилах поздовжнього профілю при інших рівних умовах слід віддавати перевагу тим, які розташовані на ухилах $\pm 3\%$, 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.

Результати тягово-енергетичних показників для нового двохсистемного електропоїзду Hyundai Rotem підтверджують можливість після електрифікації ділянки Куми-Новомосковськ організації прискореного руху поїздів на напрямку Київ-Полтава-Дніпропетровськ з тривалістю поїздки до 5 год.

Розробка рекомендацій щодо приєднання альтернативних джерел енергії до тягових підстанцій

Лагута І. І., Фітін В. О. (Укрзалізниця), Сиченко В. Г. (ДНУЗТ)

Розвиток нетрадиційних джерел електричної енергії, зокрема сонячних та вітрових електростанцій, збільшує кількість звернень виробників до залізниць України щодо погодження перед проектною та проектною документацією, а також технічних умов на приєднання до електричних мереж Укрзалізниці названих типів генерації. Вказана генерація має свої особливості і відмінності від звичайної генерації у конструкції, технічних параметрах, режимах роботи і, особливо, у перехідних режимах. Намагаючись знизити витрати на приєднання до електричних мереж, власники цих електростанцій прагнуть приєднати їх на рівні низької та середньої напруги тягових підстанцій, що може вплинути на забезпечення надійності роботи тягових мереж, призвести до реверсних режимів силового обладнання тягових підстанцій, та збільшення фінансових витрат залізниць на реконструкцію власних електричних мереж. Виконана в рамках даної проблематики науково-дослідна робота була призначена для визначення впливу джерел сонячної та вітрової генерації при їх приєднанні до шин тягових підстанцій на режими роботи тягових підстанцій електрифікованих залізниць.

Проведені у роботі дослідження дозволили виявити наступні лімітуючі фактори при підключенні відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) до систем тягового електропостачання залізниць України: встановлена потужність головних знижувальних трансформаторів тягових підстанцій, комутаційні можливості вимикачів приєднань, наявність необхідних видів релейного захисту у складі відповідних розподільних установок тягових підстанцій та забезпечення їх чутливості.

Крім того, принципово різна фізична природа джерел електричної енергії у складі СЕС та ВЕС обумовлює відмінності у значеннях параметрів їх схем заміщення, що, в свою чергу, впливає на характер зміни струмів к.з. у приєднаних до них електроустановках.

В результаті проведених розрахунків електромагнітних процесів на тягових підстанціях постійного та змінного струму при їх взаємодії з альтернативними джерелами електричної енергії, з урахуванням вже існуючого досвіду, розроблені рекомендації щодо приєднання сонячної та вітрової генерації до шин тягових підстанцій електрифікованого залізничного транспорту.

Основні отримані результати та узагальнені рекомендації по організації паралельної роботи тягових підстанцій електрифікованого транспорту з альтернативними джерелами енергії будуть висвітлені у доповіді на конференції.

Відновлювальні джерела електроенергії як засіб підвищення якості функціонування розподільних електричних мереж

Лежнюк П.Д., Комар В.О., Петрушенко Ю.В., Вінницький національний технічний університет

Розподільна електрична мережа є складним об'єктом, який містить елементи з різними функціональними параметрами та характеристиками – трансформаторні підстанції, кабельні та повітряні лінії електропередач тощо. Якість функціонування такого об'єкта залежить від надійності кожного елемента, узгодженості їх параметрів та структурних зв'язків між ними. Згідно сучасних тенденцій розвитку електричних систем збільшується частка децентралізованого генерування енергії, а розподільні електричні

мережі (ЕМ) у сукупності з розосередженими джерелами енергії можна розглядати як локальні електричні системи (ЛЕС).

Функціональна та структурна надлишковість ЕМ призводить до того, що існує певна свобода у виборі схем приєднання відновлюваних джерел електроенергії (ВДЕ). При цьому кожний варіант приєднання буде характеризуватись відповідним рівнем якості функціонування системи, тобто ефективністю. Тому для оцінювання якості функціонування доцільним є введення кількісного показника, який враховував би особливості і функціональні можливості локальної системи.

Для оцінювання якості функціонування електричних мереж пропонується використовувати критеріальну модель, що отримана на підставі подібності рівнянь Колмогорова та умов ортогональності та нормування критеріального програмування:

$$E = \sum_{i=1}^n p_i \prod_{j=1}^n p_j [A_{\min} \leq A \leq A_{\max}]^{v_{ji}} - \sum_{i=n+1}^m p_i \prod_{j=1}^n p_j [A_{\min} \leq A \leq A_{\max}]^{v_{ji}},$$

де m – загальна кількість можливих станів розподільної електричної мережі; n – кількість робочих станів; p_j – імовірність того, що показник якості електричної енергії A в допустимих межах при тому, що система перебуває в стані j ; A – значення показника якості електричної енергії; v^{ji} – елементи матриці переходів, які є алгебраїчними сумами інтенсивностей відмов λ та інтенсивностей відновлень μ .

Зростання відсотку відновлювальних джерел енергії в загальному об'ємі генерувальних потужностей енергосистеми дозволяє покращити функціональні можливості ЛЕС. Розрахунки проведені для ряду ЛЕС підтверджують це.

Використання відновлювальних джерел через зниження втрат потужності, підвищення якості електричної енергії і зниження недовідпущеної енергії дозволяє підвищити функціональну готовність системи виконувати покладену на неї задачу надійного і якісного електропостачання.

Очевидно, що провівши розрахунки для різних варіантів розміщення ВДЕ, можна отримати інформацію щодо місць оптимального, з огляду якості функціонування, їх підключення.

Отже, використання відновлювальних джерел, а особливо малих ГЕС, дозволяє вплинути на якість функціонування локальної електричної системи шляхом підвищення якості електричної енергії і зниження втрат активної потужності.

Кількісно оцінити якість функціонування системи можна за інтегральним показником. Оцінювання виконується у відносних одиницях по відношенню до "ідеальної" системи, тому порівняння різних варіантів систем електропостачання можна виконувати без визначення техніко-економічних показників.

Определение эффективности перехода от однофазной к трехфазной системе электроснабжения

Лобач И.О. (НТУ «ХПИ»)

В ряде публикаций обсуждается возможность перехода от систем электроснабжения (СЭ) с однофазным синусоидальным напряжением к СЭ с постоянным напряжением. Такой переход позволит значительно уменьшить потери энергии в линиях электропередач, однако приведет к существенному удорожанию подстанций. СЭ постоянного напряжения и трехфазная симметричная СЭ синусоидальных напряжений при чисто активной нагрузке полностью эквивалентны по потерям энергии и КПД. Таким

образом, переход от однофазного синусоидального напряжения к трехфазной симметричной системе синусоидального напряжения в СЭ коммунального хозяйства обеспечит выигрыш в КПД и материальных ресурсах (проводниковый материал). Кроме того, такое техническое решение позволит сохранить существующие трансформаторы трансформаторных подстанций (ТП), а также кабели, соединяющие ТП с коммунальными потребителями.

Для анализа эффективности предложенного технического решения были рассмотрены эквивалентные схемы трехфазной симметричной и однофазной СЭ с синусоидальными источниками напряжения и линейными активно-индуктивными нагрузками.

При расчетах было сделано допущение, что однофазная и трехфазная СЭ работают в установившемся режиме с одинаковыми углами сдвига между током и напряжением и с одной и той же средней за период повторяемости активной мощностью нагрузки.

Задаваясь изначально неизвестной величиной мощности потерь обеих СЭ на уровне от 0 до 10 % от соответствующей мощности сети, аналитически было доказано, что при равных потерях и одинаковом уровне фазного напряжения источника питания, потери электроэнергии и расход меди в трехфазной симметричной СЭ уменьшаются в два раза, по сравнению с однофазной СЭ.

Полученные аналитические результаты были подтверждены методом моделирования в пакете Matlab/Simulink. Эксперименты проводились для нескольких значений длины проводников, однако независимо от их длины мощность нагрузки была постоянной. Также были получены кривые, демонстрирующие влияние изменения амплитуды фазного напряжения трехфазного синусоидального источника напряжения на энерго- и ресурсосбережение относительно однофазной СЭ.

Очевидно, что использование в коммунальном хозяйстве при питании нагрузок трехфазной системы синусоидальных симметричных напряжений приводит к экономии, как электричества, так и ресурсов. Кроме этого использование трехфазной СЭ обеспечивает лучшую ЭМС с сетью и уменьшает дисбаланс нагрузок между фазами.

Несмотря на снижение потерь энергии и расхода меди, переход от однофазной к трехфазной СЭ сопряжен с необходимостью разработки конструкции новых вилок и розеток, позволяющих подключаться как к трехфазному напряжению, так и к однофазному; переходом к трехфазным источникам питания и трехфазным двигателям в электронных и бытовых электроприборах.

Полупроводниковые преобразователи низковольтных распределительных электросетей

Лобко А.В. (НТУ «ХПИ»)

Возрастающий интерес на железнодорожном транспорте к альтернативным источникам энергии не может ограничиваться только лишь энергоэффективностью самих генераторов электроэнергии, но также должен затрагивать вопросы её распределения, преобразования и передачи. С развитием возобновляемой энергетики на первый план выдвигаются проблемы, связанные с подключением и использованием накопителей электрической энергии. Ключевую роль при решении этих проблем могут сыграть полупроводниковые преобразователи как средства синтеза силовой части электрической системы и организации управления ею. Преобразователи должны обеспечить двусторонний обмен энергией между накопителем и распределительной электросетью, которая может исполняться как на переменном, так и на постоянном токе.

Существующие сегодня новые и разработанные перспективные системы электроснабжения с отличными от традиционных носителями электроэнергии невозможны без преобразовательной техники и эффективность работы всей системы зависит от использованных преобразователей, а значит актуально повышение эффективности их работы. Известное решение заключается в использовании полупроводниковых преобразователей с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) выходного напряжения для автоматического регулирования потока мощности и согласования уровней напряжения в распределительных сетях. Однако недостатком этого решения является недостаточно высокий коэффициент полезного действия и сниженная эффективность использования полупроводниковых приборов в связи с высокой частотой ШИМ, которая нужна для автоматического регулирования потока мощности и согласования уровней напряжения в обеих электросетях с учетом возможного отклонения напряжения в электросети синусоидального напряжения. Известны также схемы полупроводниковых преобразователей, не обладающих указанными недостатками. Для связи с основной сетью, можно применять структуру активный выпрямитель - многоуровневый инвертор напряжения, для управления которой представляет интерес многозонная импульсная модуляция, при которой переключение ключей с частотой ШИМ происходит только в одной зоне, что значительно сокращает коммутационные потери, позволяет использовать высокую частоту для минимизации габаритов фильтрового оборудования.

С энергетической точки зрения представляется эффективным также использование преобразователей с мягкой коммутацией на основной частоте путем использования последовательного резонансного LC фильтра на стороне переменного тока, что позволит снизить коммутационные потери и улучшить использование полупроводниковых ключей. Однако недостатком этого решения является отсутствие возможности автоматического регулирования потока мощности с одновременным согласованием уровней напряжения.

Для управления преобразователем предлагается использование резонансно-фазового способа, который состоит в симметричной расстройке резонанса LC -фильтра в сторону понижения его собственной частоты в сочетании с регулируемым фазовым сдвигом между питающим напряжением и входным напряжением коммутатора. Регулируемой величиной являются ток либо напряжение на выходе коммутатора.

В результате возможно снижение относительного коммутируемого тока до значения порядка 10% путем поддержания постоянной разницы порядка 15% между напряжениями на входе и выходе коммутатора преобразователя. Было выполнено как аналитическое, так и численное моделирование этих систем, подтвердившее возможность их реализации, а также даны рекомендации по выбору параметров.

Особливості енергооптимального графіка руху поїздів на залізницях України

Логвінова Н.О. (ДНУЗТ)

На залізницях України актуальною проблемою є визначення раціональних параметрів пропуску поїздопотоків на залізничних напрямках з паралельними ходами з метою зменшення експлуатаційних витрат залізниць, пов'язаних з вантажними перевезеннями в умовах швидкісного руху пасажирських поїздів і диференційованих по періодах доби вартостей електроенергії. Все це визначає необхідність пошуку напрямку адаптації залізниць до наслідків коливань поїздопотоків і раціонального розподілу їх за напрямками про слідування між паралельними ходами.

Раціональний розподіл поїздопотоків на залізничній інфраструктурі з паралельними ходами здійснюється експертним шляхом на основі даних про раніше виконані об'єми перевезень без вживання техніко-економічного обґрунтування. В умовах введення денного прискореного руху пасажирських поїздів зменшується наявна пропускна спроможність залізничних напрямків, яка викликає необхідність використання основного руху вантажних поїздів в нічний час доби. На залізницях України для швидкісного пасажирського і вантажного руху спільно використовується єдина інфраструктура. Для часткового розділення рухів на Укрзалізниці можливо лише роздільна експлуатація, яка може бути досягнута на залізничних напрямках з паралельними ходами.

Поставленим завданням дослідження є розподіл поїздопотоків між паралельними ходами залізничних напрямків таким чином, щоб вантажні перевезення були здійснені з мінімальними для залізниці експлуатаційними витратами в умовах швидкісного руху пасажирських поїздів і диференційованих по періодах доби тарифів на електроенергію, яка споживається на тягу поїздів.

Для вирішення поставленої задачі необхідно розробити економіко-математичну модель роботи залізничного напрямку з паралельними ходами. Економіко-математичне моделювання вантажних перевезень є головною складовою вдосконалення експлуатаційної роботи, заснованої на якісному інформаційному забезпеченні управління нею на базі автоматизації перевізного процесу. Моделювання управління вантажними перевезеннями базується на розцінці всіх ділянок залізничного напрямку за показниками різної складової собівартості перевезень, яка дає можливість в автоматизованому режимі отримувати інформацію про витрати і доходи як по окремих перегонах, так і на всій ділянці дотримання поїздопотоків.

Вже в цей час на окремих залізничних напрямках українській мережі, особливо по напрямках до чорноморських морських портів, відчувається дефіцит пропускної спроможності, який можливо ліквідувати за рахунок підвищення технічного оснащення залізничної інфраструктури, удосконалення технології пропуску поїздопотоків і розподіли останніх, між паралельними ходами.

Методика визначення собівартості вантажних перевезень є вихідною базою для подальших розрахунків показників економічної ефективності. Її автоматизація дає можливість оперативно оцінювати результати використання методів експлуатаційної роботи з метою підвищення ефективності всього перевізного процесу. Для формування моделі процесу управління вантажними перевезеннями необхідно встановити економіко-математичні складові, які враховують особливості експлуатаційної роботи.

Актуальність розвитку і удосконалення методів управління рухом поїздів пов'язана з необхідністю використання критеріїв мінімуму вартості електроенергії, що витрачається на тягу поїздів, тоді як в більшості випадків на залізниці застосовують критерій мінімуму спожитої електроенергії. При змінних тарифах на електроенергію (різна вартість по періодах доби, а в деяких випадках і на різних залізничних ділянках) задача розрахунку істотно ускладнюється. Одночасно з цим виникає додаткова проблема відносно зміни планування і організації процесу перевезень.

Вибір оптимальних режимів руху поїздів є одним з основних завдань залізничного транспорту. Задача оптимального руху поїздів, в першу чергу, визначається повнотою обліку і сукупністю чинників, які характеризує ділянка, по-друге - всілякими чинниками і умовами процесу руху поїздів із змінним профілем колії, а також силоміць, яка при цьому виникає і так далі.

На підставі даних про залізничну ділянку (поїзд, локомотив, час руху, обмеження швидкості, тарифи, які використовуються для оплати електроенергії та ін.) розраховується

оптимальний за вартістю режим ведення поїзда, який розробляється у вигляді карти дільничної швидкості або перегінних часів ходу.

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

При постановці задачі вибору оптимальних режимів ведення поїздів необхідно враховувати наступні параметри: координату колії і часу; управління (номер позиції контролера); швидкість центру маси поїзда; маси локомотиву і складу; коефіцієнт інерції мас, які що обертається; прискорення сили тяжіння; силу тяги локомотиву; опір поступальної ходи поїзда; гальмівну силу, що діє на поїзд; температуру перегріву тягових електродвигунів; теплову характеристику і струм тягового електродвигуна, сумарну силу натиснення гальмівних колодок; напруга контактної мережі; сукупність випадкових чинників завдання. Крім того, необхідно враховувати наступну характеристику – активний струм електровоза, еквівалентний опір тяговій мережі, тарифи на оплату електроенергії по періодах доби.

Залежність між об'ємами перевезень, енергоспоживанням на тягу поїздів і вартістю електроенергії з врахуванням годинних тарифних зон, отримані за результатами досліджень тягово-енергетичною лабораторією Одеської залізниці.

Електрифікація і стратегія оновлення пристроїв електропостачання залізничного транспорту України

Максимчук В.Ф., начальник Головного управління електрифікації та електропостачання Укрзалізниці

Здійснюючи великий обсяг перевезень, залізничний транспорт є однією із базових галузей економіки та одним із найбільших і стабільних споживачів паливно-енергетичних ресурсів в Україні. Основним джерелом паливно-енергетичних ресурсів залізниць України являється електроенергія, а тому електрифікація завжди була пріоритетним напрямком розвитку залізничної інфраструктури.

Розуміючи велике значення основного для залізниць виду тяги, керівництвом Укрзалізниці затверджені програми електрифікації та модернізації залізниць України на період 2012 – 2016 років.

На сьогоднішній день, коли стає питання розмежування вантажних та пасажирських потоків за окремими напрямками, підвищення пропускнуєї спроможності дільниць, швидкостей руху та маси поїздів, а також впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів стає край необхідним здійснити електрифікацію дільниць, які на напрямках розмежування та впровадження швидкісного руху залишаються не електрифікованими.

Крім того, для підвищення пропускнуєї спроможності дільниць, забезпечення впровадження великовагового руху поїздів вимагаються локомотиви з більш високою одиничною потужністю, що може забезпечити лише електротяга. Особливо це актуально при впровадженні швидкісного пасажирського руху, що, як показує світовий досвід, без електрифікації взагалі неможливо.

У відповідності до програми електрифікації залізниць України на 2011-2016 роки протягом 2011 та 2012 років були електрифіковані дільниці Полтава – Красноград – Лозова, Мала Перещепинська – Кременчук Південної залізниці та Фастів – Житомир Південно-Західної залізниці загальною експлуатаційною довжиною 376 км. Електрифікація дільниці Полтава – Красноград – Лозова забезпечила впровадження

прискорених та швидкісних поїздів на напрямку основного коридору Львів – Київ – Полтава – Донецьк. Електрифікація дільниці Фастів – Житомир разом з подальшою електрифікацією Житомир – Новоград-Волинський дозволить відхилити рух вантажних поїздів з основного пасажирського коридору Фастів – Козятин.

Нині проектними інститутами проводиться робота з розробки проектно-кошторисної документації електрифікації дільниць Волноваха – Комиш-Зоря – Запоріжжя Донецької та Придніпровської залізниць та Долинська – Миколаїв – Колосівка Одеської залізниці, загальною експлуатаційною довжиною 493 км.

Електрифікація дільниці Волноваха – Комиш-Зоря – Запоріжжя необхідна для забезпечення перевезень сировини з регіону Кривого Рогу та Запоріжжя на металургійні підприємства Донецького регіону та Маріуполя, а електрифікація дільниці Долинська – Миколаїв – Колосівка є необхідною для створення другого електрифікованого ходу на південь та портів Чорного моря.

Інноваційна політика Головного управління електрифікації та електропостачання направлена на підвищення ефективності роботи електроенергетичної галузі залізничного транспорту на основі впровадження нової техніки та технологій, удосконалення виробничих процесів, методів діагностики та створення відповідних умов для роботи. Політика базується на взаємодії з науково-дослідними та галузевими інститутами, виробниками та розробниками продукції залізничного призначення, досвіді підприємств електроенергетики та залізничних служб електропостачання в інших країнах.

Інновації направлені на розвиток господарства в наступних сферах діяльності:

- електрифікація залізниць, модернізація технічних засобів, їх утримання та технічне обслуговування для забезпечення безперебійного живлення пристроїв електропостачання та тяги поїздів;
- підвищення надійності роботи пристроїв електропостачання, їх безпека по відношенню до навколишнього середовища;
- удосконалення оперативно-диспетчерського управління локальними та технологічними мережами залізниць, методології та методів підготовки персоналу;
- ліцензійна діяльність з передачі та постачання електричної енергії локальними мережами залізниць;
- створення належних умов праці фахівцям галузі.

В сфері нового будівництва, електрифікації та модернізації завдання першочергової важливості – це розробка та впровадження типових рішень будівництва контактної мережі для швидкостей руху поїздів понад 160 км/год., розробка та впровадження нових конструктивних рішень будівництва тягових підстанцій, нових типів електросилового і комутаційного обладнання, застосування передових технологій монтажу контактної мережі та сучасних типів релейного захисту автоматики та телемеханіки.

Важливим питанням на сьогодні також є стратегія розвитку схем зовнішнього електропостачання тягових підстанцій з врахуванням вимог в електроенергетиці України, що базуються на нових підходах електропостачання підстанцій, у тому числі:

- приєднання до мереж НЕК «Укренерго» (220 – 330 кВ) з метою підвищення якості електроенергії та економії витрат і часу на будівництво нових тягових підстанцій;
- створення транспортно-енергетичних коридорів в полосі відчуження залізниць, що ефективно при спорудженні нових залізничних ліній в енергодефіцитних регіонах;
- підвищення надійності та безпеки електропостачання тягових підстанцій шляхом розвитку власних живлячих електромереж 110 кВ та пересувних тягових підстанцій нового покоління з розподільчими пристроями 110 кВ;
- обґрунтування створення власних потужностей генерації електричної енергії для стаціонарної енергетики;

- зниження перетоків потужності та втрат енергії в мережах електротяги та живлячих мережах енергосистем;

В сфері удосконалення управління, потрібно вирішувати завдання щодо впровадження систем телемеханіки нового покоління на основі мікропроцесорної техніки, вибудови багаторівневої вертикалі управління локальними та технологічними електричними мережами залізниць (від дистанцій електропостачання до оперативно-диспетчерського центру управління Укрзалізниця), розробка та впровадження АРМів енергодиспетчера різних рівнів, розробка та впровадження автоматизованих систем розрахунку режимів роботи локальних та технологічних електричних мереж з врахуванням режимів роботи енергосистем України.

Весь комплекс заходів дасть можливість наблизити рівень транспортних послуг до європейських стандартів та забезпечити потребу населення в перевезеннях вантажів та пасажирів при безумовному забезпеченні безпеки руху поїздів.

Последовательные фотоэнергетические системы интегрированные с уличным и дорожным светодиодным освещением

Маляренко Е.А. (НТУ «ХПИ»)

При проектировании фотоэнергетических систем интегрированных с уличным освещением, в общем случае, целесообразно применять полупроводниковые преобразователи двух типов: индивидуальные согласующие преобразователи, устанавливаемые непосредственно на каждой солнечной панели и сетевые трехфазные инверторы, обеспечивающие двунаправленный обмен энергией с трехфазными низковольтными промышленными сетями. С учетом предполагаемых режимов работы (передача электроэнергии в сеть в дневное время и потребление при питании светодиодного освещения в ночное время) наиболее целесообразно применить в качестве сетевого преобразователя инвертор тока с ШИМ.

С учетом анализа существующих систем, а также особенностей интегрирования возобновляемых источников электроэнергии, предлагается обобщенная структура фотоэнергетической системы интегрированной с уличным светодиодным освещением. Система состоит из солнечных панелей, индивидуальных согласующих DC/DC преобразователей, которые обеспечивают работу панелей в точке максимальной мощности, светильников уличного освещения, линий постоянного тока и сетевого DC/AC инвертор тока, обеспечивающего связь с низковольтной сетью переменного тока.

Индивидуальные согласующие преобразователи, устанавливаемые на каждой солнечной панели, дают возможность рассматривать данные системы как одномерные массивы из независимых объектов системы. При этом единичный объект системы состоит из солнечной панели, согласующего преобразователя, например SEPIC (возможно с гальванической развязкой), светодиодного светильника с шунтирующим ключом и системы управления, которая обеспечивает поддержание рабочей точки максимальной мощности солнечной панели, контроль основных параметров (ток и напряжение солнечной панели и выходное напряжение преобразователя), а также общую логику управления в течение суток.

Все объекты системы включаются последовательно друг с другом через общую линию постоянного тока. Линия постоянного тока, объединяющая фотоэнергетические модули, представляет собой источник энергии для сетевого инвертора тока в дневное время с замкнутым шунтирующим ключом на каждом светодиодном светильнике, и нагрузку в виде светодиодного освещения в ночное время (шунтирующий ключ

разомкнут), при этом необходимо шунтировать выходную емкость согласующего преобразователя.

Сетевой преобразователь представляет собой инвертор тока с ШИМ с распределенной индуктивностью L в звене постоянного тока и емкостным сетевым фильтром. В качестве полупроводниковых приборов данный преобразователь требует использования двухквadrантных ключей знакопеременного напряжения, в качестве которых можно применить последовательно включенные IGBT и диод или ключи с обратной блокирующей способностью RBIGBT.

Инвертор тока, как сетевой преобразователь, обеспечивает двунаправленный поток мощности, электромагнитную совместимость с сетью, а также возможность плавного регулирования тока в линии, что является важным преимуществом при питании светодиодного уличного освещения.

Допуски на відхилення характеристик режимів електричного гальмування електровозів постійного струму

Марікуца С. Л., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

В електрорухомому складі широко використовується принцип зворотності електричних машин, тобто електричне гальмування. Найбільш поширеними видами електричного гальмування є рекуперативне та реостатне.

В існуючих методах розрахунків характеристик електричного гальмування враховуються тільки номінальні значення параметрів, котрі визначають дані характеристики, при цьому не встановлюються можливі відхилення характеристик.

Відхилення характеристик, котрі обов'язково мають місце в режимі електричного гальмування можуть вплинути на надійність роботи електровоза, оскільки внаслідок відсутності будь-яких нормативів, розбіжності можуть виявитися досить значними й створити умови для передчасного виникнення юза і навіть зворотного обертання колісних пар.

В роботі викладено методику, яка дозволяє розв'язати задачу про відхилення характеристик режимів електричного гальмування електровозів постійного струму. Вона допоможе встановити необхідні співвідношення при нормуванні допусків на відповідні параметри силових схем електровозів.

Дослідження та вдосконалення системи діагностики тягової підстанції на базі SMART технологій

Матусевич О.О., Петруняк Р.М. (ДНУЗТ)

Система тягового електропостачання утворює значну кількість пристроїв тривала експлуатація яких без належного діагностування технічного стану може призвести до виходу їх із ладу і значному економічному збитку. З метою підвищення експлуатаційної надійності силового обладнання тягових підстанцій (ТП) зростає розуміння економічної доцільності якісної технічної діагностики електроустаткування з наступних причин:

- більше половини парку силового електроустаткування ТП виробила розрахунковий ресурс і темпи старіння вище темпів оновлення парку;

- унаслідок, економії засобів на оновлення та технічне обслуговування і переходу на ремонти за фактичним технічним станом.

У сучасних умовах для якісного рішення цієї проблеми бажано застосувати Smart Grid технології. Різні концепції Smart Grid, що існують в даний час, зачіпають багато аспектів у тому числі управління і моніторинг стану електротехнічного устаткування ТП.

При розробці проектів по інтелектуалізації електричних мереж слід пам'ятати, що Smart Grid – це не просто автоматизація процесу управління виробництвом, передачею або розподілом електричної енергії, Smart Grid – це система управління всією електричною мережею, яка зрештою повинна стати повністю автоматичною, а все наявні автоматизовані системи (АСДУ, АСУ ТП, системи моніторингу, системи управління даними і ін.) є лише інструментом для досягнення поставлених цілей.

Інтегровані в єдину платформу існуючі автоматизовані інформаційні системи дозволять по-новому підходити до побудови електричних мереж та організації і контролю режиму їх роботи. Інтелектуальна електрична мережа залежно від умов, що склалися, в автоматичному режимі може здійснювати переконфігурацію електричної мережі з метою досягнення мінімуму витрат енергоресурсів без зниження надійності роботи у тому числі управління і моніторингу стану електротехнічного устаткування ТП. Також актуальність даного питання обумовлена тим, що вдосконалення системи діагностування і методів аналізу діагностичної інформації підвищує об'єктивність оцінки технічного стану силового обладнання ТП та дозволяє планувати і своєчасно та якісно проводити технічне обслуговування і ремонт (ТО і Р). Все це підвищує надійність експлуатації електроустаткування ТП, подовжує ресурс його роботи, економить матеріальні витрати на ТО і Р, знижує ризик збитків і позитивно позначається на енергозбереженні.

Виходячи з вище розглянутого, для вдосконалення системи діагностики ТП, необхідно створення інформаційно-аналітичної системи на принципах Smart технологій. Даний підхід дозволить здійснювати багатоаспектну та достовірну оцінку фактичного технічного стану силового обладнання ТП з метою підвищення ефективності та якості ТО і Р, надійності обладнання ТП, продовження строку експлуатації, покращення енергоефективності та енергозбереження на електрифікованих залізницях України.

Методологія використання риск – аналізу для прийняття рішення про залишковий ресурс електрообладнання тягової підстанції

Матусевич А.А. (ДНУЗТ)

Аналіз роботи господарства електрифікації та електропостачання Укрзалізниці з питань порушень нормальної роботи системи тягового електропостачання залізниць показує, що існує тенденція до підвищення кількості порушень електропостачання за рахунок виходу з ладу силового обладнання тягових підстанцій (ТП), яке супроводжується аваріями та економічними збитками.

Зростання інтенсивності технологічних порушень на ТП та важкості наслідків в першу чергу викликане об'єктивно існуючим старінням і вичерпанням ресурсу працездатності електрообладнання, а також причинами організаційного характеру та неякісної експлуатації обладнання.

Як правило комплексне вирішення проблеми оцінки ризику зниження надійності електропостачання при відмовах електрообладнання ТП відбувається в умовах нечіткості, неповноти інформації та практичною відсутністю математичного опису процесів в електрообладнанні для визначення його залишкового ресурсу. Тому для вирішення цієї проблеми необхідно застосовувати сучасні досягнення в області штучного інтелекту,

зокрема експертні системи, центральним елементом яких є база знань та механізм нечіткого логічного висновку які дозволяють прогнозувати момент повного використання ресурсу електрообладнання ТП.

У практиці експлуатації складних технічних систем прийнято розрізняти: *гарантійний ресурс* R_{Γ} - сумарний наробіток електрообладнання, протягом якого підприємство - виробник гарантує її працездатний стан; *прогнозований ресурс* $R_{\text{прог}}$ - прогнозований сумарний наробіток електрообладнання, при досягненні якого його застосування за призначенням повинно бути припинено; *залишковий ресурс* $R_{\text{з}}$ - сумарний наробіток системи від моменту контролю технічного стану до повного використання ресурсу електрообладнання

Представимо види ресурсів та витрати технічного ресурсу електрообладнання ТП на рис. 1.

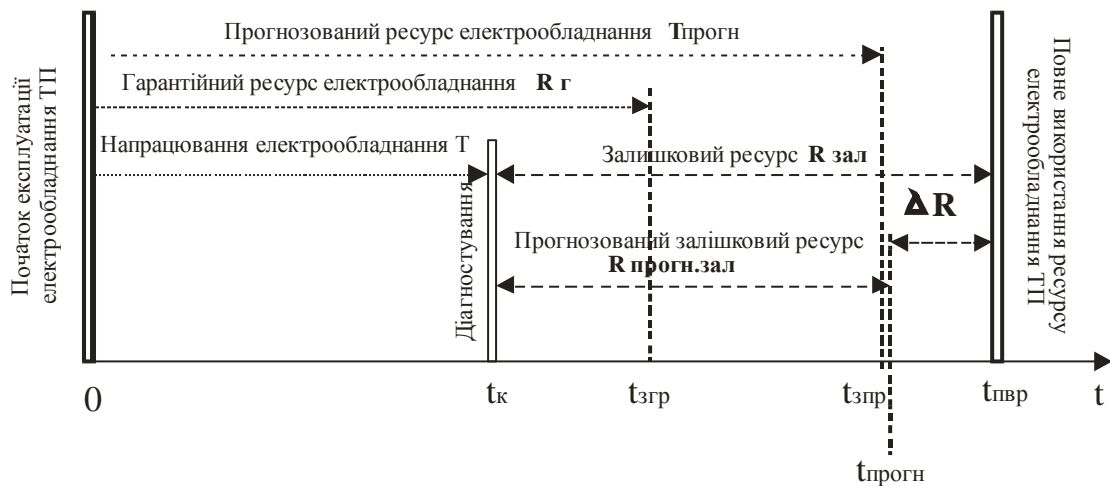


Рис.1. Діаграма процесу експлуатації електрообладнання ТП

На діаграмі (рис. 1), позначені: $t=0$ - момент початку експлуатації електрообладнання ТП; t_k - момент контролю технічного стану; t_{zgr} - час закінчення гарантійного терміну експлуатації; t_{zpr} - час закінчення прогнозованого терміну експлуатації; $t_{\text{прогн}}$ - прогнозований час, до якого здійснюється експлуатація; $t_{\text{пвр}}$ - час настання повного використання ресурсу електрообладнання ТП, яке залежить від безлічі чинників, пов'язаних з технічним станом і умовами експлуатації (випадкова величина). Випадковий характер настання граничного стану наводить до необхідності прогнозування залишкового ресурсу $R_{\text{прогн.зал}}$ виходячи з якого відповідно до прийнятих методик планується подальша експлуатація електрообладнання ТП.

Для технічних систем з тривалими строками експлуатації, що знаходяться за межею гарантованого терміну експлуатації, найбільш важливою є оцінка залишкового ресурсу $R_{\text{зал}}$ до визначення прогнозованого залишкового ресурсу $R_{\text{прогн.зал}}$. При цьому необхідність розробки методик прогнозування залишкового ресурсу електрообладнання ТП обумовлена, в першу чергу, економічними чинниками. Економічний вииграш полягає в прибутку, що отримується від експлуатації електрообладнання ТП, яке працює за межами гарантійного терміну, але в межах прогнозованого залишкового ресурсу $R_{\text{прогн.зал}}$, який не перевищує (у ідеальній ситуації — збігається) із залишковим ресурсом $R_{\text{зал}}$ електрообладнання ТП яке експлуатується.

У сучасних умовах новим підходом до управління експлуатацією складних технічних систем є використання методів *ризик-аналізу*. Поняття ризику в даний час широко використовується в різних сферах діяльності. У загальному випадку під ризиком W в деякій сфері діяльності розуміють вартісний вираз імовірнісної події яка веде до збитку:

$$W = \sum_{i=1}^N P_i C_i \quad (1)$$

де N - загальна кількість несприятливих подій, ведучих до збитку; P - вірогідність виникнення i - тої несприятливої події (виходу з ладу електрообладнання ТП) за деякий проміжок часу(t); C - збиток від виникнення i - тої несприятливої події, визначений у відносних або абсолютних одиницях, $i=1, \dots, N$.

Через випадковий характер виникнення відмов і виходу з ладу електрообладнання ТП ухвалення рішення про його залишковий ресурс ($R_{зал}$) в принципі носить ризикований характер, а поняття ризику пов'язане з правильністю рішення про можливість подальшої експлуатації ТП протягом певного проміжку часу. В ролі суб'єкта ризику виступає *особа яка приймає рішення* про прогнозування і призначення залишкового ресурсу електрообладнання ТП та про можливість її застосування протягом інтервалу часу від t_k до $t_{прогн}$. При цьому неправильна прогнозна оцінка залишкового ресурсу електрообладнання ТП є причиною неправильного ухвалення рішення про його подальшу експлуатацію, а даний ризик *особи яка приймає рішення* є частним випадком управлінського ризику, з які можуть привести до настання подій з небажаними наслідками при управлінні системою тягового електропостачання електрифікованих залізниць.

Стосовно задачі оцінки ризику неправильного прогнозованого залишкового ресурсу електрообладнання ТП небажані наслідки будуть пов'язані з однією подією — це помилкою (ΔR) прогнозування залишкового ресурсу $R_{прогн.зал}$, яка характеризується наступним виразом

$$\Delta R = R_{зал} - R_{прогн.зал} \quad (2)$$

При такому підході для визначення ризику при виникненні несприятливої події i і складових виразу (1), що визначають ризик неправильного ухвалення рішення про залишковий ресурс електрообладнання ТП, є функцією ΔR :

$$P(\Delta R), C(\Delta R), W(\Delta R).$$

З точки зору можливих небажаних наслідків управлінський ризик має бути зведений до нуля. Проте розуміння того, що повністю уникнути ризику при управлінні складними технічними системами і процесами принципово неможливо, наводить до формулювання принципу прийнятного ризику. Відповідно до цього принципу в тих випадках, коли небажані наслідки не носять катастрофічного характеру, потрібне досягнення такого рівня ризику, яку можна забезпечити в реальних умовах. Це значить, що при визначенні прийнятного ризику необхідно зіставити можливий збиток унаслідок реалізації рішення, прийнятого з врахуванням ризику, із затратами які направлені на зниження ризику.

Розглянута методологія, яка заснована на ризик-аналізі ухвалення рішення про можливість подальшої експлуатації електрообладнання ТП (після закінчення гарантованого ресурсу), може бути використана в методиках прогнозування залишкового ресурсу іншого обладнання дистанцій електропостачання залізниць України.

Електроенергетичні аспекти при швидкісному русі поїздів

Міщенко Т.М. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

При розв'язанні проблем організації швидкісного і високошвидкісного руху поїздів актуальною є задача оцінки електроенергетичної ефективності електрифікованих ліній. Як показує досвід закордонних залізниць, при швидкісному русі втрати електроенергії в пристроях систем електричної тяги зростають на 12-15 %. Певно, можна припустити (поки що без розрахунків), що основними факторами такого зростання є, по-перше, значно більша величина електротягового навантаження, а, по-друге, власне характер зміни в часі цього навантаження. Останнє при пакетному графіку руху має повторно-короткочасний імпульсний характер зі значними амплітудами. Тоді загальні втрати електроенергії обумовлені як значними діючими значеннями фідерних струмів, так і додатковими втратами в тяговій мережі за рахунок неякісності електроенергії, що передається по ній.

Не менш дієвими складовими загального збільшення втрат в системі електротяги є втрати в самому електрорухомому складі (ЕРС). Вони закономірні з огляду на те, що швидкісний рух може забезпечуватись більш потужними ЕРС, ніж при існуючому звичайному русі. А більш потужний ЕРС, як відомо, являється і більш потужним генератором реактивної потужності.

Зазначене збільшення втрат електроенергії вимагає від спеціалістів з електричного транспорту передбачати певні схемотехнічні засоби по зменшенню цих втрат. І на перший погляд, виходячи із аналізу роботи певних типів ЕРС, є наявність в силовій схемі ЕРС чотириквadrантного перетворювача. Позитивна електроенергетична дія цього перетворювача теоретично відома, а практична впливає із гармонійного аналізу вхідних напруги $u_1(t)$ і струму $i_1(t)$, а також значення коефіцієнта потужності λ електровоза ДСЗ. Аналіз спектрального складу $u_1(t)$ і $i_1(t)$ цього електровозу показує, що при його навантаженні від 40 до 100 % струм $i_1(t)$ є практично синусоїдним, а λ досягає 0,98. Цікаво також, що кут φ між осцилограмами $u_1(t)$ і $i_1(t)$ носить ємнісний характер і складає від 12 до 15°. Зазначений характер зміни $i_1(t)$ і значення λ , певно, і обумовили тверду думку більшості спеціалістів, що електротяговий привод перспективних електровозів повинен будуватись на базі безколекторних тягових двигунів, найімовірніше, на основі асинхронних, регулювання режиму роботи яких здійснюється за допомогою статичних перетворювачів частоти і кількості фаз, які складаються із імпульсного регулятора та чотириквadrантного перетворювача, від яких живиться автономний інвертор напруги з широтно-імпульсною модуляцією. Кожен такий тяговий перетворювач живить два асинхронних тягових двигуна. Таке схемотехнічне рішення і здійснено якраз в електровозі ДСЗ.

Отже, насамкінець зауважимо, що проектуючи впровадження швидкісного і високошвидкісного рухів поїздів, не слід забувати про необхідність оцінки електроенергетичної ефективності підсистем і пристроїв, що забезпечують ці види руху.

Вдосконалення процесу технічного обслуговування обладнання тягових мереж шляхом впровадження системи управління ризиками

Міронов Д. В. (ДНУЗТ)

Одним з пріоритетних напрямів поліпшення системи технічного обслуговування та ремонту обладнання тягових мереж, що дозволяє перейти на якісно новий рівень виробничої ефективності, є впровадження системи ризик-менеджменту. Ця система регламентує підвищення якості функціонування об'єктів інфраструктури на базі виявлення потенційних областей ризику та їх оцінки, попередження виникнення ризиків на основі їх систематичного прогнозування та оцінки. Впровадження системи ризик-менеджменту означає формування набору елементів управління ризиками як окремої підсистеми управління діяльністю підприємства. Для кожного підприємства характерні особливості прояву ризиків, які необхідно враховувати при обґрунтуванні та розробці програм управління ризиками.

Діагностика ризиків являє собою аналіз бізнес-процесів господарства електрифікації з метою виявлення факторів ризику і реалізується в ході ризик-аудиту підприємства, що представляє собою комплексний аналіз параметрів і областей діяльності підприємства з метою ідентифікації, опису та класифікації ризиків. Найбільш поширений метод при діагностиці ризиків заснований на статистичних спостереженнях, які є найбільш об'єктивними і точними. Виявлення ризиків є пріоритетним етапом, фундаментом побудови системи управління ризиками. На ньому ґрунтуються всі інші процедури ризик-менеджменту, так як, в кінцевому рахунку, якісна діагностика визначає успішність управління ризиками та рівень ефективного корпоративного управління в цілому.

Ризик, який може застосовуватися для використання в питаннях забезпечення якості процесу технічного обслуговування обладнання тягових мереж, в понятійному трактуванні ризик-менеджменту може мати властивості операційного ризику, ризику зміни кореляційного зв'язку. Операційний ризик - ризик прямих і непрямих втрат, пов'язаних з організацією внутрішньої роботи підприємства і спричинених недоліками систем внутрішнього контролю та корпоративного управління, недосконалістю бізнес-процесів та іншими несприятливими подіями нефінансової природи. Ризик зміни кореляційного зв'язку - ризик втрат, зумовлених несприятливою зміною взаємозалежності між факторами ризику, рівень і спрямованість яких були враховані раніше при оцінці та управлінні ризиками.

Реалізація системи ризик-менеджменту має на увазі:

- організацію ризик-менеджменту (формування спеціальних функцій і процедур в управлінні підприємством та забезпечення їх виконання);
- формування необхідного методологічного забезпечення діяльності з управління ризиками, в тому числі для оцінки схильності до ризику, декомпозиції ризику, а також оцінки ризиків, сценування і стрес -тестування;
- розробку інформаційно -аналітичних систем ризик-менеджменту та їх практичну реалізацію.

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 та постійне оновлення інструментарію управління ризиками;
- встановлення лімітів ризику (максимально точне визначення меж збитку);
- розробка рекомендацій щодо формування стратегії і ефективного розподілу ресурсів з урахуванням ступеня ризику;

- повнота і своєчасність відображення величин ризиків у системах управлінської інформації (інформаційних системах).

Удосконалення системи діагностики технічного стану обладнання тягових мереж може бути реалізовано при впровадженні системи ризик-менеджменту, яка заснована на моніторингу ризиків порушень, а також на усунення відхилень, оцінок і ризиків від цільових показників. Ця система дозволить прогнозувати рівень якості обслуговування пристроїв тягової мережі при зміні умов її утримання; приймати рішення про способи обслуговування обладнання на підставі зіставлення прогнозних і цільових показників ризиків порушень та їх наслідків.

Підвищення ефективності функціонування системи технічного обслуговування обладнання тягових мереж на основі процесного підходу

Міронов Д. В. (ДНУЗТ)

Розвиток швидкісного і високошвидкісного руху та зростання його інтенсивності, застосування електрорухомого складу нового покоління 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. Разом з тим необхідно впроваджувати нові методи діагностики технічного стану обладнання та вдосконалювати існуючу систему технічного обслуговування та ремонту пристроїв електропостачання.

Зазначені обставини диктують необхідність розробки комплексу методів і засобів, спрямованих на підвищення експлуатаційної надійності системи тягового електропостачання (СТЕ). Такий комплекс повинен базуватися на детальному аналізі функціонування електрообладнання СТЕ із застосуванням сучасних математичних моделей і методів. Результати такого аналізу можна використовувати:

- при розробці заходів з підвищення надійності електропостачання;
- при коригуванні стратегій оперативного управління режимами СТЕ;
- для підвищення енергоефективності функціонування СТЕ.

Шляхом вирішення вищеперерахованих проблем може слугувати впровадження системи менеджменту якості в електроенергетичній інфраструктурі залізничного транспорту України. Процесний підхід до системи технічного обслуговування обладнання тягових мереж є одним із способів впровадження системи управління якістю. При застосуванні в системі менеджменту якості процесний підхід підкреслює важливість:

- розуміння та виконання вимог, що пред'являються до якості продукції;
- отримання результатів виконання процесів і забезпечення їх результативності;
- постійного поліпшення процесів на основі об'єктивних оцінок.

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. 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). Функціонування головного процесу господарства Е здійснюється під загальним управлінням з боку Служби електрифікації та електропостачання. 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.

Впровадження системи управління якістю в електроенергетичній структурі залізничного транспорту України дозволить поліпшити якість функціонування системи електропостачання за рахунок підвищення показників надійності енергоукомплектування, рівня обслуговування споживачів електроенергії, підвищення енергоефективності використання існуючого обладнання тягових мереж.

Проведение комплексных экспериментальных исследований новой железнодорожной техники

Мямлин С.В., д.т.н., профессор, Жижко В.В., к.т.н., Савченко К.Б., Федоров Е.Ф.,
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени
академика В. Лазаряна

Одним из ответственных этапов внедрения в эксплуатацию новой техники на железнодорожном транспорте, как известно, являются приемочные испытания.

С целью организации и проведения комплексных экспериментальных исследований в университете более 10 лет назад создан Испытательный центр (ИЦ). Данное решение вызвано также и тем, что на рынок железнодорожной техники стали выходить объекты, которые требуют комплексного сопровождения на стадии государственной приемки и последующей сертификации, поэтому в рамках одной или даже нескольких, пусть очень крупных лабораторий, сложно было осуществить полный комплекс приемочных и сертификационных испытаний железнодорожной техники.

Испытательный центр сформирован в дополнение к уже имеющимся отраслевым научно-исследовательским и испытательным лабораториям. Его основная задача не только координация деятельности испытательных подразделений, но и самостоятельное проведение отдельных видов испытаний с использованием специализированного и стендового оборудования.

К числу комплексных работ следует отнести организацию и проведения полного комплекса испытаний региональных двухсистемных электропоездов производства «Hyundai-Rotem Company» (Южная Корея), ŠKODA TRANSPORTATION a.s (Чехия), Крюковского вагоностроительного завода (Украина), а также TALGO (Испания). К особенностям данных работ относится то, что подвижной состав проектировался и изготавливался с учетом европейских стандартов, а эксплуатацию необходимо будет осуществлять по требованиям железных дорог пространства колеи 1520 мм. Поэтому была осуществлена оценка параметров подвижного состава с учетом национальной нормативной базы. При этом принято считать, что европейские нормы более «слабые» и не позволяют полноценно оценить качество новой техники. Это не соответствует действительности, так как по многим показателям требования европейских норм «жестче», особенно в таких показателях как оценка динамических и ходовых качеств. И эти требования по целому ряду показателей более высокие не только к железнодорожной технике, но и к инфраструктуре. Потому что рассматривать железнодорожную технику без учета особенностей инфраструктуры конкретной железнодорожной администрации на

определенных направлениях не всегда будет достаточно для того, чтобы дать полную и объективную оценку техническим решениям, реализованным в конструкции, например, подвижного состава.

Экспериментальные исследования проводятся не только для железнодорожных предприятий Украины, но и для железнодорожных администраций и машиностроительных предприятий других стран. Так, многолетнее сотрудничество связывает Испытательный центр университета с такими странами как Россия, Литва, Казахстан, Корея, Чехия, Китай, Грузия, Азербайджан, Киргизстан, США. Этому способствует полноценная аккредитация на техническую компетентность и независимость в различных государственных и международных органах по аккредитации испытательных лабораторий и центров, например, в Росаккредитации (Российская Федерация), Национальном агентстве по аккредитации Украины, Системе испытаний Джeneral Электрик (США) и других. Испытательный центр входит также в Реестр организаций, результаты испытаний которых признаются всеми железнодорожными администрациями стран СНГ и Балтии.

Кроме мобильного и стендового испытательного оборудования, в том числе и по испытаниям элементов системы энергоснабжения (испытания контактного провода и вставок токосъёмников) Испытательный центр располагает специализированным испытательным полигоном на Приднепровской железной дороге, что позволяет расширять возможности экспериментальных исследований.

Основной кадровый потенциал Испытательного центра составляют ученые и специалисты, прошедшие подготовку в научной школе транспортной механики, созданной академиком НАН Украины В.А. Лазаряном и затем развитой академиком Е.П. Блохиным.

Таким образом, созданная экспериментальная база в Испытательном центре ДИИТа для испытаний подвижного состава и элементов инфраструктуры позволяет полностью обеспечить все необходимые виды исследований и проверок для их оценки соответствия нормативно-технической документации с учетом как национальных, так и международных стандартов, включая Регламенты Таможенного Союза.

Оценка эффективности инновационных энергосберегающих проектов с учетом специфики железнодорожного транспорта

Мямлин С.В., Гридасова А.В. (ДНУЖТ)

Развитие инфраструктуры, в том числе внедрение энергосберегающих технологий на железнодорожном транспорте, требует не только технического и технологического сопровождения, а прежде всего экономического обоснования.

Для эффективного использования инвестиций, особенно в условиях ограниченного финансирования, необходим более тщательный выбор и последующий анализ критериев оценки, а также оценка рисков проекта на всех этапах его жизненного цикла.

Под инвестициями, направленными на разработку и внедрение инновационных проектов, понимаются, как известно, единовременные затраты, необходимые для создания и использования инноваций.

Инновационный проект на транспорте, в соответствии с общепринятым пониманием – это комплексный процесс производства новых или усовершенствования имеющихся транспортных услуг на основе разработки, внедрения прогрессивных технико-экономических и управленческих решений. Этот процесс охватывает этапы жизненного цикла товаров, услуг от зарождения идеи до внедрения инноваций в производство.

Соответственно, инвестиционные энергосберегающие проекты – это те из них, которые обеспечивают в результате рост эффективности производства продукции или направлены на совершенствование метода, способа ее производства. Это позволяет более рационально использовать топливно-энергетические ресурсы, по сравнению с иными вариантами использования или с аналогичными, но с другими технико-экономическими показателями.

Внедрение энергосберегающих технологий предполагает достоверную оценку экономической эффективности предполагаемых инвестиций.

Авторами разработана оригинальная методика, которая позволяет произвести оценку эффективности инвестиционных инфраструктурных или машиностроительных проектов с учетом максимального количества факторов, влияющих на работу железнодорожного транспорта и определяющих его экономическую эффективность.

Данная методика может быть использована при планировании потребности и возможных направлений использования материальных ресурсов, при распределении капитальных затрат на предприятиях железнодорожного транспорта, машиностроения, а также транспортного строительства.

Таким образом, разработан экономико-математический подход к оценке эффективности инновационных проектов с учетом специфики железнодорожного транспорта, который может быть рекомендован для практического применения, как на уровне отрасли, так и на уровне отдельных предприятий.

Совершенствование поиска неисправных изоляторов в сетях 6-10 кВ железнодорожных потребителей

Несенюк Т. А., Уральский государственный университет путей сообщения, (УрГУПС),
TNesenuk@mail.ru

Визуальный поиск места неисправности в большинстве случаев не дает положительных результатов в поиске неисправных изоляторов, а их отказы, по данным анализа работы хозяйства электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД», составляют около 10% от основных причин нарушений нормальной работы устройств СЦБ и продольного электроснабжения. Применяемые при осмотрах приборы поиска в полной мере не позволяют диагностировать изоляторы воздушных линий электропередачи [1].

Цель работы – совершенствование диагностики изоляторов в сетях 6-10 кВ железнодорожных потребителей является актуальной. В качестве диагностического параметра предлагается применить проходящий через изолятор ток пробоя [2], по величине которого можно настроить срабатывание встроенного в изолятор сигнального устройства. В загрязненных районах и на морских побережьях актуальны вопросы предотвращения перекрытия изолятора поверхностным током. Для железнодорожных потребителей первой категории 6-10 кВ актуально – предотвращение отказов, связанных с потерей диэлектрических свойств изолятора и образованием сквозного тока пробоя. Автором предлагается настраивать сигнальное устройство на определенную величину тока, что позволит определить предотказное состояния изоляторов.

В лабораториях УрГУПС и дорожной электротехнической лаборатории Свердловской дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД» были успешно проведены испытания электромеханического устройства обнаруживающего неисправный изолятор. По току срабатывания рассчитывалось сечение проводника. Проходящий ток вызывал плавление проводника и перемещение сигнального кольца в пределах видимости наблюдателя [3, 4].

В случае применения радиочастотной диагностики, превышение тока срабатывания вызывало нарушение в работе интегральной микросхемы. Посылаемый высокочастотный зондирующий сигнал неисправной меткой не считывался, его отсутствие определяло место нахождения неисправного изолятора. Диагностика RFID- технологий может быть реализована как на транспортном средстве, так и при периодических осмотрах. Частота и мощность посылаемого сигнала определяется контролируемой линией электропередачи.

Предлагаемые способы диагностики изоляции позволят снизить экономические потери, вызываемые сбоями в системе грузоперевозок и электробезопасности, указав точное местонахождение неисправности. При вводе в эксплуатацию встроенных сигнальных устройств величина тока срабатывания должна рассчитываться, и в дальнейшем уточняться опытными измерениями.

Библиографический список

1 Несенюк Т.А. Диагностирование изолирующих конструкций// Транспорт Урала.- 2011.- №3 (30). С.69-71.

2 Несенюк Т.А., Патент на изобретение № 2503076, Устройство для определения дефектов в изоляторах.

3 Несенюк Т.А., Патент №130747 Опорно-штыревой изолятор с перемещающимся сигнальным устройством.

4 Несенюк Т.А.Применение RFID-технологий для поиска неисправной изоляции//Транспорт Урала, 2013.- №2 (37). С.72-76

Анализ причин, вызывающих появление в электрических сетях составляющих токов и напряжений с частотами выше 2,5 кГц

Нестерович В.В., ГБУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Отклонение формы кривой напряжения или тока от синусоидальной обычно трактуется как наличие составляющих с частотами, отличными от основной частоты. При этом в большинстве случаев ограничиваются рассмотрением составляющих с частотами, не превышающими частоты 40-й или 50-й гармоники. Так действующий в Украине ГОСТ 13109-97 предусматривает, что несинусоидальность напряжения оценивается с помощью коэффициента искажения синусоидальности напряжения и коэффициентов отдельных гармонических составляющих напряжения. При этом значение коэффициента искажения синусоидальности напряжения должно определяться с учетом гармоник напряжения в диапазоне от 2-й до 40-й. Аналогичный подход к нормированию искажений формы кривой напряжения реализован в действующем в России стандарте ГОСТ Р 54149-2010 и европейских стандартах. Выпускаемые в настоящее время измерительные приборы, предназначенные для анализа качества электроэнергии, рассчитаны, как правило, на измерение высокочастотных составляющих напряжений и токов только в диапазоне до 2...2,5 кГц. В связи с этим на практике при контроле показателей качества электроэнергии высокочастотные составляющие токов и напряжений обычно не измеряются. Величины составляющих с частотами свыше 9 кГц ограничиваются стандартами, разрабатываемыми Специальным международным комитетом по радиопомехам (CISPR). Ограничение диапазона частот значениями 2...2,5 кГц при нормировании показателей качества электроэнергии и выполнении измерений было бы оправданным в случае отсутствия или незначительных уровней составляющих с более высокими частотами. Однако имеются исследования, показывающие, что в ряде случаев в системах электроснабжения наблюдались существенные значения высших гармоник напряжений вплоть до 200-й гармоники.

Проведений аналіз показав, що високочастотні складові напруг в системах електропостачання можуть виникати в двох основних ситуаціях: 1) при наявності в мережі нелінійної навантаження високочастотних складових; 2) при виникненні коливань на частоті вільних коливань електричної мережі.

В першому з наведених випадків нелінійна навантаження може розглядатися як джерело струму на частоті існуючих високочастотних складових. Наявність цих складових в спектрі напруги буде обумовлено падінням напруги при певному струмі на еквівалентному опорі живильної мережі, а амплітуда високочастотної складової може залишатися практично незмінною або ж змінюватися за певним законом, як правило, відмінним від експоненціального. Такого роду високочастотні складові були зафіксовані авторами даної роботи в процесі виконання вимірювань на шині 10 кВ, від якої отримувало живлення привід чорного і чистових стелі прокатного стану одного з металургічних підприємств.

В другому випадку коливання можуть бути викликані комутаціями в мережі або переключенням вентилів перетворювачів, їх амплітуда буде змінюватися за експоненціальному законом. Частота коливань буде залежати від положення полюсів частотної характеристики електричної мережі. В мережах з малими ємностями ліній і відсутністю пристроїв компенсації реактивної потужності частота таких коливань може перевищувати 2,5 кГц, а при великих ємностях елементів мережі – зсуватися в область низьких частот. Швидкість затухання коливань буде визначатися відношенням реактивних і активних опорів мережі.

Шляхи енергозбереження на тягу поїздів під час транспортування небезпечних вантажів

Новік Р.Б., Байдак С. Ю., Шолудько В. В. (ДНУЗТ)

Залізниця за своєю специфікою – енергоємний споживач паливно-енергетичних ресурсів. Частка витрат їх становить близько 20% в експлуатаційних витратах залізниць. Економічний стан, що склався в Україні, вимагає підвищення ефективності роботи усіх галузей господарської діяльності і, зокрема, залізничного транспорту. У ринкових умовах роботи питання енергозбереження набуває особливого значення.

Виконуючи більше половини загальнотранспортного об'єму перевізної роботи, залізничний транспорт споживає близько 15% енергоресурсів, що використовуються всіма видами транспорту. Значну частину експлуатаційних витрат залізниць складають витрати на електроенергію і, зокрема, на електротягу. У локомотивному господарстві витрати енергоресурсів на тягу поїздів складають до 50% експлуатаційних витрат. При цьому транспортування небезпечних вантажів (промислової вибухівки, боєприпасів, палива, хімічних речовин), як правило проблематично через необхідність виконання мір безпеки, пов'язаних з їх перевезенням, найчастіше це веде до підвищення енергоспоживання. Витрати енергоресурсів під час перевезення небезпечних вантажів не повинно приводити до підвищення їх споживання.

Рівень витрат енергоресурсів на тягу поїздів залежить від таких показників: витрати на перевезення тари, оптимальні значення опору руху поїздів, економічність тягового рухомого складу, що використовується, раціональність використання тягового рухомого складу, відповідність оптимальному режиму ведення поїздів, стан витрат енергії в енергосистемах. Витрати електроенергії доцільно розділяти на окремі складові:

- подолання основного опору руху і підйомів, на гальмування і власні потреби рухомого складу;

– витрати в пускових пристроях, тягових електродвигунах, силових перетворювачах рухомого складу, тяговій мережі і на тягових підстанціях.

Показник енергоємності істотно знизилася електрифікація ділянок. В результаті відмови від тягового дизельного рухомого складу також в кілька разів скоротилися викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Проаналізувавши витрати електроенергії, можна виділити декілька способів зменшення витрат:

- використання роликових підшипників та невисоких швидкостей руху;
- проектування горизонтальних профілів без кривих малих радіусів;
- рекуперативне гальмування;
- електронне керування пуском тягових електродвигунів.

Крім цього існують додаткові заходи енергозбереження на залізничному транспорті: скорочення кількості затримок поїздів перед світлофорами, впровадження економічних світильників, заміни зношеного контактного проводу, відключення освітлення платформ при відсутності зупинок поїздів в нічні години, зниження витрат на власні потреби тягових підстанцій та ряд інших, традиційних шляхів енергозбереження.

Дослідженнями встановлено, що з метою енергозбереження під час транспортування небезпечних вантажів шляхами зниження витрат електроенергії на тягу поїздів є варіювання позиціями ведення локомотиву та масою складу, скорочення кількості затримок поїздів, а також встановлення фіксованого рівня максимальної швидкості руху. Аналізуючи розрахунки за цими показниками можна зробити висновки, що для таких поїздів витрати електроенергії знижуються при застосуванні нижчої позиції ведення локомотиву, але при цьому збільшується час руху поїзда (зменшується пропускна здатність ділянки) і навпаки. Тому кожен окремий випадок (окрему ділянку) потрібно розглядати індивідуально та робити висновки відповідно до місцевих умов і складу небезпечного вантажу, який перевозиться.

Підвищення ефективності функціонування випробувача коротких замикань

Новосад Ю. С. (ДІТ)

Сьогодні на тягових підстанціях постійного струму залізниць України існує лише одна конструкція випробувача коротких замикань (ВКЗ). Як відомо, цей пристрій встановлюється на фідерах РП-3,3 кВ, і призначений для зондування контактної мережі в разі її відключення внаслідок аварійної ситуації. При цьому контактна мережа замикається безпосередньо (коли є коротке замикання) або через електровози (в разі відсутності пошкоджень) із тяговими рейками. Процес зондування представляє собою подачу в контактну мережу напруги 220 В від стороннього джерела живлення ВКЗ, та подальше вимірювання величини струму в колі «джерело живлення – контактна мережа – рейки – земля – джерело живлення». Струмове коло ВКЗ через гальванічну розв'язку з'єднано з шафою безконтактної фідерної автоматики (БФА), від якої здійснюється безпосередньо управління пристроєм автоматичного повторного включення (АПВ). В разі короткого замикання шафа БФА забороняє спрацювання АПВ фідера. Однак пристрій ВКЗ не дозволяє визначити відстань до місця пошкодження, що є суттєвим його недоліком.

Впродовж останніх кількох років кафедрою «Електропостачання залізниць» ДНУЗТу велася розробка нової конструкції пристрою ВКЗ в середовищі Simulink пакету MatLab. Вона заснована, перш за все, на принципі пошукової імпульсної рефлектометрії, головною особливістю якого є точне визначення місця неоднорідності лінії завдяки

використанню методу «відбитих хвиль». Прилади, які реалізують зазначений процес, називаються імпульсними рефлектометрами. Отже, як бачимо, дана розробка усуває головний недолік існуючого випробувача коротких замикань.

Особливість нового ВКЗ в тому, що імпульс напруги, яким зондується контактна мережа, має амплітуду – 3 кВ із тривалістю $2 \cdot 10^{-4}$ с. Імпульс викликає загасаючі коливання напруги та струму в тяговій мережі, які повністю зникають через $4 \cdot 10^{-3}$ с. Розглядаються моделі декількох варіантів тягової мережі: перегон довжиною 12 км між станцією та постом секціонування, станція із двома бічними коліями, а також парк з 5, 10 та 20 паралельних колій. В кожній схемі імітуються короткі замикання на різних координатах та подаються відповідні осцилограми роботи ВКЗ при цьому.

Також розглядається вплив електрорухомого складу, розташованого на будь-якій відстані від пристрою ВКЗ, на розподіл електромагнітних хвиль в тяговій мережі. Електрорухомий склад імітується за допомогою наближених значень активного (2 Ом) та реактивного ($1 \cdot 10^{-3}$ Гн) опорів, виходячи із споживаних їми струмів в нормальному режимі роботи тягової мережі.

Виконавши аналіз графіків роботи ВКЗ при вищенаведених схемах проводиться оцінка ефективності його роботи в різних поїздних ситуаціях.

Влияние тяговых нагрузок на системы электроснабжения

Павелек Р., Лодзинский технический университет, Польша
Саенко Ю.Л. ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»,
Украина

Электрическая тяга является типичным источником электромагнитных помех в электрической сети, что приводит к искажениям токов и напряжений. Для оценки потенциального влияния тяговых подстанций, условий работы энергосистемы были проведены нагрузочные тесты и измерение параметров, характеризующих качество электрической энергии на выбранной подстанции 110/15 кВ, от которой питаются три тяговые подстанции. На подстанции установлены два трансформатора 110/15 кВ номинальной мощностью 25 МВА. Измерения проводились синхронно двумя анализаторами качества электроэнергии типа Fluke 1760 (Класс А), подключенными к силовому трансформатору на стороне 110 кВ и 15 кВ. Измерения проводились в течение одной недели. Блок-схема тяговой подстанции показана на рисунке 1

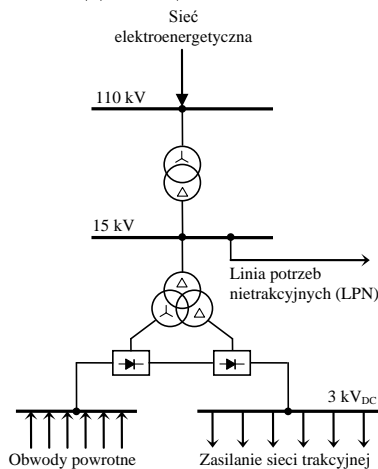


Рис.1. Блок-схема тяговой подстанции

В рассматриваемой сети были проведены измерения активной и реактивной мощности, а также ряд показателей качества электроэнергии: отклонения напряжения, коэффициенты искажения кривой напряжения и тока, несимметрия напряжения, колебания напряжения.

Проведенные измерения показывают, что в сети 15 кВ искажения напряжения характеризуются значениями коэффициентов искажения, которые на протяжении всего периода измерения превышает предельное значение. Это является неприемлемым для других потребителей, подключенных к сети. Кроме того, на основе сравнения полученных результатов можно заключить, что гармоники тока передаются через трансформатор из сети 15 кВ в сеть 110 кВ, при этом сохраняется практически тоже соотношение между основной и высшими гармоникам.

В сети 15 кВ, существует четкая корреляция между гармониками напряжения и тока, где доминируют 11, 13, 23 и 25 гармоники, которые характерны для источников питания, использующих 6 и 12 - пульсные преобразователи для тяги. Тяговые нагрузки является основной причиной искажения напряжения 15 кВ. В сети 110 кВ отсутствует корреляция между гармониками напряжения и тока. Доминирующими являются 11, 13, 23 и 25 гармоники тока, а самые высокие значения 3, 5 и 7 гармоник напряжения, источником которых являются потребители, находящиеся за пределами рассматриваемого участка сети.

Повышение эффективности использования гелиоэнергетических систем в условиях дефицита энергоресурсов

Павличенко М.Е., Васильев И.Л., (УрГУПС, Россия)
Сыченко В.Г., (ДНУЖТ, Украина)

Опыт трехлетней эксплуатации нескольких гелиоэнергетических установок в климатических условиях Урала выявил как достоинства, так и недостатки использования данных систем. Самым главным недостатком является проблема накопления избыточной энергии при эксплуатации автономных систем. Существующие накопители энергии в виде аккумуляторных батарей составляют до 70% стоимости установки. Работоспособность батарей зависит от температуры окружающей среды. В жаркое время года батареи плохо хранят заряд, в холодное – плохо накапливают. Срок службы батарей зависит от интенсивности эксплуатации и ограничен количеством циклов заряда-разряда. Использование батарей разных марок и изготовителей, особенно при параллельном соединении, также ухудшает показатели надежности.

В климатических условиях Урала солнечные панели отдают до 80-95% мощности, заявленной изготовителем, около 100 Вт/м². Определенные трудности составляет также очистка панели от снега в зимнее время года.

Преобразователь постоянного напряжения в переменное DC/AC 12 (24, 48)В/220В обладает следующими существенными недостатками – за счет использования электролитических конденсаторов ограничен диапазон рабочих температур инвертора. Кроме того, в большинстве применяемых инверторов отсутствует защита от неправильной полярности подключения.

К достоинствам гелиоэнергетических установок можно отнести простоту конструкции, отсутствие движущихся деталей, высокую надежность, удобство эксплуатации и экологичность.

Для повышения эффективности работы системы можно предложить использование сетевых инверторов совместно с существующей сетью линий энергоснабжения и

двунаправлених счетчиков. В этом случае решаются проблемы с накоплением избыточной энергии и не требуется применение дорогих мощных автономных инверторов.

Кроме экономической выгоды, существует и психологическая. Возможность потребителя экономить деньги, а в некоторых случаях и получать их за генерацию энергии, позволит повысить эффективность использования электроэнергии.

Данное техническое решение особенно выгодно при необходимости усиления существующих сетей и при дефиците генерируемых мощностей. Использование возобновляемых источников энергии в совокупности с использованием эффективных источников света позволяет существенно сократить затраты на электроэнергию, повысить надежность систем электроснабжения и снизить энергоемкость продукции в различных отраслях промышленности.

Основні напрямки підвищення енергоефективності існуючих типів електрорухомого складу змінного струму напруги 25 кВ, 50 Гц

Панасенко М. В., д. т. н., Краснов О. О., магістр, Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України (ДНДЦ УЗ)

Найбільш перспективною системою електричної тяги (СЕТ) на сьогодні вважається система змінного струму промислової частоти. В Україні, як і в усьому світі, нова електрифікація виконується переважно на змінному струмі. Так, у 2012 р. загальна довжина електрифікованих залізниць України становила 10,09 тис. км, з них на змінному струмі напруги 25 кВ, 50 Гц — 5,33 тис. км (53%). Разом з тим, рівень енергоефективності даної СЕТ недостатній, оскільки процес передачі енергії від зовнішньої трифазної мережі до тягових двигунів електрорухомого складу (ЕРС) характеризується низькими показниками якості електроенергії.

Основним засобом підвищення енергоефективності СЕТ змінного струму вважається компенсація реактивної потужності. Дослідження показують, що автоматичне регулювання ємнісного струму компенсатора, підключеного до шин 27,5 кВ тягової підстанції, дозволяє зменшити реактивне електроспоживання і несиметрію напруги в первинній і тяговій мережах.

При цьому електрорухомий склад як однофазне тягове навантаження залишається неефективним з енергетичної точки зору. Відомі схемотехнічні рішення, направлені на підвищення енергоефективності ЕРС змінного струму, можна умовно об'єднати у два основні напрямки: 1) корінна заміна або модернізація тягового перетворювача ЕРС; 2) компенсація реактивної потужності і фільтрація вищих гармонік напруги та струму електровоза.

Аналіз наукових досліджень і практичних розробок показав, що при модернізації та створенні нового ЕРС слід використовувати обидва напрямки. У рамках першого напрямку доцільним є вдосконалення алгоритму керування тиристорними випрямно-інверторними перетворювачами (ВІП), а також зменшення величини мінімального кута відкриття тиристорів ВІП. Так, організація одночасної комутації тиристорів може дати ефект у вигляді скорочення часу комутації струму, долі вищих гармонік в кривій вхідної напруги електровоза, наближення кривої вхідного струму електровоза до напруги живлення по фазі на кут, рівний приблизно половині інтервалу комутації ($\gamma/2$), зменшення питомих витрат електроенергії приблизно на 7%. Згідно з іншими дослідженнями, величина мінімального кута α_0 на II зоні регулювання може скласти $\alpha_{0\text{мод}} = 2,25$ ел. град.

У рамках другого напрямку найбільш раціональним шляхом комплексного розв'язання проблеми компенсації реактивної потужності і покращення форми струму для існуючих типів електровозів змінного струму вважається застосування гібридних фільтрів, які є вигідною комбінацією напівпровідникових ШІМ-перетворювачів — активних фільтрів — з пасивними LC -фільтрами.

У більшості схем пасивних компенсаторів ЕРС одна LC -ланка підключається паралельно до секції вторинної обмотки тягового трансформатора. Регулювання ємнісної потужності при цьому здійснюється шляхом зміни кількості включених в роботу на електровозі LC -ланок на різних зонах регулювання.

Згідно з результатами математичного моделювання, виконаними для електровоза серії ЗЕС5К, при застосуванні гібридного фільтра в первинному струмі електровоза повністю відсутні вищі гармоніки, кут ϕ наближається до нуля, а коефіцієнт потужності зростає до 0,95...0,97 в усьому діапазоні регулювання.

Таким чином, поєднання удосконалених алгоритмів роботи ВІП з гібридними фільтрами дає можливість значного підвищення енергоефективності ЕРС змінного струму. Тому дослідження і розробки в даному напрямку можна вважати перспективними.

Збільшення пропускної спроможності залізничного напрямку в умовах швидкісного руху пасажирських поїздів за рахунок з'єднання вантажних поїздів

Папахов О.Ю. (ДНУЗТ)

Збільшення швидкості руху пасажирських поїздів до 160 км/год та вантажних поїздів до 100 км/год при виконанні вимог сигналів автоблокування теоретично дозволяють отримувати на вантажонапружених напрямках двохколіїних ліній міжпоїздні інтервали від 5 до 6 хвилин, що є найбільш ефективним способом збільшення пропускної спроможності напрямку. Однак, навіть при паралельних графіках руху очікуваного зниження інтервалу не відбувається.

Метою дослідження є розробка пропозиції до скорочення енергетичних витрат на розгін та уповільнення поїздів, які знаходяться під обгоном та підвищення пропускної спроможності напрямку за рахунок з'єднання вантажних поїздів.

Практика показала, що із-за впливу режимів слідування поїздів один за одним міжпоїзні інтервали на перегонах помітно перевищують розрахункові, найжорсткіше обмежують міжпоїздний інтервал умови входу поїздів на технічні станції.

При русі поїздів «під зелений вогонь» з розмежуванням трьома блок-ділянками довжина останніх залежить від заданого мінімального міжпоїздного інтервалу. При цьому блок-ділянки мають бути ідентичними за часом ходу. Кількість сигналів автоблокування при зменшенні інтервалу збільшується. Практично по одній і тій же ділянці різні поїзди слідувати з різним часом ходу.

Довжина двох суміжних блок-ділянок повинна бути не менш довжини розрахункового гальмового путі поїзда, визначеного для даної ділянки колії при службовому гальмуванні з максимальною швидкістю, а для кожного з них — не менш відстані, на якій швидкість поїзда знижується до необхідної для прослідування світлофору з жовтим вогнем.

Під час обгону вантажних поїздів пасажирськими, вантажний поїзд необхідно зупинити на станції, що приводить до значних витрат на зупинку та розгін поїзда, та при збільшенні коефіцієнта використання пропускної спроможності - збільшує їх і доводить до значних витрати.

Коефіцієнта дільничної швидкості вантажних поїздів залежить, в свою чергу, від кількості зупинок поїздів під обгоном. Проведеними дослідженнями встановлено, що для підвищення коефіцієнта дільничної швидкості вантажних поїздів необхідно скоротити кількість його зупинок та таким чином, впливати на період руху поїздів на графіку. Для цього можливо використовувати подвоєння поїздів, які слідують по залізничних напрямках за «жорсткими» нитками графіку руху, які можливо заложити як факультативні.

На розглянутому двохколіному напрямку перевезення довжиною 116 кілометрів між станціями Нижньодніпровськ-Вузол та П'ятихатки існує трьох коліна ділянка між станціями Дніпропетровськ та Сухачівка. На цій ділянці рух вантажних поїздів під обгоном проводиться без зупинки вантажного поїзда, що скорочує витрати на розгін та уповільнення і підвищує коефіцієнт дільничної швидкості вантажного поїзда.

Таким чином введення на напрямку Нижньодніпровськ-Вузол - П'ятихатки додаткових трьох трьохколієних вставок зменшить кількість обгонів вантажних поїздів пасажирськими на 26 %, зменшить кількість зупинок вантажних поїздів під обгонами на 70 % та скоротить витрати, пов'язані з розгоном і уповільненням вантажних поїздів.

Необхідність та особливості керування аварійними режимами сонячних та вітрових електростанцій

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

При приєднанні сонячних та вітрових електростанцій до тягових мереж, для забезпечення узгодженої та безпечної роботи, необхідно враховувати деякі особливості генерації та конструктивного виконання цих електростанцій.

Сонячні та вітрові електростанції великої потужності не призначені для автономної роботи (це потребує великої кількості накопичувачів), тому необхідно мати надійний зв'язок з енергосистемою шляхом резервування. Тобто, сонячні та вітрові електростанції повинні мати можливість відключення за допомогою зовнішнього сигналу до того, як виникло коротке замикання в електричній мережі загального призначення. Також при цьому має бути передбачено можливість одержувати точні вимірювання та підтримувати обмін даними у будь-якій ситуації, навіть у випадку відсутності зовнішнього електропостачання або зупинення електростанції. При цьому за допомогою електронного обладнання, призначеного для запису аварійних ситуацій у точці приєднання, повинна проводитись реєстрація усіх коротких замикань на даних електростанціях.

При відключенні сонячної чи вітрової електростанції від мережі, або призупинення генерації, на них не є обов'язковою компенсація реактивної потужності.

Для потужних електростанцій (більше 25 МВт) враховується необхідність оснащення системою регулювання активної потужності, яка контролюватиме активну потужність, що генерується електростанцією в точці приєднання, з використанням уставок та градієнтів. Також системний захист повинен мати функцію автоматичного низхідного регулювання активної потужності електростанцій, який діятиме на відключення вітроустановок та фотоелектричних модулів, з використанням однієї або декількох уставок.

При проектуванні системи управління з сонячними та вітровими електростанціями необхідно враховувати нормативні вимоги, за якими автоматичне підключення електростанцій може бути виконано не раніше, ніж через три хвилини після того, як напруга буде відновлена до робочої напруги, а частота буде знаходитись у межі норми.

Головною метою різних функцій та систем управління є забезпечення загального управління та моніторингу генерації електростанції. Різні функції управління можуть бути впроваджені в індивідуальну вітроелектричну установку та фотоелектричний модуль, або зібрані в регулятор потужності електростанції в цілому.

Інформативний аналіз системи діагностики тягових трансформаторів як інструмент ресурсозбереження

Полях О.М., кандидат технічних наук, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

На тягових підстанціях залізниць України експлуатується дуже багато обладнання з вичерпаним терміном експлуатації, особливо гостра проблема з роботою тягових трансформаторів, що працюють понад 30 років, в середньому це обладнання становить 60-80%. Вони мають високу вартість при заявленому заводом виробником ресурсі у двадцять п'ять років. Такий стан обладнання потребує прийняття рішення або заміни усіх трансформаторів (що відпрацювали 25 років) на нові, але залізниця не в змозі це зробити за брак коштів, або подовжити термін експлуатації, розробивши систему діагностування, яка буде визначати справність, а от же й придатність подальшої експлуатації. Аналогічна проблема існує як в Росії та також в багатьох європейських і світових системах електропостачання. Вирішення цієї проблеми можливо лише застосовуючи методи діагностування силових трансформаторів для подовження строку експлуатації тягових трансформаторів. Аналіз існуючих систем моніторингу стану трансформаторів показав, що вони мають дуже велику собівартість, а також складні в експлуатації. Тому не завжди доцільно їх закуповувати для старих трансформаторів на тягових підстанціях. Крім того існує багато недорогих систем, але в них дуже багато недоліків, таких, як неточність діагностування, або вони дуже складні в експлуатації і потребують дуже багато робітників і робочого часу.

Розглянувши і порівнявши методи і системи діагностування тягових підстанцій та трансформаторів можна визначивши їх переваги та недоліками та визначити напрямки. По-перше, цих систем і методів діагностування дуже багато, тому перевагу слід віддати таким, що не потребують відключення обладнання і виводу його з роботи. По-друге, можливість застосування систем і методів діагностування як для нових так і вже існуючих трансформаторів. По-третє, вони повинні бути інтелектуальними (контроль за граничними значень параметрів, що визначаються інструкціями, нормативами і контроль за поточними значеннями параметрів технічного стану, визначення ступеня зносу комплектуючих вузлів силового тягового трансформатора, складання карти дефектів і висновку про його технічний стан та прогнозування залишкового ресурсу, визначення ступеня небезпеки дефектів, динаміку розвитку дефектів, захист та моніторинг, розробка рекомендації щодо обсягу ремонтних робіт і режиму його подальшої експлуатації, створення експертного висновку що до подовження терміну служби трансформатора до 40 років та більше). Тому основною метою енергозбереження є доцільність подовження ресурсу роботи тягових трансформаторів, які відпрацювали свій ресурс за терміном експлуатації, але за технічним станом ще є працездатними.

Експлуатаційний досвід та теоретичні дослідження електрообладнання трансформаторів показують, що найбільш ефективною і перспективною є система технічного обслуговування і ремонту за станом у поєднанні з використанням в обмежених межах стратегій технічного обслуговування і ремонту з напрацюванням.

Пропонується вирішення задачі ресурсозбереження переход на експлуатацію силових тягових трансформаторів від технічного обслуговування і ремонту за терміном експлуатації до ремонту по фактичному технічному стану, застосовуючи інформаційну систему діагностики і контролю при їх експлуатації. Інформаційна системи аналізу діагностики силових тягових трансформаторів дозволить створити більш надійну систему тягового електропостачання, зменшити трудовитрати з обслуговування по необхідності в порівнянні з техобслуговуванням та ремонтом за терміном експлуатації.

Пристрій для теплотехнічних вимірювань на основі термоелектричних елементів кельте

Пономарьов О.М., Дніпропетровський національний університет
імені Олеся Гончара

В сучасних умовах постійного зростання цін на енергоносії на перший план виходять застосування засобів енергозбереження та проведення енергоаудиту промислових підприємств та об'єктів житлово-комунального господарства. Саме визначення теплових втрат є найважливішою задачею при проектуванні нових об'єктів та споруджень, а також при роботах з утеплення існуючих. Результати вимірювань теплових втрат споруди можуть допомогти правильно розрахувати енергетичну потужність системи опалювання, підібрати утеплюючі матеріали та їх товщину. Все це направлено на зниження затрат на енергопостачання, теплопостачання, що в свою чергу знижує або собівартість виробів підприємства, або призводить до економії опалення домоволодінь. Застосування та розповсюдження простих та доступних засобів вимірювання теплових втрат, що може призвести до зниження затрат на енергопостачання, є метою і завданням, які стоять перед промисловими підприємствами України та місцевими громадами.

Елемент Пельтьє являє собою спайку невеликих напівпровідникових паралелепіпедів, закріплених між двох плоских керамічних пластин. При пропусканні електричного струму через подібний модуль виникає різниця температур на його протилежних поверхнях: відбувається нагрів одного боку та охолодження іншого. Також Елемент Пельтьє здатний сам виробляти електроенергію якщо примусово охолоджувати одну і нагрівати іншу поверхні модуля. Саме ці, енергогенеруючі властивості дають можливість використання в якості вимірювального пристрою, що експериментально доводиться в даній роботі.

Порядок проведення експерименту. До електричного нагрівального пристрою з джерела живлення підводиться постійний струм з необхідною напругою та силою струму. Нагрівальний пристрій теплоізований для зменшення теплових втрат через бокові поверхні. Після підводу живлення реєструються показники цифрових термометрів на двох поверхнях досліджуваного елемента Пельтьє до отримання стаціонарного теплового режиму. Коли показники температури не змінюються певний проміжок часу реєструється вихідна напруга на проводах елемента через елемент опору (термо-ЕРС).

Під час проведення серії експериментів серед всіх фактично виміряних величин найбільш інформативною є вихідна напруга з досліджуваного термоелектричного елемента. Тому крива залежності вхідного теплового потоку від генерованої напруги є найбільш інформативною, візуальний аналіз якої має близьку до лінійної залежність, що вказує на можливість застосування простого коефіцієнта для отримання значення з приладу в необхідних нам одиницях густини питомого теплового потоку (Вт/м^2). На основі проведених експериментів був створений дослідний зразок лабораторного

вимірювального приладу, який підтвердив висунуту гіпотезу щодо використання елементів Пельтьє в якості датчиків теплового потоку і дозволяє проводити такі виміри.

Можливе практичне застосування створеного приладу: вимірювання інтегральних теплових потоків нагрівальних елементів, приладів, холодильного приладдя, променевих нагрівачів; вимірювання теплових втрат приміщень, будівель, магістральних трубопроводів систем тепlopостачання; вимірювання сонячного променевого теплового потоку; дослідження в області інтенсифікації теплообміну; дослідження теплофізичних властивостей матеріалів; експериментальне визначення коефіцієнту теплопровідності теплоізолюючих матеріалів; визначення коефіцієнту тепловіддачі, відбивання та поглинання матеріалів, покриттів, дослідження теплопередачі, конвективного та променевого теплообміну; інші фізико-технічні експериментальні дослідження.

Надежность и достоверность информации цифровой подстанции как части интегрированной системы телемеханики для контроля и учета электроэнергии

Портнов Е.М., д.т.н., Портнов М.Л., к.т.н. (МИЭТ, Москва)

Развитие информационных сетей Ethernet, доступность высокопроизводительных микро ЭВМ позволили по-новому структурировать электрические подстанции. Существенную роль в построении нового класса подстанций сыграла разработка стека протоколов IEC 61850. Приводятся результаты анализа преимуществ и проблем при использовании протокола IEC 61850 в устройствах контролируемых пунктов и пункта управления, которые являются частями единой системы телемеханики. На основе математического аппарата теории вероятности определяются методы оптимизации структуры и характеристик каналов телесигнализации и телеуправления интегрированных систем телемеханики, которые включают как цифровые подстанции нового типа, так и действующие подстанции.

Корректность предложенной методики подтверждена положительными результатами проведенных испытаний совместимости системы телемеханики с компонентами ИУТК «Гранит-микро» и SCADA SPRECON-V460 (Австрия – РТ СОФТ)

Удосконалення розрахунків на балансуєчому ринку електроенергії

Пушкова К. С., Кузнецов В. Г., Сиченко В. Г. (ДНУЗТ)

Концепція функціонування та розвитку оптового ринку електричної енергії України, затверджена в 2002 р., передбачала поступову трансформацію ОРЕ у модель, побудовану на двосторонніх договорах та балансуєчому ринку. Модель будується на прямих відносинах між продавцями і покупцями. Передбачається, що довгострокові договори будуть укладатися в двосторонньому порядку, короткострокові (на добу наперед) – на Енергобіржі, а балансуєчі – з Системним оператором.

Ринок складається з енергетичної біржі, балансуєчого ринку і двосторонніх договорів, які укладаються поза біржею. Активним учасником ринку також є системний оператор. В моделі відбувається сполучення різних ринків: оптового ринку та ринку балансуєчих послуг. Ринок балансуєчих послуг – це короткострокові угоди (на менше ніж 24 години), які учасники ринку укладають з метою балансування потужностей. Необхідність в балансуванні виникає через те, що планове навантаження, яке базується на планових графіках виробників, не завжди дорівнює фактичному навантаженню і

фактичному виробництву. Оптовий ринок включає в себе енергобіржу (договори на добу наперед та ф'ючерси від 1 до 3 років) та позабіржовий ринок (двосторонні договори). Енергобіржа дає можливість учасникам мінімізувати ризики щодо купівлі електричної енергії на балансуєчому ринку, уточнюючи свої договірні позиції на добу наперед. Біржа також встановлює єдину довідкову ціну для всього ринку.

Перехід до цієї моделі передбачає 4 етапи:

- Початкове навчання учасників укладати двосторонні договори. Планується забезпечити укладання в обмежених обсягах двосторонніх договорів між генеруючими компаніями та компаніями-постачальниками за підсумками аукціону з продажу електричної енергії. На цьому етапі кількість двосторонніх договорів незначна, а графіки та балансування відбуваються через пул ДП «Енергоринок».
- Запровадження балансуєчого механізму. При цьому спочатку для балансуєчого механізму будуть використовуватися пропозиції «на добу вперед», що надходять до пулу від виробників, надалі для цього будуть використовуватись окремі цінові заявки та пропозиції, які подаватимуться учасниками балансуєчого ринку, а розрахунки будуть здійснюватись за відповідними цінами небалансів. На цьому етапі підкреслюється необхідність навчитися точному плануванню та прогнозуванню споживання, балансування проходить на балансуєчому ринку, учасники ринку подають свої заявки та пропозиції. ДП «Енергоринок» продовжуватиме проведення аукціонних торгів електроенергією.
- Початок самостійного складання графіків, відкриття замість пулу біржі електроенергії, яка працюватиме за механізмом «на добу вперед», запровадження перехідних контрактів, тобто довгострокові двосторонні договори укладатимуться напряму між учасниками ринку. Проблеми небалансу вирішуватимуться на балансуєчому ринку.
- Повне відкриття ринку, кінець дії обов'язкового ринку, біржа стає добровільною.

Розроблені раніше технології прогнозування були орієнтовані в основному на стаціонарні умови і використання питомих норм витрати ЕЕ. Сучасні умови функціонування суб'єктів господарської діяльності характеризуються нестабільністю економічних процесів, що вимагає вдосконалення методів аналізу та прогнозування ЕП. Тому нами пропонується в якості додаткової функції АСКОВЕ використовувати прогнозування витрат електроенергії, яке можна здійснити, наприклад, на основі гармонійного аналізу. Такого роду моделі з успіхом використовуються, коли треба отримати прогнози на середньостроковий і довгостроковий періоди.

Побудовано моделі прогнозів місячних витрат електроенергії за даними ВСП «Енергосбук» м. Дніпропетровськ та моделювалася динаміка зміни ціни на електроенергію. Використовувалася інформація про електроспоживання за 2011- 2013 р. Основні результати моделювання будуть висвітлені у доповіді на конференції.

Проблемы и информационные технологии энергосбережения железнодорожном транспорте Украины

Пшинько А.Н., Скалозуб В.В. (ДНУЖТ)

В докладе выполнен анализ некоторых составляющих проблемы энергосбережения на современном железнодорожном транспорте Украины, в том числе связанных с проведением его реструктуризации. При этом представлены возможности применения здесь разработанных в ДИИТе информационных технологий (ИТ), предназначенных для управления и рационального развития сложных административно-территориальных, организационных, производственных и другими систем. В качестве

общего принципа управления такими сложными системами и процессами указывается принцип формирования системного управления, которое должно соответствовать требованиям и критериям обеспечения их устойчивого развития. Основой разработанных ИТ являются особенности задач и моделей управления на основе рейтинговых оценок (РО), технология ИТРО. Это вызвано тем, что проблемы управляемого развития сложных социально-экономических, распределенных производственных, инженерно-технических образований тесно связаны с ограниченными возможностями формализации задач управления. Во многих случаях здесь имеют место слабо формализованные задачи в области представления, моделирования и соответственно - управления. Причинами возникновения таких типов задач являются чрезвычайно высокая сложность рассматриваемых объектов управления, а также присущих им комплексов условий неопределенности. Информационная поддержка таких задач управления должна реализовываться путем установления и формулировки некоторых типичных задач, которые обеспечиваются соответствующими исходными данными. В ИТ предлагаются формулировки и методы решения базовой совокупности типовых задач, а также средства по обеспечению необходимой информационной базы.

В ИТРО при реализации задачах управления сложными объектами выделены следующие составляющие: условия, формулировка задачи, модельные формы отражения объекта анализа, связи между внутренними и внешними элементами условий, установленных и неявные зависимости и ограничения, разнообразная часто неполная информация об объекте и др. Каждому из перечисленных элементов ставятся в соответствие свойства, определяющие слабую формализацию задачи в силу неполной информации об условиях и др.

В качестве средств управления в ИТРО предусмотрены методы многокритериального анализа свойств объектов управления, диагностики параметров их состояний, кластеризации многочисленных данных, прогнозирования значений требуемых параметров систем, на основе которых и формируются управления сложными системами различных классов. Содержанием предлагаемой ИТРО является использование правил «рейтингования» в качестве модели управления. Далее, в ИТ процесс управления представлен как совокупность решений типичных задач, реализация которых опирается на оптимизационные процедуры многокритериального иерархического и селевого анализа. Для формирования управления используются процедуры диагностирования состояний объектов на основе сетей Кохонена, процедуры обобщения (кластерный анализ), а также экстраполяционного прогнозирования.

При реализации ИТ создан программный комплекс на основе системы MS SQL Server, автоматизирующий задачи управления объектами на основе рейтинговых оценок. Его использование открывает возможность для решения широкого спектра задач управления развитием в различных сферах применения, в том числе сферы энергосбережения, в соответствии с новым принципом «затраты - результаты».

Моделирование распространения высших гармоник в линиях электропередач электроэнергетической системы

Рудевич Н.В., Национальный технический университет «Харковский политехнический институт»

Ухудшение качества электрической энергии в электроэнергетических системах на сегодня является очень острой проблемой. От качества электроэнергии зависит эффективная работа потребителей, срок эксплуатации энергетического оборудования,

уровень потерь в элементах электроэнергетической системы. Для эффективного решения задач управления и регулирования качеством электрической энергии актуальным вопросом является исследование распространения высших гармоник в элементах электроэнергетической системы.

Распространение высших гармоник зависит от схемы системы, ее параметров и конструктивных особенностей элементов системы. Одним из основных функциональных элементов системы являются линии электропередач. Распространение высших гармоник тока и напряжения вдоль линии электропередач зависит от их порядка, при этом распространение высших гармоник тока, кратных трем, зависит от наличия и расположения грозозащитного троса, распределения опор вдоль линии и их заземления. Для исследования распространения высших гармоник вдоль ЛЭП использования математических моделей в однофазном исполнении недостаточно, так как распространение исследуется для каждой гармоники отдельно с последующим использованием принципа суперпозиции. Понятно, что такое исследование является ограниченным и не позволит, например, исследовать переходные режимы. Целесообразно использовать трехфазные математические модели в фазных координатах с мгновенными значениями токов и напряжений, что позволяет учесть все влияющие факторы.

Моделирование распространения высших гармоник в линии электропередач 110кВ с учетом всех влияющих факторов было реализовано на компьютере в пакете Simulink программы Matlab, исследовалось распространение 2, 3, 4, 5, 7, 11, 13 гармоник в установившемся режиме. В ходе исследования сравнивались формы кривых тока и напряжения в начале и в конце линии, был проанализирован гармонический спектр сигнала емкостного тока утечки фазы линии. Было установлено, что с увеличением частоты и длины линии амплитуда 2, 4, 5, 7, 11 и 13 гармоник тока утечки увеличивается из-за уменьшения емкостного сопротивления. Амплитуда гармоник тока утечки, кратных трем, также увеличивается с увеличением частоты и длины линии, но их значения будут несколько ниже, в связи с отсутствием токов утечки между соседними фазами. Следовательно, искажения синусоидальности кривых токов утечки будут значительными. В ходе исследования было установлено, что при определенной частоте, гармоника тока линии будет опережать соответствующую гармонику напряжения в начале линии, что будет приводить к увеличению амплитуды этой гармоники в сигнале напряжения в конце линии. Это объясняется тем, что при увеличении частоты напряжения, поперечное емкостное сопротивление уменьшается, следовательно, увеличивается емкостный ток, который становится больше, чем индуктивный ток нагрузки. Наличие троса на линии приводит к увеличению токов утечки из-за уменьшения эквивалентного емкостного сопротивления. Вследствие этого уменьшается порядок гармоники, при которой амплитуда напряжения в конце линии становится больше чем в начале. Протекание токов 3, 6, 9 гармоник в тросе практически не влияет на уровень амплитуд соответствующих гармоник в фазах, через их малые значения ($I_{m3,6,9}=1\div3A$). Очевидно, что выявленная закономерность распространения высших гармоник будет справедлива и для линий другого класса напряжений. Таким образом, с помощью компьютерной реализации трехфазной математической модели линии в фазных координатах можно исследовать несинусоидальные установившиеся и переходные режимы для любых классов напряжения.

Сучасний стан проблеми використання рекуперації електроенергії в системі електричного транспорту

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

Електричний транспорт є єдиним видом транспорту що може відновлювати витрачену на рух енергію шляхом її рекуперації при гальмуваннях. Основний ефект енергозбереження від застосування рекуперативного гальмування має місце при його використанні для пригальмовування поїздів на ділянках зі значними спусками та на електротранспорті циклічної дії (електропоїзда, метро, трамваї, тролейбуси). На сьогоднішній день максимальна економія енергії за рахунок використання рекуперативного гальмування у вантажному та пасажирському русі поїздів становить лише 3...12 %, а при циклічній тязі близько 15...25 %. З огляду на те, що значна частина парку електрорухомого складу залізничного транспорту не обладнана системою рекуперативного гальмування, до того ж в експлуатаційній роботі з ряду технічних і суб'єктивних причин рекуперативне гальмування використовується не в повній мірі, можна зробити висновок що існує значний резерв зниження енергоємності системи електротранспорту за рахунок підвищення ефективності використання рекуперації електроенергії.

При цьому треба зауважити, що на електрифікованих ділянках з інтенсивним використанням рекуперативного гальмування існують певні труднощі з реалізацією існуючого потенціалу рекуперації електроенергії при гальмуваннях. Одним з основних недоліків режиму рекуперації неавтономного електротранспорту є його значна залежність від режиму напруги в контактній мережі. З цієї причини в експлуатації спостерігається значна кількість зривів рекуперації за умовами максимальної напруги на струмоприймачі електрорухомого складу, що має місце при відсутності достатнього рівня тягового електроспоживання в зоні рекуперації. Вважається, що цієї проблеми не існує на електрифікованих ділянках змінного струму (27,5 кВ, 50 Гц) взагалі та постійного струму (3,3 кВ), зокрема де тягові підстанції обладнані інверторними установками, оскільки вся невикористана на тягу надлишкова рекуперативна енергія без перешкод може бути експортована в первинну енергосистему, де, як вважається завжди є споживачі. Але досвід експлуатації вказує на те, що навіть на таких ділянках мають місце зриви рекуперації на електрорухомому складі.

Як відомо, для збереження режиму електричного гальмування поїзда при неможливості рекуперації електроенергії в тягову мережу, на електрорухомому складі застосовується утилізація кінетичної і потенціальної енергії поїзда в гальмівних реостатах, що значно знижує енергетичну ефективність системи електричного транспорту за рахунок зростання втрат в гальмах. В такому разі постає задача розробки ефективних принципів управління та розподілення потоків енергії рекуперації в системі електричного транспорту для зниження втрат цієї енергії та реалізації максимального потенціалу енергозбереження від застосування рекуперативного гальмування.

Одним з перспективних напрямів підвищення ефективності використання енергії рекуперації в системі електричної тяги постійного струму є використання так званого керованого тягового електропостачання, яке дозволяє ситуаційно керувати напругою на шинах тягових підстанцій в залежності від рівня тягового електроспоживання та рекуперації електроенергії, що призведе по-перше до зменшення кількості зривів режимів рекуперативного гальмування за рахунок розширення ефективної зони рекуперації, а по-друге обрати раціональні канали розподілу енергії рекуперації за критерієм мінімуму її втрат.

Современный подход к решению задач компенсации реактивной мощности и минимизации гармонических искажений в питающих электрических сетях

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

В связи с постоянным ростом использования нелинейных нагрузок, являющихся одновременно источниками искажений кривых напряжений и токов и потребителями реактивной мощности, остается актуальной задача компенсации реактивной мощности (КРМ) и минимизации гармонических искажений в питающих электрических сетях. При комплексном решении задач КРМ и фильтрации гармонических составляющих существует проблема, заключающаяся в том, что при наличии несинусоидальных режимов в электрических сетях появляется реактивная мощность искажения, которая не позволяет использовать классический подход к КРМ, применяемый в синусоидальных сетях. В этом случае необходим специальный подход.

Фильтрация высших гармоник путем подключения фильтро-компенсирующих устройств, одновременно используемых и для КРМ, к узлам сети, к которым присоединены нелинейные нагрузки, имеет преимущественное распространение в электротехнической практике. Однако в разветвленных распределительных сетях с несколькими источниками высших гармоник токов такое решение может быть чрезмерно дорогим, а степень КРМ может оказаться выше требуемой.

Более целесообразной в экономическом отношении представляется централизованная коррекция несинусоидальных режимов и режимов реактивной мощности.

Решение комплексной задачи минимизации гармонических искажений и КРМ усложняется при генерировании нелинейными нагрузками не только высших гармоник, но и интергармоник, что характерно для электрических сетей, содержащих, например, преобразователи частоты. Исследования показывают, что в этом случае целесообразно применять гибридные фильтры, представляющие собой комбинацию пассивных и активных фильтров с различными схемами включения. Как правило, при достаточно «густом» спектре интергармоник в составе гибридных фильтров используются демпфирующие пассивные фильтры.

Следует отметить, что в случае централизованной коррекции несинусоидальных режимов и КРМ пассивные и активные составляющие гибридных фильтров могут располагаться в различных узлах электрической сети.

Комплексный подход к решению задачи повышения качества электроэнергии и КРМ невозможен без автоматизированного управления соответствующими техническими устройствами. Разработать необходимые принципы и методы управления такими устройствами на современном уровне возможно с применением концепции теории интеллектуальных нейронных сетей.

Искусственные нейронные сети представляют собой универсальный инструмент для решения многомерных задач моделирования, управления и прогнозирования в энергетике. Огромным преимуществом интеллектуальных нейронных сетей является их способность работать в многомерных пространствах, включая пространства смешанного типа, в которых часть переменных являются непрерывными, а часть – дискретными.

Применение концепции теории интеллектуальных нейронных сетей позволит: обеспечить непрерывность электроснабжения при заданном качестве электроэнергии и уровне КРМ; уменьшить потери мощности; обеспечить эффективное управление и контроль, способность к самовосстановлению после сбоев в подаче электроэнергии; повысить эффективность работы энергосистемы в целом.

Исследование случайных процессов изменений графиков нагрузок электротехнологических установок путем моделирования в MATLAB

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

Одним из путей исследования графиков нагрузок различных электротехнологических установок является моделирование случайного процесса изменения нагрузки по заданным или известным вероятностным характеристикам. Решать эту задачу удобно в компьютерной системе проведения математических расчетов MATLAB.

В системе MATLAB случайный процесс с заданной корреляционной функцией формируется путем «пропускания» белого шума, распределенного по нормальному закону, через формирующий фильтр, описываемый следующим рекуррентным уравнением

$$y(k) = b_0x(k) + b_1x(k-1) + \dots + b_mx(k-m) - a_1y(k-1) - a_2y(k-2) - \dots - a_ny(k-n),$$

где b_0, b_1, \dots, b_m и a_1, a_2, \dots, a_n представляют собой коэффициенты соответственно числителя и знаменателя рациональной дискретной передаточной функции фильтра.

Таким образом, на выходе фильтра формируется случайный процесс $y(t)$ с заданной корреляционной функцией в дискретные моменты времени, соответствующие заданным значениям входного сигнала $x(t)$, являющимся дискретным белым шумом. Вид корреляционной функции случайного процесса $y(t)$ и точность моделирования определяются набором значений коэффициентов a, b и их количеством.

Предложенный подход применим для моделирования случайных графиков нагрузок дуговых сталеплавильных печей (ДСП), большого количества сварочных машин, подключенных к одному источнику питания. Для моделирования случайного процесса колебаний тока нагрузки ДСП можно использовать известные среднестатистические значения параметров корреляционных функций и дисперсий или результаты, полученные экспериментально.

При работе большого количества сварочных машин моделирование группового графика нагрузки целесообразно проводить по предложенной выше методике. При работе одной сварочной машины или небольшого количества сварочных машин график нагрузки может быть представлен в виде импульсного случайного процесса с импульсами прямоугольной формы. В общем случае форма и все параметры импульсов случайных импульсных последовательностей – случайные величины. Однако для моделей графиков нагрузок обычно используются импульсные последовательности, у которых случайными являются только несколько параметров или один из них, например: импульсы со случайной амплитудой, импульсы со случайной длительностью, последовательности импульсов со случайными амплитудами и длительностью и т. д. Такое упрощение связано, во-первых, со сложностью создания модели, учитывающей случайный характер изменения большого количества факторов одновременно, и, во-вторых, с тем, что задачи, решаемые с помощью моделей графиков нагрузок сварочных машин (например, расчет электрических нагрузок), как правило, не требуют высокой точности. Однако для спектрального анализа гармонических составляющих графиков нагрузок желательно иметь как можно более точную математическую модель исследуемого случайного процесса, которую можно получить, используя пакет Signal Toolbox компьютерной системы MATLAB, в котором предусмотрены процедуры для формирования импульсов различных форм, в том числе и прямоугольной.

Исследование дуговых перенапряжений в сетях с изолированной нейтралью с учетом стохастической природы заземляющей дуги

Саенко Ю.Л., Попов А.С., Бараненко Т.К., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) являются преобладающим видом повреждений в электрических сетях с изолированной нейтралью. Их доля составляет порядка 70-80% из всех видов повреждений. При прерывистом (перемежающемся) характере дуги возникают перенапряжения, кратность которых в значительной мере определяется напряжением пробоя изоляции в месте дефекта.

В настоящее время при математическом моделировании процесса горения заземляющей дуги чаще всего используют теории Петерсена, Петерса-Слепьяна, Белякова, Дударева. При таком подходе напряжение пробоя на всем промежутке горения дуги является неизменной величиной, в итоге кратности перенапряжений во времени также оказываются постоянными и, что весьма важно – существенно завышенными. Во многом именно неучет реального значения напряжения пробоя приводит к некорректным результатам при моделировании процессов однофазного дугового замыкания (ОДЗ).

Для численного анализа переходных процессов ОДЗ разработана математическая модель электрической сети 6 кВ с изолированной нейтралью в пакете MATLAB/Simulink. Основной задачей при моделировании является выявление закона распределения кратности перенапряжений и его параметров в зависимости от параметров закона распределения напряжения пробоя.

Закон распределения напряжения пробоя был принят нормальным, что достаточно хорошо согласуется с опытными данными. В ходе моделирования математическое ожидание $M(U_{пр})$ варьировалось в пределах 0,4-1,1 $U_{ф}$, среднеквадратическое отклонение напряжения пробоя $\sigma(U_{пр})$ варьировалось в пределах 0,05-0,15 $U_{ф}$. При этом была поставлена задача по известному закону распределения напряжения пробоя и его параметрам определить закон распределения кратности перенапряжений, а также его параметры, а именно: математическое ожидание кратности перенапряжений $M(U_{пер})$ и среднеквадратическое отклонение кратности перенапряжений $\sigma(U_{пер})$. Обобщенные результаты моделирования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета кратности перенапряжения в режиме ОДЗ с учетом случайного характера заземляющей дуги при различных параметрах закона распределения напряжения пробоя

Параметр	$\sigma(U_{пр}) = 0,1 U_{ф}$							
$M(U_{пр}), \text{о.е.}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1
$M(U_{пер}), \text{о.е.}$	1,65	1,72	1,75	1,79	1,87	1,9	2	2,06
$\sigma(U_{пер}), \text{о.е.}$	0,25	0,24	0,25	0,26	0,25	0,26	0,27	0,29

Расчеты показали, что в большинстве случаев закон распределения кратности перенапряжения также оказывается нормальным. Для проверки на нормальность использовался критерий согласия Пирсона.

Проанализировав результаты, приведенные в таблице 1, можно сделать вывод, что с ростом напряжения пробоя увеличивается кратность перенапряжений. Для количественной оценки связи между этими величинами был определен коэффициент корреляции при различных значениях $\sigma(U_{пр})$. Независимо от величины $\sigma(U_{пр})$ коэффициент корреляции оказался равен порядка 0,99, что подтверждает значительную взаимосвязь между напряжением пробоя и кратностью перенапряжений.

Идентификация режима феррорезонанса в сетях с изолированной нейтралью

Саенко Ю.Л., Попов А.С., ГБУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Как показывают результаты исследований, появление феррорезонансных процессов (ФРП) в подавляющем большинстве случаев сопровождается искажением формы кривой фазных напряжений и напряжения нулевой последовательности. Статистический анализ частот, на которых развиваются феррорезонансные колебания, показывает, что наиболее вероятным диапазоном частот существования ФРП является область 10-200 Гц.

Факт искажения напряжения $3u_0$ в режиме феррорезонанса положен в основу метода идентификации данного режима. Блок-схема алгоритма идентификации режима ФРП приведена на рис. 1. На рис. 2 приводятся пороговые значения напряжения $3u_0$, при которых происходит идентификация режима феррорезонанса. Важно отметить, спектральному анализу подвергается напряжения $3u_0$, полученное с выводов обмотки разомкнутого треугольника трансформатора напряжения контроля изоляции (ТНКИ).

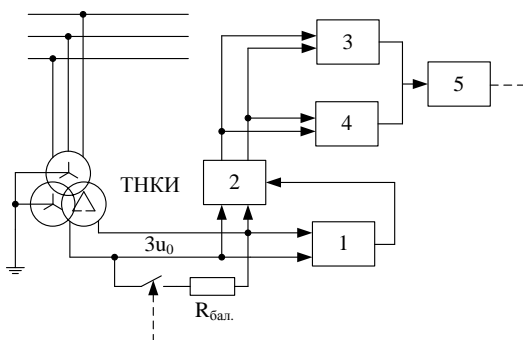


Рис. 1. Блок-схема алгоритма идентификации режима ФРП

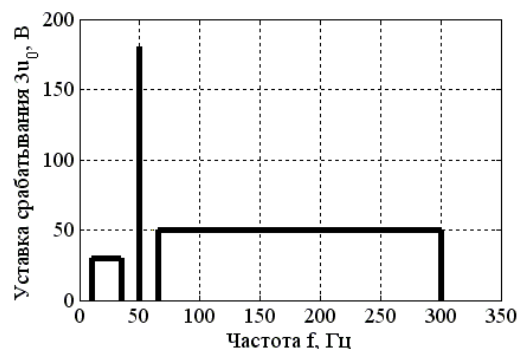


Рис. 2. Пороговые значения напряжения $3u_0$ при идентификации феррорезонанса

Алгоритма идентификации режима ФРП заключается в следующем. В режиме реального времени производится мониторинг напряжения $3u_0$. Выборка данных производится один раз за секунду. За этот период рассчитывается действующее значение напряжения $3U_0$ (блок 1 на рис. 1). Блок 2 выполняет функцию сравнения с уставкой. В случае, если величина напряжения $3U_0$ не превышает 20 В процесс мониторинга продолжается. Уставка 20 В позволяет отстроиться от срабатываний при незначительном смещении нейтрали. Выборка по времени 1 с позволяет отстроиться от кратковременных выбросов напряжения, возникающих при быстро затухающих переходных процессах.

Если действующее значение напряжения $3U_0$ превысит 20 В, напряжение $3u_0$ подается на вход блоков 3 и 4. Блок 3 реализует алгоритм быстрого преобразования Фурье. Результаты спектрального анализа являются индикатором существования режима феррорезонанса. В случае если текущий режим идентифицируется как феррорезонанс, на выходе блока 3 формируется логическая единица, в противном случае – ноль.

Для отстройки от режима однофазного дугового замыкания (ОДЗ) используется блок 4. Его действие основано на вычислении скорости изменения (производной) напряжения $3u_0$. Пороговым значением величины $|d(3u_0)/dt|$ принято значение $2 \cdot 10^6$ В/с, полученное в результате компьютерного моделирования. В случае превышения модулем производной порогового значения текущий режим идентифицируется как ОДЗ и на выходе блока 4 формируется логический ноль. Блок 5 выполняет логическое умножение. При появлении логической единицы на его выходе текущий режим идентифицируется как феррорезонанс.

Оцінка енергетичної доцільності переведення ділянок постійного струму на змінний

Сизоненко К. Ю., Сиченко В. Г. (ДНУЗТ)

В даний час в Україні більш 80% перевезень на залізничному транспорті відбувається на електрифікованих ділянках. Основна електрифікація залізничного транспорту на Україні здійснена у 60-80 роках минулого століття, коли за рік вводилося у експлуатацію 500-600 км нових електрифікованих ліній. За роки незалежності України за кошти залізниць проведено електрифікацію більше 1700 км експлуатаційної довжини залізничних ліній, полігон електрифікації збільшено на 21%.

Електрифіковані дільниці становлять 45% від загальної експлуатаційної довжини залізниць, а оптимальним для країн з розвинутою залізничною інфраструктурою є електрифікація 50-60% загальної довжини залізничних мереж країни з виконанням ними 90-95% загального обсягу перевезень. Але, не зважаючи на це, разом із збільшенням довжини електрифікованих ділянок залізниці, не вирішується питання енергоефективності вже існуючої мережі.

Існуючі соціально-політичні, економічні, екологічні умови вимагають розробки нової енергетичної політики. Для вирішення цієї актуальної проблеми виникає необхідність в переоснащенні господарства електропостачання електрифікованих залізниць, створенні концепції оновлення і технічного розвитку тягового електропостачання, розробки концептуальних рішень щодо нетрадиційних систем тягового електропостачання.

В близькій перспективі сподіватися на швидку модернізацію марно, тому треба дивитися на речі реально – СЕТ 3,3 кВ вже майже повністю вичерпала свій потенціал, і те, що нею електрифіковано близько 50% залізниці, є великою перепорою на шляху збільшення ефективності перевезень. Деякі експерти вважають, що вирішенням цього питання може бути лише повне переведення залізниці на СЕТ змінного струму 27,5 кВ, але чи так це вигідно? Ситуація з системою змінного струму майже така ж сама як і з постійного, вона застаріла та потребує вдосконалення.

Аналіз основних показників функціонування СЕТ залізниць України доводить їх фактичну співставність, тобто неможливо зробити однозначний висновок про перевагу тієї чи іншої системи. При цьому необхідно звернути увагу, що основна маса показників функціонування електрифікованих залізниць закрита для співставного аналізу. В той же час, розрахунки очікуваного співвідношення витрат і корисного ефекту щодо переведення ліній постійного струму на змінний, виконані в Західній Європі, дали досить песимістичний результат. Необхідно вказати, що, не зважаючи на досягнення науково-технічного прогресу, основні недоліки системи змінного струму до цього часу не усунені, а сама система постійно модернізується.

При проведенні порівняльного аналізу СЕТ необхідно виконувати його комплексно, враховуючи всю задіяну інфраструктуру передачі, перетворення та споживання електричної енергії. В доповіді приводяться основні результати співставних розрахунків при переведенні діючої ділянки постійного струму на змінний з оцінкою к.к.д. та зміни парку електровозів.

Исследование параметров тяговых контактных соединений в условиях железорудных шахт

Синчук О. Н., Харитонов А. А., Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет»

Необходимость оценки параметров рудничных тяговых контактных сетей возникает всякий раз, когда разрабатываются или эксплуатируются устройства и системы, связанные с контактной сетью. На первом месте стоят вопросы защиты людей от поражения электрическим током.

Для исследования и определения электрических параметров контактных сетей наиболее приемлемым является метод холостого хода и короткого замыкания, позволяющий в пределах 5 %-ной точности осуществлять определение исходных величин для расчета всех параметров контактных сетей: сопротивления и индуктивности петли «контактный провод–рельс», активной проводимости, емкости [1].

Результаты исследований по определению электрических параметров контактных сетей, которые показали, что проводимость изоляции может изменяться в несколько раз, однако это проявляется в сетях с плохой изоляцией, особенно при наличии больших сосредоточенных «утечек тока», что нельзя считать нормальным. В контактных сетях с хорошей изоляцией такое явление практически отсутствует, а сопротивление стабильно [2].

Представляет практический интерес зависимость емкости и индуктивности контактных сетей от частоты тока в тяговой сети. Проведенные в широком диапазоне частот предварительные измерения показали, что емкости и индуктивности практически не зависят от частоты. Это позволило в дальнейшем упростить схему измерения реактивных параметров.

Принят комбинированный метод измерения электрических параметров контактных сетей: емкость и индуктивность измерялись мостом на частоте внутреннего генератора.

Поскольку измерения проводились одним прибором и по одной и той же шкале, относительная погрешность компенсируется и не влияет на полное сопротивление, что повышает точность измерений. При измерениях использован генератор звуковых частот типа ГЗ–33 на частоты от 20 Гц до 200 кГц.

Недостатком этого генератора в данном случае является отсутствие диапазона инфранизких частот. Для расширения диапазона измерений в область инфранизких частот был изготовлен генератор на транзисторах с частотами 5–1000 Гц, переключаемыми ступенями. В основном использованы известные схемы RC-генераторов [1].

Как известно [2], активное сопротивление, индуктивность, емкость и проводимость изоляции распределены равномерно вдоль контактной сети. Для оценки этих параметров их значения принято относить к 1 км цепи.

Задачу можно существенно упростить, если без ощутимой погрешности для измерений принять допущения, что параметры контактной сети сосредоточенны; в режиме короткого замыкания входное сопротивление определяется только индуктивным и активным сопротивлениями, в режиме холостого хода входная проводимость определяется емкостной и активной проводимостями изоляции.

В этом случае индуктивность и емкость контактной сети измеряются непосредственно, а активные составляющие простыми вычислениями:

$$R = \sqrt{Z_k^2 - w^2 L^2}; G_H = \sqrt{Y_x^2 - w^2 C^2}$$

Принятые допущения, вместе с тем, вносят погрешность, которая определяется частотой и длиной линии: чем больше частота и длина линии, тем больше погрешность. Для оценки погрешности определена последовательность расчета и произведен расчет на

ПЭВМ. При максимальной частоте 1000 Гц и длине секции контактной сети 0,3 км, используемых в процессе измерений, погрешность методики обработки результатов измерений не превышает 0,03 %, что вполне приемлемо.

Измерения электрических параметров контактных сетей проводились на различных подземных горизонтах действующих шахт Криворожского железорудного бассейна. По результатам измерений полных сопротивлений в режимах холостого хода и короткого замыкания рассчитаны активные проводимости изоляции и активные продольные сопротивления контактных сетей.

Специфические условия эксплуатации электрооборудования подземного электровозного транспорта, в отличие от общепромышленных, предъявляют дополнительные требования к техническим способам и средствам защиты, действенность и надежность работы которых напрямую зависит от учета параметров тяговой контактной сети. От эффективности используемых защитных мер и средств безопасности зависит обеспечение безопасности людей, занятых выполнением различного рода работ в откаточных выработках. В свою очередь, выбор путей повышения эффективности и создания более совершенных средств защиты основывается на знании причин возникновения электротравматизма и электрических параметров тяговых контактных сетей.

Литература

1. Синчук И.О., Глебов А.А. Анализ параметров контактных сетей рудных шахт: Сборник научных работ IX Международной конференции молодых ученых и специалистов, 07–08 апреля 2011. – Кременчук: КрНУ, 2011. – С. 337–338.

Синчук О.Н., Гузов Э.С., Ликаренко А.Г., Животовский А.Г. Электробезопасность рудничной откатки. – Київ: Техніка, 2009. – 188 с.

Термины и определения нейтронной физики Андруса В.Ф.

Сирота М.М.

На современном этапе развития традиционная наука для описаний многих явлений создает «надстройки» которые описывает и объясняет эти явления в «узком» смысле – для конкретных условий. Изменение этих «условий» приводит к появлению новых «надстроек» и процесс повторяется.

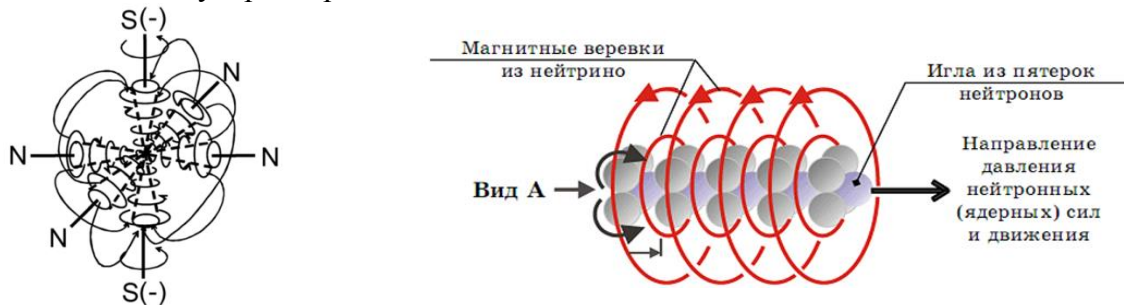
Одной из попыток раскрыть основу «картины мира» является так называемая «нейтронная физика Андруса В.Ф.». Представим некоторые её основные термины.

1. Физическое поле - это поток Света, поток массы (энергоносителей, частиц), поток тепла, поток гравитации, поток электричества, магнитный поток. Другими словами, все поля являются направленными переносчиками частиц и энергоносителей. Все поля в обязательном порядке являются переносчиками массы. Во Вселенной нет ничего не обладающего массой, кроме абсолютной пустоты. Общая теория поля охватывает шесть полей: световое, тепловое, массовое, электрическое, магнитное, гравитационное. Под массовым полем в общей теории понимается только потоки частиц и энергоносителей и связанные с ними массы.

2. Частица - это тело шарообразной формы, имеющее размеры не более $0,05 \text{ \AA}$ ($5 \cdot 10^{-12}$ метра) и закрученное вокруг двух осей с возможными скоростями, соизмеримыми со световыми. Частица имеет структуру и может делиться на более мелкие составляющие под воздействием внешних сил.

3. Нейтрино – частица - носитель электричества, магнетизма, тепла, гравитации, массы, наименьшая для первого параллельного мира и не разрушающаяся, в основном,

притермоядерных процессах. Нейтрино - родоначальник всех химэлементов как нейтринных (черная материя), так и нейтронных, где она входит в более крупную структуру - нейтрон. Известные и привычные для нас химэлементы построены из нейтронов, которые, в свою очередь, состоят приблизительно из трехсот нейтрино. Нейтрино, как и все частицы во Вселенной, не имеет заряда, но имеет магнитное поле на базе носителя - супернейтрино.



Структурно все частицы - нейтрино устроены одинаково - это шестиконечный «ежик», наподобие осей X, Y, Z, у которого иголки облеплены пятерками супернейтрино (пыль от нейтрино). Ориентировочная масса нейтрино (ν) равна $0,6 \cdot 10^{-30}$ кг.

4. Тепло - это механическое увеличение (контактное силовое воздействие) вибрации (колебаний) нейтронов пятерок иголок «ежей» под действием тепловых носителей с одновременным увеличением закруток нейтронов в пятерках иголок «ежей», закруток самих иголок, закруток «скакалок» (соединенных пар иголок «ежей»), закруток самих «ежей» - газов под действием возросших магнитных силовых линий в виде иголочек, ниточек, веревочек из пятерок нейтрино с нейтринным разгонным механизмом и под действием возросшего гравитационного потока, являющегося бесструктурной составляющей магнитных полей, направленного к осям иголочек. Тепловые носители – это свободные носители многих тысяч видов как одиночные, так и временно объединенные в небольшие группы, а также кусочки структурированных энергоносителей, например, Света, магнитных силовых линий со своими разгонными механизмами.

5. Свет - это структурированный энергоноситель со своим разгонным нейтронным (ядерным) механизмом в виде иголок, ниток, веревок, состоящих из пятерок нейтронов, давящих в одну сторону и объединенных магнитными полями на базе нейтрино, которые захватывают тысячи частиц, составляющих выбросы со звезды. Скорость Света – величина переменная. Цвет Света определяется его скоростью, которая зависит от гравитационного сжатия его магнитного поля. Чем слабее магнитное поле, тем выше скорость Света, и цвет сдвигается от красного в сторону темно-фиолетового.

6. Энергия - это деление (распад) вещества, энергоносителей, частиц на более мелкие структурные составляющие при механическом переходе последних от вращательного и колебательного движений к линейному и криволинейному движениям с ростом области пространства их действия.

Проблема перетоків електроенергії між тяговими підстанціями змінного струму

Сиченко В. Г., Босий Д.О. (ДНУЗТ), Міщенко С. М. (Укрзалізниця)

Вирівнювальні струми в системах тягового електропостачання змінного струму викликають перерозподіл навантаження між тяговими підстанціями, при чому створюючи додаткові втрати активної потужності в контактній мережі електрифікованої ділянки.

У проблеми перетоків електроенергії між тяговими підстанціями можна виділити два головні аспекти: фізичний та комерційний.

З точки зору фізичної суті процесу вирівнювальними струмами не може бути спричинена значна частка економічних збитків, оскільки безпосередньо втрати від них в контактній мережі можуть бути прямо оцінені та не сягають великих значень у порівнянні з втратами від тягового навантаження.

Головним аспектом у цій проблемі є комерційний, оскільки дистанції електропостачання виступають суб'єктами ринкових відносин у постачанні електричної енергії, і у системах закупівлі електроенергії і розрахунків за її споживання перетікання електроенергії просто не врегульовані. Незважаючи на те, що в якості комерційного обліку на тягових підстанціях експлуатуються сучасні електронні лічильники електроенергії, які передбачають облік як спожитої активної і реактивної електроенергії так і генерованої зі сторони тягової мережі, на практиці розрахунків позиціями обліку генерованої активної електроенергії просто нехтують, враховуючи лише генерацію реактивної відповідно до Методики розрахунку плати за перетікання реактивної електроенергії. Таким чином, в комерційних розрахунках виходить така парадоксальна ситуація, що електроенергія, спричинена вирівнювальними струмами, закуплена на одній тяговій підстанції, а на суміжній з нею підстанції відшкодування затрат від її генерації не відбувається. Іншими словами, затрати на закупівлю електроенергії від вирівнювальних струмів необґрунтовано відносять на втрати в контактній мережі та власне споживання тягою поїздів, що радикально суперечить фізичному процесу споживання електроенергії тяговими навантаженнями та виникнення втрат в контактній мережі.

Причиною виникнення вирівнювальних струмів виступає різниця векторів напруги на шинах суміжних тягових підстанцій. З огляду на те, що в тяговій мережі превалює індуктивний характер (індуктивний опір мережі змінному струму близько 2 разів більше активного), то виникнення активного перетоку електроенергії між підстанціями буде виникати за умови куту зсуву фаз між векторами напруг, що паралельно живлять тягову мережі. За даними експериментальних вимірювань на тягових підстанціях змінного струму ця різниця кутів зсуву фаз у режимі холостого ходу складає від одиниць до десятків електричних градусів.

На практиці, з огляду на економічні інтереси суб'єктів енергосистеми, простіше уникнути можливості перетікання ніж врегулювати їх у розрахунках. Тому знаходить застосування поздовжнє секціонування контактної мережі нейтральними вставками та постами секціонування з додатковим секційним вимикачем, який може додатково обладнуватись автоматикою для збирання необхідної схеми живлення для пропуску особливих категорій поїздів.

Окремо варто зазначити, що впровадження таких пристроїв не усуває самої першопричини виникнення вирівнювальних струмів, а усуває лише їх наслідок. Тому розглянута проблема вимагає пошуку більш масштабних методів вирівнювання напруги за кутом зсуву фаз між електроенергетичними системами.

Вопросы энергетической и стоимостной оптимизации режимов вождения поездов

Скалозуб В.В., Иванов А.П. (ДНУЖТ)

В докладе рассматривается задача о формировании и реализации оптимальных режимах вождения поездов, которая является одной из основных для железнодорожной отрасли. Представлены результаты исследований и разработок, выполненных в последние

годы на кафедре компьютерных информационных технологий ДИИТа, направленных на создание современных ресурсо- и энергосберегающих технологий вождения поездов в условиях работы железных дорог на Оптовом Рынке Электроэнергии (ОРЭ), а также по созданию технологии организации процесса перевозок по стоимостным показателям. Актуальность этой проблемы развития и совершенствования методов управления движением поездов связана с установленной возможностью и необходимостью в условиях ОРЭ использования критериев минимума стоимости электроэнергии, потребленной на тягу поездов. В большинстве исследований и реализованных технологий вождения поездов применяют критерий минимума потребления электрической энергии. Включение в сферу анализа факторов изменения тарифа на электроэнергию в различные периоды суток, а в некоторых случаях также и возможностей их различия на различных железнодорожных полигонах, существенно усложняет задачу расчета оптимальных по стоимости режимов ведения поездов. Наряду с этим возникают дополнительные проблемы по изменению планирования и организации процесса перевозок. Среди важнейших укажем здесь и проблему планирования движения поездопотоков, когда в модели задачи выбора режимов тяги некоторого поезда необходимо дополнительно учитывать возможности нагонов других поездов.

Важность разработки новой «стоимостной» технологии железнодорожных перевозок обусловлена и тем обстоятельством, что железнодорожный транспорт Украины это один из значительных в стране потребителей топливно-энергетических ресурсов. В рыночных условиях сокращение эксплуатационных расходов является одним из важнейших направлений повышения эффективности железнодорожного транспорта.

В разработанных и представленных в докладе технологиях учтены многообразные факторы, которые в должной степени определяют содержание задачи оптимального вождения поездов. Кроме того, созданы адаптивные модели и методы по формированию рационального управления ведением поезда на основе обобщения данных контрольных поездов, которые используют адаптивные подходы систем искусственного интеллекта, в частности, процедуры нечетких экспертных систем по выбору режимов тяги.

Технология ведения поездов по критерию минимума стоимости электроэнергии программно реализована. На основе данных о железнодорожном полигоне, поезде, локомотиве, времени движения, ограничениях по скорости, применяемых тарифах на электроэнергию и др. рассчитывается оптимальный по стоимости режим ведения поезда в виде карты участковых скоростей или перегонных времен хода. Реализована функция сравнительного анализа режимов ведения по различным критериям, а также функция по оценке экономической эффективности применения переменных тарифов для заданного графика движения поездов и железнодорожного полигона. Отметим теоретически обоснованные и программно реализованные методы разработки пакетов режимных карт, предназначенных для условий вождения поездопотока, последовательности поездов.

Приведенные в докладе многочисленные результаты расчетов режимов тяги поездов свидетельствуют о существенном различии между режимами вождения поездов по критериям минимума стоимости и электропотребления. Полученные результаты являются основой новой методики оценки экономической эффективности применения переменных тарифов и стоимостной организации процесса перевозок на электрических железных дорогах и условий ОРЭ, а также создания такой технологии вождения поездов.

Проблемы энергосбережения железнодорожного транспорта и международные магистерские и докторские PhD программы проекта CITISET в области интеллектуальных транспортных систем

Скалозуб В.В. (ДИИТ), Соловьев В.П., Пуцко Н.Н. (МИИТ)

В докладе представлены некоторые возможности решения комплексных проблем энергосбережения на железнодорожном и промышленном транспорте на основе создания и широкого использования интеллектуальных транспортных систем, При этом также обсуждаются вопросы кадрового обеспечения создания и эксплуатации такого рода систем. Рассмотрены результаты разработки магистерских и докторских PhD программы для подготовки специалистов в области Интеллектуальных Транспортных Систем железнодорожного транспорта (ИТСЖ) Российской Федерации (РФ) и Украины, разработанные в рамках международного проекта CITISET в области ИТС

Создание и продвижение ИТС в настоящее время не может быть проблемой отдельной страны. Перспективы развития национальных экономик в значительной степени связываются с глобальной интеграцией транспортных услуг в мировой рынок, с международной стандартизацией технологий ИТС. Для пользователей ИТС может рассматриваться как большой комплекс сервисных услуг, предоставляемых в целях удобства осуществления и достижения максимальной эффективности, пропускной способности дорожной, и в целом транспортной сети. Наборы таких услуг формируются, стандартизуются в зависимости от целей и степени их достижимости на определенном этапе продвижения ИТС, как правило, в рамках национальных Концепций и общих стандартов. Международный опыт формирования и развитию ИТС указывает на необходимость межведомственного, междисциплинарного сотрудничества правительственных органов всех уровней.

Магистерские Европееко-российско-украинские магистерские программ, а также программ подготовки PhD по ИТСЖ созданы в соответствии с выработанной ранее Концепцией подготовки высококвалифицированных специалистов в области ИТСЖ, обладающих знаниями стандартов, сервисов ИТС, а также навыками системного анализа, проектирования, планирования и управления ИТС.

В докладе представлены и обсуждаются отличительные задачи программ ИТС железнодорожного транспорта, Российско-Украинские программы подготовки магистров ИТСЖ, направления развитие программ докторов PhD для Украины, Программы подготовки магистров и докторов PhD, ориентированные на ИТСЖ, в значительной степени могут использоваться для ИТС различных видов транспорта.

Розвиток інтелектуальних автоматизованих технологій в умовах інформаційного типу технолого-економічного зростання

Скалозуб В.В. (ДНУЗТ), Осовик В.М. (Південно-західна залізниця, м. Київ)

У доповіді досліджуються деякі сучасні проблеми розвитку суспільства, світової техніки та економіки, які свідчать про формування головних ознак інформаційного типу технологічного і економічного зростання (ІТТЕР). Цей тип розвитку характерний тим, що приріст виробництва, а також послуг, в усе зростаючій мірі забезпечується за рахунок більш повного отримання та використання інформації різних категорій. До найбільш суттєвих ознаки ІТТЕР відносять наступне:

- створення відповідного інформаційного простору як однієї із найбільш динамічних сфер світової економіки та сучасних технологій, де основою являються інформаційно-комп'ютерні технології;

- створення якісно нового виду міжнародних відношень, у тому числі економічних, а саме – інформаційні відношення, які полягають у продукуванні та використанні інтелектуального продукту: інформація, знання, “ноу-хау”, комп'ютерні програми, що впливає на темпи технологічного та економічного розвитку;

- цінність та вартість баз даних аналітичної, прогнозової інформації на порядки більша ніж у баз вихідних даних (сучасний стан автоматизованих систем управління (АСУ) залізничного транспорту).

- підвищення “інтелектуальності” АСУ залізниць – стратегічний напрямок їх технологічного і економічного розвитку.

Обговорюються деякі результати досліджень і розробок у сфері інтелектуальних технологій, присвячених вирішенню завдань щодо ІТТЕР, які мають досить широкий спектр застосувань. У першу чергу подаються завдання автоматизації систем безпеки та енергозбереження залізничного транспорту України.

Зокрема, представлено проблеми автоматизації складних видів діяльності на підприємствах залізничного транспорту. А саме – автоматизація процесів моніторингу, прогнозування та планування процесів експлуатації парків технічних систем «За поточним станом», призначена для підвищення безпеки залізничних транспортних технологій, а також зменшення загальних енергетичних витрат. При цьому представлено результати розробок щодо автоматизації процесів діагностування та експлуатації електричних двигунів постійного струму, розв'язаних методами штучних нейронних мереж, спектрального аналізу, експертних систем.

Перевагами розробленої системи автоматизації являються її наступні властивості.

- Підвищення безпеки руху поїздів. Виявлення несправностей у період до 6 місяців до відмови двигунів.
- Зменшення електроспоживання та кількості затримок у русі поїздів .
- Відновлення двигунів з меншими витратами за рахунок ранньої діагностики

Вартість капітального ремонту порівняна з вартістю нового електродвигуна (≈ 1500 грн.)

Вартість поточного або середнього ремонту у 4 – 6 разів дешевше нового електродвигуна

Запропонований метод і автоматизована система характеризуються таким чином.

- Двигуни знаходяться під дією робочих значень напруги, токів, магнітного поля та центробіжних сил.
- Технології діагностики: *на стенді, на об'єкті*
- Спектральний аналіз токів двигунів
- Експертна система. Самонавчання за дослідними даними
- Автоматична діагностика
- Розпізнавання несправностей задовго до виникнення відмов систем
- Карта Кохонена індивідуальної моделі (ІМ). Розподіл вимірів станів двигуна у кластерах ІМ Переміщення по кластерах ІМ з часом.

У доповіді наведено характеристики розроблених інтелектуальних засобів автоматизації, а також моделей і методів планування процесів експлуатації парків електродвигунів, які дозволяють отримати економію енергоресурсів.

Підвищення енергоефективності процесу формування маневрових передач у морські порти

Сковрон І. Я, Демченко Є. Б. (ДНУЗТ)

Останнім часом спостерігається стійка тенденція до збільшення перевалки вантажів у морських портах України; при цьому основна частина таких вантажів перевозиться у прямому залізнично-водному сполученні. Проте сучасні тренди транспортного ринку свідчать про стале зниження попиту на перевезення залізничним транспортом. Одним із можливих шляхів підвищення привабливості залізничного транспорту є скорочення витрат на організацію перевізного процесу, значна частина яких пов'язана з виконанням маневрової роботи на залізничних станціях.

Відомо, що обслуговування морських портів здійснюється спеціалізованими залізничними станціями, особливістю функціонування яких є виконання маневрової роботи на недостатній кількості колій. Слід зауважити, що тривалість формування подач в порт в значній мірі залежить від прийнятого способу перевалки вантажів. Так, у випадку роботи порту без використання складу (прямий варіант) формування подач здійснюється шляхом підбору вагонів за причалами. В той же час, при перевалці вантажів через склад (що спостерігається у більшості випадків) з'являється необхідність виконання додаткового сортування вагонів в порядку розташування складських місць експедиторів в межах окремого причалу. За цих обставин суттєво зростає початкова невпорядкованість складу, що, як наслідок, призводить до збільшення обсягу маневрової роботи з формування подач. Таке збільшення викликає значне завантаження залізничних припортових станцій, що негативно відображається на ефективності роботи як самої станції, так і транспортного вузла в цілому. У цьому зв'язку підвищення ефективності маневрової роботи на залізничних припортових станціях представляється досить актуальною задачею.

Одним з можливих шляхів вирішення вказаної проблеми є впровадження ефективних методів багатогрупної підбірки вагонів. Дані методи дозволяють ліквідувати непродуктивні переміщення вагонів при виконанні розформування-формування складів і, як наслідок, суттєво скоротити витрати часових і енергетичних ресурсів на маневрову роботу.

Слід зауважити, що для припортових станцій зі значним обсягом переробки ефективність запропонованих заходів може виявитися недостатньою, внаслідок чого доцільним є використання гіркових сортувальних пристроїв. Як показав аналіз, дані пристрої в більшості випадків представлені у вигляді комплексу з гірки малої потужності (ГМП) і групувально-сортувального парку; при цьому передбачається одностороннє сортування вагонів. Проте зазначений порядок сортування характеризується виконанням значного обсягу маневрової роботи, пов'язаної з сортуванням та витягуванням вагонів, що вимагає надлишкові витрати часу та енергоресурсів.

Для усунення вказаних недоліків пропонується застосування двостороннього сортувального пристрою (ДСП), який складається з ГМП, розташованої між двома групувальними парками; при цьому гірка з'єднується з кожним парком за допомогою колій, параметри яких дозволяють виконувати як насув, так і розпуск вагонів. Така конструкція дозволяє формувати багатогрупні склади шляхом сортування вагонів з одного групувального парку в інший без виконання збирання вагонів. При цьому для забезпечення максимальної ефективності запропонованого ДСП була розроблена спеціальна технологія збирання, яка заснована на адаптованих методах формування багатогрупних складів.

З метою оцінки ефективності застосування ДСП була побудована комплексна імітаційна модель багатогрупної підбірки вагонів, яка складається з трьох модулів. Перший з них дозволяє для окремого складу встановити сукупність маневрових рейсів, необхідну для реалізації деякої технології формування багатогрупного складу заданим методом. Для побудови вказаного модулю попередньо було виконано аналіз і формалізація найбільш поширених методів формування. За допомогою другого модулю здійснюється розрахунок енергетичних витрат на виконання сортувального процесу; при цьому моделювання режимів роботи локомотива виконувалось на основі адаптованих до умов маневрової роботи тягових розрахунків. Останній модуль імітує скочування вагонів на колії групувальних парків, що дає можливість визначити основні показники процесу розпуску.

Таким чином, розроблена комплексна модель дозволяє визначати для кожного складу раціональну технологію багатогрупної підбірки вагонів, що забезпечує або мінімальну тривалість формування, або мінімум енергетичних витрат. Остаточне управлінське рішення приймається маневровим диспетчером припортової станції виходячи з поточної ситуації. Зважаючи на це, дану модель доцільно інтегрувати в систему підтримки прийняття рішень диспетчерським персоналом, що дозволить в оперативних умовах забезпечити високу ефективність функціонування припортових залізничних станцій.

Применение новых материалов для производства накладок токоприемника на электроподвижном составе железных дорог Украины

Скогарев И.Е., Кобозев А.Я., Демчук Р.Н., Гергель Н.А., Викторова Е.А. (ДНУЖТ)

Износ контактного провода и контактных накладок электроподвижного состава Украины одной из актуальнейших проблем на современных железных дорогах.

На сегодняшний день на электроподвижном составе Украины самыми применяемыми контактными накладками токоприемника электроподвижного состава, работающего на постоянном токе, являются накладки, сделанные на основе меди. При этом положительным свойством таких накладок является их высокая токопроводимость. Однако, при этом, весьма сложно достичь низких коэффициентов трения в трущейся паре контактный провод – накладка, которые сделаны из сплавов на основе меди. На сегодняшний день созданы новые материалы, имеющие высокую токопроводимость, требуемую прочность и низкий коэффициент трения.

Благодаря развитию научно-технического прогресса, разработки новых материалов и технологий и изготовления в мире на сегодняшний день существует большое разнообразие контактных накладок токоприемников, имеющие разные технические характеристики. Одним из основных направлений совершенствования контактных накладок является использование при их производстве самосмазывающихся материалов, способных бесперебойно подавать смазку на поверхности трения контакта и таким образом снизить износ как контактного провода, так и самих накладок. При этом, важное значение имеют характеристика токоъемного материала (материала накладки), его удельное электрическое сопротивление, так как от его величины зависит нагрев контактного провода при взаимодействии с токоъемным элементом полоза.

Для оценки износа контактного провода и контактных накладок при проводят стендовые испытания, которые позволяют определить характер взаимосвязи трущейся пары накладка-провод и оценить степень воздействия контактного провода на материал накладки.

В ДНУЖТ совместно с ООО «ТЕКА ПЕТРОЛЕУМ» был разработан и произведен новый стенд для испытаний износа контактного провода и накладок токоприемника на износ. Стенд имеет диапазон скоростей вращения от 98 до 700 об/мин и позволяет производить испытания по износу провода и накладок при токе до 600А. Технические характеристики стенда дают возможность подбирать необходимые режимы для испытаний износа контактных накладок токоприемника в зависимости от их технических характеристик.

Проведенные сравнительные испытания на износ контактных накладок токоприемника модели НМГ-1200, изготовленных из материалов, на основе меди и накладок типа «Романит УВЛШ-1», изготовленными из материала Романит, имеющим свойство самосмазывания. В испытаниях был использован контактный провод типа МФ-100. Смазка накладок в испытаниях не применялась. Результаты испытаний показывают, что износ накладок типа «Романит УВЛШ-1» примерно в 180 раз меньше, чем износ накладок типа НМГ-1200. При этом и износ контактного провода был также значительно ниже. Таким образом, применение накладок токоприемника типа «Романит УВЛШ-1» на участках «Укрзализниці» с постоянным током позволит значительно снизить износ контактных накладок и контактного провода, и тем самым уменьшить затраты на их замену.

Накопители электрической энергии в современных энергетических системах

Сокол Е.И., Гончаров Ю.П., Замаруев В.В., Стысло Б.А. (НТУ «ХПИ»)

В последнее время увеличивается доля возобновляемых источников электрической энергии, использующейся в энергетической системе страны. Очевидно, что для возможности конкурировать с традиционными отраслями энергетики, системы преобразования возобновляемой энергии должны иметь экономическую целесообразность и обладать высокой надежностью. В климатической зоне Украины внимание следует уделять фотоэнергетическим установкам. Фотомодули могут объединяться как в параллельные, так и в последовательные структуры. Авторами предлагается использовать последовательное соединение фотомодулей в единую сеть постоянного тока. Данная сеть объединяется с существующей линией электроснабжения через обратимый преобразователь. Такой подход позволяет размещать фотогенераторы не только на специально выделенных площадях, но и в полосе отчуждения железнодорожных дорог. Однако, наличие суточных колебаний солнечного излучения (имеющего в общем случае стохастический характер), не приемлемо для потребителей электрической энергии. Очевидным средством организации баланса генерируемой и потребляемой мощности является введение в систему электроснабжения батарейной системы накопления электрической энергии (БСНЭ), что позволит снизить суточные колебания генерируемой мощности и разнести во времени фазы накопления и отдачи потребителю электроэнергии. Использование БСНЭ позволит снизить пульсации активной мощности, потребляемой подвижным составом, сохранить энергию рекуперации и др. При превышении генерируемой мощности над потребляемой, БСНЭ сохраняет избыточную энергию, в случае превышения потребляемой мощности среднего значения БСНЭ компенсирует превышение.

Типовые временные характеристики накопителей существенно отличаются. Для снижения отрицательного влияния ускоренных режимов приходится использовать накопители повышенной установленной мощности (емкости). БСНЭ, основанная на каком-либо одном виде накопителя, будет обладать большей установленной емкостью,

чем гибридная система, включающая два и более вида накопителей, при той же суммарной эксплуатационной емкости. Ядром гибридной системы является основной источник энергии, имеющий лучшие удельные показатели, в рассматриваемом классе – аккумуляторные батареи LiFePO_4 . Для коррекции характеристик основного источника энергии могут применяться вспомогательные источники – двухслойные и обычные конденсаторы. Это позволяет применять разные накопители для подавления флуктуаций энергии в различных временных диапазонах.

Подключение источников возобновляемой энергии и накопителей энергии к традиционным энергетическим системам имеет ряд трудностей. Их устранение возможно при модернизации систем в соответствии с технологией Smart Grid и ее производными. БСНЭ выполняют роль силовых активных фильтров для возмущений с временем воздействия от долей секунд до единиц и десятков часов. Каждый канал гибридной БСНЭ компенсирует изменения мощности с соответствующими временными показателями: LiFePO_4 – минуты-часы, двухслойные конденсаторы – секунды-минуты, традиционные электролитические конденсаторы – миллисекунды-секунды. Объединенная система управления БЭСС формирует сигнал задания согласующего преобразователя каждого канала гибридной БСНЭ в соответствии с величиной компенсируемого возмущения, его частотными свойствами, степенью заряженности аккумуляторной или конденсаторной батареи, температурой накопителя и т.д.

Выпрямители с комбинированной фильтрацией первичного тока для систем электропитания с повышенной частотой

Сокол Е.И., Гончаров Ю.П. Ересько А.В., Замаруев В.В., Войтович Ю.С. Лобко А.В.
(НТУ «ХПИ»)

Современное состояние силовой электроники позволяет начать работу по созданию однофазных низковольтных распределительных электросетей постоянного тока или переменного с рабочей частотой порядка 1-20 кГц взамен или в дополнение к традиционным трехфазным распределительным сетям 380 В, 50 Гц. Основной эффект, который при этом можно получить, состоит в снижении в 3-5 раз расхода проводника на низковольтные кабельные линии электропитания (ЛЭП) и потери энергии в них, которые сейчас достигают 10 % от передаваемой электроэнергии. Это достигается за счет разделение двух уровней напряжения в ЛЭП и у потребителей путем установки у каждого потребителя в отдельности или у небольшой близко расположенной группы потребителей компактных высокочастотных переходных трансформаторов. Подобные системы с двухступенчатым напряжением уже получили некоторое применение, но при низкой частоте они малоэффективны по причине плохих удельных характеристик 50-герцовых переходных трансформаторов небольшой мощности.

Кроме того, постоянный ток или повышенная частота облегчает присоединение распределенных генераторов возобновляемой энергии, а также, согласно опыту применения повышенной частоты в авиационной электронике, повышает эффективность пользования электроэнергией непосредственно у потребителей. Базовые преобразователи 50/1000 Гц, запитывающие низковольтные кабельные ЛЭП, могут при этом располагаться на расстоянии до 1-2 километра друг от друга взамен традиционных трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ.

Кардинальное повышение частоты до 20 кГц в низковольтных распределительных сетях (которое диктуется, прежде всего, желанием выйти из звукового диапазона частот), позволяет пересмотреть также структуру энергопотребления с целью повышения ее

эффективности. В частности, это относится к нелинейным нагрузкам, содержащим выпрямители. Потребляемые ими несинусоидальные токи могут вызывать резонансные явления в высокочастотных кабельных ЛЭП.

Для их предотвращения в принципе возможна установка индивидуальных корректоров коэффициента мощности (ККМ) в цепи в каждой из нагрузок. Но это решение является дорогостоящим и, кроме того, при основной частоте 1-20 кГц, в схеме ККМ должны устанавливаться достаточно высоковольтные полевые транзисторы при частоте переключения порядка сотен килогерц, которые пока не освоены электронной промышленностью.

Альтернативное решение состоит в применении нетрадиционных схем выпрямителей с резонансными балластами (ВРБ), которые генерируют мало высших гармоник. Их можно подавлять с помощью маломощных активных фильтров (АФ), устанавливаемых на выходах кабельных ЛЭП и подключаемых через резонансные балласты. Последнее позволяет применить в АФ быстродействующие низковольтные MOSFET нового поколения, которые уже анонсированы фирмами-изготовителями.

Задача данной работы состоит в анализе свойств и характеристик выпрямителей с такой комбинированной фильтрацией при их использовании в высокочастотной системе электропитания.

Силовые активные фильтры для систем электрического освещения

Сокол Е.И., Гончаров Ю.П. Ересько А.В., Замаруев В.В.,
Войтович Ю.С. (НТУ «ХПИ»)

Рассматриваемые активные фильтры (АФ) могут найти применения для систем электрического освещения производственных и иных объектов, например, крупных станций магистральных железных дорог. Традиционное решение состоит в использовании полупроводниковых либо газоразрядных светильников с электронными балластами для обеспечения режима источника заданного тока на входе. При питании от промышленной сети при этом требуется установка выпрямителей с индивидуальным корректором коэффициента мощности для обеспечения синусоидальной формы, потребляемого тока, что делает систему достаточно сложной и дорогостоящей.

Альтернативное решение состоит в использовании неуправляемых выпрямителей с общим АФ на входе, возможные технические решения которого зависят, в основном, от суммарной потребляемой мощности.

При мощности порядка 100 кВт можно использовать трёхфазный ввод от стационарного сетевого трансформатора 10/0,4 кВ с четырёхпроводной организацией цепи вторичной обмотки (схема звезда/звезда или треугольник/звезда), что позволяет питать электронные балласты стандартным напряжением 220 В при выпрямленном напряжении около 300 В и коэффициенте пульсации напряжения на конденсаторах выходных фильтров порядка 5%. Действие параллельного АФ сводится при этом к компенсации основной и нечётных высших гармоник тока, возникающих вследствие неточности распределения нагрузки по фазам трехфазной сети путём создания гармоник тока встречного знака. Амплитудная мощность силовых полупроводниковых ключей АФ получается при этом достаточно малой, несмотря на то, что токи, потребляемые нагрузками, имеют форму коротких импульсов. АФ выполняется по схеме трёхфазного мостового инвертора напряжения без дополнительного источника питания на стороне постоянного тока, где устанавливается только накопительный конденсатор C_d . Поскольку трёхфазная мостовая схема не содержит нулевого провода, то выходные токи АФ не

содержат составляющих с нулевой последовательностью чередования фаз, а содержат только составляющие с обратной последовательностью чередования фаз.

Система управления содержит датчик гармонических составляющих обратной последовательности в токе нагрузки и следящий регулятор тока для их воспроизведения на выходе АФ с обратным знаком.

Компенсация потерь энергии в схеме АФ производится непосредственно от питающей трёхфазной сети с помощью дополнительного канала системы управления, который контролирует напряжение U_d на конденсаторе C_d и добавляет к сигналу задания следящего регулятора тока составляющую прямой последовательности основной гармоники тока, совпадающую по фазе с питающим напряжением.

При мощности нагрузки порядка сотен кВт более эффективно применение трёхобмоточного сетевого трансформатора звезда/звезда-треугольник, дающего то же выпрямленное напряжение порядка 300 В при подключении нагрузок к линейным напряжениям, в сочетании с использованием в АФ двух преобразовательных блоков, создающих на входе АФ эквивалентный 12-пульсный режим работы.

Наконец, при мощности нагрузки порядка десятков кВт возможно использование параллельного однофазного АФ с параллельным соединением MOSFET-ключей в силовом коммутаторе с целью повышения их перегрузочной способности по току.

В докладе приведены количественные соотношения для оценки параметров силовых элементов рассмотренных вариантов схем АФ и узлов управления ими, а также результаты компьютерного моделирования предлагаемых схем.

Применение силовой электроники в системах энергосбережения на железнодорожном транспорте и в промышленности

Сокол Е.И., Гончаров Ю.П., Ереско А.В., Замаруев В.В., Ивахно В.В., Кривошеев С.Ю., Стысло Б.А. (НТУ «ХПИ») Сыченко В.Г., (ДИИТ),
Божко В.В. (ХФ «ГНИЦ «Укрзалізниця»)

Перечислим и прокомментируем наиболее эффективные, по мнению авторов доклада, направления использования силовой электроники в системах электроснабжения:

1. Переход к возобновляемым источникам энергии и использование силовой электроники в качестве инструмента для синтеза соответствующих преобразовательных структур. В мировой энергетике отображением тенденции перехода к возобновляемым источникам энергии является новая система FREEDM, разработанная рядом американских и европейских университетов. Она соединяет в себе достижения последних лет в разработке силовых полупроводниковых приборов, новых электротехнических материалов, микроэлектронных и микропроцессорных систем управления. На магистральных железных дорогах возобновляемую солнечную энергию наиболее эффективно производить на земельных полосах отчуждения, которые приписаны к железным дорогам. Простые оценки показывают, что уже около 5% территории стандартной полосы отчуждения (± 100 м) достаточно для тяги двух скоростных составов, движущихся в разных направлениях.

2. Сокращение доли трехфазного переменного тока низкой частоты в качестве носителя электроэнергии в пользу постоянного тока и однофазного переменного тока повышенной частоты с возможным созданием параллельных каналов электроснабжения с помощью соответствующих преобразователей. В частности, в упоминавшейся системе FREEDM предполагается использование обоих альтернативных носителей.

3. Вытеснение однофазного переменного тока низкой частоты из системы электроснабжения железнодорожного транспорта. Для основной системы электроснабжения более эффективным является применение постоянного тока с повышенным уровнем напряжения (6-24) кВ в сочетании с установкой на транспортных средствах силовых электронных трансформаторов, действующих на повышенной частоте. Альтернативным вариантом является прокладка однофазного кабеля параллельно основной контактной сети постоянного тока 3 кВ с ее периодической подпиткой от кабеля током повышенной частоты 500-1000 Гц. Для бортовых систем электроснабжения целесообразно применение постоянного тока с широтно-импульсными преобразователями для индивидуального широкодиапазонного регулирования мощности потребителей.

4. Применение накопителей электрической энергии и полупроводниковых преобразователей для обмена энергией между ними и основной системой электроснабжения.

5. Применение силовых активных фильтров в системах электроснабжения. Взятый «Укрзалізницею» курс на замену устаревших 6-пульсных выпрямительных агрегатов на более совершенные 12-пульсные, тем не менее, не решает проблемы их электромагнитной совместимости с питающей сетью, так как новым мировым стандартам на качество потребляемой электроэнергии 12-пульсные агрегаты не соответствуют. Требуется дополнить их силовыми активными фильтрами.

6. Использование резонансной идеологии построения полупроводниковых преобразователей с мягкой коммутацией на основной частоте взамен традиционной широтной идеологии с коммутацией на высокой частоте широтно-импульсной модуляции с целью снижения коммутационных потерь энергии.

7. Использование принципа разделенной коммутации в полупроводниковых преобразователях с промежуточным звеном повышенной частоты с целью снижения коммутационных потерь и повышения к.п.д. преобразователя.

Проблема залежності енергозбереження на залізниці від фізичної підготовки спеціалістів в їх оперативному реагуванні на подію

Сокол О.В., Арте'єв М.С., Примакін М. А., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Сьогодні економія енергоресурсів є однією з найголовніших задач, що стоять перед економікою України та Укрзалізницею у тому числі. Запаси енергоносіїв обмежені та збільшуються у ціні і тому підвищення енергоефективності без пошуку нових шляхів її здійснення наразі стає дуже великою проблемою. Важлива роль в розв'язанні проблеми енергозбереження належить залізничному транспорту, оскільки на його частку припадає до 10% загального енергоспоживання у країні. Лише за січень 2014 року Укрзалізницею перевезено біля 30 млн. тон різних вантажів. Це більше ніж за цей же період у всіх країнах Євросоюзу разом. При цьому на транспортування однієї тонни вантажу витрачалося у середньому до 104 кВт годин електроенергії.

Дослідження показують, що проблема енергозбереження на залізниці має не тільки технологічну складову і залежить від використання новітніх технологій, але й великої ступені має залежність від суб'єктивних факторів: фізичної підготовки фахівців, їх здоров'я, швидкості реакції на подію, дисциплінованості та ін. Встановлено, що оперативність переведення техніки на економічний режим роботи, коли така можливість технічно не автоматизована, залежить у більшій ступені від людського чинника (здоров'я фахівця, його фізичного стану, підготовленості та дисципліни) ніж від будь якого іншого

чинника. Як приклад, це піклування за фізичним станом здоров'я спеціалістів, робота яких пов'язана з ретельним стеженням за економічними та енергетичними втратами на виробництві, у Японії та Китаї.

Розрахунки показують, що: відсутність швидкої реакції у оперативності фізичного виконання дій націлених на енергозбереження, погане самопочуття фахівця, слабка виконавча дисципліна під час перевodu систем енергоспоживання на режим енергозбереження - приводять до значних втрат енергії, які можуть складати до 25 відсотків від загального споживання.

Для вирішення цієї проблеми пропонується ввести обов'язковий комплекс спеціальних вправ, які допомагають розвитку швидкості реакції та укріпленню здоров'я, ввести в обов'язки посадових осіб пункт про відповідальність за шкідливі звички і хвороби, пов'язані з ними (куріння, алкоголізм, наркоманія), які впливають на здоров'я і врешті приводять до енергетичних втрат на виробництві. Встановити автоматизований контроль за оперативністю фахівця, під час перевodu техніки на економічний режим роботи, якщо не має можливості автоматизувати сам процес перевodu.

Таким чином, фізична підготовка, розвиток реакції, укріплення здоров'я, позбавлення шкідливих звичок, виховання дисциплінованості під час виконання функціональних обов'язків відіграє величезну роль у підвищенні ефективності енергозбереження. Встановлено, що постійна робота над цими, суб'єктивними причинами вирішує проблему енергозбереження на чверть, без значних додаткових капіталовкладень.

Overview of the energy sector in Pakistan

Sunny Talreja, Shaheed Zulfikar Ali Bhutto Institute of Science and Technology,
Karachi, Pakistan

First and foremost; we need to analyze 'energy', whether it is a necessity or a luxury. Majority of us would immediately jump to the conclusion that it is a necessity, and not a luxury. But, when I talk about Pakistan; I can convince and prove that 'energy' is surprisingly a luxury in Pakistan, and not a commodity or a necessity. On a normal 24-hour day, there are cities in Pakistan where there are power outages for maximum 22 hours. The reason for such an above sorry situation and pathetic energy crisis is not the unavailability of proper resources in the country. It is the rather the lack of innovation, which is the reason for energy crisis in Pakistan. When we analyze Pakistan, it has the fifth largest 'coal' reserves in the world. There are other resources that are evidently not directly linked with energy but certainly they assist in achieving a thriving generational contract. Pakistan also has the fifth largest 'gold' reserves in the world; the seventh largest 'copper' reserves, it is the seventh largest 'rice' producing country, the eighth largest 'wheat' producing country, the fourth largest 'copper' producing country, the fifth largest 'milk' producing country, the fifth largest 'onion' producing country, the second largest 'salt mines', the second largest 'irrigation system', the largest 'ambulance network' globally and a total population division of 55 % of the population being 'youth'. Hence, all of the above listed factors are certainly in abundance and plenty to achieve tremendous prosperous economic growth. Now, the question arises where does the problem lie with and in Pakistan as to the energy crisis is concerned? Henceforth, why is energy still a luxury? Pakistan, perhaps, lacks the will and innovation to do it. The country possibly does not know or does not have the serious intention to effectively utilize all these available resources. These untapped energy resources could be worked on to an extent or a level where perhaps at least that 22 hour power outage time is diminished significantly, if not eliminated completely. Thus, it needs to be understood that if the country continues to lose innovation, then we could start moving towards depletion of

resources in a few years' time. Therefore, innovative energy solutions must be given greater importance and value. Thus, the ultimate and urgent emphasis on generating electricity is needed. Short term and long terms measures need to be undertaken to overcome energy crisis in the country. Henceforth for the short term basis, power generation through coal is vital and most effective as the availability of coal is in abundance in Pakistan. As far as the long term plan is concerned, wind mills need to be set up in the areas where there is an opportunity to generate electricity through wind. Greater numbers of dams need to be built and made functional to generate and minimize electricity and power outages, respectively. Last but not the least, cost effective electricity generation measures need to be devised in the future so as to put lesser financial burden on the masses of the country.

First and foremost; we need to analyze 'energy', whether it is a necessity or a luxury. Majority of us would immediately jump to the conclusion that it is a necessity, and not a luxury. But, when I talk about Pakistan; I can convince and prove that 'energy' is surprisingly a luxury in Pakistan, and not a commodity or a necessity. On a normal 24-hour day, there are cities in Pakistan where there are power outages for maximum 22 hours. The reason for such an above sorry situation and pathetic energy crisis is not the unavailability of proper resources in the country. It is the rather the lack of innovation, which is the reason for energy crisis in Pakistan.

When we analyze Pakistan, it has the fifth largest 'coal' reserves in the world. There are other resources that are evidently not directly linked with energy but certainly they assist in achieving a thriving generational contract. Pakistan also has the fifth largest 'gold' reserves in the world; the seventh largest 'copper' reserves, it is the seventh largest 'rice' producing country, the eighth largest 'wheat' producing country, the fourth largest 'copper' producing country, the fifth largest 'milk' producing country, the fifth largest 'onion' producing country, the second largest 'salt mines', the second largest 'irrigation system', the largest 'ambulance network' globally and a total population division of 55 % of the population being 'youth'.

Hence, all of the above listed factors are certainly in abundance and plenty to achieve tremendous prosperous economic growth. Now, the question arises where does the problem lie with and in Pakistan as to the energy crisis is concerned? Henceforth, why is energy still a luxury? Pakistan, perhaps, lacks the will and innovation to do it. The country possibly does not know or does not have the serious intention to effectively utilize all these available resources. These untapped energy resources could be worked on to an extent or a level where perhaps at least that 22 hour power outage time is diminished significantly, if not eliminated completely. Thus, it needs to be understood that if the country continues to lose innovation, then we could start moving towards depletion of resources in a few years' time. Therefore, innovative energy solutions must be given greater importance and value. Thus, the ultimate and urgent emphasis on generating electricity is needed. Short term and long terms measures need to be undertaken to overcome energy crisis in the country. Henceforth for the short term basis, power generation through coal is vital and most effective as the availability of coal is in abundance in Pakistan. As far as the long term plan is concerned, wind mills need to be set up in the areas where there is an opportunity to generate electricity through wind. Greater numbers of dams need to be built and made functional to generate and minimize electricity and power outages, respectively. Last but not the least, cost effective electricity generation measures need to be devised in the future so as to put lesser financial burden on the masses of the country.

Грунтові термоелектричні генератори

Титаренко І.В., Решетняк Т.П. (ДІТ)

Серед різноманіття нетрадиційних способів отримання електроенергії важливу роль відіграє термоелектричний спосіб перетворення теплової енергії. Характерними рисами цього способу є відсутність рухомих частин, значна надійність і ресурс роботи, здатність функціонування протягом тривалого часу в автономному режимі, конструктивна пластичність, чудове поєднання з нетрадиційними джерелами теплової енергії. В якості джерела тепла для термоелектричних генераторів, за допомогою яких здійснюється пряме перетворення тепла в електроенергію, можуть використовуватися нетрадиційні, поновлювані джерела теплової енергії. В останні роки підвищився інтерес до створення термоелектричних генераторів, що використовують теплові потоки в пригрунтового шарі повітря і в самому ґрунті. Цей інтерес обумовлений функціональними особливостями таких термоелектричних генераторів. Адже джерела живлення, створені за цим принципом, дозволяють вирішувати ряд завдань, які традиційними методами або не забезпечуються, або викликають необхідність здійснювати витрати, що значно перевищують вартість термоелектричних генераторів, що використовують для своєї роботи теплові потоки системи «повітря-ґрунт».

Конструкція ґрунтового термоелектричного генератора містить колектор, що сприймає теплові потоки, багатоеlementну термобатарею або кілька термобатарей і радіатор, що відводить тепло. Корпус ґрунтового термоелектричного генератора має бути герметизований. Його внутрішній об'єм заповнений високоефективним теплоізолятором.

Особливістю мікробатарей є їх секціонування, яке дозволяє здійснювати паралельно-послідовне включення термобатарей залежно від величини теплового потоку для підтримки заданої електричної напруги. Цим досягається отримання електричної енергії навіть у тому випадку, коли теплові потоки, що пронизують ґрунтовий термоелектричний генератор, значно нижче оптимальних.

У ґрунтовому термоелектричному генераторі застосовано електронний блок, що стабілізує напругу до необхідного рівня (звичайно 1,5; 3; 4,5; 6; 12 В) і забезпечує перемикання полярності термобатарей при зміні напрямку теплового потоку. Ґрунтовий термоелектричний генератор забезпечується акумулятором. Для збільшення споживаної потужності можна використовувати кілька ґрунтових термоелектричних генераторів. Наприклад, при загальній площі 1 м² приймального майданчика вбудованих в ґрунт ґрунтових термоелектричних генераторів, середня потужність, що виробляється ними, може досягати 0,5-5 Вт. Досвід застосування ґрунтових термоелектричних генераторів показав, що більш раціональним є їх використання для забезпечення живленням невеликих автономних наземних і підземних дистанційних систем, що містять різні датчики і пристрої зв'язку. Перспективним видається використання ґрунтових термоелектричних генераторів для живлення і сигнальних пристроїв на неелектрифікованих ділянках залізниць, для забезпечення роботи автономних агрометеорологічних комплексів у віддалених і пустельних районах та ін. Особливо ефективним є застосування ґрунтових термоелектричних генераторів в системах охоронної сигналізації.

Для більш ефективної роботи ґрунтових термоелектричних генераторів доцільним є використання добових температурних циклів, оскільки вони є більш динамічними, ніж річні цикли. Елементи конструкції ґрунтових термоелектричних генераторів необхідно встановлювати в активному шарі ґрунту по можливості ближче до її поверхні. Робота термобатареї буде найбільш ефективною при відведенні тепла від її гарячих спаїв на глибину більшу, ніж глибина проникнення добової температурної хвилі.

Аварийные повторно-непрерывные режимы работы преобразователей электроэнергии

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

В работе рассмотрено влияние температурных режимов работы элементов понижающего широтно-импульсного преобразователя на возможность возникновения аварийных режимов работы.

Работа преобразовательных устройств сопровождается разогревом как активных, так и пассивных компонентов. Для электролитических конденсаторов характерным является увеличение емкости с ростом температуры. Более сложным является поведение магнитных материалов. Если вначале с ростом температуры начальная магнитная проницаемость возрастает, то при достаточно больших температурах она начинает снижаться. Соответственно изменяется и индуктивности дросселей преобразователей.

Одним из самых тяжелых режимов преобразовательных устройств является повторно непрерывный режим работы. В случае колебательного характера электромагнитных процессов наблюдаются всплески напряжения на выходе преобразователя и токов, протекающих через индуктивности, транзисторы и диоды. Изменение параметров пассивных компонентов ведет к изменению корней уравнений описывающих электромагнитные процессы и, соответственно, показателей переходных процессов.

В программной среде Plecs Standalone v.3.3.5 фирмы Plexim составлена модель широтно-импульсного преобразователя понижающего типа, в которой учтены тепловые модели активных и пассивных компонентов.

Проведено моделирование пускового режима работы понижающего широтно-импульсного преобразователя с разомкнутой системой управления. Рассмотрено влияние величины емкости конденсатора и индуктивности дросселя фильтра на амплитуду всплеска выходного напряжения и тока дросселя.

Результаты моделирования продемонстрировали увеличение амплитуды всплесков выходного напряжения и тока дросселя при увеличении температуры преобразователя.

Такое изменение в переходных процессах ведет к дополнительному перегреву кристаллов полупроводниковых приборов и, соответственно, способствует возможности возникновения аварийных режимов работы преобразователей. При колебательном характере электромагнитных процессов в повторно кратковременных режимах работы преобразователей температура кристаллов может достигать предельных допустимых режимов, что может приводить к выходу полупроводниковых компонентов из строя.

Проведенные исследования показали необходимость выбора компонентов силовых преобразовательных устройств на основании совмещенных расчетов переходных электрических и тепловых режимов работы.

Енергозбереження в електроприводі засобами електропривода

Устименко Д.В., ДНУЗТ

Електроприводи споживають до 65% електроенергії і застосовуються, практично, у всіх технологічних процесах пов'язаних з рухом. Якщо в некерованому електроприводі домінував і продовжує домінувати асинхронний двигун, то в керованому електроприводі донедавна застосовувався виключно двигун постійного струму. Останнім часом, в зв'язку

з появою надійних та доступних за ціною перетворювачів частоти, ситуація кардинально змінилась. В Єврозоні станом на 2000 рік тільки 15...20% регульованих електроприводів укомплектовано двигунами постійного струму. Тому актуально розглядати проблематику енергозбереження головним чином стосовно асинхронного електропривода, в тому числі частотно-регульованого.

В світовій практиці склалось декілька основних напрямків вирішення вказаної проблеми:

- Використання енергоефективних двигунів, що приносить користь коли навантаження змінюється мало, регулювання швидкості не потрібно і двигун вибрано вірно.

- Застосування фільтрокомпенсаційних пристроїв в колах живлення електропривода з метою підвищення коефіцієнта потужності та фільтрації вищих гармонік струму.

Вищевказані напрямки стосуються енергозбереження безпосередньо в приводі і переслідують мету скоротити втрати на перетворення електричної енергії в механічну та підвищити енергетичні показники електропривода. Автоматизований електропривод дає більш широкі можливості по енергозбереженню аж до створення нових енергозберігаючих технологій.

Тому основним шляхом енергозбереження засобами електропривода є подача в кожний момент часу кінцевому споживачу необхідної потужності безпосередньо в даний момент. Це може бути досягнуто за рахунок керування координатами електропривода (швидкість та момент). Цей процес став в останні роки основним в розвитку електропривода, і очікується що перехід від нерегульованого електропривода до регульованого в технологіях дозволить скоротити витрати електроенергії на 30%. Деякі напрямки такої технології:

- Енергоефективні двигуни – це асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором, в яких за рахунок збільшення маси активних матеріалів, їх якості, а також за рахунок спеціальних прийомів проектування вдається підняти на 2...4% ККД при деякому збільшенні їх ціни.

- Правильний вибір двигуна по потужності. Перш за все це пов'язано з тим, що раніше при проектуванні прагнули «підстрахуватись», і часто встановлена потужність двигуна перевищувала потрібну, оскільки задачі економії енергоресурсів не було. На даний час ця задача є і є два можливих підходи до її вирішення. Перший підхід – збільшення навантаження робочих машин, так як збільшення середнього навантаження робочих машин сприяє зниженню питомих витрат електроенергії. Другий підхід – полягає в заміні ненавантажених електродвигунів електродвигунами меншої потужності. Але така заміна, навіть якщо вона виправдана розрахунком, може виконуватись тільки після детальної перевірки можливості повного їх завантаження за рахунок правильного використання робочих машин, що ними приводяться.

О выборе оптимальных сроков службы и межремонтных периодов оборудования контактных сетей железнодорожного транспорта

Шаповалов Д.Ю., ДНДЦ УЗ, Харьков

Современная тенденция к повышению процента электрифицированных железных дорог в Украине наряду с изменениями пропускной способности участков и повышением средних скоростей движения, накладывает определенные ограничения на срок службы и межремонтные периоды оборудования контактных сетей.

Переход на электротягу связан с удорожанием дизельного топлива и смазочных материалов, а также большей удельной мощностью электровозов, что позволяет увеличить скорости движения и повысить пропускную способность. Для новых участков пути при монтаже новых контактных сетей приходится учитывать изменение нормативной базы, по которой проектировались и изготавливались ее составляющие, и, соответственно, изменение массогабаритных показателей, прочности, способов защиты от коррозии, и, в конечном счете, срока службы и периодичности ремонтов. Для новых и модернизированных участков контактной сети следует устанавливать скорректированные или вообще новые нормы по обслуживанию и ремонту. Это, в перспективе, позволит обеспечить более рациональное использование ремонтных подразделений и техники.

Разработка математической модели процессов тепломассобмена открытого плавательного бассейна

Шаптала М. В. (ДИИТ), Шаптала Д. Е. (ДВНЗ «ПГАСА»), Решетняк Т. П. (ДИИТ)

Целью данной работы является разработка математической модели процессов тепломассобмена открытого плавательного бассейна, которая позволит определить основные тепловые и массовые потери, имеющие место при его эксплуатации. Потери теплоты открытым бассейном, Вт:

$$Q_{\text{сумм}} = Q_{\text{исп}} + Q_{\text{к}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{подп}},$$

где $Q_{\text{исп}}$ – количество теплоты, теряемое с испаренной влагой; $Q_{\text{к}}$ – тепловые потери за счет естественной и вынужденной конвекции; $Q_{\text{л}}$ – тепловые потери за счет излучения в окружающую среду; $Q_{\text{подп}}$ – расход теплоты на нагрев подпиточной воды.

Количество теплоты, теряемое с испаренной влагой, рассчитывается из соотношения, Вт:

$$Q_{\text{исп}} = W_a \cdot r \cdot 0,278,$$

где W_a – интенсивность испарения с поверхности открытого бассейна, зависящий от фактора активности его использования, кг/ч [1]; 0,278 – переводной коэффициент; r – удельная теплота испарения жидкости, кДж/кг.

Тепловые потери за счет естественной конвекции определяются исходя из критериальных уравнений [2]:

$$\overline{Nu}_{e,k} = \begin{cases} 0,54 Ra^{\frac{1}{4}}, & \text{при } 10^4 \leq Ra \leq 10^7, \\ 0,15 Ra^{\frac{1}{3}}, & \text{при } 10^7 \leq Ra \leq 10^{11} \end{cases},$$

где $\overline{Nu}_{e,k}$ – критерий подобия Нуссельта для естественной конвекции; Ra – число Рэлея.

Тепловые потери за счет вынужденной конвекции. Рассматривается невозмущенный режим течения вдоль плоской поверхности [3].

При ламинарном режиме движения $Re < 5 \cdot 10^5$:

$$\overline{Nu}_{e,k} = 0,664 \cdot Re^{\frac{1}{2}} \cdot Pr^{\frac{1}{3}},$$

где $\overline{Nu}_{e,k}$ – критерий подобия Нуссельта для вынужденной конвекции.

При турбулентном режиме $Re > 5 \cdot 10^5$:

$$\overline{Nu}_{e,k} = 0,037 \cdot Re^{\frac{4}{5}} \cdot Pr^{\frac{1}{3}}.$$

Вывод. Разработана математическая модель тепло-массообменных процессов открытого плавательного бассейна, которая позволяет расчетным путем оценивать энергозатратность

использования открытого бассейна и определять степень эффективности энергосберегающих мероприятий по его использованию.

Список использованных источников

1. Smith, Jones, and Löf, "Rates of Evaporation from Swimming Pools in Active Use", American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers Transactions 1998, V. 104: Research #4146, pg. 514, Atlanta.
2. Bejan A., Kraus D.A. 2003. Heat Transfer Handbook. John Wiley & Sons Ltd.
3. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров: Пер. с англ. / Справочник. – М.: Атомиздат, 1979. – 216с.

**Планирование процессов энергосберегающей эксплуатации парков
электродвигателей железнодорожных стрелочных переводов**

Швец О.М., Днепропетровский национальный университет железнодорожного
транспорта имени академика В. Лазаряна

Снижение энергопотребления и эксплуатационных расходов электродвигателей (ЭД) железнодорожных стрелочных приводов может быть достигнуто за счет улучшения технологии их обслуживания и реализации процессов эксплуатации парков ЭД. Возникновение неисправности в электродвигателе не приводит к его мгновенному отказу, двигатель продолжает работать некоторое время, что приводит к повышенному энергопотреблению, его дальнейшей порчи и в конечном итоге к отказу. Разработан программно-аппаратный комплекс диагностики электродвигателей постоянного тока железнодорожных стрелочных приводов. Созданный комплекс способен выявлять неисправности на ранних этапах, что позволяет восстанавливать двигатель при текущем или среднем ремонте, стоимость которого в 4 – 6 раз дешевле стоимости нового электродвигателя или капитального ремонта. Ранняя диагностика делает возможным предотвращение отказа двигателя, что позволяет повысить надежность приводов, снизить издержки, вызванные их простоем. Раннее выявление неисправностей в электродвигателях стрелочных приводов способно повысить безопасность железнодорожных перевозок, снизить энергопотребление ЭД.

Практика свидетельствует, что используемые сегодня на железной дороге методы диагностики не выявляют многих неисправностей электродвигателей стрелочных приводов, т.к. или производят измерения двигателя в выключенном состоянии (методы омметра, мегомметра, трансформатора, импульсный) или имеют низкую разрешающую способность (метод осциллографа-самописца). Разработанный программно-аппаратный комплекс исследует двигатель, находящийся под влиянием рабочих значений тока, магнитного поля, центробежных сил, что позволяет проводить более точную диагностику. Диагностика может быть осуществлена при извлечении двигателя из привода при плановом осмотре или во время его работы без извлечения из стрелочного привода. Подобный мониторинг технического состояния электродвигателей требует меньше человеческих ресурсов, чем плановые осмотры на стенде.

Основой созданного программно-аппаратного комплекса является анализ частотного спектра тока электродвигателя. Частотный спектр получается посредством дискретизации тока на АЦП и дальнейшего применения быстрого преобразования Фурье. Работа комплекса базируется на экспертной системе классификации, которая основана на базе нечетко-статистических правил и методе нечеткого управления. Нечеткая компонента базы правил отражает субъективные знания эксперта о частотном спектре электродвигателей. Статистическая составляющая базы правил отображает фактический

частотный спектр эталонных электродвигателей и формируется автоматически в процессе адаптации экспертной системы к новым видам неисправностей и типам двигателей.

Снижение энергопотребления и расходов на эксплуатацию электродвигателей за счет раннего выявления неисправностей является актуальной задачей на полигоне железных дорог Украины в виду из широкого применения. Только на Приднепровской железной дороге установлено около 8000 стрелочных приводов, 1100 автоматических шлагбаумов, 14000 тяговых двигателей и главных тяговых генераторов подвижного состава. На сегодняшний день разработанный программно-аппаратный комплекс способен определять более десятка неисправностей в электродвигателях железнодорожных стрелочных приводов постоянного тока моделей ДП 018, ДП 025, МСП 015 и МСП 025. Адаптация комплекса для диагностики новых типов ЭД является перспективным направлением снижения энергопотребления и эксплуатационных расходов электродвигателей.

Electric rail traction in Czech Republic and level of effectiveness and energy saving measures

H. Seelmann

Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institute of Railway Constructions and Structures, Veveří 331/95, 602 00 Brno, Czech Republic, email:

seelmann.h@fce.vutbr.cz

Abstract text. 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 end of 2013 overall 3217 km of the 9468 km long railway network of SŽDC (the state owned Railway Infrastructure Administration of Czech Republic) are electrified. There are made the following measures in effectiveness and energy saving in electric rail traction:

Use of multi-system electric locomotives and units

Czech Railways (ČD and ČD Cargo) currently operate 163 two-system locomotives for 3 kV DC and 25 kV AC/50Hz, 16 two-system locomotives for 3 kV DC and 15 kV AC/16.7Hz, 20 locomotives and 14 units for three-systems (3 kV DC, 25 kV AC/50Hz, 15 kV AC/16.7Hz). Furthermore, some multi-system locomotives from Austria and Slovakia are running with international trains also in Czech Republic.

Regenerative braking and recovery of electricity

Today regenerative braking and recovery of electricity in the electric railway network in Czech Republic is usual, but often in a limited form (reasons are relatively small amount of electric locomotives and units capable for regenerative braking, restrictions on the maximum voltage in DC power supply system and restrictions because of requirements for the regulation of the overall network in AC power supply system). It is a goal of SŽDC and ČD to solve these problems and increase the amount of regenerative braking and recovery of electricity in the next years.

Automatic train leading by using magnetic information points

With automatic train leading (in Czech AVV) local trains can achieve savings of 7-9% of traction energy. Currently, about 350 km of tracks and about 250 locomotives and units are completely equipped with AVV.

Planned conversion of 3 kV DC to 25 kV AC/50 Hz

SŽDC plans the conversion of its lines electrified with 3 kV DC to 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.

Optimized Energy Consumption in Tram and Trolley Bus Network – A project of Brno Public Transport Company (DPMB)

This measure aims to reduce the peak usage of energy for trams and trolley buses in order to limit the contracted reserve capacity and the related costs. As final result, in 2012 DPMB contracted 6.24% less of additional reserve capacity due to new system. At the moment 380 electric vehicles (240 trams and 140 trolleybuses) are equipped with this system, which was certificated by Czech Railways Authority and can now be implemented by all other public operators in Czech Republic.

Full text

Brief history of electric rail traction in Czech Republic

Railway transport

The history of railway transport in Czech Republic began in 1827 when the first section of horse railway České Budějovice/Budweis – Linz (Austria) was opened. The first railway route operated by steam locomotives was section Břeclav – Brno (1839) of the Northern line from Vienna (first section Vienna – Deutsch Wagram opened in 1837). 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 1912 there followed a second local line Rybník – Lipno nad Vltavou (22 km in standard gauge, traction 1200 V DC, from 1955-2003 with 1500 V DC, since 2003 with 25 kV AC/50Hz).

The next step was the electrification of the railway ring in Prague 1926-1928 (about 30 km standard gauge, traction 1500 V DC, since 1962 with 3000 V DC). Then it took nearly 20 years until the next extension: 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. An important step has been made in 1965 with the electrification of the line Kutná Hora – Jihlava (90 km) with traction 25 kV AC/50 Hz. The existence of two traction systems in formerly Czechoslovakia, however, in the 1970s caused problems in flexible operation (there existed only locomotives or electrical units with one of the two tractions). Therefore company Škoda in 1974 delivered the first dual-system locomotives. Today, Czech Railways (ČD) operate even three-system electrical units (class 680 „Pendolino“) and locomotives (class 380) which are able to operate also in Austria and Germany (with traction 15 kV AC/16.7 Hz).

Very important for the development and research on electric traction is the large test circuit of VUZ (Railway Research Institute) in Velim near Prague, which exists since 1963 and enables power supply either AC or DC current system (25 kV AC/50 Hz, 15 kV AC/16.7 Hz, 3 kV DC, 1.5 kV DC) and therefore allows the testing of many rail vehicles of European railway operators.

At the end of 2013 overall 3217 km of the 9468 km long railway network of SŽDC (the state owned Railway Infrastructure Administration of Czech Republic) are electrified (these are 34%) with the following traction systems:

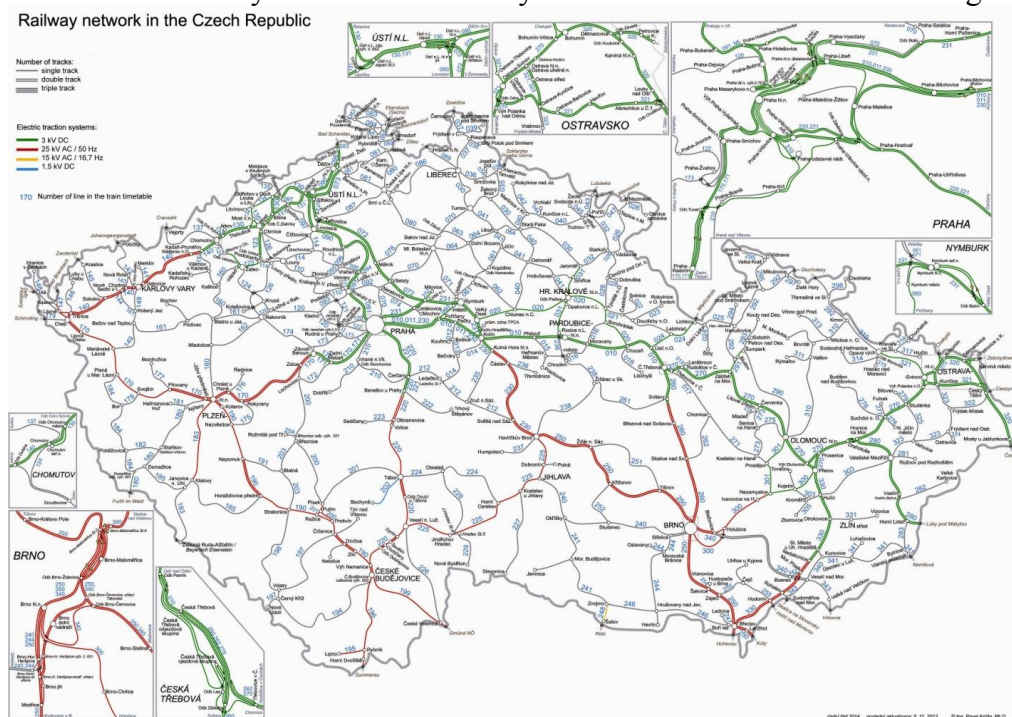
1788 km with 3 kV DC (mainly in the north)

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)

The allocation of today's electric traction systems can be seen on the following map:



Source: SŽDC (Railway Infrastructure Administration of Czech Republic, state organization)

Public urban transport (tram, metro, trolleybus)

History of electric urban rail transport in Czech Republic began in 1891 with the opening of the first tram line in Prague. Today tram systems exist in 7 cities (resp. agglomerations) with a total length of 356 km (2012). All systems are operated at voltages of approximately 600 V DC. The Czech Republic is also well known for its production of tramcars: Company ČKD-Tatra manufactured with tramcar T3 the most numerous type of tram in the world (about 14.000 units). The only city with metro system in the Czech Republic is Prague. The first section opened in 1974 and today 3 lines with a total length of 59 km are in operation. The traction is performed at voltage 750 V DC by third rail. For the future there are planned extensions of the existing lines as well as the construction of a fourth line.

Another speciality of electric urban rail transport in Czech Republic is the trolleybus which is considered here as railway (because of his overhead wire). The first trolleybus line was opened in 1936 in Prague. Today trolleybus systems exist in 13 cities (resp. agglomerations) with a total length of 393 km (2012). Most systems are operated at voltages of 600 V DC, two of 750 V DC. The allocation of today's electric urban rail transport can be seen on the following map:



Source: Wikimedia Commons

Level of effectiveness and energy saving measures on electric rail traction

Use of multi-system electric locomotives and units

Because the existence of two traction systems in formerly Czechoslovakia caused problems in flexible operation in the year 1974 there were delivered the first dual-system locomotives. Today, Czech Railways (ČD and ČD Cargo) operate the following multi-system electric rail vehicles:

Two-system vehicles 3 kV DC and 25 kV AC/50Hz: 163 locomotives class 340 and 362/363.

Two-system vehicles 3 kV DC and 15 kV AC/16.7Hz: 16 locomotives class 371/372.

Three-system vehicles 3 kV DC, 25 kV AC/50Hz and 15 kV AC/16.7Hz: 20 locomotives class 380, 7 units class 680 („Pendolino“), 7 units class 640/650 („RegioPanter“).

Furthermore, locomotives from ZSSK (Slovakia) class 350 (3 kV DC, 25 kV AC/50Hz) and ÖBB (Austria) class 1116 (15 kV AC/16.7Hz, 25 kV AC/50Hz) and 1216 (3 kV DC, 15 kV AC/16.7Hz, 25 kV AC/50Hz) are running with international trains also in Czech Republic.

Regenerative braking and recovery of electricity

Today regenerative braking and recovery of electricity in the electric railway network in Czech Republic is usual, but often in a limited form. The reasons for these limitations are:

Relatively small amount of electric locomotives and units capable for regenerative braking: Until now, these are 50 locomotives (class 363.5 and 380) as well as 97 units (class 440, 471, 640/650 and 680). Furthermore some locomotives of the ÖBB Taurus class (1116 and 1216) are running with international trains from and to Austria.

DC power supply system is a subject to restrictions on the maximum voltage: While European standards allow peak voltage of 3.9 kV, the locomotives of ČD and ČD Cargo have been only designed for a limit voltage of 3.6 kV.

Regarding the AC system the supplier of electricity (company ČEZ – Czech energy plants) initially was not very interested in regenerative braking and recovery of electricity due to the stochastic occurrence of these energy source (in case of older vehicles combined with additional problems like higher harmonics and worse power factors); all these problems increase the requirements on regulation of the entire supply network. Therefore, originally, regenerative braking was banned in the AC railway network. Because of newer technologies regenerative braking and recovery of electricity now continuously is allowed on more and more lines.

It is a goal of SŽDC and ČD to solve these problems and increase the amount of regenerative braking and recovery of electricity in the next years.

A different situation can be found in electric urban rail transport: The Prague Metro with a large number of simultaneously circulating units with frequent acceleration and deceleration has ideal conditions for regenerative braking. Also the Czech tram and trolleybus systems have made significant efforts in the recent years: A wide range of new vehicles put into service have regenerative braking. In addition in older vehicles the expired electromechanical equipment has been replaced by new electronic one which also enables regenerative braking.

Automatic train leading by using magnetic information points

For purposes of automatic train leading (in Czech AVV) are on the track situated installations for identifying position, so-called magnetic information points. Magnetic information points are located in rails designed at the moment mainly for rides of local trains (with many stops). Description of the line ("route map") must be contained in the vehicle part of AVV ("on-board"). Based on the train position identification, the route map and information transferred through the train control device and/or input by the driver the vehicle part of AVV ensures a continuous and economical train ride. With AVV local trains can achieve savings of 7-9% of traction energy. Currently, about 350 km of tracks and about 250 locomotives and units are completely equipped with ATL.

Planned conversion of 3 kV DC to 25 kV AC/50 Hz

SŽDC, the state owned Railway Infrastructure Administration of Czech Republic, plans the conversion of its lines electrified with 3 kV DC to 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.

Optimized Energy Consumption in Tram and Trolley Bus Network – A project of Brno Public Transport Company (DPMB)

This measure was realized within the EU-project CIVITAS-ELAN in the years 2009/2010. It aimed to **reduce the peak usage of energy for trams and trolley buses** in order to limit the contracted reserve capacity and the related costs. Brno Public Transport Company (DPMB) has to contract its annual expected amount of electricity to ensure the electric vehicles operation. To obtain a balanced energy distribution, there is also a requirement for DPMB to book monthly a reserve capacity for each 15-minute interval. The costs related to reserve capacity have a negative influence on the cost of electricity because unused capacity still needs to be paid and exceeding the contracted reserve capacity is heavily penalised.

To achieve these objectives a remote heating control was installed in 380 electric vehicles (240 trams and 140 trolleybuses). This includes also an automatic warning system which in case of reaching the level of reserve capacity will generate the message to be transferred to the on-board computer in the electric vehicle and switch off the heating automatically for 5 minutes.

As final result, in 2012 DPMB contracted 6.24% less of additional reserve capacity due to new system and the total savings due to the operation of the system reached almost 132.000 EUR.

The whole system was certificated by Czech Railways Authority and can now be implemented by all other public operators in Czech Republic.

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. *Automatické vedení vlaku na síti SŽDC* [Automatic train leading on network of SŽDC]. *SŽDC* [Railway Infrastructure Administration, state organization]. Presentation, Praha, 2012

3. 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
4. CIVITAS ELAN project in Brno. Optimised Energy Consumption in Tram and Trolleybus Network. Internet <http://www.civitas.brno.cz/>
5. *Ročenka dopravy České republiky 2012* – Transport Yearbook Czech Republic 2012. Ministerstvo dopravy – Ministry of Transport. Praha, 2013
6. 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>
7. SŽDC. *The Network Statement on nationwide and regional rail systems*. SŽDC [Railway Infrastructure Administration, state organization]. Praha, 2012.
8. SŽDC. *Prohlášení o dráze celostátní a regionální* [The Network Statement on nationwide and regional rail systems]. SŽDC [Railway Infrastructure Administration, state organization]. Praha, 2013.
9. SŽDC – *Správa železniční dopravní cesty* [Railway Infrastructure Administration, state organization]. Internet <http://www.szdc.cz/>
10. VUZ – *Výzkumný Ústav Železniční* [Railway Research Institute]. Internet <http://www.cdvoz.cz/>
11. Wikimedia Commons. Map of public transport in the Czech Republic.

Покращення електромеханічних характеристик серійних електродвигунів засобами силової електроніки

Шило С.І., Запорізький національний технічний університет

В даний час на електротранспорті широко застосовуються електроприводи постійного струму з двигунами послідовного збудження (ДПЗ). Сфера застосування зазначених електроприводів є досить широкою - в тяговому електроприводі (ТЕП) рухомого складу міського та залізничного транспорту. Це пов'язано з тим, що зміна моменту навантаження для даних механізмів добре узгоджується з електромеханічною характеристикою ДПЗ. Важливим фактором підвищення рентабельності роботи електротранспорту в цілому може стати заміна існуючого ТЕП на більш сучасні їх види в рамках програми модернізації рухомого складу.

До основних існуючих схем регулювання швидкості ДПС відносяться реостатна і класична імпульсна схеми.

Реостатна схема пуску та регулювання ДПЗ має такі недоліки як:

- наявність великої кількості контактної апаратури;
- втрати в пускових резисторах, що знижують ККД;
- додаткові механічні навантаження, викликані ступеневим характером зміни тягового моменту при зміні позиції контролера машиністом;
- необхідність наявності додаткового пристрою живлення обмотки збудження ДПЗ для переведення ТЕП в режим рекуперативного гальмування;
- необхідність проведення частих діагностик і технічного обслуговування, що підвищує витрати на експлуатацію рухомого складу.

З розвитком силової електроніки найбільш раціональним способом усунення недоліків, наведених вище, є застосування імпульсних регуляторів частоти обертання ДПЗ, що дозволяє знизити до мінімуму число одиниць контактної апаратури і знизити споживання електроенергії в режимі пуску, гальмування, вибігу. Класична імпульсна

схема пуску та регулювання ДПЗ вирішує більшість вказаних недоліків, проте не вирішує питання щодо використання самозбудження при переведенні ТЕП в режим рекуперативного гальмування.

Тому актуальною задачею в рамках модернізації електротранспорту є розробка та використання певного схемотехнічного рішення, яке дозволить поєднати переваги двигунів з різними типами збудження, тобто іншими словами надати серієсному електродвигуну можливість працювати з характеристиками, притаманними двигунам з паралельним та змішаним збудженням. Враховуючи зазначене вище, автором пропонується силова схема модернізованого ТЕП.

Аналітичний опис даної схеми провести досить складно, оскільки присутні квадратичний зв'язок потоку збудження, електромагнітного моменту і частоти обертання, нелінійність магнітної системи двигуна. Тому дослідження проводилося за допомогою програмного пакету Matlab 2008 з застосуванням бібліотеки SimPowerSystem.

Результати дослідження модернізованої імпульсної схеми регулювання частоти обертання ДПЗ в режимах розгону, вибігу і електродинамічного гальмування показують можливість реалізації режиму електродинамічного гальмування електродвигуна без застосування додаткових засобів підтримки струму в обмотці збудження ДПЗ.

В результаті моделювання електромеханічних процесів ДПЗ в режимі динамічного гальмування, яке проводиться від номінальної частоти обертання, показано залежності струмів, моменту, швидкості обертання ДПЗ.

Висновки:

1. Показано, що зазначене схемне рішення забезпечує можливість проведення динамічного гальмування з характеристиками двигуна незалежного збудження без використання додаткового джерела живлення обмотки збудження серієсного електродвигуна.
2. Розроблено імітаційні моделі, які дозволяють досліджувати електромагнітні та електромеханічні процеси в серієсному двигуні постійного струму в режимі динамічного гальмування (з відносною похибкою менше $\pm 7\%$). За допомогою вказаних моделей стає можливим визначити вимоги до вхідного фільтру, вибрати опір і потужність гальмівних резисторів.
3. Проведене моделювання дозволило зробити порівняльний аналіз декількох схем імпульсного регулювання, виходячи з якого можна зробити висновок, що модернізована схема є найбільш ефективною.
4. Розроблена імітаційна модель дозволяє проводити дослідження електромагнітних і електромеханічних процесів у серієсному двигуні постійного струму. Встановлено, що вдосконалена схема імпульсного регулювання дозволяє забезпечити гальмування з номінальним гальмівним моментом на валу двигуна до швидкості обертання якоря, рівний 8% від номінальної.

Показано можливість вирішення проблеми захисту ДПЗ від режимів боксування та юза при їх послідовному з'єднанні.

Удосконалення роботи релейного захисту при приєднанні відновлювальних джерел енергії до тягових підстанцій

Шкрабець Ф. П., Остапчук О. В. (НГУ), Сиченко В. Г., Полянська Ю. М. (ДНУЗТ)

Генерація електричної енергії сонячними та вітровими електростанціями має свої особливості і відмінності від звичайної генерації у конструкції, технічних параметрах, режимах роботи і, особливо, у перехідних режимах. Згідно вказівок нормативних

документів функції захисту повинні бути направлені на захист вітрової та фотоелектричної електростанції та забезпечення стабільної роботи електричної мережі загального призначення. Електростанція повинна бути захищеною від пошкоджень внаслідок збоїв або аварійних ситуацій у електричній мережі загального призначення, наприклад, симетричного або несиметричного короткого замикання, відновлення напруги після ліквідації аварійних ситуацій чи збоїв, підвищення напруги у неушкодженій фазі при несиметричному короткому замиканні, обривів фаз тощо та захищеною від пошкодження внаслідок несинхронного підключення. Також необхідно забезпечити максимальний захист електричної мережі загального призначення від максимально широкого переліку небажаних впливів з боку вітрової та фотоелектричної електростанції та від відключення у некритичних випадках для вітрової та фотоелектричної електростанції.

При цьому немає відповідних вимог до облаштування штатних пристроїв захисту, які встановлені на відповідних приєднаннях. Постає зрозуміле питання про їх повну заміну, зміну уставок чи повну придатність для роботи у таких умовах. При двобічному живленні (саме такі схеми використовуються у системах з розподіленою генерацією) доцільно використовувати дистанційний захист на цифровій елементній базі у якості основного та направлений струмовий захист у якості резервного. Саме при такій схемі приєднання вітрових та сонячних електростанцій забезпечується надійна робота пристроїв релейного захисту. При інших варіантах приєднання необхідно враховувати вплив внутрішніх перенапруг та вжити заходи з підвищення рівня ізоляції та облаштування спеціальними пристроями захисту від однофазних замикань на землю. Крім того при використанні сонячної електростанції у якості джерела з розподіленою генерацією необхідно враховувати значний внутрішній опір цих установок, що впливає на значення аварійного струму при коротких замиканнях. При цьому штатні пристрої захисту спрацьовувати не будуть.

При оцінюванні параметрів спрацьовування пристроїв релейного захисту на тягових підстанціях, необхідно визначитись з об'ємом та видами «штатного» релейного захисту, який регламентується відповідними нормативними документами. Тягові підстанції з трансформаторами значної потужності, як правило, мають три класи напруги: 110 (150) – 220 кВ, 35 та 10 кВ. Крім того, для потреб системи тягового електропостачання, в залежності від роду струму (постійний чи змінний), використовується напруга 3,3 та 27,5 кВ відповідно.

В загальному вигляді для захисту електрообладнання тягових підстанцій використовуються ті самі види захисту, що і на розподільних підстанціях енергосистем. Відмінністю є захист тягової мережі, що має певну специфіку, це пов'язано з особливостями експлуатації споживачів електричної енергії електричного транспорту. Наприклад, в тяговій мережі змінного та постійного струму максимальні струми навантажень співставні з мінімальними струмами короткого замикання, що створює певні труднощі при побудові селективних систем захисту. Обрані уставки пристроїв захисту повинні забезпечувати надійне відключення вимикача при короткому замиканні в найбільш віддаленій точці з необхідними коефіцієнтами чутливості. Кожний з вимикачів на фідерах тягових підстанцій і постів секціонування, а також на пунктах паралельного з'єднання повинен, як правило, містити основний і резервний захист від коротких замикань. Для прискорення відключень близьких коротких замикань на початку лінії може бути передбачений спеціальний ступінь захисту, а також додатковий захист у вигляді струмового відсічки без витримки часу.

Основні отримані результати та узагальнені рекомендації по розрахунку та удосконаленню релейного захисту на приєднаннях тягових підстанцій електрифікованого транспорту при спільній роботі з сонячною та вітровою генерацією будуть висвітлені у доповіді на конференції.

О компенсации реактивной мощности в системе тягового электроснабжения переменного тока

Ягуп В.Г., д.т.н., проф. (Харьковский национальный университет городского хозяйства), Ягуп Е.В., к.т.н., доц. (Украинская государственная академия железнодорожного транспорта)

Проблемы электроснабжения связаны с необходимостью оптимизации режимов передачи, распределения и потребления электроэнергии. Важной составляющей при решении проблем повышения энергетических показателей являются вопросы симметрирования трехфазных систем электроснабжения и компенсации реактивной мощности. Для систем тягового электроснабжения переменного тока указанные вопросы также весьма актуальны, если учесть, что тяговая система переменного тока нагружает питающую сеть несимметрично [1]. Для симметрирования и компенсации реактивной мощности используются конденсаторные батареи [2], с помощью которых удастся выровнять линейные токи по фазам и снизить уровень неактивной составляющей мощности. Благодаря этому могут быть существенно снижены потери в линиях электропередачи энергии. В настоящей работе подвергается анализу система электроснабжения тяговой нагрузки при традиционном питании, когда вторичная обмотка силового питающего трансформатора соединяется по схеме треугольника, и питание подается от одной из сторон треугольника. Рассмотрены случаи питания одиночной нагрузки, а также несимметричного воздействия со стороны двух нагрузок, подключаемых на различные плечи вторичной обмотки питающего трансформатора. Анализ проводился в системе базовых единиц, благодаря чему пересчет на реальные параметры может осуществляться по известным соотношениям теории подобия применительно к электрическим системам. Отличительной особенностью проводимого исследования является применение методов поисковой оптимизации на математических компьютерных моделях.[3] С этой целью в системе визуального моделирования создается модель системы электроснабжения, которая может представлять собой либо визуальную модель, либо систему уравнений схемы. На модели вычисляются соответствующие критерии оптимизации, обеспечивающие показатели мощности или качества симметрирования системы. В число оптимизируемых параметров включаются параметры самой системы компенсации реактивной мощности и симметрирования трехфазной системы электроснабжения. В процессе оптимизации находится соответствующее решение, обеспечивающее заданную величину критерия оптимизации. Компьютерные эксперименты показали эффективность предложенной методики для решения задач повышения качества электроснабжения тяговых нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марквардт, К.Г. Электроснабжение электрических железных дорог [Текст] / К.Г.Марквардт. – М.: Транспорт, 1982. – 528 с.
2. Бородулин, Б.М. Конденсаторные установки электрифицированных железных дорог [Текст]/ Б.М.Бородулин, Л.А.Герман, Г.А.Николаев. – М.: Транспорт, 1983. – 183 с.
3. Ягуп, В.Г. Застосування симплексного пошуку для оптимізації режиму компенсації реактивної потужності та симетрування трифазної системи електропостачання [Текст] / В.Г. Ягуп, К.В. Ягуп. Зб. наук праць Всеукраїнської наук.-техн. конференції «Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів». – Донецьк: 2012. – С. 122-123.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Андрієнко П.Д., Каплиенко А.О., Запорожский национальный технический университет</i> Исследование режимов работы поглощающего устройства с импульсным регулированием	0
<i>Антонов А.В. (ДНУЗТ)</i> Підвищення надійності вставок струмоприймачів електрорухомого складу	4
<i>Арпуль С. В., Місний О. І. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна</i> Порівняння тягових властивостей електровозів ДЕ1 та 2ЕЛ4.....	5
<i>Арсонов В.В., магістр, Горобець В.Л., д.т.н., Урсуляк Л.В.. к.т.н. (ДНУЗТ)</i> Дослідження ефективності застосування системи рекуперативного гальмування в умовах складного гірського профілю	6
<i>Афанасов А.М., д.т.н, проф., Друбецкий А.Е., аспирант (ДНУЖТ)</i> Автоматизированный стенд для выполнения приемо-сдаточных испытаний тяговых электродвигателей	6
<i>Афанасов А.М., д.т.н, проф., Друбецкий А.Е., аспирант (ДНУЖТ)</i> Выбор рациональных схем взаимного нагружения электрических машин тягового и моторвагонного подвижного состава	7
<i>Бадёр М.П., д.т.н., профессор, МГУПС (МИИТ)</i> Анализ и синтез электромагнитной совместимости системы тягового электроснабжения и инфраструктуры на участках с высокоскоростным движением	8
<i>Балійчук О.Ю., Маренич О.Л.,Дубинець Л.В. (ДНУЗТ)</i> Вплив якості живлячої енергії на термін служби допоміжних машин електрорухомого складу змінного струму.....	15
<i>Балійчук О.Ю., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна</i> Вплив деяких показників якості електричної енергії на стан ізоляції нетягових споживачів на електрорухомому складі змінного струму	15
<i>Бараненко Т.К., Саравас В.Е., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»</i> Комбинированное имитационное моделирование как метод исследования несинусоидальных режимов в электрических сетях с преобразователями частоты	16
<i>Белименко С.С., Ищенко В.А. (ДНУЖТ)</i> Экспериментальные исследования температурных режимов работы тепло-электро-аккумуляторов.....	17
<i>Березовий М. І., Козаченко Д.М., Вернигора Р.В. (ДНУЗТ)</i> Скорочення енерговитрат на формування поїздів за рахунок удосконалення спеціалізації сортувальних колій.....	18

<i>Битюков С.Д. (Донецкая ж.д.)</i>	
Постановочные вопросы к стратегии энергосбережения УЗ	20
<i>Бобровский В.И., Колесник А.И., ДНУЖТ</i>	
Усовершенствование конструкции сортировочных горок с целью сокращения энергозатрат на расформирование составов	21
<i>Бобровский В. И., Демченко Е. Б. (ДНУЖТ)</i>	
Оценка энергетических затрат на надвиг и роспуск составов на сортировочной горке	22
<i>Бобровський В. І., Дорош А. С. (ДНУЗТ)</i>	
Розробка енергоефективної методики оптимізації режимів гальмування відцепів на сортувальних гірках	23
<i>Боднар Б. Е., Бобир Д. В., Кислий Д. М. (ДНУЗТ)</i>	
Економія енергоресурсів за допомогою застосування раціональних режимів ведення поїздів	24
<i>Бондаренко Б. М., Кухлівський С. В., Шилько С. І. (ДНУЗТ)</i>	
Автоматизація енергозбереження під час реагування на аварійні ситуації на залізниці	25
<i>Бондаренко Б. М., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Енергозбереження із застосуванням автоматизованих комплексів перевірки електромагнітних приладів залізничного транспорту	26
<i>Бондаренко Ю.С., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Питання розробки математичної моделі асинхронного тягового електроприводу електровозів постійного струму	27
<i>Бондар О.І., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Оцінка внутрішнього опору сонячних та вітрових електростанцій	28
<i>Босий Д. О., Косарєв Є. М., Сиченко В. Г., Осіпова О. В. (ДНУЗТ)</i>	
Удосконалення розрахунків тягової мережі при застосуванні розподіленої системи живлення.....	29
<i>Босий Д.О., Косарєв Є.М. (ДНУЗТ)</i>	
Варіанти застосування фотоелектричних джерел електроенергії в системах тягового електропостачання.....	30
<i>Босий Д.О., Косарєв Є.М. (ДНУЗТ)</i>	
Проблеми ефективного використання сонячної енергії в системах тягового електропостачання постійного струму	31
<i>Bulgakova Yu. V., DNURT</i>	
The features of intangible assets accounting of foreign countries enterprises	32
<i>Васильєв В.Є., Рубан Р.С. (ДНУЗТ)</i>	
Математичне моделювання системи «контактна мережа – електровоз змінного струму»..	33

<i>Вісін М.Г., Кійко А.І., Власенко Б.Т., Чернишенко К.Л. (ДНУЗТ)</i>	
Безреостатний пуск і регулювання швидкості електровоза ЧС2.....	34
<i>Габрінець В.О., Терентьєва Н. Л., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Підвищення ефективності застосування сонячного теплового випромінювання для обігріву об'єктів Укрзалізниці	35
<i>Габрінець В.О., Терентьєва Н. Л., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Терморегуляція пасажирських вагонів при застосуванні сонячної енергії	36
<i>Габрінець В.О., Терентьєва Н. Л., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Застосування енергії зовнішнього середовища для кліматизації пасажирського вагону	37
<i>Vishal Gajjar, Post Graduate Program in Energy Management Great Lakes institute of Management, India</i>	
EL HEIRRO: The Hidden gem	38
<i>Гетьман Г. К., Васильєв В. Е., (ДНУЖТ)</i>	
Анализ расхода электроэнергии на тягу карьерных поездов	40
<i>Гічов Ю.О., Національна металургійна академія України, Попова А.С., Перцевий В.О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Концепція розробки технології пульсаційно-резонансного спалювання палива в процесах сушіння та розігрівання сталерозливних ковшів.....	41
<i>Гічов Ю.О. Національна металургійна академія України, Прокопенко Л.О., Перцевий В.О. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Дослідження процесу рафінування металургійних розплавів трансзвуковими струминами газу з урахуванням ефекту зворотного акустичного зв'язку	42
<i>Голік С.М., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Визначення витрат електроенергії на тягу поїздів на ділянках постійного струму без використання струмових характеристик електровоза	43
<i>Goncharov Yu.P., Ivakhno V.V., Zamaruev V.V., Styslo B.A., Lobko A.V., Bobrov M. A., Makarevich D. A. (NTU “KhPI”)</i>	
Resonant converters for energy distribution systems that contain storage units.....	44
<i>Гончаров К. В., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна</i>	
Методы повышения помехоустойчивости тональных рельсовых цепей.....	45

<i>Гончаров Ю.П., Замаруев В.В., Войтович Ю.С., Безъязычный А.В. (НТУ «ХПИ»), Сыченко В.Г., (ДНУЖТ)</i>	
Силовые активные фильтры для тяговых подстанций магистральных железных дорог постоянного тока	46
<i>Гончаров Ю.П., Ивахно В.В., Замаруев В.В., Стысло Б.А., Межеріцкій М.В., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»</i>	
Разделенная коммутация как средство снижения динамических потерь силовых полупроводниковых ключей двухзвенных преобразователей постоянного напряжения в постоянное.....	47
<i>Горобец В.Л., Урсуляк Л.В. (ДНУЖТ)</i>	
Моделирование аварийных ситуаций при столкновении поездов	48
<i>Горобец В.Л., Коваленко В.В., Федоров Е.Ф., (ДНУЖТ), Ярмак А.А. (Укрзалізниця)</i>	
Исследование эксплуатационных качеств вставок пантографов электровозов	48
<i>Горпинич А.В., Тараненко И.А., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»</i>	
Анализ высокочастотных составляющих, содержащихся в искаженных кривых линейного напряжения и тока на выходе преобразователя частоты типа LS800-42K2-TD	49
<i>Горячкін В.М., к.т.н., доцент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна</i>	
Оцінка потенціалу енергозбереження в системі теплопостачання студентського містечка Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту	50
<i>Горячкін В.М., к.т.н., доцент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна</i>	
Перспективи застосування вихрової труби для кондиціювання пасажирського вагону	51
<i>Грудзур М. М., студент, Ляшук В. М., доцент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Дослідження ефективності роботи електропостачання на ділянці Л – В при стабілізації напруги 3,3 кВ.....	52
<i>Данилов О.А., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту</i>	
Вимірювання напруги фідерів контактної мережі постійного струму мікропроцесорними захистами.....	53
<i>Денисюк С.П., д.т.н., професор, Базюк Т.М., асистент, Огієвич О.М., магістр, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»</i>	
Проблеми оцінювання енергоефективності підприємства.....	54
<i>Денисюк С.П. д.т.н., професор, Базюк Т.М., асистент, Опришко В.П., магістр ІЕЕ НТУУ «КПІ»</i>	
Класифікація активних споживачів відповідно до ступеня їх залученості та наявності потенціалу	55

<i>Денисюк С.П., д.т.н., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»</i>	
Системи енергетичного менеджменту – особливості системного підходу та напрямки формування	56
<i>Денисюк С.П., Притискач І.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Пилипенко Ю.В., Інститут електродинаміки НАН України</i>	
Функціональна структура та алгоритми роботи системи моніторингу силових трансформаторів	57
<i>Денисюк С.П., д.т.н., проф., Дерев'яно Д.Г., асистент, Щербань К.Ю., магістрант, Дерев'яно Н.Г., студент, Інститут енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ «КПІ»</i>	
Аналіз чутливості в локальних системах електроживлення з джерелами розосередженої генерації.....	58
<i>Ireneusz Chrabaszcz, Marek Dudzik, Janusz Prusak, Waldemar Stec (Cracow University of Technology)</i>	
Tramway traction substation miniaturization – selected issues.....	59
<i>Духновський О.М. (ДНУЗТ)</i>	
Перспективи використання світлодіодних освітлювальних приладів у техніці та повсякденному побуті	64
<i>Дьяков В. А., Сафронова М. В. (ДНУЖТ)</i>	
Эффективность применения отсасывающих трансформаторов для защиты линий связи от индуктивного влияния тяговой сети переменного тока	65
<i>Дьяков В.А., Перевертень М.Н., Шатыло В.Н. (ДНУЖТ)</i>	
Соответствие требованиям ОСЖД динамических параметров контактных подвесок магистральных железных дорог Украины	66
<i>Дьяченко М.Д., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»</i>	
Каналы связи в системах управления электроснабжением металлургических предприятий	68
<i>Дьяченко М.Д., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»</i>	
Повышение надежности энергосистемы за счет централизованного мониторинга состояния линии электропередачи.....	70
<i>Жарков Ю.И., д.т.н., проф., Фигурнов Е.П., д.т.н., проф., Ростовский государственный университет путей сообщения</i>	
Проблемы организации защиты тяговой сети постоянного тока от коротких замыканий при повышенных токовых нагрузках	71
<i>Забарило Д. О. (ДНУЗТ)</i>	
Перспективи застосування аморфних сплавів для тягового електрорухомого складу	74
<i>Карзова О. О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна</i>	
Підвищення ефективності захисту електричних силових кіл електрорухомого складу	75

<i>Кирилюк Т.І., Калюжна І.С., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна</i>	
Встановлення закону розподілу втрат електроенергії в контактній мережі на основі методу Монте-Карло	76
<i>Кирилюк Т.І., Гуголько А.А., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна</i>	
Дослідження коефіцієнту втрат електроенергії в залежності від кількості поїздів на міжпідстанційній зоні	77
<i>Кирилюк Т. І., Остапівська М. С., Хань К. О. (ДНУЗТ)</i>	
Енергетична та економічна ефективність використання енергозберігаючих ламп	78
<i>Kirilyuk T.I., Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan</i>	
Improving the control method of energy losses in contact line of Ukrainian Railways.....	79
<i>Козаченко Д. Н., Березовый Н. И., Малаишин В.В. (ДНУЖТ)</i>	
Влияние конструкции сортировочного парка на энергоемкость маневровых операций, связанных с расформированием и формированием поездов	81
<i>Кравчук С. Л., Козачок В. М. (Південна залізниця), Босий Д. О. (ДНУЗТ)</i>	
Комплексні дослідження процесів електроспоживання на тягових підстанціях Південної залізниці.....	82
<i>Краснов Р.В., доцент, Михеев А., студент (ДНУЖТ)</i>	
Ветроэнергетика как одно из перспективных направлений энергетики будущего	82
<i>Крупко О. І., Шама О. В. (ДНУЗТ)</i>	
Зниження втрат електроенергії в тяговій мережі змінного струму шляхом використання симетруючих пристроїв	83
<i>Крупко О. І., Шама О. В. (ДНУЗТ)</i>	
Розробка заходів по симетруванню навантажень у системі тягового електропостачання змінного струму	84
<i>Кудряшов А.В., Мазуренко О.О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна</i>	
Основні напрямки зниження енергозатрат, пов'язаних з просуванням поїздів по залізничним лініям	85
<i>Кудряшов А.В., Мазуренко О.О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна</i>	
Скорочення енергозатрат на гальмування вагонів уповільнювачами при розформуванні составів на сортувальній гірці	86
<i>Кузнецов В. Г., Калашиников К. А. (ДНУЖТ)</i>	
Разработка модели транспортного потока для решения задачи уменьшения потерь электроэнергии в тяговой сети постоянного тока	87

<i>Кузнецов В.В., Николенко А.В., Национальная металлургическая академия Украины</i> Разработка структуры генератора случайных изменений напряжений в электрических сетях промышленных предприятий.....	89
<i>Кузнецов В.В., Николенко А.В. Национальная металлургическая академия Украины</i> Повышение надежности моделирования статистических характеристик линейных напряжений в цеховых сетях промышленных предприятий для реализации энерго- экономической модели асинхронного двигателя	89
<i>Кузнецов В.В., Николенко А.В., Национальная металлургическая академия Украины</i> Количественная оценка состояния качества электрической энергии в сетях промышленных предприятий	91
<i>Kulagin D.O., Zaporizhzhya national technical University</i> Efficient use of fuel and energy resources on the railway transport.....	92
<i>Курган М. Б., Лужицкий О.Ф., Хмелевська Н.П (ДНУЗТ)</i> Визначення показників силового впливу на залізничну колію і контактну мережу	93
<i>Курган М. Б., Байдак С.Ю., Черняков М.М. (ДНУЗТ)</i> Ефективність електрифікації ділянки Куми-Новомосковськ Придніпровської залізниці ...	95
<i>Лагута І. І., Фітін В. О. (Укрзалізниця), Сиченко В. Г. (ДНУЗТ)</i> Розробка рекомендацій щодо приєднання альтернативних джерел енергії до тягових підстанцій	97
<i>Лежнюк П.Д., Комар В.О., Петрушенко Ю.В., Вінницький національний технічний університет</i> Відновлювальні джерела електроенергії як засіб підвищення якості функціонування розподільних електричних мереж.....	97
<i>Лобач И.О. (НТУ «ХПИ»)</i> Определение эффективности перехода от однофазной к трехфазной системе электроснабжения.....	98
<i>Лобко А.В. (НТУ «ХПИ»)</i> Полупроводниковые преобразователи низковольтных распределительных электросетей .	99
<i>Логвінова Н.О. (ДНУЗТ)</i> Особливості енергооптимального графіка руху поїздів на залізницях України	100
<i>Максимчук В.Ф., начальник Головного управління електрифікації та електропостачання Укрзалізниці</i> Електрифікація і стратегія оновлення пристроїв електропостачання залізничного транспорту України	102
<i>Маляренко Е.А. (НТУ «ХПИ»)</i> Последовательные фотоэнергетические системы интегрированные с уличным и дорожным светодиодным освещением.....	104

<i>Марікуца С. Л., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Допуски на відхилення характеристик режимів електричного гальмування електровозів постійного струму	105
<i>Матусевич О.О., Петруняк Р.М. (ДНУЗТ)</i>	
Дослідження та вдосконалення системи діагностики тягової підстанції на базі SMART технологій.....	105
<i>Матусевич А.А. (ДНУЗТ)</i>	
Методологія використання риск – аналізу для прийняття рішення про залишковий ресурс електрообладнання тягової підстанції.....	106
<i>Міщенко Т.М. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Електроенергетичні аспекти при швидкісному руху поїздів	109
<i>Міронов Д. В. (ДНУЗТ)</i>	
Вдосконалення процесу технічного обслуговування обладнання тягових мереж шляхом впровадження системи управління ризиками.....	110
<i>Міронов Д. В. (ДНУЗТ)</i>	
Підвищення ефективності функціонування системи технічного обслуговування обладнання тягових мереж на основі процесного підходу	111
<i>Мямлин С.В., д.т.н., професор, Жижко В.В., к.т.н., Савченко К.Б., Федоров Е.Ф., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна</i>	
Проведение комплексных экспериментальных исследований новой железнодорожной техники	112
<i>Мямлин С.В., Гридасова А.В. (ДНУЖТ)</i>	
Оценка эффективности инновационных энергосберегающих проектов с учетом специфики железнодорожного транспорта.....	113
<i>Несенюк Т. А., Уральский государственный университет путей сообщения, (УрГУПС)</i>	
Совершенствование поиска неисправных изоляторов в сетях 6-10 кВ железнодорожных потребителей.....	114
<i>Нестерович В.В., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»</i>	
Анализ причин, вызывающих появление в электрических сетях составляющих токов и напряжений с частотами выше 2,5 кГц	115
<i>Новік Р.Б., Байдак С. Ю., Шолудько В. В. (ДНУЗТ)</i>	
Шляхи енергозбереження на тягу поїздів під час транспортування небезпечних вантажів	116
<i>Новосад Ю. С. (ДПТ)</i>	
Підвищення ефективності функціонування випробувача коротких замикань.....	117

<i>Павелек Р., Лодзинский технический университет, Польша, Саенко Ю.Л., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Украина</i>	
Влияние тяговых нагрузок на системы электроснабжения	118
<i>Павличенко М.Е., Васильев И.Л., (УрГУПС, Россия), Сыченко В.Г., (ДНУЖТ, Украина)</i>	
Повышение эффективности использования гелиоэнергетических систем в условиях дефицита энергоресурсов	119
<i>Панасенко М. В., д. т. н., Краснов О. О., магістр, Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України (ДНДЦ УЗ)</i>	
Основні напрямки підвищення енергоефективності існуючих типів електрорухомого складу змінного струму напруги 25 кВ, 50 Гц.....	120
<i>Папахов О.Ю. (ДНУЗТ)</i>	
Збільшення пропускної спроможності залізничного напрямку в умовах швидкісного руху пасажирських поїздів за рахунок з'єднання вантажних поїздів	121
<i>Пастушенко М. С., асистент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Необхідність та особливості керування аварійними режимами сонячних та вітрових електростанцій	122
<i>Полях О.М., кандидат технічних наук, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Інформативний аналіз системи діагностики тягових трансформаторів як інструмент ресурсозбереження	123
<i>Пономарьов О.М., Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара</i>	
Пристрій для теплотехнічних вимірювань на основі термоелектричних елементів кельте	124
<i>Портнов Е.М., д.т.н., Портнов М.Л., к.т.н. (МИЭТ, Москва)</i>	
Надежность и достоверность информации цифровой подстанции как части интегрированной системы телемеханики для контроля и учета электроэнергии.....	125
<i>Пушкова К. С., Кузнецов В. Г., Сиченко В. Г. (ДНУЗТ)</i>	
Удосконалення розрахунків на балансуєчому ринку електроенергії	125
<i>Пишнько А.Н., Скалозуб В.В. (ДНУЖТ)</i>	
Проблемы и информационные технологии энергосбережения железнодорожном транспорте Украины.....	126
<i>Рудевич Н.В., Национальный технический университет «Харковский политехнический институт»</i>	
Моделирование распространения высших гармоник в линиях электропередач электроэнергетической системы	127
<i>Саблин О.І., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i>	
Сучасний стан проблеми використання рекуперації електроенергії в системі електричного транспорту.....	129

<i>Саенко Ю.Л., Бараненко Т.К., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»</i>	
Современный подход к решению задач компенсации реактивной мощности и минимизации гармонических искажений в питающих электрических сетях	130
<i>Саенко Ю.Л., Бараненко Т.К., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»</i>	
Исследование случайных процессов изменений графиков нагрузок электротехнологических установок путем моделирования в MATLAB	131
<i>Саенко Ю.Л., Попов А.С., Бараненко Т.К., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»</i>	
Исследование дуговых перенапряжений в сетях с изолированной нейтралью с учетом стохастической природы заземляющей дуги	132
<i>Саенко Ю.Л., Попов А.С., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»</i>	
Идентификация режима феррорезонанса в сетях с изолированной нейтралью	133
<i>Сизоненко К. Ю., Сиченко В. Г. (ДНУЗТ)</i>	
Оцінка енергетичної доцільності переведення ділянок постійного струму на змінний	134
<i>Синчук О. Н., Харитонов А. А., Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет»</i>	
Исследование параметров тяговых контактных соединений в условиях железорудных шахт	135
<i>Сирота М.М.</i>	
Термины и определения нейтронной физики Андруса В.Ф.	136
<i>Сиченко В. Г., Босий Д.О. (ДНУЗТ), Міщенко С. М. (Укрзалізниця)</i>	
Проблема перетоків електроенергії між тяговими підстанціями змінного струму	137
<i>Скалозуб В.В., Иванов А.П. (ДНУЖТ)</i>	
Вопросы энергетической и стоимостной оптимизации режимов вождения поездов	138
<i>Скалозуб В.В. (ДИИТ), Соловьев В.П., Пуцко Н.Н. (МИИТ)</i>	
Проблемы энергосбережения железнодорожного транспорта и международные магистерские и докторские PhD программы проекта CITISET в области интеллектуальных транспортных систем	140
<i>Скалозуб В.В. (ДНУЗТ), Осовик В.М. (Південно-західна залізниця, м. Київ)</i>	
Розвиток інтелектуальних автоматизованих технологій в умовах інформаційного типу технолого-економічного зростання	140
<i>Сковрон І. Я, Демченко Є. Б. (ДНУЗТ)</i>	
Підвищення енергоефективності процесу формування маневрових передач у морські порти	142

<i>Скогарев И.Е., Кобозев А.Я., Демчук Р.Н., Гергель Н.А., Викторова Е.А. (ДНУЖТ)</i> Применение новых материалов для производства накладок токоприемника на электроподвижном составе железных дорог Украины	143
<i>Сокол Е.И., Гончаров Ю.П., Замаруев В.В., Стысло Б.А. (НТУ «ХПИ»)</i> Накопители электрической энергии в современных энергетических системах	144
<i>Сокол Е.И., Гончаров Ю.П., Ересько А.В., Замаруев В.В., Войтович Ю.С., Лобко А.В. (НТУ «ХПИ»)</i> Выпрямители с комбинированной фильтрацией первичного тока для систем электропитания с повышенной частотой	145
<i>Сокол Е.И., Гончаров Ю.П., Ересько А.В., Замаруев В.В., Войтович Ю.С. (НТУ «ХПИ»)</i> Силовые активные фильтры для систем электрического освещения	146
<i>Сокол Е.И., Гончаров Ю.П., Ересько А.В., Замаруев В.В., Ивахно В.В., Кривошеев С.Ю., Стысло Б.А. (НТУ «ХПИ»), Сыченко В.Г., (ДИИТ), Божко В.В. (ХФ «ГНИЦ «Укрзалізниця»)</i> Применение силовой электроники в системах энергосбережения на железнодорожном транспорте и в промышленности	147
<i>Сокол О.В., Арте'єв М.С., Примакин М. А., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна</i> Проблема залежності енергозбереження на залізниці від фізичної підготовки спеціалістів в їх оперативному реагуванні на подію	148
<i>Sunny Talreja, Shaheed Zulfikar Ali Bhutto Institute of Science and Technology, Karachi, Pakistan</i> Overview of the energy sector in Pakistan	151
<i>Титаренко І.В., Решетняк Т.П. (ДИТ)</i> Грунтові термоелектричні генератори	151
<i>Тодоренко В.А., Тюрютиков А.И., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»</i> Аварийные повторно-непрерывные режимы работы преобразователей электроэнергии .	152
<i>Устищенко Д.В., ДНУЗТ</i> Енергозбереження в електроприводі засобами електропривода	152
<i>Шапалов Д.Ю., ДНДЦ УЗ, Харьков</i> О выборе оптимальных сроков службы и межремонтных периодов оборудования контактных сетей железнодорожного транспорта	153
<i>Шаптала М. В. (ДИИТ), Шаптала Д. Е. (ДВНЗ «ПГАСА»), Решетняк Т. П. (ДИИТ)</i> Разработка математической модели процессов тепломассобмена открытого плавательного бассейна	154

<i>Швец О.М., Днепрпетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна</i> Планирование процессов энергосберегающей эксплуатации парков электродвигателей железнодорожных стрелочных переводов	155
<i>H. Seelmann, Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institute of Railway Constructions and Structures</i> Electric rail traction in Czech Republic and level of effectiveness and energy saving measures	156
<i>Шило С.І., Запорізький національний технічний університет</i> Покращення електромеханічних характеристик серієсних електродвигунів засобами силової електроніки.....	161
<i>Шкрабець Ф. П., Остапчук О. В. (НГУ), Сиченко В. Г., Полянська Ю. М. (ДНУЗТ)</i> Удосконалення роботи релейного захисту при приєднанні відновлювальних джерел енергії до тягових підстанцій	162
<i>Ягуп В.Г., д.т.н., проф. (Харьковский национальный университет городского хозяйства), Ягуп Е.В., к.т.н., доц. (Украинская государственная академия железнодорожного транспорта)</i> О компенсации реактивной мощности в системе тягового электроснабжения переменного тока.....	164

Аннотация

Название работы: Разработка конструкций и машиностроительных технологий создания грузовых вагонов нового поколения.

Претенденты: Анофриев В.Г., Ильчишин В.В., Кутишенко А.В., Можейко Е.Р., Мокрий Т.Ф., Позняков В.Д., Рейдемейстер А.Г., Ушкалов В.Ф., Шаповал А.В.

Работу представляет: Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна.

Цель: создание конструкций и технологий изготовления отечественного грузового подвижного состава нового поколения, что позволяет ускорить замену изношенного парка грузовых вагонов, повысить его продуктивность, снизить затраты на обслуживание в эксплуатации и ремонт.

Новизна: впервые в Украине разработаны конструкции семейств современных грузовых вагонов нового поколения с использованием уникальных машиностроительных технологий, которые связаны с созданием инновационных технических решений и оригинальных технологий сварки высокопрочных сталей. Использование разработанных конструкций грузовых вагонов нового поколения позволяет экономике Украины получать ежегодно не менее 150 млн. грн. Благодаря повышению конструкционной скорости, существенному уменьшению эксплуатационных затрат и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду.

Научно-практическая значимость: на железных дорогах Украины успешно эксплуатируются более 10 тыс. грузовых вагонов нового поколения, созданных с использованием уникальных машиностроительных технологий и изготовленных на ПАО «Крюковский вагоностроительный завод». Опыт эксплуатации грузовых вагонов нового поколения на железных дорогах Украины, стран СНГ и Евросоюза свидетельствует о высоком качестве и эксплуатационных характеристиках всех типов разработанных грузовых вагонов.

Публикации: По результатам выполнения разработки подготовлены к защите и защищены 12 докторских и 34 кандидатских диссертации, опубликовано более 300 научных работ, из которых 7 монографий и около 120 патентов на изобретения и полезные модели, в том числе около 60 патентов получено за рубежом. Только за последние годы разработанные изделия и технологии представлены более, чем на 60 выставках в Украине и за границей (Германия – Берлин, Россия – Москва, Санкт-Петербург, Беларусь, Казахстан, Узбекистан, Турция, Иран, Азербайджан, Туркменистан).

Abstract

Title: Development of design and machine manufacturing technologies for creation of new generation freight cars.

Pretenders: Anofriev V., Ilchyshyn V., Kutishenko O., Mozheiko E., Mokriy T., Poznyakov V., Reidemeister O., Ushkalov V., Shapoval A.

The work is presented by: Dniepropetrovsk national state university of railway transport named after academician V. Lazaryan.

Objective: to create design and manufacturing technologies for new generation rolling stock, that allows to accelerate the replacement of the worn freight car park, to increase its productivity, to diminish expenses on maintenance and repair.

Novelty: first in Ukraine the design of families of modern freight cars of new generation are developed with the use of unique machine-building technologies which are related to creation of innovative technical decisions and original technologies of welding of high strength steels. The use of the developed design of freight cars of new generation allows the economy of Ukraine gets annually no less than 150 million Uah Due to the increase of construction speed, substantial diminishing

Новизна: впервые в Украине разработаны конструкции семейств современных грузовых вагонов нового поколения с использованием уникальных машиностроительных технологий, которые связаны с созданием инновационных технических решений и оригинальных технологий сварки высокопрочных сталей. The use of the developed design of freight cars of new generation allows the economy of Ukraine gets annually no less than 150 million UAH due to the increase of construction speed, substantial diminishing of operating costs and diminishing of the negative affecting environment.

Scientific and practical meaningfulness: on the railways of Ukraine more than 10 thousand of freight cars of new generation, created with the use of unique machine-building technologies and made on JSC "Kryukov car building works" is successfully exploited. Experience of exploitation of freight cars of new generation on the railways of Ukraine, countries of the CIS and European Union testifies the high quality and operating performance of all types of the developed freight cars.

Publications: On results implementation developments prepared to defense and defended a 12 doctor and 34 candidate dissertation, the more than 300 works from which 7 monographs and about 120 patents on inventions and useful models are published, including about 60 patents are got abroad. Only the in the last few years developed products and technologies are presented more, than on 60 exhibitions in Ukraine and abroad (Germany – Berlin, Russia – Moscow, Saint Petersburg, Byelorussia, Kazakhstan, Uzbekistan, Turkey, Iran, Azerbaijan, Turkmenistan).

Науковий журнал «НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ».
Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного
транспорту»

Журнал входить до міжнародного кола періодичних наукових видань та внесений до Переліку наукових фахових видань України з технічних та економічних наук.

Місія журналу – сприяння глобальному обміну знаннями та забезпечення форуму для спілкування й взаємодії науковців світу з питань проблематики видання.

Мета журналу – висвітлення актуальних питань наукового супроводження транспорту, рухомого складу, транспортної інфраструктури, інформаційних й інтелектуальних систем на транспорті та оприлюднення результатів фундаментальних і прикладних досліджень, сучасних наукових підходів до розробки технологій, аналізу управлінських, економічних й екологічних аспектів роботи підприємств транспорту та транспортного будівництва, а також питань удосконалення діяльності вищої школи.

У складі редакційної колегії журналу – академіки, доктори та кандидати наук із Литви, Німеччини, Польщі, Росії, США, України, Чехії, які забезпечать якісне наукове подання авторських матеріалів із результатами наукових досліджень, експериментів та винаходів.

Журнал «Наука та прогрес транспорту. Вісник...» зареєстровано у міжнародних каталогах (UlrichswebTM Global Serials Directory, OCLC-WorldCat), наукометричних системах (DOAJ, Google Scholar, Polish Scholarly Bibliography, eLIBRARY.ru, CiteFactor, DRJI, Index Copernicus), пошукових службах і метасховищах наукової інформації (DRIVER, BASE, ResearchBib, Україніка наукова та ін.).

Видання включено до цифрових бібліотечних колекцій впливових університетів світу та національних бібліотек різних країн: UNIVERSIA (Іспанія), The Grove Online Library (Велика Британія), California State University (США) Monash University (Австралія), Erasmus Universiteit Rotterdam (Німеччина), University Georgia (США), Charles University in Prague (Чехія), Education for Scotland (Шотландія), State Library of New South Wales (Австралія), University of Sainte-Anne (Канада), Syracuse University (США), Simpson University (США), Leiden University (Німеччина), University of Groningen (Нідерланди), The University of Hong Kong (Китай), Universiteitsbibliotheek Rotterdam (Нідерланди) та ін.

Автори мають можливість публікувати **статті українською, російською та англійською мовами** у рубриках:

- | | |
|---|---|
| - Наука та прогрес транспорту | - Матеріалознавство |
| - Автоматизовані системи управління на транспорті | - Моделювання задач транспорту та економіки |
| - Екологія на транспорті | - Нетрадиційні види транспорту |
| - Економіка та управління | - Промисловий транспорт |
| - Експлуатація та ремонт засобів | - Рухомий склад залізниць і тяга поїздів |

транспорт

- Електричний транспорт
- Залізнична колія

- Транспортне будівництво
- Розвиток вищої школи

Переваги журналу «Наука та прогрес транспорту. Вісник...»:

1. Відкритий доступ до повних текстів статей на сайті журналу (<http://stp.diit.edu.ua/>)
2. Подання е-версій рукописів у будь-який час безпосередньо на сайт видання або е-пошту редакції
3. Швидкий та об'єктивний відгук рецензентів
4. Глобальний обмін знаннями завдяки відображенню видання у світових довідкових інформаційних системах, повнотекстових і наукометричних БД
5. Сприяння в отриманні ORCID – міжнародного цифрового ідентифікатора автора
6. Наявність цифрового архіву статей з моменту започаткування видання
7. Активна допомога чуйного персоналу редакції

Журнал «Наука та прогрес транспорту. Вісник...» є флагманом періодики з усіх проблем розвитку транспорту, який отримав міжнародне визнання як **впливове рецензоване видання.**

Запрошуємо до співпраці вчених, дослідників-практиків, винахідників – усіх творців нової науки. Ви зможете не тільки опублікувати в нашому журналі матеріали з результатами ваших досліджень, експериментів, винаходів. Ви отримаєте новий імпульс для подальшої наукової та винахідницької діяльності.

Керівникам підприємств, наукових проектів пропонуємо розмістити на сторінках журналу інформацію щодо інноваційних та інвестиційних проектів, нових зразків техніки та обладнання з метою інформування споживачів про ваші здобутки й переваги саме вашого підприємства.

Шановні автори! Співробітництво з журналом «Наука та прогрес транспорту. Вісник...» сприятиме створенню вашого позитивного іміджу в очах вітчизняної та світової наукової спільноти.

Передплатний індекс видання у каталогах передплатних агенцій «Укрпошта» та «Періодика» – 68926

Адреса редакції: вул. Лазаряна, 2, кім. 267, Дніпропетровськ, Україна, 49010

Тел.: (056) 371-51-05

E-mail: lib@b.diit.edu.ua, : visnik@diit.edu.ua

Сайт: <http://stp.diit.edu.ua/>



ISSN 2307-3489 (print)



НАУКА ТА ПРОГРЕС ТАНСПОРТУ

ВОСНОВ ДАВЕРОВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА ЗАКОННОГО ТРАНСПОРТУ
ИМЕНА АЛЕКСАНДРА В. ПОДКОПАНОВА

1 (43)

•• 2013 ••

<http://stp.diit.edu.ua/>



ПАО "КРЮКОВСКИЙ ВАГОНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД"



39621, Украина
г. Кременчуг, ул. И.Приходько, 139
телефон: +38(0536) 769505,
+38(0536) 769409
факс: +38(0532) 501421
www.kvsz.com
E-mail: kvsz@kvsz.com