

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



**МАТЕРИАЛЫ  
VII Международной  
научно-практической конференции  
“ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТА”  
“ТРАНСЭЛЕКТРО - 2014”  
(23.10 - 26.10.2014)**

Одесса - Днепропетровск  
2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ИМЕНИ АКАДЕМИКА  
В. ЛАЗАРЯНА

ВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
ТРАНСПОРТНОЙ АКАДЕМИИ УКРАИНЫ

ООО «ЭЛЕКТРОТЯГОВЫЕ СИСТЕМЫ»



**Материалы**  
**VII Международной научно-практической конференции**  
**ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТА**  
**«ТРАНСЭЛЕКТРО-2014»**  
**(технические и экономические науки)**

**Матеріали**  
**VII Міжнародної науково-практичної конференції**  
**ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТРАНСПОРТУ**  
**«ТРАНСЕЛЕКТРО-2014»**  
**(технічні та економічні науки)**

**Proceedings**  
**of the VII International Scientific Conference**  
**ELECTRIFICATION ON TRANSPORT**  
**«TRANSELECTRO - 2014»**  
**(technical and economic sciences)**

23 – 26 октября 2014 г.

Одесса – Днепропетровск  
2014

**УДК 621.331**

**Электрификация транспорта «ТРАНСЭЛЕКТРО – 2014»:** Материалы VII Международной научно-практической конференции (Одесса - Днепропетровск, 23 – 26 октября 2014 г.) – Д.: ДНУЖТ, 2014. – 115 с.

В сборнике представлены материалы VII Международной научно-практической конференции «Электрификация транспорта «ТРАНСЭЛЕКТРО – 2014», которая состоялась 23 – 26 октября 2014 г. в г. Одесса, Днепропетровск.

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., проф. (ДИИТ, Украина) - заместитель председателя  
Гетьман Г.К. - д.т.н., проф. (ДИИТ, Украина) - заместитель председателя  
Сыченко В.Г. – д.т.н., доц. (ДИИТ, Украина) - заместитель председателя

Адрес редакционной коллегии:

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

Материалы в сборнике печатаются на языке оригинала в редакции авторов.

## НАУЧНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

### **Сопредседатели:**

Пшинько А.Н. – д.т.н., проф., ректор ДИИТа;

Максимчук В.Ф. – начальник Главного управления электрификации и электроснабжения Укрзализныци.

### **Заместители председателя комитета:**

Мямлин С.В. – д.т.н., проф., проректор по научной работе ДИИТа;

Гетьман Г.К. – д.т.н., проф. зав. кафедрой Электроподвижной состав железных дорог ДИИТа;

Сыченко В.Г. – д.т.н., доц., зав. кафедрой Электроснабжения железных дорог ДИИТа.

### **Члены научного комитета:**

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

Бадер М.П. – д.т.н., проф. (МИИТ, Россия)

Бялонь А. – к.т.н. (Институт ж.д. транспорта, Польша)

Вайчюнас Г. – д.т.н., проф. (Вильнюсский технический ун-т им. Гедиминаса, Литва)

Васяк И. – д.т.н., проф. (Лодзинская политехника, Институт электроэнергетики, Польша)

Денисюк С.П. – д.т.н., проф. (НТУУ КПИ, Украина)

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

Иньков Ю. М. – д.т.н., проф. (МИИТ, Россия)

Кричевский М. – проф. (SATEC, Израиль)

Кузнецов В.Г. – д.т.н., доц., (ДИИТ)

Лагута И.И. – главный инженер ЦЭ (Украина)

Омарбеков А.К. – д.т.н. (Казахстан)

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

Саенко Ю.Л. – д.т.н., проф. (ПГТУ, Украина)

Сергеев Д.А. – д.т.н., проф. (РГТУ, Латвия)

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

Спискала В. – д.т.н., проф. (Остравский технический университет, Чешская республика)

Торок А. – к.т.н. (Будапештский университет технологии и экономики, Венгрия)

Шелонг А. – д.т.н., проф. (Варшавская политехника, Польша)

Фитин В.А. – нач. технического отдела ЦЭ (Украина)

### **Секретарь конференции:**

Кирилук Т.И. – к.т.н., доц. кафедры Электроснабжения железных дорог ДИИТа.

## **СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»**

### **ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВЛИЯНИЯ ТЯГОВОЙ СЕТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА СМЕЖНЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОММУНИКАЦИИ**

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

На электрифицированный железнодорожный транспорт приходится более чем восемьдесят пять процентов объемов всех железнодорожных перевозок. Увеличение пассажиропотока и количества перевозимых грузов используя этот вид транспорта влечет за собой рост потребляемых энергоресурсов, что создает предпосылки к обновлению используемого устаревшего оборудования энергообеспечения тяговых подстанций и электроподвижного состава, как единой системы для улучшения слаженной и бесперебойной работы электрифицированного железнодорожного транспорта. Замена ранее используемого оборудования более современным, необходима для улучшения качества электроэнергии тяговой сети, повышения надежности электроснабжения железнодорожного состава и осуществления минимизации вмешательства при обслуживании постоянным оперативным персоналом. Однако полностью изменить имеющиеся на данный момент инфраструктуру системы электроснабжения, так и техническое оснащение электроподвижного состава не представляется возможным, что требует разработки новых, модернизированных схемных и технических решений в системе тягового электроснабжения постоянного тока.

Для того, чтобы удовлетворить ужесточающиеся требования по качеству электроэнергии внешних энергетических сетей – поставщиков производится постепенный переход на двенадцатипульсовые выпрямители, которые характеризуются меньшими искажениями кривой напряжения на стороне трехфазного тока. Однако преобразование электрической энергии выпрямительно-инверторными агрегатами приводит к искажению питающего напряжения и тока, который протекает в тяговой сети, что в свою очередь вызывает возникновение токов высших гармоник. Эти токи оказывают электромагнитное влияние на смежные коммуникации и существенно воздействуют на аппаратуру системы тягового электроснабжения. Так же электромагнитная совместимость тяговой подстанции постоянного тока с оборудованием и смежными электроустановками ухудшается при эксплуатации электрического подвижного состава с импульсными преобразователями, которые генерируют в контактную сеть несвойственные ей гармонические составляющие.

Одним из путей повышения качества электроэнергии в системах электроснабжения контактной сети постоянного тока является нахождение оптимального схемного решения стабилизированной тяговой подстанции постоянного тока. Поэтому, для модернизации тяговых подстанций постоянного тока, актуальной задачей является исследование электромагнитных процессов происходящих на подстанциях с применением бесконтактной аппаратуры, имеющей высокое быстродействие.

Целью статьи является исследование электромагнитного влияния стабилизированной тяговой подстанции на электротехнические коммуникации и аппаратуру системы тягового электроснабжения путем проведения исследований на ранее полученной модели «тяговая подстанция – электроподвижной состав постоянного тока» при различных режимах работы тяговой подстанции.

Выводы. Анализ полученных результатов позволяет сформулировать рекомендации по выбору параметров фильтрующих элементов тяговой подстанции для снижения влияния на смежные коммуникации и аппаратуру тяговой сети. Указанные

рекомендации позволяют синтезировать фильтры, обеспечивающие электромагнитную совместимость импульсного регулирования с системой тягового электроснабжения и снижают влияние на системы безопасности и связи.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЦЕЛЕВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ПРЕДПРИЯТИИ**

Антонов А. В., Коломиец Е. Ю., Днепропетровский национальный университет  
железнодорожного транспорта им. акад. Лазаряна

В условиях рыночной экономики и постоянного роста энергетической составляющей, в затратах на производство продукции и оказание услуг, особенно важным становится управление энергоресурсами – энергетический менеджмент.

Как показывает мировая практика, повышение энергоэффективности достигается в основном за счет организационных изменений в системе управления энергохозяйством, то есть, за счет внедрения самой системы энергетического менеджмента и улучшения уже существующей. Решение вопросов по энергоэффективности, в рамках энергетического менеджмента, приводит не только к уменьшению энергозатрат, но и дает возможность увеличить прибыльность предприятия и конкурентоспособность.

В качестве основы системы энергоменеджмента можно применить метод целевого энергетического мониторинга (ЦЭМ), который положительно зарекомендовал себя во всем мире.

Метод целевого энергетического мониторинга получил распространение на крупных промышленных предприятиях развитых стран мира, в качестве одной из частей общей структуры управления предприятием. Известно, что внедрение ЦЭМ снижает текущие расходы на энергоресурсы в денежном выражении на 10-20% без дополнительных затрат на модернизацию технологии. Применение ЦЭМ, является первоочередной мерой в комплексной программе по повышению энергоэффективности предприятия.

Предлагается применить ЦЭМ на базе железнодорожных подразделений. Для организации качественной работы ЦЭМ необходимо создание четкой организационной структуры, ответственной за его функционирование, ядром такой структуры выступает чаще отдел энергетического менеджмента, а периферийными звеньями, в свою очередь, центры энергетического учета.

Для построения ЦЭМ, предприятие необходимо разбить на отдельные центры энергетического учета (ЦЭУ):

- мощные потребители электроэнергии;
- подразделения предприятия;
- отдельно стоящие здания;
- системы (отопления, вентиляции, кондиционирования, подготовки сжатого воздуха, освещение);
- предприятие в целом.

Разделение предприятия на отдельные ЦЭУ может проводиться различными способами, однако, от правильности организации этого этапа зависит общая эффективность работы ЦЭМ. Каждый из выделенных ЦЭУ является обособленным потребителем, основной характеристикой которого, служит количество потребленного энергоресурса данного вида за учетный период. Эти сведения регулярно собираются со всех ЦЭУ в конце каждого учетного периода и поступают в отдел энергоменеджмента. Но, данных об энергопотреблении еще недостаточно для проведения анализа

энергоэффективности. В дополнение, по каждому ЦЭУ собираются данные о факторах, которые влияют на энергопотребление.

Успешное введение энергетического менеджмента в большей степени зависит от отношения к нему руководства предприятия, первоначальный планируемый эффект от внедрения метода составляет 8-12% экономии энергоресурсов, которые потребляются подразделениями предприятия.

## **РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ІЗОЛЬОВАНИХ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ КОНСОЛЕЙ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ЗМІННОГО СТРУМУ НАПРУГИ 25 КВ ДЛЯ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ ДО 200 КМ/ГОД**

Божко В. В., Демченко С. В., ДП «ДНДЦ УЗ»

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

Для забезпечення експлуатації швидкісного і високошвидкісного електрорухомого складу інфраструктура таких ліній повинна відрізнятися за конструкцією і характеристиками від інфраструктури залізниць із швидкостями руху до 160 км/год. Необхідність надійного струмознімання при високих швидкостях руху привела до значних конструктивних змін в контактній мережі. Одночасно з мінімізацією маси елементів контактної мережі та підвищенням її еластичності підвищуються і механічні навантаження, які виникають при підвищеному натягу несучого тросу та контактного проводу. У таких умовах особливо актуальним стає питання механічної стійкості та міцності несучих конструкцій контактної мережі під дією несприятливих кліматичних факторів.

У рамках проекту контактної мережі змінного струму напругою 25 кВ для швидкостей руху до 200 км/год для залізниць України (КМ-200-25) фахівцями ДНДЦ УЗ були розроблені консолі та проведені розрахунки на міцність цих консолей для експлуатації в кліматичних умовах України. Розроблені консолі є ізольованими трубчастими горизонтальними. Типова консоль складається з горизонтального та похилого стрижнів, підкосу, основного стрижня фіксатора та жорсткої розпірки, з'єднаних між собою спеціальними вузлами. Елементи консолей виконані зі сталевих безшовних холоднодеформованих труб (сталь В20 по ГОСТ 8733-87, розрахунковий опір по межі текучості 245 МПа) таких сортamentів:

- горизонтальний і похилий стрижні — труба 60x5 (зовнішній діаметр труби 60 мм, товщина стінки труби 5 мм);
  - підкіс — труба 42x4;
  - основний стрижень прямого фіксатора — труба 42x4 або 50x5;
  - основний стрижень зворотного фіксатора — труба 50x5;
  - жорстка розпірка між основним і похилим стрижнями фіксатора — труба 28x2,5.
- Усі елементи консолей мають захисне цинкове покриття.

Згідно з вітчизняними нормами проектування контактної мережі розрахунки на міцність ізольованих горизонтальних консолей виконувалися для наступних умов:

- розрахункові райони: за ожеледдю 4, за вітровим тиском 5, за вітровим тиском при ожеледі 4;
- розрахункового інтервалу температур 80°C: від мінус 40°C до плюс 40°C;
- максимальної довжини прольотів 65 м на прямих ділянках колії та 55 м на кривих;
- мінімального радіусу кривих 1500 м.

За результатами розрахунків найбільші навантаження на несучі елементи контактної мережі мають місце в режимі ожеледі з вітром при напрямку вітру від колії до опори. Тому саме для цього режиму були виконані розрахунки розтягуючих та стискаючих зусиль у стрижнях консолей і визначені згинальні моменти. За знайденими значеннями зусиль і моментів проведено перевірочні розрахунки на міцність та стійкість. Отримані результати свідчать про те, що розроблені ізольовані горизонтальні консолі мають достатню механічну міцність та стійкість для експлуатації на швидкісних магістралях України.

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИНТЕГРАЦИИ ОБЪЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ**

Бадёр М. П., МГУПС (МИИТ)

Развитие народного хозяйства требует увеличения производства электроэнергии, повышения её качества и всемерного энергосбережения. В соответствии с отраслевыми программами, энергетической стратегией, научно-технической политикой в новых экономических условиях работы электротехнических комплексов, в качестве главного направления принята программа энергосбережения. Надежная (бесперебойная) поставка электроэнергии является важнейшей составляющей жизнеобеспечения современной среды обитания людей, эффективного функционирования общественного производства. Перебои в электроснабжении по масштабам ущерба могут быть причислены к наиболее опасным видам бедствий, наносящим удар по национальной экономике и по благополучию людей. Поэтому обеспечение надежности электроснабжения потребителей требует повышенного внимания при любой форме экономических отношений в обществе. В связи с возросшими стоимостями энергоресурсов, возникновением новых экономических условий работы электротехнических комплексов, проблема повышения надежности функционирования электроэнергетической отрасли и экономического снабжения потребителей электрической энергией требуемого качества приобретает все более актуальное значение. Эта проблема является комплексной и для ее решения рассматривается ряд основных научных задач, в том числе проводится обоснование принципов и методических приемов модернизации систем электроснабжения и интеграции объектов распределенной генерации в электрические сети.

Научно обоснованные методы анализа и параметрического синтеза электротехнических комплексов, развития электрической техники на современном этапе позволяют находить пути совершенствования систем электроснабжения, приводящих к снижению энергетических затрат. При этом особую актуальность получают задачи по созданию и апробации научно-обоснованных методов улучшения технико-экономических показателей и эффективности технологий модернизации и интеграции объектов распределенной генерации в электрические сети.

Разработана методология модернизации систем электроснабжения как сложного процесса последовательного решения разных по своему характеру взаимоувязанных задач с использованием основополагающих концепций и принципов: системности, оптимальности, преемственности и электромагнитной совместимости систем распределенного электроснабжения с технологическими и техническими потребителями электроэнергии.

На основе исследований показано, что делительная автоматика, позволяющая при аварии в сети выделить на автономную работу электростанцию со своими собственными нуждами и местной нагрузкой (или частью местной нагрузки), – одно из известных средств ограничения распространения аварии. Отделение от сети электростанции со

своими собственными нуждами и нагрузкой на генераторном напряжении в случаях, когда величина отделяемой нагрузки превышает располагаемую мощность питающих ее генераторов, может приводить как к понижению частоты, если устойчивость двигателей в нагрузке не нарушается, так и к повышению частоты. Последнее обуславливается дефицитом реактивной мощности и лавиной напряжения.

Объемы разгрузки предлагается определять вариантными расчетами электромеханических переходных процессов. Такие расчеты не отличаются от обычных, но требуют правильного учета состава отделяемых нагрузок (соотношения между двигательной и статическими компонентами нагрузки), от чего решающим образом зависит уровень устойчивости нагрузки.

Определено значение критического дефицита активной мощности и показано, что если фактический дефицит больше критического значения, то происходит нарушение работы всех электроприемников. Лавина напряжения, сброс нагрузки, повышение частоты зависят не только от наличия короткого замыкания и от состава нагрузки, но и, в большой степени, от того, как местная реактивная нагрузка распределяется в доаварийном режиме между местными генераторами и сетью. Чем меньше поток реактивной мощности от этих генераторов, тем больше вероятность того, что дефицит мощности окажется больше критического, то есть итогом срабатывания делительной автоматики будет лавина напряжения и повышение частоты.

На основе исследований решена комплексная проблема интеграции объектов распределенной генерации в электрические сети, разработан соответствующий интегрированный подход решения этой задачи, сформулированы предложения и даны практические рекомендации конструкторским организациям по перспективным технологиям разработки составных частей систем распределенного электроснабжения. Установлено, что генерирующие установки объектов распределенной генерации должны иметь алгоритм регулирования скорости вращения, который позволяет генератору работать со статизмом по частоте независимо от наличия и мощности параллельно работающих электростанций. Генерирующие установки должны без отключения выдерживать режимы короткого замыкания с длительностью, ограничиваемой нагревом генератора.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯМИ ИНВЕРТОРА АСИНХРОННО-ВЕНТИЛЬНОГО КАСКАДА НА НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ**

Бараненко Т. К., Саравас В. Е., ГБУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Работа любого типа частотно-регулируемого электропривода (ЧРЭ) сопровождается генерированием гармонических искажений в питающую сеть. Это связано с особенностями формирования кривых выходных напряжений и входных токов преобразователя частоты, входящего в состав ЧРЭ. Так как внедрение частотно-регулируемого электропривода приводит к улучшению использования мощности механизмов, увеличению производительности труда и экономии энергоресурсов, на сегодняшний день регулируемый электропривод повсеместно внедряется в различных областях современной промышленности и народного хозяйства. Следовательно, исследование влияния ЧРЭ на качество электрической энергии питающей сети является актуальной задачей.

Электропривод по схеме асинхронно-вентильного каскада (АВК) является одним из видов ЧРЭ. Асинхронно-вентильный каскад позволяет бесконтактно осуществлять

плавный пуск и регулирование скорости асинхронного двигателя с фазным ротором, регулируя величину скольжения ротора электродвигателя путем введения регулируемой противо-ЭДС в цепь ротора. Регулирование ЭДС ротора обеспечивается изменением угла управления вентилями инвертора  $\beta$ .

Рассмотрен вопрос влияния АВК на показатели качества электроэнергии питающей сети. Для исследования использован метод комбинированного имитационного моделирования, с помощью которого получена информация о гармонических искажениях сетевого тока и напряжения, вносимых преобразователем частоты.

С помощью имитационной модели АВК определен уровень гармонических искажений с учетом множества факторов, которые, при использовании других методов, выносятся в допущения, снижая тем самым точность полученных результатов. Так, например, в ходе исследования получены характеристики и выявлено влияние на показатели качества питающей сети угла управления вентилями инвертора  $\beta$ . С помощью амплитудно-частотных спектров, полученных путем применения быстрого преобразования Фурье непосредственно к кривым изменения входного напряжения и входного тока исследуемой имитационной модели, сделан вывод о том, что, наряду с высшими гармониками, в спектре присутствуют также интергармоники. Рассчитаны зависимости изменения некоторых высших гармоник входного напряжения, а также их боковых составляющих от угла управления вентилями инвертора  $\beta$  в диапазоне от  $15^\circ$  до  $85^\circ$ . Показано, что в диапазоне  $15^\circ < \beta < 45^\circ$  уровни боковых составляющих возрастают аналогично высшим гармоникам и уменьшаются при  $45^\circ < \beta < 85^\circ$ . Сформулирован вывод о том, что, характер изменения интергармоник, генерируемых вентильным каскадом в питающую сеть, аналогичен характеру изменения высших гармоник.

В работе приведены результаты расчета коэффициента несинусоидальности сетевого напряжения исследуемого АВК без учета и с учетом интергармоник. Показано, что величина коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, рассчитанная только с учетом ВГ, составляет в некоторых случаях менее 90 % от коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, рассчитанного с учетом ИГ. Проведенные эксперименты показали необходимость учета интергармоник при оценке несинусоидальности кривой питающего напряжения.

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Борисовская Ю. А., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

В последнее время началось интенсивное внедрение скоростного и высокоскоростного движения, что требует поддержания необходимого уровня напряжения в тяговой сети. Актуальной по-прежнему остается проблема расширения полигона электрификации и грузопотока на нем. В связи с этим появилась потребность в повышении тягово-энергетических возможностей существующих видов электрической тяги.

Преимущественное применение на участках с тяжеловесными и скоростными поездами с большим электропотреблением получила система однофазного переменного тока напряжением 25 кВ и частотой 50 Гц. Существует множество способов совершенствования этой тяговой сети, но важным направлением в повышении надежности и эффективности по-прежнему остается ее усиление. Это связано с использованием усиливающих и экранирующих проводов, а также устройств емкостной

компенсації. Однак, застосування електричної тяги на однофазному змінному струмі має ряд проблем, пов'язаних з несиметрією навантажень і живлячих напруг, навантаженням мережі реактивними струмами, сильним електромагнітним впливом на всі сусідні пристрої, які так і не були усунені.

Ціх проблем можна уникнути, використовуючи систему електричної тяги постійного струму. Одним з головних напрямків підвищення енергетичної ефективності існуючої системи тягового електропостачання постійного струму 3 кВ є безпосереднє підвищення напруги в контактній мережі і на електроподвижном складі до 6, 12 або 24 кВ.

Рівень напруги в контактній мережі постійного струму 24 кВ дозволяє різко підвищити пропускну здатність, збільшити відстань між підстанціями, знизити переріз проводів тягової мережі, зменшити втрати електроенергії в пристроях електропостачання, повністю усунути несиметрію живлячої напруги. Все це свідчить про те, що система постійного струму може перевершити за ефективністю всі системи змінного струму.

Підвищення напруги в мережі постійного струму до 24 кВ вимагає рішення деяких завдань, пов'язаних з посиленням ізоляції окремих елементів тягової мережі, розробкою комутаційної і іншої апаратури з підвищеним номінальним напругою, створенням нових видів ЕПС, забезпеченням електромагнітної сумісності системи тягового електропостачання підвищеної напруги з пристроями зв'язі і залізничною автоматикою. Але, тим не менше, ці проблеми вирішювані, і розробки по деяким питанням вже ведуться.

Також одним з ефективних способів посилення тягового електропостачання є застосування систем розподіленого живлення. Для живлення контактної мережі в цьому випадку використовуються трансформаторні пункти, які підключаються до довільної лінії електропередачі підвищеної напруги змінного або постійного струму. Цей спосіб удосконалення тягової мережі є більш простим і вивченим, а також має ряд переваг: зменшується переріз проводів контактної мережі і втрати енергії, стає можливим підтримувати необхідний рівень напруги в контактній мережі. Однак, розробка такої системи – непросте завдання, що вимагає рішення важливих питань, пов'язаних з розташуванням і кількістю трансформаторних пунктів, способом їх живлення, елементної базою.

## **ПРОБЛЕМИ ЕФЕКТИВНОЇ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЕЛЕКТРОРУХОМОМУ СКЛАДУ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ**

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

Електрифікація залізниць України виконана двома системами електричної тяги постійного струму 3,3 кВ та змінного 27,5 кВ. Історично так склалося, що постійним струмом 3,3 кВ електрифіковані перші ділянки, а відповідно змінним – більш нові та ті, які зараз наново електрифікуються. Відношення розгорнутої довжини електрифікованих ліній постійного та змінного струму складає приблизно 50 до 50 %. В загальному балансі електричної енергії країни залізничним транспортом споживається близько 4-5 % виробленої електроенергії.

Адміністрації залізниць постійно проводять роботу з аналізу та зменшенню різноманітних складових втрат електроенергії в системах електропостачання. Оскільки електрична енергія є специфічним товаром, частина якого обов'язково втрачається при транспортуванні, то в кожен момент часу має відбуватися баланс між виробленою та

спожитою електроенергією, то в будь-якій електроенергетичній системі завжди будуть актуальними задачі зменшення втрат електроенергії і підвищення техніко-економічних показників роботи.

Структура споживання електроенергії залізницями постійного та змінного струму відносно однакова. Більше половини всієї електроенергії, яка перероблюється тяговими підстанціями, витрачається безпосередньо на тягу поїздів. Інша частина відпускається стороннім транспортним та нетранспортним споживачам. Крім цього частина витрачається на забезпечення власних потреб перевізного процесу. В окремих регіонах країни, мають місце деякі порушення вказаного співвідношення внаслідок перерозподілу вантажопотоків та приєднання до тягових підстанцій джерел альтернативної енергетики.

Лібералізація комерційних відносин в електроенергетиці України дозволяє кожній залізниці оптимізувати витрати на закупівлю електроенергії, купуючи її у різних постачальників та самій виступати в якості суб'єкту ринкових відносин. Основними проблемами, з якими стикаються залізниці при передачі та постачанні електричної енергії є:

- неточний облік електроенергії на електрорухомому складі;
- невідповідність втрат в тяговій мережі розрахунковим;
- транзитні перетікання потужності тяговою мережею;
- невідповідність режиму напруги в тяговій мережі;
- низька якість електроенергії у сторонніх споживачів;
- неефективна компенсація реактивної потужності;
- відсутність засобів оперативного контролю та прогнозування режимів роботи.

За кожною з вказаних проблем кафедрою Електропостачання залізниць проводяться науково-дослідні роботи, направлені на їх вирішення.

Так, у частині оптимізації режимів компенсації реактивної потужності проведені декілька досліджень, які дозволяють знизити несиметрію напруги тягових підстанцій змінного струму. Розроблена методологія комплексних вимірювань показників якості електроенергії для тягових мереж постійного та змінного струму, з послідуною обробкою результатів вимірювань та видачею рекомендацій по усуненню недоліків. Проводяться роботи з модернізації системи обліку електричної енергії на електрорухомому складі та оптимізація режимів напруг в мережах тягового і районного електропостачання. Розроблюється система оперативного контролю і прогнозування режимів роботи електрифікованих ділянок залізниць.

## **ПРОБЛЕМА НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ ЗМІННОГО СТРУМУ**

Босий Д. О., Дрюк В. В., Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту імені В. Лазаряна

При застосуванні на тягових підстанціях змінного струму тристрижневих трансформаторів живлення тягового навантаження здійснюється напругою 27,5 кВ від обмоток, з'єднаних за схемою трикутника. При цьому від кожної тягової підстанції живляться дві фідерні зони, які приєднуються до двох вершин трикутника, третя вершина приєднується до рейкової мережі. Несиметрія первинних струмів для даної схеми підключення, змінюється в межах від 50 до 100 %, при чому мінімальне значення має місце за умови рівності струмів навантаження в плечах живлення.

В якості «корисної» потужності трансформатора за наявності несиметрії розуміється потужність, яка відповідає струму прямої послідовності. Потужність трансформатора, яка відповідає струму прямої послідовності при такому навантаженні,

коли в одній з фаз (обмоток) струм сягає номінального значення, прийнято називати тією, що є у розпорядженні. Відношення цих потужностей характеризує ступінь використання трансформатора. Розрахунки з певними припущеннями показують, що в середньому потужність трансформатора для граничних умов несиметрії складає величину від номінальної потужності.

Однією з причин низької ефективності традиційного способу симетрування є наявність окремих міжпідстанційних зон, енергоспоживання яких різко відрізняється від суміжних. Інша причина пов'язана з нерівномірністю руху поїздів, особливо підвищеної ваги, внаслідок чого навантаження всіх тягових підстанцій, що утворюють «гвинт», відносно рідко бувають співмірними за величиною.

Приведені обставини призводять до збільшення одного з важливих показників якості електроенергії у живлячих енергосистемах та розгалужених мережах електропостачання, які взаємодіють з тяговими підстанціями, – несиметрії напруги за зворотною послідовністю.

Кількісно несиметрія напруги характеризується коефіцієнтами несиметрії напруги за зворотною та нульовою послідовностями. Нормально допустиме та гранично допустиме значення коефіцієнта несиметрії напруги за зворотною послідовністю в точках загального приєднання до електричних мереж дорівнює 2,0 і 4,0 % відповідно.

Якість електричної енергії за коефіцієнтом несиметрії напруги за зворотною послідовністю в точках загального приєднання вважають такою, що відповідає вимогам стандарту, якщо найбільше з усіх виміряних протягом 24 год значень коефіцієнтів несиметрії не перевищує гранично допустимого значення, а значення коефіцієнта несиметрії напруги, яке відповідає імовірності 95 % за встановлений період часу, не перевищує нормально допустимого значення.

Отже для зниження несиметрії традиційно застосовується різне підключення фаз трансформаторів тягових підстанцій до фаз ліній зовнішнього електропостачання із забезпеченням умови паралельної роботи. Але цей метод симетрування не досить ефективний для живильних електроенергетичних систем з потужністю короткого замикання.

## **СПОСОБИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЯХ ЗМІННОГО СТРУМУ**

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

На сьогоднішній день на ділянках залізниць, електрифікованих змінним струмом, зазвичай споживання реактивної потужності співвимірне з споживанням активної. В деяких випадках, за наявності вирівнювальних струмів може мати місце також відносне перевищення величини реактивної електроенергії над активною. У зв'язку з цим, на вводах тягових підстанцій мають відносно низький коефіцієнт потужності ( $\lambda = 0,7 \dots 0,85$ ).

Реактивна потужність характеризує енергію, що коливається між електричним колом і джерелом, разом з чим додатково завантажує елементи системи електропостачання. В результаті збільшуються втрати активної електроенергії і напруги, зменшується встановлена потужність відповідних пристроїв.

З метою підвищення ефективності роботи електричної тяги виникає необхідність у використанні конденсаторних батарей для компенсації реактивної потужності. Пристрої поперечної компенсації, що вмикаються паралельно навантаженню, дозволяють підвищити коефіцієнт потужності, збільшити рівень напруги в контактній мережі і, в деяких випадках, знизити коефіцієнт несиметрії струмів тягової підстанції.

Потужність компенсуючого пристрою і спосіб його підключення (на підстанції чи посту секціонування) визначається на підставі техніко-економічного розрахунку.

За відомим значенням потужності компенсуючого пристрою  $Q_K$  визначаються параметри конденсаторної батареї з огляду на номінальну напругу та допустимий струм навантаження косинусних конденсаторів. Також визначають кількість послідовно включених конденсаторів, та кількість віток паралельно включених конденсаторів для збільшення навантажувальної здатності

З метою підвищення напруги на струмоприймачі електровозу можуть застосовуватись пристрої поздовжньої компенсації. Оскільки зниження напруги в контактній мережі відбувається за рахунок втрат напруги в основному на індуктивному опорі трансформаторів і мережі, то включення послідовно з навантаженням ємності призводить до зменшення результуючого реактивного опору, і, як наслідок, до збільшення напруги на струмоприймачі.

Пристрій поздовжньої компенсації можна включити у живлячий фідер «відстаючої» чи «випереджаючої» фази, у заземлений вивід трансформатору (відсос), а також в контактну мережу на перегоні. При цьому, у кожному випадку вплив поздовжньої компенсації на режим напруги в контактній мережі буде різним.

До переваг регулювання напруги в контактній мережі з допомогою поздовжньої компенсації слід віднести: інерційність, автоматичність і безконтактність.

Ступінь компенсації втрат напруги залежить від величини ємності пристрою поздовжньої компенсації. При включенні поздовжньої компенсації у живлячий фідер ємність пристрою визначають виходячи з бажаного збільшення напруги в контактній мережі за формулою

Отже для ефективної роботи пристроїв електропостачання необхідне, зменшення втрат в тяговій мережі необхідне використання компенсуючих пристроїв.

## **СТАБІЛІЗАЦІЯ НАПРУГИ НА СТРУМОПРИЙМАЧЕВІ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ВИСОКОШВИДКІСНИХ МАГІСТРАЛЕЙ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

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

Завдання підвищення енергетичної ефективності електрифікованих ліній в умовах реформування залізничного транспорту є однією з найважливіших проблем. Прагнення забезпечити конкурентоспроможність перевізного процесу викликало збільшення швидкості руху пасажирських поїздів до 250-300 км/год, формування великовагових складів з масою до 10-12 тис.т, організації пакетного графіка руху, без зниження рівня безпеки при високих показниках якості споживаної електроенергії і виконанні графіка руху поїздів.

Найбільш серйозні проблеми виникають при організації швидкісного руху на ділянках постійного струму. Досвід показав, що швидкісний рух характеризується різкозмінним імпульсним електроспоживанням, підпорядкованим випадковим законам розподілу. Незначне збільшення швидкості вимагає істотного посилення тягового електропостачання.

Все це, а також значні втрати енергії в контактній мережі зобов'язують служби експлуатації застосовувати ряд заходів, що поліпшують техніко-економічні показники роботи системи електропостачання тяги і всієї електрифікованої ділянки.

Основними варіантами підсилення, застосовуваними в умовах експлуатації, є: будівництво пунктів паралельного з'єднання, застосування потужних 12-пульсових

перетворювальних агрегатів, збільшення перерізу контактної підвіски і введення пристроїв регулювання напруги на тягових підстанціях.

На довгих міжпідстанційних зонах вантажонапружених ділянок збільшення перерізу контактної мережі не дає потрібного ефекту. На міжпідстанційних зонах протяжністю більше 25 км навіть введення автоматичного регулювання аж до максимальної напруги на тягових підстанціях 3700 В не забезпечує номінальної напруги на електровозах 3000 В. Тобто в ряді випадків не рятує становища.

Беручи до уваги, що пристроям електропостачання, як правило, не потрібна додаткова агрегатна потужність, а лише підживлення контактної мережі, можливі варіанти пошуку спрощених систем передачі електричної енергії до електрорухомого складу постійного струму.

З одного боку при використанні систем розподіленого живлення підвищення ефективності 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 альтернативних джерел електроенергії, що зменшить споживання електроенергії на тягу поїздів від зовнішньої енергосистеми.

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 та стабілізувати рівень напруги в різних точках міжпідстанційної зони при будь-яких змінах поїзної ситуації.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА В ТЯГОВОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

Быкадоров А. Л., Заруцкая Т. А., Муратова-Милехина А. С., ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный университет путей сообщения»

Определение места короткого замыкания (КЗ) в тяговых сетях переменного тока до настоящего времени остаётся актуальной задачей, несмотря на большое количество работ посвящённых этой теме. В основном это связано с принимаемыми допущениями и упрощениями при моделировании работы межподстанционной зоны в режиме КЗ и вычислении сопротивления петли КЗ.

В данной работе выполнено сравнение двух моделей межподстанционной зоны при КЗ: А – модель с разделением на контактную сеть и рельсы и Б – традиционная модель с эквивалентированным сопротивлением тяговой сети. В модели А выполнены соединения между рельсами 1-го и 2-го пути через каждые 2 км, а также в модели с ЭУП выполнены соединения между усиливающим проводом и контактной сетью через 1 км и соединения между рельсами и экранирующим проводом через каждые 4 км.

Произведен анализ следующих схем при КЗ для каждой модели: схема одностороннего питания однопутного участка; схема двустороннего питания однопутного участка; схема двустороннего питания двухпутного участка; схема двустороннего питания двухпутного участка с усиливающими и экранирующими проводами (ЭУП).

Результаты проведенного исследования показали, что при схеме одностороннего и двустороннего питания однопутного участка сопротивление петли КЗ в моделях А и Б являются полностью идентичными.

При схеме двустороннего питания двухпутного участка в модели А и Б сопротивления петли КЗ отличаются. С учетом сопротивления дуги расхождение по

активной составляющей сопротивления петли КЗ достигает максимума при КЗ у поста секционирования и составляет 63%, а по индуктивной составляющей максимум расхождения наблюдается на расстоянии  $2/3$  от подстанции до поста секционирования и достигает 15%. Расхождение по углу составило 37% вблизи поста секционирования.

В схеме с ЭУП расхождение по индуктивной составляющей сопротивление петли короткого замыкания вблизи поста секционирования составило 54%, а по активной составляющей 27%.

Объяснить это можно тем, что в схеме А рельсовые цепи смоделированы для каждого пути с учётом поперечных электрических и магнитных связей между рельсами путей и взаимными магнитными связями рельсов с контактными проводами всех путей. В схеме Б один эквивалентный рельс связан с проводами путей. С увеличением числа путей и проводов влияние этого фактора возрастает.

Замена несущего троса и контактного провода одним эквивалентным существенно не влияет на результат.

Представляет интерес, проведенный на моделях, анализ влияния двустороннего питания межподстанционной зоны на индуктивную составляющую сопротивления петли короткого замыкания. Эта дополнительная составляющая индуктивного сопротивления петли короткого замыкания возникает только при неравных входных сопротивлениях тяговых подстанций со стороны точки короткого замыкания. Входные сопротивления подстанций зависят как от внутреннего сопротивления самих подстанций, так и от места короткого замыкания на межподстанционной зоне.

Моделирование межподстанционной зоны при КЗ с разделением на контактную сеть и рельсы создаёт условия для более глубокой детализации расчетов, повышает их достоверность, даёт возможность объяснить получаемые результаты.

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОНТАКТНОЙ ПОДВЕСКИ И ТОКОПРИЕМНИКОВ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ДВИЖЕНИИ**

Ванжа Т. Ю., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени акад. В. Лазаряна

Взаимодействие контактной подвески с движущимся токоприемником приводит к возникновению сложного колебательного процесса, в котором участвуют все элементы этих устройств. Под действие такого процесса и в связи с инерционностью токоприемника скачкообразно изменяется сила его нажатия на контактный провод, что вызывает ухудшение качества токосъема и увеличение интенсивности электрического и механического изнашивания контактного провода и токосъема элементов. Интенсивность колебательного процесса и качество токосъема и степень изнашивания трущихся поверхностей зависят не только от конструктивных параметров контактной подвески и токоприемника, но и в значительной степени от природы материалов, из которых выполнены их отдельные детали и узлы и токосъемные элементы. Поэтому материалы были и остаются одним из главных звеньев, определяющих экономическую эффективность электрической тяги, качество и надежность её работы.

Высокие скорости движения требуют большой мощности и надежного ее подвода из контактной сети через токоприемники к тяговым агрегатам подвижного состава. Эксплуатационный опыт показывает необходимость дальнейшего совершенствования характеристик контактных подвесок, повышения точности расположения контактного провода, эффективности натяжных устройств и устойчивости струн контактной подвески к колебаниям. Кроме того, требуется улучшение характеристик токоприемников и разработка соответствующих стандартов.

Значительные колебания сил, возникающих при взаимодействии токоприемника и контактного провода, обуславливают неустойчивость токосъема, поэтому для лучшего понимания процесса токосъема важно измерить и оценить силу прижатия токоприемника к контактному проводу (контактную силу). На форму волны колебаний силы прижатия оказывают влияние характеристики вовлеченных в токосъем конструктивных элементов контактной подвески и токоприемников. Следовательно, по результатам исследования этой формы можно судить о техническом состоянии данного оборудования.

Для обеспечения в течение длительного времени высокого качества токосъема наряду с условиями, перечисленными ранее, необходимы регулярные проверки сил нажатия в контакте при взаимодействии двух подсистем и оценка результатов в соответствии со стандартом EN 50317:2002. Для этой цели используются измерительные вагоны, с помощью которых на железных дорогах Германии (DBAG) контактная сеть магистральных линий проверяется через каждые 6 мес. Однако рабочие токоприемники могут иметь характеристики, отличающиеся от характеристик измерительных токоприемников. В связи с этим предпочтение следует отдавать устройствам, которые постоянно контролируют рабочие токоприемники и контактную сеть. Результаты измерений, получаемых с помощью этих устройств, должны служить основой для диагностики и текущего содержания.

Для обеспечения надежного токосъема важно также учитывать погодные условия и различные чрезвычайные ситуации. Слой льда толщиной в несколько миллиметров на контактном проводе способен привести к возникновению устойчивой электрической дуги, которая может повредить контактные накладные или угольные вставки. В связи с этим контактная сеть малонагруженных линий в регионах, где из-за погодных условий часто происходит обледенение контактного провода, должна быть оборудована устройствами для плавления гололеда. Система аварийного опускания токоприемников при возникновении каких-либо отклонений от нормы могла бы предотвратить возникновение повреждений на подвижном составе и в контактной сети, а также помогла бы избежать нарушений габарита приближения строений.

В целях обеспечения максимальной надежности и максимального срока службы, минимального уровня повреждаемости и минимальных затрат на эксплуатацию и строительство электрифицированных железных дорог разработана рекомендация по внедрению новых материалов и изделий для контактных сетей. При этом необходимо создать основы унификации материалов, изделий и прогрессивных технологий.

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ СТАЦИОННОЙ АВТОМАТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Вернигора Р. В., Малашкин В. В., Днепропетровский национальный университет  
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

При разработке мероприятий по совершенствованию инфраструктуры железнодорожных станций в некоторых случаях возникает необходимость получения количественной и качественной оценки эффективности внедрения более современной системы станционной автоматики (например, при переходе с ручного управления стрелочными переводами на одну из систем централизации). При этом наибольшую сложность представляет определение эксплуатационных показателей работы станции при той или иной системе управления стрелками и сигналами. Кроме того, при проектировании систем станционной автоматики необходимо также обеспечивать максимальную рациональность компоновки такой системы, которая должна быть удобна в эксплуатации для оперативно-диспетчерского персонала (дежурных по станции).

Для оценки количественных и качественных показателей эффективности инфраструктурных объектов железнодорожных станций, в т.ч. систем станционной автоматики, целесообразно использовать методы имитационного моделирования на ЭВМ. На кафедре «Станции и узлы» ДНУЖТ разработан комплекс эргатических имитационных моделей железнодорожных станций, в которых человек принимает непосредственное участие в процессе моделирования и управляет работой станции, выполняя функции диспетчера.

Эргатическая модель станции должна в процессе моделирования обеспечивать для оператора (диспетчера) возможность управлять поездными и маневровыми передвижениями, а также контролировать текущую ситуацию на путях станции. С этой целью в состав общей функциональной модели станции введена модель системы управления перемещением подвижного состава (МСУП), которая имитирует технологические функции станционных устройств автоматики и телемеханики. Модель контролирует состояние путевых и стрелочных изолированных секций, имитирует перевод стрелок и переключение светофоров, а также обеспечивает отображение их текущего состояния в информационной модели (ИМ) станции. МСУП создается на основе анализа функциональных и топологических связей элементов станции (светофоров, стрелочных переводов, изолированных секций) в системе станционной автоматики.

МСУП построена на основе взвешенного ориентированного графа  $D(V, E)$ , отображающего топологические связи элементов системы станционной автоматики в двух направлениях движения (четном и нечетном). Множество вершин графа  $D$  включает два подмножества: стрелочные переводы (СП)  $V^S$ , светофоры  $V^C$ . Дугам графа  $e \in E$  поставлены в соответствие участки путей модели путевого развития (МПР), которые входят в состав стрелочных или путевых изолированных секций (ИС). В памяти ЭВМ граф  $D$  представляется списками инцидентности его вершин. Для реализации моделируемых функций граф  $D$  дополняется списками технических параметров, характеризующих элементы станции и их функциональные связи в системе станционной автоматики.

Контроль занятости путевых участков системы станционной автоматики выполняют с помощью рельсовых цепей, которые объединяются в путевые и стрелочные изолированные секции. В этой связи оргграф  $D$  дополняется списком  $R$ , каждый элемент которого соответствует определенной путевой или стрелочной изолированной секции.

Маршрут движения представляет собой ориентированный путь на графе, начальной и конечной вершинами которого являются сигналы. При построении маршрута выполняется проверка обеспечения условий безопасности движения. На каждом шаге системного времени МСУП осуществляет контроль текущего состояния всех изолированных секций. При этом для каждой ИС проверяется занятость подвижным составом путевых участков. Изолированная секция считается физически свободной, если все путевые участки, входящие в ее состав, не заняты подвижным составом.

При выполнении исследований по оценке эффективности той или иной системы управления стрелками и сигналами оператор осуществляет серию имитационных экспериментов с помощью эргатической модели станции, выполняя в процессе моделирования функции диспетчера (дежурного по станции). При этом данные о текущей ситуации на моделируемой станции поступают к оператору посредством информационной модели, в большинстве случаев имитирующей соответствующее рабочее место дежурного по станции (пульт-табло, манипулятор). Через информационную модель оператор также передает свои команды по управлению работой моделируемой станции (переводит стрелки, открывает сигналы, управляет технологическим процессом работы станции и т.п.). По результатам моделирования фиксируются эксплуатационные показатели работы станции в тех или иных условиях. Кроме того, оператор модели может (безусловно,

субъективно) оценить качество компоновки определенной системы автоматики, в т.ч. удобство ее эксплуатации на станции при выполнении поездной и маневровой работы.

МСУП реализована в виде программного модуля Builder C++ с использованием объектно-ориентированного подхода. Разработанная методика построения такой модели является универсальной и позволяет адекватно моделировать работу систем станционной автоматики для любых станций. Полученные таким образом модели могут быть использованы при имитационном моделировании железнодорожных станций для оценки вариантов технико-технологических решений, а также в компьютерных тренажерах для подготовки диспетчерского персонала железных дорог.

## **ВЛИЯНИЕ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ НА ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ ЛЭП**

Гребенюк А. Н., Государственное высшее учебное заведение  
"Национальный горный университет"

В настоящее время характерной особенностью климата Украины является резкая смена погодных условий (например, в осеннее – зимний период характерны резкие переходы от оттепели к заморозкам и наоборот). При этом в холодное время года на проводах образуется тонкий слой наледи, имеющий эллипсообразную или крыловидную форму. При порывистом ветре у каждого такого провода возникает небольшая подъемная сила (порядка одного ньютона на метр его длины) которая приводит к пляске проводов, а в отдельных случаях к схлестыванию. Схлестывание может вызывать межфазные замыкания и пережоги проводов. В итоге происходят перебои в работе линий электропередачи (ЛЭП) на несколько часов либо дней. Кроме того, обледенение в следствии значительных механических напряжений может вызвать повреждения проводов и опор, а также проводов в точках крепления из-за их пляски.

Повреждения можно условно разделить на три вида: усталостное разрушение провода; абразивное истирание; разрушение провода при растяжении. Каждый вид повреждений имеет свои характеристики и соответственно может повлиять на повреждение повивов или обрыв провода. На повреждаемость проводов и тросов также влияет не до конца исследованное явление коррозии.

### *Усталостное разрушение*

Связано с изгибом провода в точках крепления, что приводит к повреждению повивов провода и уменьшению прочности на разрыв. В случае увеличения нагрузки на провод в связи с отложением гололеда, а также динамических нагрузок, происходят обрывы проводов и дальнейшее развитие аварии.

Циклическая нагрузка в результате ветровых нагрузок и образования льда может также вызывать усталостное разрушение.

### *Абразивное истирание*

Относительное движение одной поверхности по другой вызывает абразивное истирание. При пляске проводов абразивное истирание может проявиться более чем в одной точке системы проводов. Повивы имеют разные направления скрутки относительно друг друга, и поэтому между повивами будет возникать абразивное истирание из-за пляски проводов. Прямым следствием абразивного истирания является снижение устойчивости к износу и уменьшение прочности на разрыв.

### *Разрушение провода при растяжении*

Разрушение провода при растяжении имеет место в результате механической перегрузки его жил.

### *Ускоренное разрушение проводов за счет коррозии*

Основные причины ускоренного разрушения проводов – это влияние неблагоприятных климатических факторов, а также контактная коррозия алюминиевых и стальных проволок и щелевая коррозия алюминия в местах касания.

При воздействии ветра на провода воздушных ЛЭП появляются дополнительные перегрузки, связанные с колебательными движениями проводов. Согласно ПУЭ одиночные алюминиевые и сталеалюминевые провода, стальные провода и тросы всех сечений должны быть защищены гасителями вибрации.

В настоящее время изобретенных в мире устройств гашения вибрации, подвешиваемых на проводах в пролёте линии известно, более ста. К сожалению, ни одно из них не смогло гарантировать положительный эффект.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ФОРМ НАПРУГИ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ТЯГИ ПОЇЗДІВ**

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

Близько половини електрифікованих залізниць України живляться від мережі однофазного змінного струму 25кВ. Така напруга дає можливість економити на електричних матеріалах та будівлі підстанцій, а також дозволяє передати більшу потужність на локомотив, дозволяє вести великовантажні поїзди та прискорити рух.

На даний момент контактна мережа підключаються до двох фаз живлючої мережі через трансформатор а на локомотиві через тяговий трансформатор та напівпровідниковий перетворювач. Цей варіант живлення покращує характеристики електрообладнання зі сторони навантаження. Але зі сторони живлення система має такий недолік, як нерівномірне навантаження фаз живлючої мережі, що призводить до півторакратного недовикористання трансформатору по потужності та можливих штрафних санкцій, так як дана система не відповідає новим стандартам якості електроенергії. Для усунення цього недоліку фахівцями ДПТ та ХП було запропоновано робити вставку постійного струму зі сторони живлення, яка змінює форму напруги та струму контактної мережі з синусоїди на прямокутну – меандр. Найкращі характеристики забезпечує ідеальний меандр, це зумовлено тим, що у нього відношення між амплітудою що визначає навантаження на силові елементи та діючим значенням, що визначає передану потужність дорівнює одиниці, а для синусоїди  $\sqrt{2}$ . Для контактної мережі при рівній амплітуді напруги, діюча напруга при меандрі в  $\sqrt{2}$  раз більше, що дозволяє в  $\sqrt{2}$  збільшити потужність що передається, або в  $\sqrt{2}$  знизити струм отримуючи зниження втрат енергії в 2 рази оскільки вони пропорційні квадрату струму. Встановлена потужність напівпровідникових приладів теж знизиться удвічі. Також відпадає необхідність в енергонакопичувачах. Однак ідеальний меандр недосяжний по двом причинам: послідовні індуктивності та паралельні ємності будуть призводити до «завалу фронтів» та до скорочення довжини плоскої вершини; ідеальний меандр містить безкінечний спектр гармонік, які негативно впливають на лінії зв'язку. Виходячи з цього було запропоновано використовувати меандр з обмеженим спектром. При збереженні синусоїдальної форми фронтів, вводиться досить протяжна плоска вершина, що наближає цей сигнал до ідеального меандру. Перехід від синусоїдальної форми напруги в контактній мережі до меандру з обмеженим спектром дозволяє приблизно на 30% підняти діючу напругу в контактній мережі і передану по ній потужність, а також скоротити приблизно в 1.7 рази встановлену потужність напівпровідникових приладів і силових

фільтрів у прилеглих до контактної мережі ланках перетворювачів і незначною мірою збільшує перешкоди пристроям зв'язку.

В цій доповіді були порівняні переваги і недоліки синусоїди та меандру з обмеженим спектром.

## **РЕЗЕРВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРОГРАМ У ДНІПРОПЕТРОВСЬКОМУ МЕТРОПОЛІТЕНІ**

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

Через постійно зростаючі ціни на електроенергію виникає питання енергозбереження та зменшення споживання енергоресурсів на підприємствах транспорту. Переважна більшість електричної енергії яку споживає Дніпропетровський метрополітен йде на тягу поїздів та власні потреби які складаються з витрат на освітлення станцій та тунелів, живлення ескалаторів, насосів, вентиляції і т.д. Для покращення енергоефективності і доведення її показників до рівня ЄС був розроблений план впровадження енергозберігаючих програм.

В умовах обмеженого фінансування для економії електричної енергії на даний момент використовуються наступні заходи: впровадження світлосигнальних пристроїв ССУ-30 і УСС-22 на тягових підстанціях та енергозберігаючих ламп на станціях метрополітену і у тунелях; заміна у табло поточного часу та інтервальних показників знакомість комплексу ЭСИЧ на світлодіодні; заміна ламп накаливання на світлоіндикатори в апаратах управління і контролю МРЦ, зменшення витрат електроенергії на тягу поїздів за рахунок більш раціонального режиму водіння поїздів і планового вимикання освітлення салонів вагонів метрополітену під час руху поїздів у електродепо. Але цього недостатньо, за умови належного фінансування можна використовувати автоматизований облік електроенергії з можливістю виміру параметрів електричного струму, замінити існуючу транзисторну систему керування електрообладнання на автоматизовану електронну систему. Також, є можливим впровадження частотних перетворювачів на керування пуском, рухом та швидкістю електромеханічного обладнання (ескалатори, потужні двигуни вентиляції та водовідливні установки) і установка системи рекуперативного гальмування.

Зараз електрична енергія, яка виробляється тяговими двигунами під час гальмування гаситься на гальмівних резисторах. Але якщо обладнати електровози системою рекуперативного гальмування, то у пікові часи енергія може бути використана наступним електровозом. В перспективі, коли будуть відкриті додаткові станції, питання рекуперації буде більш актуальне, так як збільшиться кількість поїздів на лінії.

В доповіді зроблено аналіз ефективності енергозберегаючих заходів в метрополітені, можливості підвищення ефективності використання електроенергії.

## **АНАЛІЗ ХИБНИХ СПРАЦЬОВУВАНЬ ЗАХИСТУ ФІДЕРІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

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

Контактна мережа електричного транспорту не має резерву. Струми близьких коротких замикань мають такі величини, що навіть короткочасне їх протікання може привести до перепалу контактного проводу. В той же час, струми далеких коротких

замикань іноді мають близькі значення з максимальними робочими струмами. Не відключення далеких коротких замикань може привести до втрати механічної стійкості контактної підвіски. Тобто до ще більшої аварії ніж перепал. Тому захисту контактної мережі від коротких замикань і перенавантажень приділяється велика увага. Основним захистом фідерів контактної мережі підстанцій постійного струму є швидкодіючі вимикачі.

Враховуючи наслідки від не відключення аварійного режиму, швидкодіючі вимикачі налаштовують на гарантоване спрацьовування без мертвих зон. Нормальний режим також супроводжується різкими змінами струму і великими величинами. В таких випадках важко забезпечити необхідну чутливість захисту. Тому виникають хибні відключення з подальшим автоматичним повторним включенням, з попередньою перевіркою на відсутність стійкого короткого замикання.

Хибні відключення приводять до погіршення роботи тягового електропостачання, а також зменшують ресурс швидкодіючих вимикачів. Згідно інструкції по технічному обслуговуванні та ремонту обладнання тягових підстанцій ремонт по технічному стану швидкодіючих вимикачів виконують після 40 відключень. Для спарених вимикачів – через 80 відключень.

Аналіз відключень швидкодіючих вимикачів в системі електропостачання постійного струму Укрзалізниці показує, що більше половини відключень відбувається з невідомих причин. Зокрема є ділянки з числом відключень більше 150 за один рік. На таких навантажених ділянках неможливо уникнути хибних відключень, якщо мінімальні струми короткого замикання порівняні з робочими. Така статистика підтверджується і на російських залізницях.

З появою мікропроцесорних комплектів, всі очікували покращення роботи захисту і зменшенню хибних відключень. В Росії і в Україні розповсюдження отримали мікропроцесорні комплекти захисту постійного струму серії ЦЗАФ-3,3. Вони включають в собі декілька незалежних захистів, які реагують на зміни струму, напруги, опору та динамічні зміни струму. Перші встановлені комплекти показали збільшення хибних відключень. Спочатку це пояснювали недосконалістю визначення уставок захистів. Потім почали використовувати не всі захисти. І врешті-решт стали використовувати мікропроцесорний захист як додатковий, а основним знову став швидкодіючий вимикач.

Збільшення хибних спрацьовувань пов'язані з швидкодією мікропроцесорних захистів. В процесі роботи в тяговій мережі виникають короткочасні імпульсні кидки та провали струму. В мікропроцесорних захистах ЦЗАФ-3,3 виконана фільтрація від високочастотних перешкод шляхом підрахунку середнього значення восьми вимірювань і значення запам'ятовуються для подальшого аналізу кожну мілісекунду.

Кожен швидкодіючий вимикач має власний час спрацьовування. Він залежить від механічних процесів руху якоря та електромагнітних процесів в колах розмагнічуючого витка та індуктивного шунта. При різкій зміні струму в тяговій мережі відбувається витіснення струму з індуктивного шунта в розмагнічуючий виток. Завдяки цьому утворюється магнітний потік відключення. При бистрому спаді струму відбувається зворотній процес витіснення струму розмагнічуючого витка в індуктивний шунт. При цьому механічний рух якоря припиняється і повертається в ввімкнене положення. Тобто для відключення швидкодіючого вимикача необхідно, щоб тривалість збільшення струму уставки була більше якогось часу. Для ВАБ-43 цей час складає до 8 мс. Тому швидкодіючі вимикачі більш перешкодостійкі ніж мікропроцесорні захисти.

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТАНУ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА МЕТОДОМ ДИНАМІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ БЕЗПЕРЕРВНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

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

Для виявлення дефектів трансформатора на ранній стадії їх розвитку найбільш ефективними є системи безперервного моніторингу, які виконують оцінку поточного стану.

Перший рівень кожної системи моніторингу включає апаратні засоби вимірювання фізичних величин та засоби для первинної обробки даних. Для підвищення достовірності отриманих з цього рівня значень пропонується використовувати методи оцінювання стану, що дозволяють відфільтрувати похибки у вимірюваннях і розрахувати відсутню поточну інформацію. З точки зору динамічного оцінювання характеристик стану, силовий трансформатор можна розглядати як стохастичну диференціальну систему. Стан трансформатора та динаміка процесів, які в ньому протікають, характеризуються векторами параметрів і стану системи. Елементи вектору стану  $x_k$  відображають стан елементів системи в даний момент часу, а параметри трансформатора є величинами, які визначають його функціонування.

Задача оцінювання параметрів стану трансформатора полягає в розрахунку таких значень (оцінок) виміряних змінних, при яких їх розраховані значення максимально наближені до вимірів за критерієм мінімуму середнього квадрату похибки

$$M|\epsilon_k - x_k| = \min, \quad k = 1, 2, \dots, n.$$

В якості складових вектору стану трансформатора  $x_k$ , які вимірюються системою моніторингу, розглянуто такі характеристики трансформатора як температуру масла, вміст вологи в маслі та тангенси діелектричних втрат високовольтних вводів. Для вирішення задачі оцінки цих параметрів зручно розглядати їх незалежно, оскільки вони описуються окремими моделями з використанням незалежних диференціальних рівнянь.

За використання простих моделей множин показників, що включають лінійні диференціальні рівняння, для вирішення задачі оцінки кожної характеристики було застосовано фільтр Калмана, що забезпечує незміщену оцінку стану з мінімальною дисперсією помилки цієї оцінки.

Дані вимірювань кожного показника Калмана записано у вигляді моделі процесу через рівняння стану щодо вектору  $x_k = x_k(t)$  і моделі вимірювань, котра зв'язує вектор  $x_k$  і вектор вимірів  $z_k$ :

$$x_k = Fx_k + w_k; \quad z_k = Hx_k + v_k.$$

де  $F$  – матриця динаміки процесу;  $H$  – матриця вимірювань;  $w_k = N(0, W_k)$  – вектор білого шуму з нульовим математичним очікуванням;  $\bar{w}_k = 0$  і коваріаційною матрицею  $W_k = \langle w_k w_k^T \rangle$ ;  $v_k = (0, V_k)$  – вектор білого шуму вимірювань.

Запропонований підхід до динамічного оцінювання характеристик трансформатора за результатами безперервних спостережень може застосовуватися в інтелектуальних системах моніторингу силових трансформаторів підстанцій, що дозволить зменшити величини похибки вимірювань, отримати оцінки параметрів обладнання і розраховувати значення компонентів вектору стану обладнання з деяким випередженням для забезпечення своєчасного вироблення керуючих впливів, необхідних для ефективного керування об'єктами електропостачальних систем.

## СКЛАДОВІ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Денисюк С. П., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Стржелецки Р., Інститут електротехніки

Для традиційних систем електропостачання (СЕП) поняття «якість електропостачання» формулювалося як сукупність властивостей системи, які обумовлюють ступінь придатності забезпечення споживачів електроенергією встановленої якості при необхідному рівні надійності. Забезпечення якості електричної енергії вимагала значних додаткових матеріальних і трудових витрат, включаючи збір і обробку інформації; якість електропостачання визначали, задовольняючись накладенням жорстких обмежень на зміни частоти й напруги, а також на перерви в електропостачанні, а безперервність електропостачання не була предметом обмежень в технічних вимогах.

У ринкових умовах надійність електропостачання стає для споживачів товаром, реалізованим через ринкові послуги, що має свою ціну. Споживачі повинні самі вирішувати, який рівень надійності їм потрібен і брати на себе зобов'язання щодо оплати цієї найважливішої послуги. Адже відмова в роботі (вихід з ладу) тих чи інших елементів системи електропостачання може привести до погіршення якості отриманої електроенергії, порушення умов електромагнітної сумісності, до нерівномірності і перебоїв електропостачання, до відхилення функціональних властивостей системи електропостачання та, в кінцевому рахунку, зниження ефективності роботи споживачів.

По суті, перед усіма учасниками електроенергетичної галузі сьогодні стоїть завдання формування принципово нової, інтелектуальної енергетики, яка має базуватися не на гонці за великими потужностями для формування ще більшого попиту, а на комплексному підході до якості електропостачання, що також має враховувати вимоги енергоефективності та енергозбереження, дотримання вимог до охорони довкілля. Робота з реалізації такої політики згідно концепції Smart Grid має на увазі як технічні заходи, так і організаційні, зокрема, оптимізацію процесів у всіх областях функціонування СЕП. Все це веде до підвищення загальної ефективності, а значить, дозволяє знизити енергоємність окремих процесів, збільшити віддачу від вкладень в мережеву інфраструктуру.

Сьогодні під ефективним функціонуванням сучасної (інтелектуальної) СЕП слід розуміти сукупність її властивостей, що включають, крім економічності й надійності (живучість, безвідмовність і стійкість), також якість електроенергії та виконання вимог до електромагнітної сумісності, повну керованість та спостережуваність системи.

Рада європейських регуляторів енергетики (The Council of European Energy Regulators (CEER) – CEER) якість електропостачання представляє складовими:

- комерційна якість, що має справу з процесами обслуговування між постачальником або системним оператором і споживачем;
- безперервність (надійність, стабільність) поставки, що має справу з кількістю та тривалістю перерв електропостачання споживачів;
- якість напруги, яка містить технічні характеристики напруги, що вимірюється в точці підключення споживача.

До сучасних СЕП з точки зору якості електропостачання можна висунути такі основні вимоги: надійність системи та безперебійність електропостачання споживачів; стійкість системи до різного роду збурень; якість електроенергії на вводі до споживачів; електромагнітна сумісність елементів системи; безпека обслуговування елементів СЕП; уніфікація (модульність, стандартизація); економічність, що включає в себе такі поняття, як енергоефективність та енергозбереження; екологічність; ергономічність.

# ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО УЧАСТКА В СРЕДЕ MATLAB ДЛЯ АНАЛИЗА ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ТЯГОВОГО ТОКА

Долгушевский Н. А., Заруцкая Т. А., ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный  
университет путей сообщения»

В настоящее время на сети дорог ОАО "РЖД" эксплуатируется большое количество электровазозов переменного тока. При этом данный электрический подвижной состав имеет различный принцип регулирования и выпрямления напряжения подаваемого на тяговый электродвигатель. Основными способами регулировки и выпрямления напряжения в настоящее время являются:

1) Регулировка путем переключения отпаяк тягового трансформатора, при этом регулировка может осуществляться как на стороне высокого так и на стороне низкого напряжения, а выпрямление напряжения в данном случае осуществляется при помощи диодных преобразователей (ВЛ60, ВЛ80 (кроме ВЛ80<sup>Р</sup>)).

2) Плавная регулировка достигаемая применением в выпрямительных установках тиристоров вместо обычных диодов (ВЛ85, ВЛ65, машины семейств ЭП1, Э5К, и ВЛ80<sup>Р</sup>).

В связи с тем, что на перечисленных выше электровазозах применяются различные виды полупроводниковых приборов, то и форма тягового тока каждого типа электровазоза будет различна и как следствие будет различен гармонический состав. В свою очередь от гармонического состава протекающего в контактной сети тягового тока будут зависеть мешающие влияния на каналы связи. Поэтому при расчете и анализе мешающих влияний необходимо учитывать наличие на участке различных видов электровазозов, а так же их различные комбинации.

Для анализа гармонического состава тягового тока была выбрана графическая среда имитационного моделирования MATLAB Simulink, позволяющая при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов, строить сложные динамические модели. В результате, авторами создана динамическая модель системы тягового электроснабжения (СТЭ) двухпутного участка, состоящая из трех межподстанционных зон, четырех подстанций с трансформаторами типа ТДТНЖ-40000/220, линий внешнего электроснабжения, районных потребителей, контактной сетью с подвеской ПБСМ95+МФ100, а так же разработаны модели двух электровазозов ВЛ80<sup>С</sup> и 2ЭС5К.

Разработанная динамическая модель СТЭ кроме гармонического анализа тока имеет следующие возможности: анализ электромагнитных влияний, анализ токов короткого замыкания, анализ вынужденных режимов работы, анализ показателей качества электроэнергии, анализ уравнильных токов, определение потерь мощности и т.д.

Гармонический анализ тягового тока проводился для одной межподстанционной зоны, на которой поочередно находилась различная комбинация электровазозов. Результаты представлены в таблице.

| № эксперимента | комбинация               | Кол-во | Расположение, км | Значения гармоник |
|----------------|--------------------------|--------|------------------|-------------------|
| 1              | ВЛ80 <sup>С</sup>        | 2      | 20 и 30          | 3я - 20 %         |
|                | 2ЭС5К, ВЛ80 <sup>Р</sup> | 1, 1   | 15 и 35          | 5я - 8%           |
| 2              | ВЛ80 <sup>С</sup>        | 4      | 5,15,25,30       | 3я - 18 %         |
|                | 2ЭС5К, ВЛ80 <sup>Р</sup> | 1, 1   | 20 и 35          | 5я - 7%           |
| 3              | ВЛ80 <sup>С</sup>        | 2      | 20 и 35          | 3я - 15 %         |
|                | 2ЭС5К, ВЛ80 <sup>Р</sup> | 2, 2   | 5,15 и 25,30     | 5я - 5%           |

Таким образом, для анализа гармонического состава тягового тока эффективно применять программный комплекс MATLAB Simulink, позволяющий создавать сложные

динамические модели. Проведение расчетов в динамическом режиме позволяет гораздо лучше понять сущность моделируемых процессов.

## **ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НЕЙТРАЛЬНИХ ВСТАВОК НА ДІЛЯНКАХ КУРСУВАННЯ МІЖРЕГІОНАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ**

Дьяков В. О., Малинка С. Ю., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна

В даний час на залізницях України нейтральні вставки використовуються для розподілу контактних підвісок змінного струму, отримують живлення від різних фаз. Крім того, нейтральні вставки використовуються при стикуванні електрифікованих ділянок постійного і змінного струмів.

Довжину нейтральної вставки вибирають із урахуванням серії електровозів та електропоїздів, які експлуатуються на даній ділянці. Довжину нейтральної вставки вибирають такою, щоб при будь-якому розташуванні струмоприймачів електрорухомого складу неможливо було б одночасно перекрити полозами обидва повітряних проміжки. Щоб виключити перепал контактних проводів електрорухомий склад під нейтральною вставкою проходить по інерції (на вибігу).

Нейтральні вставки повинні бути обладнані сигнальними знаками відповідно до "Інструкції з сигналізації на залізницях України". При проході сигнального знака "Відключити струм" без зупинки на нейтральній вставці швидкість поїзда повинна бути не менше 20 км/год. Під'їжджаючи до знаку "Відключити струм" машиніст повинен ставити головну рукоятку контролера в нульове положення, а на електровозі (електропоїзді) постійного струму відключити вимикач струму управління (швидкодійний вимикач), а на електровозі (електропоїзді) змінного струму - високовольтний вимикач.

Однак, як показує досвід, не всі машиністи електровозів (електропоїздів) слідують вимогам нормативних документів і не відключають комутаційні апарати на електровозі (електропоїзді).

Особливо негативно це може позначитися при проході нейтральних вставок міжрегіональними електропоїздами що мають досить потужні власні потреби (вентилятор, освітлення, компресори, кондиціонери, нагрівальні прилади, тощо).

При включених комутаційних апаратах на моторвагонному електрорухомому складі розвиваючому швидкість до 160 км/год навіть при відключеному тяговому навантаженні при трьох піднятих струмоприймачах можливий перепал контактного проводу, так як при замиканні другого (по ходу руху), ізолюючого сполучення першим струмоприймачем, деіонізація першого повітряного проміжку може статися. Цю проблему може усунути установка на нейтральній вставці секційних ізоляторів (з дозволу Головного управління електрифікації та електропостачання).

У той же час установка секційних ізоляторів на нейтральній вставці ускладнює забезпечення живленням електровоз (електропоїзд), який зупинився на ній.

Крім того, потрібна установка додаткових роз'єднувачів для збирання схеми плавки ожеледі на проводах контактної мережі.

## **ПРОТИКОРОЗІЙНИЙ ЗАХИСТ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД**

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

Підземні споруди піддаються фізичному і хімічному впливу навколишнього середовища. При цьому виникають явища електрохімічної корозії металу труб, оболонок кабелів і т. д. У зв'язку з цим здійснюють спеціальний захист металевих споруд від корозії.

Корозія обумовлена тим, що Україна вступила в ХХІ століття з зношеними на приблизно 80% основними фондами, введеними в експлуатацію в 50 роках минулого століття.

За електрохімічної теорії корозія металу обумовлюється виникненням на поверхні його зіткнення з корозійної середовищем гальванічних пар. Руйнування металу відбувається в місцях виходу з нього струму в навколишнє середовище (анодна зона).

Сумарна інтенсивність корозії зовнішніх поверхонь суміжних споруд при одночасній дії різних її видів складається з інтенсивностей корозії від гальванічних елементів, змінного і постійного блукаючих струмів. При цьому величина інтенсивності корозії від струмів витоку, обґрунтованих впливом блукаючого струму рельсового транспорту змінного струму дорівнює 0,05 величини інтенсивності корозії від струмів витоку, обґрунтованих впливом блукаючого струму рельсового транспорту постійного струму.

Існують активні і пасивні методи протикорозійного захисту підземних споруд. До пасивних методів захисту відносять всілякі гідроізоляційні покриття, які перешкоджають контакту трубопроводів (оболонки кабелів) з навколишнім середовищем і збільшують електричний опір блукаючому струму. Активні засоби захисту - це спеціальні електричні пристрої, що використовуються для організованого відводу блукаючих струмів з анодних зон або для приведення підземних споруд в катодний стан струмом від зовнішнього джерела.

Електричний дренаж призначений для відведення блукаючих струмів з анодних зон споруди до джерела струму за допомогою ізольованого металевих провідника з дренажним пристроєм. Пристрій електродренажного захисту на одному з металевих споруд, наприклад на газових мережах, призводить до утворення анодних зон на суміжних спорудах. Внаслідок чого вони руйнуються. Тому електричний дренаж особливо ефективний при сумісній (комплексній) захисті від корозії всіх підземних металевих споруд загальними захисними пристроями.

На сучасному етапі розвитку протівокорозійних захистів все більш актуальним стає застосування комплексного електрохімічного захисту підземних споруд з використанням катодного, протекторного та електродренажного захисту, особливо при реалізації на залізницях України швидкісного транспорту, наслідком якого являється суттєве збільшення блукаючих струмів.

## **ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ: ВИМОГИ ЧАСУ**

Замулко А. І., Чернецька Ю. В., Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Негативною ознакою функціонування енергетичної галузі сьогодні є недостатність паливно-енергетичних ресурсів, і як наслідок, необхідність введення обмежень споживання електричної енергії. Неодноразово порушувалося питання щодо проведення роз'яснювальної роботи серед споживачів електричної енергії, а також залучення навчальних закладів до проведення роботи серед студентів стосовно необхідності вирішення питань активізації управління електроспоживанням, особливо в умовах запровадження обмежень постачання енергетичних ресурсів. Слід зауважити, що

системності в опрацюванні цього питання на завершальних стадіях навчального процесу, а саме у дипломному проектуванні, немає.

З огляду на викладене, вбачається актуальним і своєчасним запровадження в дипломних проектах спеціалістів з питань електропостачання, а також у магістерських дисертаціях окремого розділу, пов'язаного з *аналізом можливостей функціонування системи електропостачання в умовах обмеження енергетичних ресурсів*.

У зазначеному розділі пропонується:

1. Провести аналіз режиму споживання електричної енергії об'єкта, для якого проектується система електропостачання з використанням типових графіків електричних навантажень споживачів.

2. Опрацювати питання встановлення договірної величини електроспоживання, враховуючи що це є важливою складовою договору про постачання електричної енергії (Порядок постачання електричної енергії споживачам, затверджений постановою КМУ від 24.03.1999 № 441, Правила користування електричною енергією, затверджені постановою НКРЕ України від 31.07.1996 №28).

3. Вирішити проблему забезпечення можливості системи електропостачання обмежувати споживача до екологічної, аварійної та технологічної броні електропостачання (Інструкція про порядок складання акта екологічної, аварійної та технологічної броні електропостачання споживача, затверджена наказом Мінпаливенерго України 19.01.2004 № 26, Порядок обмеження електроспоживання споживачів до рівня екологічної броні електропостачання або повного припинення їм електропостачання, затверджений постановою КМУ від 28.01.2004 № 93, Положення про порядок відключення споживачів від джерел енергопостачання, затверджене постановою КМУ від 31.08.1995 № 705).

4. Опрацювати питання зменшення шкідливого впливу віялових відключень в ОЕС України на режими роботи споживачів. Система електропостачання, особливо для міста, має враховувати необхідність роботи постачальника в умовах обмежень.

5. Розглянути питання використання тарифів, диференційованих за періодами часу, в залежності від групи споживачів та запропонувати заходи, що зроблять використання такої системи більш вигідним для споживача. Мова має йти про виявлення споживачів-регуляторів як активної, так і реактивної енергії, а також про оптимізацію самого електроспоживання. Ця проблема планово в роботах практично не розглядається, за винятком ситуацій, якщо це відноситься до спеціального питання.

Запровадження такого розділу дозволить підвищити рівень опрацювання (інформованості) студентів з питань нормативного регулювання обмеження постачання електричної енергії та напрацювання заходів щодо зменшення негативного впливу на споживача таких обмежень, а також систематизувати у випускних роботах студентів питання з управління електроспоживанням.

## **ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ЗА НЕСИМЕТРИЧНОЇ НАПРУГИ ЗОВНІШНЬОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

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

Широкий інтерес до впровадження на залізницях України високошвидкісного руху привертає увагу до проблем інтероперабельності та вимагають експериментальних та теоретичних досліджень для вдосконалення існуючих підсистем.

Системи тягового електропостачання постійного струму, норми номінальної напруги та відхилення від них, що діють на залізницях України, відповідають вимогам Європейського Союзу до високошвидкісних залізничних ліній першої категорії. Дослідження процесів енергообміну та впливу перетворення електричної енергії на систему тягового електропостачання дозволяє оптимізувати її роботу та підвищити надійність залізничного сполучення в цілому. Необхідність у цьому також викликана збільшенням негативного впливу енергосистеми при порушенні нормально та граничнодопустимих показників якості електроенергії.

Зокрема для тягових підстанцій постійного струму проблема негативного впливу напруги низької якості полягає у виникненні неканонічних гармонік, які окрім додаткових втрат електроенергії в обладнанні тягових підстанцій створюють перешкоджаючий вплив на пристрої залізничної автоматики та провідні лінії зв'язку.

Для характеристики енергообмінного процесу між енергосистемою та тяговою мережею постійного струму запропоновано використання коефіцієнта вищих гармонік випрямленої напруги ( $K_{\text{свг}}$ ) в якості відношення діючого значення напруги неканонічних гармонік до випрямленого значення канонічних гармонік напруги. Для визначення  $K_{\text{свг}}$  у лабораторних умовах створено фізичну модель випрямляча тягової підстанції з можливістю включення на несиметричну напругу, значення якої визначається коефіцієнтом зворотної послідовності. За допомогою запропонованого коефіцієнта співвідношення вищих гармонік зручно оцінювати вплив несиметрії напруги на зміну загального коефіцієнта потужності та у кожній фазі (рис. 1).

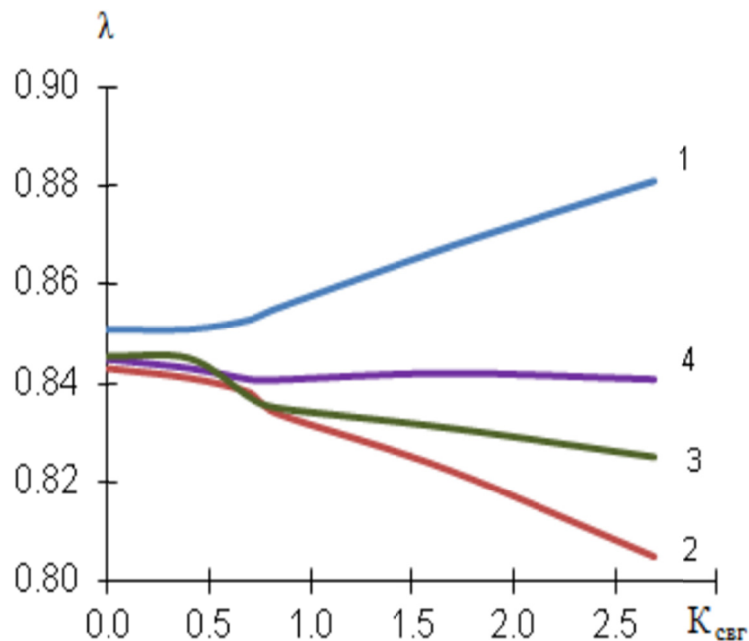


Рис. 1. Залежність коефіцієнта потужності від співвідношення вищих гармонік:  
1 – фаза A; 2 – фаза B; 3 – фаза C; 4 – все коло

Отримані результати досліджень поглиблюють питання енергообмінних процесів між тяговою мережею та енергосистемою для тягових підстанцій постійного струму. Особливо це питання буде актуальним для тягових підстанцій станцій стикування, які зазвичай працюють при несиметричній напрузі. Результати можна використати при дослідженні ефективності роботи перетворювачів електроенергії змінного струму в постійний чи навпаки, особливо при їх роботі в умовах низької якості живлячої напруги.

## ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В КОНТАКТНІЙ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

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

Обсяг втрат електроенергії в електричних мережах – найважливіший показник економічності їхньої роботи, наочний індикатор стану системи обліку електроенергії, ефективності енергозбутової діяльності енергопостачальних організацій. Цей індикатор чітко свідчить про проблеми, які вимагають невідкладних рішень у розвитку, реконструкції і технічному переозброєнні електричних мереж, удосконаленні методів і засобів їхньої експлуатації й керування, у підвищенні точності обліку електроенергії, ефективності збору коштів за спожиту електроенергію тощо.

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.

Усі залізниці України купують електроенергію на оптовому ринку електроенергії (ОРЕ). Купівля електричної енергії безпосередньо на ОРЕ для задоволення власних потреб і потреб сторонніх споживачів – стратегічний напрямок їх діяльності, який підтверджується як досвідом роботи залізниць на ОРЕ, так і концепцією розвитку ОРЕ, що схвалена Кабінетом Міністрів України. Умови роботи з ОРЕ потребують постійного аналізу рівня втрат у контактній мережі.

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 вирахування 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.

У загальному вигляді втрати електроенергії в контактній мережі визначаються за таким виразом:

$$\Delta W = k_B \cdot \int_0^T I_{\Phi}^2(t) dt,$$

де  $\Delta W$  – втрати електроенергії в контактній мережі, кВт·год;

$k_B$  – коефіцієнт втрат;

$I_{\Phi}^2(t)$  – квадрат струму фідера в даний момент часу, А<sup>2</sup>;

$T$  – час руху поїзда ділянкою, год.

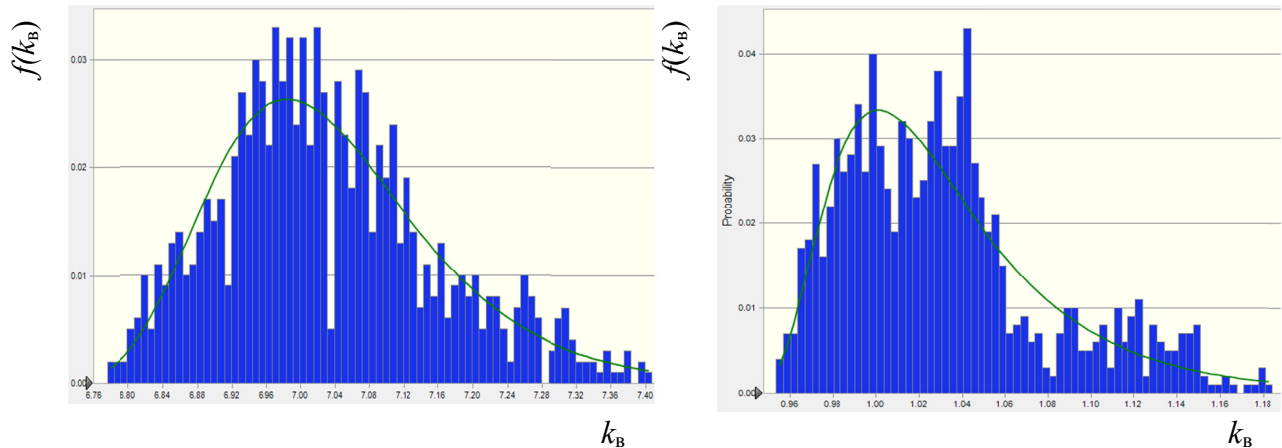
Квадрат струму фідера можна виміряти за допомогою лічильника втрат, наприклад Альфа 1800. Саме коефіцієнт втрат, який фізично представляє собою опір від шин тягової підстанції до точки прикладання навантаження, визначається на основі моделювання.

Для проведення моделювання встановлено ймовірнісну природу факторів, що впливають на коефіцієнт втрат, визначено межі їх зміни та закони розподілу. Показано,

що кількість поїздів на міжпідстанційній зоні підпорядковується біноміальному розподілу; швидкості поїздів на міжпідстанційних зонах, знос контактних проводів, струм поїзда – логнормальному розподілу; зміна температури – розподілу Вейбула.

На основі математичного моделювання роботи тягової мережі ділянок Придніпровської та Одеської залізниць встановлено, що середні втрати на досліджуваних ділянках складають 12,4 та 6,3 % відповідно. На основі повного факторного експерименту отримані рівняння регресії для визначення коефіцієнта втрат для ділянок постійного та змінного струмів.

На основі методу статистичних випробувань доведено, що коефіцієнт втрат електроенергії для ділянок змінного та постійного струмів підпорядковується логнормальному розподілу.



а – ділянка змінного струму (Одеська залізниця)

б – ділянка постійного струму (Придніпровська залізниця)

Рисунок – Гістограма розподілу коефіцієнта втрат

Середнє значення коефіцієнта втрат для ділянки постійного струму складає 1,03, а для ділянки змінного струму – 7,04. Найбільший вплив на коефіцієнт втрат має кількість поїздів на міжпідстанційній зоні (для постійного струму коефіцієнт кореляції -0,7942, а для змінного -0,8562).

Надано рекомендації щодо регламенту зміни коефіцієнта втрат. Для забезпечення похибки менше 5 % для ділянки Одеської залізниці (змінного струму) необхідно змінювати коефіцієнт втрат кожні 4 години, а для ділянки Придніпровської залізниці (постійного струму) – приймається стале значення цього показника.

## ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ПРИ РОЗЗЕМЛЕНИХ ОПОРАХ

Кирилюк Т. І., Шпортько Т. Г., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна

Релейний захист покликаний запобігти або істотно знизити збитки від коротких замикань і ненормальних режимів в тяговій мережі. Одним із режимів, на які повинні реагувати пристрої релейного захисту є короткі замикання (к.з.) через великі перехідні опори, а також через розземлені опори контактної мережі. Перед залізничним транспортом поставлено завдання подальшого підвищення надійності забезпечення перевізного процесу в сучасних ринкових умовах.

Відповідно до «Правил утримання пристроїв контактної мережі електрифікованих залізниць» для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу та збільшення надійності захисту контактної мережі від струмів к.з. застосовують захисні заземлення, що приєднуються до електротягових рейкових ниток або середніх точок дросель-трансформаторів. Заземлення забезпечує малий опір струмам к.з. і надійну роботу захистів фідерів контактної мережі за рахунок малого опору петлі к.з. В цих умовах кутова характеристика захисту типу «замкова щілина» більш-менш надійно відключає всі металеві к.з. і к.з. через електричну дугу на фідерній зоні. Недоліком пристроїв захисту з кутовою характеристикою типу «замкова щілина» є те, що захист не реагує на замикання через великі перехідні опори, які супроводжують обриви проводів з падінням їх на землю або шпальну решітку, торкання проводами тіла опор, к.з. на розземлених опорах.

Основним елементом захисту фідера контактної мережі змінного струму являється реле повного опору (дистанційний елемент), на основі якого будується дистанційний захист. Особливістю даного захисту є те, що він контролює не тільки величини струмів фідера і напруги, а й кут між ними. Не залежно від елементної бази, на якій виконаний захист (електронної або мікропроцесорної), принцип дії не змінюється: при потрапленні кінця вектора опору, що вимірюється на фідері, в зону спрацювання на виході захисту формується відключаючий сигнал. Одним з найбільш важливих параметрів дистанційного захисту являється її характеристика спрацювання.

В кінці 60-х років було налагоджено виробництво електронних комплексів захистів, які включали захисти з телеблокуванням типу УЗТБ. Крім того, почався випуск і введення в експлуатацію комплексів електронного захисту фідерів тягових підстанцій (УЕЗФТ) і постів секціювання (УЕЗФП), принципи функціонування яких були схожі з захистом УЗТБ. Дані захисти мали лише дві ступені дистанційного захисту, які формували кутову характеристику захисту типу «замкова щілина» і не забезпечували відключення струмів короткого замикання на розземлені опори.

У 80-х роках був розроблений вдосконалений захист на інтегральних мікросхемах АЗФІ і його аналог на напівпровідникових елементах УЕЗФМ. Даний захист в наш час являється найбільш поширеним. Він містить чотири ступені дистанційного захисту кожна ступінь призначена для відключення струмів короткого замикання у визначеній області і має свою витримку часу. Так перша ступінь захисту (ДЗН1) відключає струми замикання без витримки часу з зоною дії 80-85 % відстані від підстанції до поста секціювання. Друга ступінь захисту (ДЗН2) має витримку часу 0,4-0,5 с і займає всю міжпідстанційну зону. Вона являється основним резервом першої ступені захисту підстанції і захисту поста. Третя ступінь (ДЗН3) відрізняється особливою чутливістю до віддалених КЗ, коли модуль опору в аварійному режимі може бути більше ніж в нормальному навантаженому режимі. Уставка по куту для цієї ступені 45(50)-110°.

Четверта ступінь захисту (ДЗН4) в формі сектора, який продовжений вздовж осі активних опорів, призначена для ідентифікації замикань через значний перехідний опір. Дана характеристика має особливість, яка заключається в залежності між величиною перехідного опору і відстанню до місця пошкодження. При цьому чим ближче до місця установки захисту пройшло замикання, тим більша величина перехідного опору необхідна для спрацювання.

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ШВИДКІСНОГО РУХУ

Короляк В. В., Львівська залізниця, Щербак Я. П., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Відмінності в інфраструктурі країн Європи створюють значні проблеми в розвитку єдиної європейської залізничної мережі, викликають великі затримки потягів знижуючи швидкість доставки пасажирів і вантажів і тим самим послабляючи позиції залізниць на ринку транспортних послуг. Уніфікація залізничного комплексу може бути досягнута або шляхом гармонізації систем, тобто приведенням їх до єдиного стандарту, або надмірним технічним оснащенням. Один лише перехід на єдині стандарти в області забезпечення безпеки руху на високошвидкісних лініях продовжиться десятки років. Звідси витікає, що процес уніфікації підсистеми «Електропостачання» для залізничного транспорту Європи буде тривалим і непростим.

Слід враховувати також той факт, що національні залізниці, що функціонували раніше незалежно, стали потенційними конкурентами в міжнародному масштабі. Тому створені у той час технічні системи (зокрема, тягового електропостачання) мали істотні відмінності, що викликало різноманіття залізничних систем в європейських країнах і вживаних на континенті систем електропостачання. У Центральній і Північній Європі домінує система змінного струму напругою 15 кВ і частотою 16,7 Гц. У Португалії, Данії, Фінляндії, у більшості східноєвропейських країн, а також на півночі Великобританії і Франції застосовується аналогічна українській система електропостачання змінного струму напругою 25 кВ і частотою 50 Гц. Вона виникла пізніше за інші системи і тому отримала основне поширення на нових або раніше не електрифікованих залізницях. У Іспанії, Італії, Бельгії, Польщі і на півночі Чехії і Словаччини основною є система постійного струму напругою 3 кВ, також добре відома в Україні. Аналогічна їй система постійного струму напругою 1,5 кВ поширена в Нідерландах і на півдні Франції. На півдні Великобританії збереглися перші системи тягового електропостачання постійного струму напругою 650, 750 і 1200 В з контактною рейкою. На залізницях Ірландії і Албанії перевага віддана автономній тязі. Наявність такого великого числа систем тягового електропостачання значною мірою ускладнює інтеграційні процеси, що йдуть на залізничній мережі Європейського континенту.

З утворенням ЄС розвиток трансконтинентальних мереж стає найважливішим елементом зближення залізниць. Якщо виходити з питань економії, то безперешкодний прохід по лініях з різними системами забезпечуватиметься за допомогою застосування електровозів, призначених для роботи з різними системами тягового електропостачання, розробка яких почалася з 1960-х років. Основними перешкодами, що утрудняють розвиток вже діючих і розробку майбутніх систем електроживлення, являються недосконалість нормативно-правової (регулюючої) бази, низький рівень координації в області технології і досліджень. Діючі нормативи і стандарти або не погоджені, або не включені в національні законодавства. Дослідження в країнах Євросоюзу носять розрізнений характер і орієнтовані на отримання короткострокового прибутку. Відсутні погоджені і спрощені процедури і інструменти співпраці між різними учасниками ринку, наприклад операторами мереж і дослідницькими інститутами. З одного боку, існує потреба в створенні стандартних правил і керівництва, а з іншої - в усуненні адміністративних перешкод для еволюції системи від численних, розрізаних національних мереж до єдиної Європейської електричної системи. Потрібна розробка стандартів, особливо в області комунікації, «розумних» вимірювальних систем, мережевої інтеграції і міжмережових з'єднань з метою посилення взаємозв'язку між мережами і прискорення інтеграції розподілених енергетичних ресурсів з найменшими витратами.

## **РЕЗЕРВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЗА СЧЁТ ЭНЕРГООПТИМАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ**

Кузнецов В. Г., Колыхаев Е. Г., Днепропетровский национальный университет  
железнодорожного транспорта шимени кадемика В. Лазаряна

Энергосбережение является одной из главных задач политики железных дорог Украины. Учитывая то, что основная статья расходов энергоресурсов приходится на тягу поездов, а энергетическая составляющая себестоимости перевозок составляет больше 20% необходимо максимально разрабатывать и внедрять энергосберегающие технологии на железных дорогах. Большое влияние на энергоеффективность перевозочного процесса оказывает организация процесса движения поездов. В настоящее время на железных дорогах Украины управление транспортным потоком осуществляется по графику движения, который не учитывает влияние показателей транспортного потока на энергетические характеристики. Более того график движения поездов, разрабатывается на основе данных прошлых лет и шаблонов, которые остались со времён СССР. Следует отметить, что структура движения вагонопотока за последние года существенно изменилась. Десять лет назад большинство вагонов принадлежало государству, и после разгрузки вагона он направлялся к ближайшему месту погрузки, а во многих случаях выполнялись сдвоенные операции. Сейчас же официально существует более 80 предприятий-собственников вагонов, а вагонный парк железных дорог с 2013 года передается в распоряжение УТЛЦ. Предприятия-собственники в большинстве случаев используют вагонный парк нерационально, перевозка грузов осуществляется согласно заключенных ими договоров. Значительная часть вагонов этих предприятий имеет трафарет «Срочный возврат на станцию...», следовательно после выгрузки вагоны в порожнем состоянии возвращаются на станцию приписки. В результате этого возникает большое количество встречного движения порожних и груженых маршрутов. Такая организация движения безусловно негативно влияет на энергетическую эффективность процесса перевозок. Чтобы повысить энергетическую эффективность перевозок например, на перегонах, имеющих затяжные подъемы и спуски, следует организовать движение так, чтобы энергия рекуперативного торможения максимально использовалась поездом идущим на подъем. Это позволит существенно снизить энергетическую составляющую себестоимости перевозки, и как следствие получить значительную экономию. Существует ещё одна особенность организации движения поездов, которая негативно влияет на энергетическую эффективность, связанная с тем, что организация работы осуществляется на основе устаревших показателей, разработанных в эпоху командной экономики. Например, планирование сдачи поездов к расчетному времени 17-00 на соседние дороги вынуждает технические станции отправлять большое количество поездов в узкий период 4-5 часов, а после простаивать без работы. Это создаёт повышенные нагрузки на систему тягового электроснабжения в часы пик, и как следствие, приводит к дополнительным потерям электроэнергии.

В данном докладе раскрыты факторы, которые влияют на формирование вагонопотоков в современных рыночных условиях и направления по построению энергоеффективных графиков движения поездов.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Курган М. Б., Байдак С. Ю., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Із загального обсягу паливно-енергетичних ресурсів найбільші витрати припадають безпосередньо на тягу поїздів. Їхній рівень залежить від багатьох факторів серед яких одним з основних можна вважати режим ведення поїзда. Зміна режиму веде до різної механічної роботи сили тяги локомотива, яка залежить від технічного стану верхньої будови колії, параметрів поздовжнього профілю, плану лінії тощо. Розробка технологій енергозбереження повинна базуватись на діагностиці, моніторингу і прогнозі. Після проведення діагностики визначається фактичний стан параметрів плану, поздовжнього профілю, колійної інфраструктури, наявність постійних і тимчасових обмежень швидкості руху швидкості руху вантажних і пасажирських поїздів тощо. Моніторингу властиві і спостереження, і аналіз інформації, що отримана в ході діагностики. Інформаційне забезпечення включає характеристики залізничної колії, динаміку накопичення деформацій і змін параметрів плану і поздовжнього профілю, співвідношення швидкостей руху вантажних і пасажирських поїздів, осьового навантаження. Прогнозування й розробка управлінських дій передбачають можливості змін підсистеми на основі моніторингу даної ділянки залізниці: положення кривих, поздовжнього профілю, усунення обмежень швидкості, зміна співвідношення швидкостей руху вантажних і пасажирських поїздів, осьового навантаження. тощо.

Для визначення факторів, які впливають на енергетичні витрати, розглянуто рівняння руху поїзда, в яке входять сила тяги локомотива, маса поїзда, прискорення поїзда, сили основного опору й додаткового опору руху (від ухилів і кривизни колії). Аналізуючи різні технології енергозбереження, було встановлено, що одним із основних шляхів зменшення енергоресурсів є зменшення витрат на тягу поїздів, тобто зменшення складових частин, що входять в рівняння руху поїзда.

Основний опір руху має місце при русі поїзда по прямій і горизонтальній колії, і, в свою чергу, залежить від тертя кочення і ковзання коліс по рейкам, втрат живої сили від ударів і коливань, тобто в кінцевому підсумку – від стану рухомого складу і колії.

В роботі досліджено питання зміни енергоємності вантажного поїзда, що рухається на різних ділянках залізниці в залежності від середнього ухилу. Для порівнянності результатів була прийнята однакова маса вантажного поїзда 4000 тонн. За результатами розрахунків для напрямків Львів-Здолбунів-Київ і Львів-Жмеринка-Київ побудовані залежності витрат електроенергії від середнього ухилу для парного й непарного напрямків. Отримані графіки були апроксимовані квадратичною параболою, що дало можливість отримувати й аналізувати зміну витрат електроенергії в діапазоні ухилів від – 8 до 8 ‰.

За знайденими на кожному напрямку аналітичними залежностями визначені витрати електроенергії для різних середніх значень ухилів і встановлено, що північний хід Львів-Здолбунів-Київ за параметрами плану й профілю дещо складніший і потребує більших витрат електричної енергії, що повинно бути враховано при вирішенні задачі розмежування вантажного й пасажирського руху і спеціалізації напрямків. Так, на ділянці Львів-Жмеринка-Київ витрати електроенергії сумарно в обох напрямках склали 12,8 кВт-год на 1 ткм при ухилі 0 ‰ і 27,8 кВт-год на 1 ткм при ухилі 8 ‰. На ділянці Львів-Здолбунів-Київ відповідно: 16,2 кВт-год на 1 ткм при ухилі 0 ‰ і 31,9 кВт-год на 1 ткм при ухилі 8 ‰.

Безумовно, крім параметрів профілю й плану на витрати електроенергії впливає маса і кількість поїздів. Встановлено, що залежність між витратами електроенергії і масою

рухомого складу лінійна. При збільшенні маси зменшується кількість поїздів і загальні витрати енергії на перевезення вантажів також зменшуються.

Таким чином, в роботі встановлені аналітичні залежності витрат електроенергії від середніх значень ухилів на ділянці, маси поїзда і вантажонапруженості, що дає можливість прогнозувати і оцінювати результати заходів по енергозбереженню.

## **СИСТЕМНІ ЗАХОДИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАПРЯМКУ ЗНАМ'ЯНКА – ОДЕСА**

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

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.

Найбільш актуальним є розвиток пропускної та провізної спроможності залізничних напрямків та забезпечена реалізація максимальної провізної спроможності напрямку Знам'янка – Одеса при раціональному співвідношенні маси і швидкості вантажних поїздів на вказаному напрямку.

Для більш ефективного використання локомотивів та локомотивних бригад рекомендовано прийняти рішення щодо наскрізного пропуску поїздів підвищеної маси та довжини поїздів на дільниці Знам'янка - Помічна – Котовськ - Одеса поїздами масою 6000 тон та Знам'янка - Помічна – Колосівка – Одеса поїздами масою 7000 тон.

Попередньо на Одеській залізниці була проведена робота щодо обкатки локомотивних бригад ТЧ-7 (депо Знам'янка), та перевірена дільниця Знам'янка - Помічна – Колосівка – Одеса тягово-енергетичною лабораторією залізниці на встановлення критичної маси вантажного поїзда, при веденні якого задіюються трисекційні електровози серії ВЛ 80с. Після випробувальних поїздок вагон-лабораторії на дільниці Знам'янка – Помічна – Колосівка - Одеса встановлена критична маса вантажного поїзда на три секції не більше 7000 тон (при критичній ваговій нормі на двох-секційний локомотив 5000 тон).

Для водіння вантажних поїздів електровозами серії ВЛ-80т до 6000 тон на дільниці Знам'янка - Помічна – Котовськ - Одеса, призначенням Іллічівськ, Білгород-Дністровський, Ізмаїл, графіком руху поїздів прокладено 4 нитки вантажних поїздів. Ведення великовагових і довгосоставних поїздів по дільниці приводить до зменшення витрат на перевізний процес, при цьому збільшується маса поїзда та продуктивність локомотива.

Одним із напрямків збільшення пропускної спроможності дільниці та реалізації енергозбереження на тягу поїздів є, в перспективі, впровадження інтелектуальних систем автоведення поїздів. Даний комплекс призначений для автоматизованого управління локомотивами. Система заснована на програмі «енергооптимальний тяговий розрахунок» на основі розрахунку оптимальної траєкторії руху поїзда, яка дозволяє розрахувати найбільш економічний режим руху поїзда з урахуванням багатьох критеріїв (профіль

колії, обмеження швидкості, маса поїзда), а також проводити автоматичний перерахунок швидкісного режиму при непередбаченій зупинки.

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.

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.

Впровадження енергооптимального графіка руху поїздів дозволить економити до 7% електроенергії на тягу поїздів.

## **АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ ТЯГОВОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

Лысенко В. Г., Кубкина О. В., ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный университет  
путей сообщения»

Автоматическое повторное включение (АПВ) фидерного выключателя 27,5 кВ предназначено для сокращения времени восстановления электроснабжения подвижного состава после отключения короткого замыкания устройствами релейной защиты. В основе существующего способа автоматического повторного включения лежит факт значительного количества неустойчивых (самоустраняющихся) коротких замыканий, имеющих место в тяговой сети переменного тока. Неверные действия АПВ могут привести к неоправданному увеличению времени восстановления электроснабжения. Автоматическое повторное включение может сопровождаться:

- развитием аварийного режима работы, возникновением устойчивых коротких замыканий, пережогами проводов контактной сети;
- повышенным износом и повреждениями оборудования тяговых подстанций;
- повреждениями оборудования электроподвижного состава.

Задача оптимизации автоматического повторного включения по критериям минимизации времени выдержки АПВ и вероятности развития аварийного режима работы тяговой сети становится наиболее актуальной с учетом имеющей место тенденции увеличения скоростей движения и веса поездов.

Наличие серийно выпускаемых микропроцессорных терминалов, устанавливаемых на фидерах контактной сети (ИнТер-27,5-ФКС, ЦЗА 27.5 ФКС), позволяет реализовывать известные функции автоматизации по результатам программной обработки технологической информации. Представляется возможным решение и учет результатов работы следующих прикладных технологических задач:

- контроль правильности функционирования устройств релейной защиты;
- расчет температуры нагрева проводов контактной сети;

- діагностування і контроль остаточного ресурса високовольтного вимикача.

Визначення факта ложного спрацювання релейної захисти дозволяє зробити висновок про відсутність короткого замикання. При цьому, з урахуванням готовності до включенню високовольтного вимикача і коректуванню уставок спрацювання релейної захисти, реалізується прискорене АПВ

При відсутності ресурса високовольтного вимикача формується відповідне інформаційне повідомлення оперативному персоналу і АПВ не реалізується.

Крім того, при реалізації АПВ, необхідно приймати до розгляду результати оцінки характеру (стійкості) короткого замикання в тяговій мережі змінного струму.

Необхідно відзначити, що установка програміруваних терміналів на постах секціонування і створення мережі зв'язу, забезпечуючої інформаційний обмін між терміналами поста секціонування і суміжних підстанцій, забезпечить можливість подальшого розвитку алгоритму автоматичного повторного включення і, як наслідок, підвищення його ефективності.

### **ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ**

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

Досвід експлуатації тягових підстанцій (ТП) показує, що надійність роботи електрообладнання залежить від численних і різноманітних факторів, які умовно можуть бути розділені на чотири групи: конструктивні, виробничі, монтажні, експлуатаційні.

*Конструктивні фактори* обумовлені застосуванням в пристроях елементів з низькою надійністю; недоліками схемних і конструктивних рішень, прийнятих при проектуванні; застосуванням комплектуючих елементів, що не відповідають умовам навколишнього середовища, тощо.

*Виробничі фактори* обумовлені порушеннями технологічних процесів та слабким контролем якості виготовлення, забрудненням навколишнього середовища, та ін.

*Монтажні фактори.* В процесі монтажу електротехнічних пристроїв їх надійність може бути знижена при недотриманні вимог технології і порядку проведення робіт та безпосередньо монтажу.

*Експлуатаційні фактори.* Умови експлуатації мають найбільший вплив на надійність електротехнічних пристроїв. Перевантаження, температура, вологість, корозійні рідини і гази, електричні і магнітні поля, удари, вібрація, пісок, пил, цвіль - все це впливає на роботу пристроїв. Різні умови експлуатації по різному можуть позначатися на терміні служби і надійності роботи електрообладнання ТП.

Також якість експлуатації електротехнічних пристроїв залежить від ступеня наукової обґрунтованості застосовуваних методів експлуатації та кваліфікації обслуговуючого персоналу. Застосування сучасних систем технічного обслуговування, ремонту, використання передового досвіду експлуатації електротехнічних пристроїв забезпечують їх більш високу експлуатаційну надійність.

Враховуючи вище викладене відзначимо основні шляхи підвищення експлуатаційної надійності ТП:

- подальше вивчення і удосконалення умов експлуатації та підвищення експлуатаційної надійності електрообладнання, визначення характеру, причин і законів розподілу відмов;
- вдосконалення та розробка нових методів розрахункової оцінки надійності електроустаткування, а також оцінки надійності шляхом випробування на надійність;
- налагодження і правильна експлуатація систем захисту електрообладнання, передбачених при проектуванні;
- покращення теплового стану електрообладнання шляхом переходу на більш високий клас нагрівостійкості ізоляції, вирівнювання температури окремих частин обладнання за рахунок вибору навантажень, розробки сучасних систем охолодження, застосування захисту від перевантажень, тощо;
- розробка і впровадження заходів щодо зниження вібрацій як електроустаткування, так і електромеханічної системи ТП в цілому;
- підвищення якості комплектуючих виробів і матеріалів;
- розробка методів визначення економічно оптимальних показників експлуатаційної надійності.

Підвищення експлуатаційної надійності електрообладнання також пов'язано з матеріальними витратами, тому дана проблема повинна вирішуватися на базі техніко-економічних розрахунків. Для кожного типу електрообладнання ТП можуть бути розроблені економічно - обґрунтовані оптимальні показники експлуатаційної надійності з урахуванням умов застосування, фізичного та морального зносу, витрат на технічне обслуговування і ремонт.

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ**

Міронов Д. В., Макаренко Є. Є., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

На даний час надійність та безпека функціонування електротехнічного обладнання господарства Е підтримується системою технічного обслуговування, що працює по планово-нормативній схемі. При цьому ймовірність своєчасного виявлення несправностей обладнання та їх ефективного усунення залишається низькою для сучасного стану галузі. Саме тому розробка нових якісних методів оцінки технічного стану обладнання являється досить актуальною.

Сучасне електроенергетичне устаткування представляє собою складний технічний об'єкт, надійність роботи якого повинна забезпечуватись, прогнозуватись та діагностуватись безперервно впродовж усього періоду експлуатації. Забезпечення достатнього рівня контролю, експертизи, моніторингу технічного стану обладнання, використання інноваційних технологій діагностування та ремонту являються основою стратегії підвищення якості, експлуатаційної надійності електроенергетичного обладнання. Саме тому у світовій практиці велика увага приділяється розробці та впровадженню проектів інтегрованої системи управління якістю, яка включає вирішення задач забезпечення конкурентоспроможності продукції, підвищення техніко-економічних показників та показників надійності і безпеки.

Найважливіші шляхи підвищення якості експлуатації енерготехнологічного устаткування можуть бути реалізовані із застосуванням основних положень процесного підходу. Основною технологічною задачею господарства Е є гарантоване забезпечення електроенергією залізничних та сторонніх споживачів. З позицій процесного підходу

гарантоване забезпечення електроенергією залізничних та сторонніх споживачів можна визначити як головний бізнес-процес господарства. Функціонування головного процесу господарства Е здійснюється під загальним управлінням з боку Служби електрифікації та електропостачання. Ефективне функціонування всієї системи підтримується за рахунок 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.

Для електротехнічного обладнання оціночні показники якості продукції, надійності експлуатації та безпеки можуть бути отримані на основі баз даних діагностичних досліджень. З метою адекватної оцінки якості експлуатаційних показників необхідно визначити узагальнені характеристики роботи енергетичного обладнання. Для вирішення цього завдання може бути використана методика інтегральної оцінки якості, в основі якої лежить розрахунок на базі теорії нечітких множин значення узагальненої функції бажаності Харінгтона.

Створення інтегрованої системи менеджменту якості є одним із підходів до підвищення надійності експлуатації та конкурентоспроможності електротехнічних комплексів. Інтегрована система управління якістю стає елементом, координуючим інженерні, конструкторсько-технологічні та інші рішення в питаннях «за» і «проти» на всіх етапах життєвого циклу енергетичного устаткування: розробка - проектування, виготовлення - випробування, експлуатація - постійне поліпшення (інновація, модернізація, реконструкція). Вирішення зазначених завдань підвищення якості є одним з ефективних шляхів покращення до необхідного рівня надійності електротехнічного обладнання, а також його експлуатаційної безпеки.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ГРОМАДСЬКИХ ТА ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

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

Останнього часу у зв'язку з політико-економічною ситуацією в Україні набуває все більшої ваги необхідність отримання електроенергії від відновлюваних джерел енергії. В основі цього процесу лежить підвищення тарифів на електроенергію з 1 червня 2014 року для побутових споживачів (населення) на 10-40% залежно від обсягів її споживання. Нові тарифи на електроенергію, що відпускається населенню, затверджені постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики (НКРЕ), від 23 травня 2014 р. № 749 «Про внесення змін до тарифів на електроенергію, що відпускається населенню». НКРЕ також рекомендовано підвищити на 10% - до 23,7 коп. за кВт·год діючий в опалювальний сезон (з 1 жовтня по 30 квітня) тариф для тих, хто використовує електроопалювальні установки у своїх житлових будинках і споживає на місяць до 3600 кВт·год. Водночас для тих споживачів, які споживають електроенергії більше даного значення, граничний тариф встановлено на рівні 95,76 коп. за кВт·год. Для юридичних осіб тарифи є ще вищими і складають, наприклад, по ПАТ "ДТЕК ДНІПРООБЛЕНЕРГО" 96,91 коп. за кВт·год для споживачів I класу та 123,35 коп. за кВт·год для споживачів II класу (без ПДВ). Подібні заходи у тому числі мають стимулювати залучення інвестицій у генерацію електроенергії з енергії альтернативних джерел.

На нашу думку до об'єктів, де існує можливість підвищення економічності та енергоефективності шляхом впровадження автоматизованої системи електропостачання на основі відновлювальних джерел енергії належать передусім окремо розташовані будівлі громадського та житлового призначення такі як офісні та готельні приміщення, будинки відпочинку локомотивних бригад, медичні установи, тощо.

На зазначеному об'єкті пропонується перехід до диференційованої за періодами часу тарифікації електроенергії разом з впровадженням генерації електроенергії для живлення окремих локальних споживачів, таких як система електроопалення та електропідігріву води від системи «сонячні панелі – інвертор» у години денного максимуму споживання електроенергії. При цьому передбачається резервування живлення цих споживачів від системи зовнішнього електропостачання. Можливою є також реалізація накопичування електроенергії в акумуляторних батареях для живлення решти електроприймачів.

Розв'язання проблеми використання енергії відновлювальних джерел у вказаній системі електропостачання потребує проведення ряду досліджень зокрема аналізу можливих варіантів алгоритмів автоматичного управління в залежності від погодних умов, часу доби, годин максимальної енергоефективності сонячних панелей та інше з метою мінімізації витрат на оплату електроенергії, спожиту від системи зовнішнього електропостачання. Одночасно у деяких випадках можуть бути потрібні порівняння доцільності переходу на тризонний або двозонний тариф, визначення найбільш раціонального місця для розташування сонячних панелей в залежності від конструктивних особливостей будівлі, тощо.

## **ГЕОМЕТРИЧНО-СПЕКТРАЛЬНЕ ТРАКТУВАННЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТЯГОВИХ НАПРУГИ ТА СТРУМУ**

Міщенко Т. М. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Фактори неякісності електроенергії обумовлюють виникнення в пристроях систем електротяги складових повної потужності і зокрема реактивної енергії  $Q$ , яка займає особливе місце в задачах підвищення ефективності енергопроцесів. І в той же час, проблема трактування, визначення і методів розрахунку реактивної потужності  $Q$  в колах з несинусоїдними електричними величинами залишається і на сьогодні дискусійною. Методи розрахунку  $Q$ , розробляються окремо для конкретних нелінійних споживачів, умов і режимів їх роботи. При цьому більшість спеціалістів - електроенергетиків у своїх думках по визначенню  $Q$  виходять із понять ортогональної системи потужностей або через інтегральні величини добутків однієї електричної величини на швидкість зміни іншої (у вигляді інтеграла Рімана). Однак застосування інтегральних характеристик не дозволяє достатньо ефективно здійснювати оптимальне енергорегулювання систем. Необхідні інші підходи до цієї проблеми, які б відображали максимум інформації про енергетичний стан кіл з несинусоїдними напругами і струмами. Тому нами пропонується геометричне трактування реактивної потужності, яке базується на її зв'язку з циклічною динамічною вольт-амперною характеристикою (ВАХ) досліджуваного кола (пасивного двополюсника) і одночасно на зв'язку цієї ВАХ зі спектральним складом несинусоїдних вхідних  $u(t)$  і  $i(t)$  двополюсника. Закономірності таких зв'язків було встановлено нами на прикладі нового електровозу змінного струму ДС 3. З цією метою було виконано часовий моніторинг змінних вхідних напруги  $u(t)$  (на струмоприймачі) і струму  $i(t)$  цього електровозу при змінних величинах діючого значення струму навантаження, рівного 10; 20; 50 та 100 А. Встановлено наступне.

Будь-який пасивний двополюсник у повній мірі характеризується циклічною (за період зміни його  $u(t)$  і  $i(t)$ ) ВАХ, а геометрична площа  $S$  останньої пропорційна  $Q$ , яка споживається (чи генерується) цим пристроєм – двополюсником.

Знак реактивної потужності визначається напрямком руху робочої точки ВАХ при її побудові. Якщо робоча точка рухається за годинниковою стрілкою, тоді  $Q > 0$ , отже, являється споживаною.

Зі збільшенням тягового навантаження (від 10 до 100 А) ВАХ розширюється ( $S$  збільшується), тобто закономірно збільшується реактивна потужність.

У випадку, коли у струмі  $i(t)$  переважає основна гармоніка 50 Гц, тобто  $i(t)$  майже «чисто» синусоїдний, тоді ВАХ за формою являється еліпсоподібною. Зі збільшенням вищих гармонік в спектрі струму форма ВАХ все більше спотворюється. Імовірно, математично можна знайти певний параметр, який би чисельно визначив ступінь спотворення ВАХ в залежності від кількості і амплітуд вищих гармонік в несинусоїдній величині.

## **МІНІМІЗАЦІЯ ЗРІВНЯЛЬНИХ СТРУМІВ В ТЯГОВІЙ МЕРЕЖІ ЗМІННОГО СТРУМУ: НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

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

Серед робіт, орієнтованих на мінімізацію зрівняльних струмів, можна умовно виділити наступні три основні напрями:

- використання регулювання напруги під навантаженням (РПН);
- застосування вольтододаткових трансформаторів;
- перехід від схем двостороннього живлення до схем одностороннього живлення.

Найбільшим чином істотно впливати на зрівняльні струми можна регулюванням напруги на шинах підстанцій за допомогою РПН силових трансформаторів, але при цьому застосування РПН не дозволяє компенсувати поперечну складову зрівняльного струму. Окрім цього, застосування РПН забезпечує зміну напруги відразу на обох плечах живлення підстанції, але напруга відстаючої фази, як правило, нижче, ніж на випереджаючій фазі. Тобто, вирівнювання напруги на шинах суміжних підстанцій однієї міжпідстанційної зони може привести до збільшення зрівняльного струму на суміжних міжпідстанційних зонах. Тому можливості застосування РПН для зниження зрівняльних струмів дуже обмежені.

У ряді робіт пропонується варіант компенсації зрівняльних струмів за допомогою застосування вольтододаткових трансформаторів наступних типів: ОРНДЖ- 16000/220; ОРМЖ- 10000/27,5; ОЦР- 5600/25; ОЦР- 1000/25; ОМО- 800/35. Теоретично їх застосування дозволяє повністю усунути зрівняльний струм не лише за рахунок компенсації абсолютної різниці напруги на шинах суміжних підстанцій, але і їх фазового розузгодження. Основним недоліком варіанту застосування вольтододадового трансформатора є великі капітальні і експлуатаційні витрати.

Ефективнішим є варіант зниження втрат енергії в тяговій мережі за допомогою застосування схем одностороннього живлення - консольної, зустрічно-консольної або зустрічно-кільцевої.

Застосування односторонніх схем живлення є радикальним заходом, який дозволяє повністю усунути зрівняльний струм. Проте, разом з усуненням втрат енергії від зрівняльних струмів зростають втрати від тягових навантажень. Найбільше значення ці втрати мають при консольній схемі живлення, тому її застосування менш ефективне, чим застосування схем зустрічно-консольного або зустрічно-кільцевого живлення.

Зустрічно-кільцеве живлення, по суті будучи одностороннім, в той же час, частково зберігає позитивні властивості властиві вузловій схеми живлення: резервування, низькі втрати потужності, відносно стабільна напруга, тому є найбільш прийнятним.

Слід зазначити, що окрім перерахованих напрямів зменшення зрівняльних струмів можна добитися шляхом правильного розміщення пристроїв поперечної і поздовжньої компенсації реактивної потужності. Проте застосування існуючих компесуючих пристроїв не завжди ефективне і тільки у ряді випадків забезпечує часткове вирішення проблеми. Розпочате застосування на тягових підстанціях змінного струму пристроїв регульованої компенсації ще потребує проведення додаткових досліджень, які повинні бути направлені на отримання системного ефекту.

Застосовувані на сьогоднішній день заходи зниження транзиту потужності по тяговій мережі не усувають саму причину виникнення вирівнювальних струмів. Для цього необхідне проведення організаційно-технічних заходів, які забезпечать необхідний режим взаємної роботи систем тягового та зовнішнього електропостачання. Для забезпечення системного ефекту від такої взаємодії необхідна розробка нових принципів функціонування існуючих засобів регулювання режимів роботи на основі смарт-грід технологій.

## **СИММЕТРИРОВАНИЕ НАГРУЗОК СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ТРЕХФАЗНЫМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ НА ДВУХПУТНЫХ УЧАСТКАХ**

Мрыхин С. Д., ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный университет путей  
сообщения»

В России нашла широкое применение система электроснабжения железных дорог переменного тока, в которой на тяговых подстанциях устанавливают трехфазные трехобмоточные тяговые трансформаторы, первичные обмотки которых соединены по схеме «звезда», а вторичные обмотки – по схемам «треугольник» и «звезда». Обмотка, соединенная по схеме «треугольник», предназначена для питания тяговых однофазных (железнодорожных) нагрузок слева и справа от подстанции, а обмотка, соединенная по схеме «звезда», используется для питания трехфазным током районных нетяговых потребителей.

Для этой системы характерна неравномерная загрузка фаз питающей линии электропередачи (ЛЭП) и неполное использование мощности тягового трансформатора, вызванное тем, что к его трехфазной обмотке, включенной в «треугольник» подключается очень большая однофазная и неравномерная нагрузка в виде электровазов и электропоездов. Система напряжений и система токов питающей трехфазной ЛЭП из-за неравномерной нагрузки становится несимметричной.

Для сглаживания несимметрии ЛЭП, вызванной электрической тягой, используются схемы с чередованием подключения слабозагруженной фазы трансформаторов разных подстанций к разным фазам ЛЭП. Однако эта схема на практике малоэффективна.

Несимметрию пытаются устранить различными способами. Известна система, которая обеспечивает равномерную нагрузку фаз питающей линии электропередачи за счет использования трансформаторов с симметрирующим эффектом на опорной подстанции. Недостатком этой системы является ее сложность и отсутствие решений для питания трехфазных районных нетяговых потребителей.

На действующих подстанциях для снижения несимметрии предлагается использовать двухфазные симметрирующие трансформаторы в качестве приставок к

установленим трьохфазним трансформаторам. Однак таке рішення потребує відмови від паралельної роботи підстанцій.

В ряду країн проблему симетризації навантаження лінії електропередачі вирішують застосуванням спеціального трансформатора зі схемою Вудбриджа. Недоліком цієї схеми є її складність.

В доповіді розглянуто ще одна можливість симетризації навантаження на двохпутних ділянках за рахунок застосування понижувальних трансформаторів, у яких живлення тягової мережі здійснюється від обмоток, з'єднаних не в «трикутник», а в «зірку». Приводиться електрична схема такої системи живлення тягових навантажень. Пропонується система, що дозволяє знизити несиметрію навантаження джерела трьохфазного змінного струму при живленні однофазної тягової навантаження, знижує втрати напруги в тягової мережі (це дає можливість застосовувати окрему схему живлення і спростити пости секціонування за рахунок виключення поперечних міжпутних з'єднань), зменшує шкідливий вплив тягових струмів в рейсовій ланці на роботу системи сигналізації.

Можливо застосування пропонуваної системи на трьохпутних ділянках при подачі живлення на кожен шлях від окремої фази. На багатопутних ділянках можливо об'єднання шляхів в три групи для живлення кожної групи окремою фазою.

## **ОПЕРАТИВНИЙ КОНТРОЛЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРОЄКТІВ**

Находов В. Ф., Бориченко О. В., Іванько Д. О., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Насьогодні важливою умовою залучення інвестицій у сферу енергозбереження є створення можливості оперативного контролю результатів впровадження енергозберігаючих проєктів. Методологічною основою контролю ефективності енерговикористання в Україні є встановлення норм питомої витрати палива чи енергії на об'єкті. Однак існуюча система нормування питомих витрат палива чи енергії не дозволяє встановлювати ці величини достатньо обґрунтовано та об'єктивно, а також не придатна для здійснення оперативного контролю енергоефективності. Не створює реальної можливості об'єктивного контролю результатів енергозбереження застосування вже достатньо відомих в Україні систем контролю і планування енергоспоживання (систем КіП або Monitoring and Targeting Systems), які широко використовуються у зарубіжній практиці в системах енергетичного менеджменту. Такі системи мають низку суттєвих недоліків, спрощень та невирішених питань.

Авторами розроблена оригінальна, більш коректна методологія побудови та функціонування систем оперативного контролю ефективності енерговикористання, яка дозволяє зберегти переваги традиційних систем КіП та уникнути основних їх недоліків. Основною ідеєю, на основі якої функціонують системи КіП, є те, що рівень енергоефективності на виробничому об'єкті визначається шляхом порівняння фактичного обсягу енергоспоживання з його «еталонною» величиною, розрахованою на основі математичної моделі, яка відображає зв'язок між споживанням енергоресурсів та чинниками, що суттєво на нього впливають. В системах КіП такі «еталонні» обсяги використання ПЕР часто називають «стандартами» енергоспоживання. Саме від обґрунтованості таких «стандартів» принципово залежить можливість об'єктивного контролю результатів впровадження енергозберігаючих проєктів.

Оригінальна методологія побудови та функціонування систем оперативного контролю енергоефективності, розроблена авторами, на відміну від традиційних методик, дозволяє:

1. На основі застосування сучасних математичних методів (зокрема, експертних методів, нечіткої логіки та математики, методу головних компонент) виконувати попередній

аналіз наявних статистичних даних та визначати найбільш доцільний склад чинників, врахування яких є необхідним для побудови адекватних математичних моделей енергоспоживання технологічних об'єктів.

2. З застосуванням методу DEA-аналізу здійснювати вибір найбільш придатного методу математичного моделювання енергоспоживання в результаті «конкурентного» відбору моделей за ознаками їх адекватності, а також за низкою додаткових критеріїв.

3. Базуючись на побудові довірчих інтервалів до відповідних математичних моделей, встановлювати для технологічних об'єктів «стандарти» енергоспоживання, які враховують залишкову похибку моделювання.

4. Організувати чітку процедуру контролю виконання встановлених «стандартів» енергоспоживання, що ґрунтується на застосуванні об'єктивних ймовірнісно-статистичних методів, зокрема, на побудові контрольних карт Шухарта, а також на використанні низки інших методів виявлення фактів перевитрати або економії палива чи енергії та аналізу причин їх появи.

Методологія побудови та функціонування систем оперативного контролю ефективності енерговикористання дозволяє успішно застосовувати такі системи як інструмент контролю результатів впровадження енергозберігаючих проєктів, а також підтвердження окупності інвестованих в них коштів.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ЧАСТОТАХ ВЫСШИХ ГАРМОНИК**

Нестерович В. В., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

При подключении к электрической сети нелинейных нагрузок возникает необходимость оценки возможного искажения форм кривых напряжений в узлах сети и токов, протекающих по ее ветвям. Для этого требуется информация о частотных характеристиках (ЧХ) входных и взаимных сопротивлений электрической сети на частотах высших гармоник.

Для нахождения ЧХ входных сопротивлений расчетным путем необходима информация о конфигурации, параметрах и режиме работы всей электрической сети. Практика показывает, что во многих случаях пренебрежение частью сети, даже достаточно удаленной от исследуемого района, приводит к возникновению значительной погрешности (особенно в режимах близких к резонансным). Достоверность полученной расчетным путем информации существенно зависит от точности задания параметров элементов электрической сети и адекватности математических моделей, используемых для замещения реальных элементов на частотах высших гармоник. В свою очередь, используемые математические модели отдельных элементов сети обладают погрешностью, как правило, существенно увеличивающейся с ростом номера гармоники, что делает актуальным использование экспериментальных методов определения ЧХ электрических сетей.

В зависимости от роли экспериментатора методы определения ЧХ сопротивлений электрических сетей могут быть отнесены к двум категориям: 1) методы активного эксперимента, предусматривающие активное вмешательство экспериментатора в работу электрической сети путем генерирования специальных тестовых сигналов, выполнения различных переключений и т.п.; 2) методы пассивного эксперимента, предполагающие, что экспериментатором анализируются явления, происходящие при нормальном функционировании электрической сети. Методы пассивного эксперимента, как правило, обладают следующими преимуществами: требуют меньших материальных затрат, чем

методи активного експеримента; не оказують впливу на режим роботи мережі; дозволяють виконувати дослідження в течение довгих інтервалів часу, забезпечуючи отримання статистичної інформації про ЧХ. В той же час методи активного експеримента зазвичай забезпечують більшу точність і мають кращі функціональні можливості (наприклад, дозволяють виконувати вимірювання на частотах, відсутніх в спектрі вищих гармонік токів і напруг в нормальному режимі і т.п.). Способи експериментального визначення ЧХ можуть бути також розділені на дві групи: 1) способи, засновані на дослідженні установившихся процесів; 2) способи, що використовують інформацію про перехідні процеси. Перехідні процеси, що використовуються для визначення частотних характеристик, можуть викликатися різними причинами: короткими замиканнями, комутаціями батареї конденсаторів або фільтра вищих гармонік, трансформатора, лінії електропередачі, роботою ДСП в період розплаву. З точки зору використовуваних способів обробки експериментальних даних можна виділити наступні групи методів дослідження ЧХ: 1) методи, засновані на аналізі даних в області частот (розкладання сигналів в ряди Фур'є і застосування перетворення Фур'є); 2) методи, що використовують аналіз даних в часовій області (алгоритми ідентифікації).

Незважаючи на значительне число робіт, присвячених методам експериментального визначення ЧХ, подальшого дослідження потребують питання оцінки погрешності даних методів і розробки відповідних інженерних методик.

## **СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІНВЕРТОВАНИХ ТЯГОВИХ НАПРУГИ І СТРУМУ**

Нікітенко А. В., Костін М. О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна

Окрім оцінки якості рекуперованої електроенергії, що передається від рекуперуючого ЕРС в тягову мережу і далі на тягову підстанцію, важливою є також задача оцінки якості електроенергії, яка після підстанційного інвертування передається в первинну живлячу 3-фазну ЛЕП і далі на районну підстанцію (РП), а ця якість визначається спектральним складом інвертованих напруги і струму. Тому нами було оцінено гармонійний склад струму і напруги на виході однієї з тягових підстанцій Львівської залізниці, від якої інвертована електроенергія поступає в трифазну лінію 35 кВ.

Як впливає з результатів досліджень, напруга є майже синусоїдною, а струм – спотвореним (несинусоїдним) і відстає за фазою від напруги на 83...85 електричних градусів. Останнє обумовлено значною індуктивністю ЛЕП 35 кВ, трансформаторів та іншого електрообладнання районної підстанції. Спотворення струму обумовлено нелінійностями елементів інверторної установки ТП та електрообладнання РП.

Основний внесок в несинусоїдний характер зміни кривої струму вносять, окрім другої, непарні гармоніки від 3-ї до 25-ї включно. Спектральний склад струму містить гармоніки, значення  $K_{I(n)}$  (згідно з ГОСТ 13109-97) яких склали більше одиниці. Порівняння максимально допустимих значень коефіцієнта  $n$ -ї гармонійної складової струму з його фактичними значеннями свідчить про те, що гармоніки 5, 7, 11, 13, 17, 19, 25 перевищують максимально допустимі значення (при  $I_{КЗ}/I_{НОМ} < 20$ ).

Як відомо, несинусоїдний струм викликає несинусоїдний спад напруги на внутрішньому опорі мережі. Тому в закордонній електроенергетиці до гармонійного складу струму пред'являють все більші вимоги, які згідно стандарту IEEE 519-1992 нормуються за інтегральним показником (гармонійного струму), що визначається коефіцієнтом гармонік

THD – Total Harmonic Distortion. Значення цього показника інвертованого струму ( $I_{THD}$ ) досягає 16,87 % й тим самим перевищує допустиме значення 5 %.

Не дивлячись на те, що напруга після інвертування візуально виглядає цілком синусоїдною, все ж було визначено її гармонійний склад. При цьому встановлено, що в напрузі мають місце, окрім основної, непарні гармоніки (хоча з незначним вкладом). Їх коефіцієнти  $n$ -ї гармонійної складової не перевищують максимально допустимі (згідно ГОСТ 13109-97 для ЛЕП 35 кВ) значення.

## **СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ УКРАИНЫ**

Перекрест В. В., Тодоренко В. А., Тюрютиков А. И., Мироничев А. В., НИИ прикладной электроники при НТУУ «Киевский политехнический институт»

Большинство систем телемеханики, используемых современной Энергетикой Украины, созданные 20-30 лет назад, безнадежно морально устарели, физически изношены и многие не подлежат модернизации. Массовая замена этих систем требует огромных капиталовложений. Но без такой модернизации невозможно рационально использовать всю энергосистему Украины в целом либо одного отдельно взятого предприятия в частности.

Среди разработчиков автоматизированных систем диспетчерского управления и удаленного мониторинга принято условное деление системы на нижний и верхний уровень. К нижнему уровню относится оборудование и микропрограммы, работающие непосредственно на объекте учёта. К верхнему уровню относится остальная часть системы, расположенная, как правило, в центре обработки данных и офисах контролирующей организации.

Компании Украины, занимающиеся непосредственно внедрением таких автоматизированных систем диспетчерского управления и удаленного мониторинга, предлагают своему заказчику комплексное решение, удовлетворяющее его потребностям. Почти в 100% таких решений нижний уровень строится из оборудования зарубежных производителей и составляет большую часть от стоимости заказа. Верхний уровень, как правило, разрабатывают сами компании, предлагающие решение.

Существенно снизить стоимость конечного решения реализации автоматизированной системы диспетчерского управления и удаленного мониторинга позволит снижение цены на нижний уровень. Для этого необходимо, чтобы используемое оборудование было тоже отечественным.

В НИИ ПЭ (Украина, г. Киев) разработан прибор телемеханики – ПК-2. Прибор является компактным трехфазным измерителем, специально разработанным для удовлетворения широкого спектра пользователей.

Прибор обеспечивает трехфазные измерения параметров электроэнергии; мониторинг внешних событий посредством гальванически изолированных дискретных входов; взаимодействие с внешним оборудованием через контакты дискретных выходов, собранных на гальванически изолированных симисторах.

Во входных токовых цепях прибора ПК-2 установлены высокоточные трансформаторы тока. Математическую обработку сигналов обеспечивает 32-х разрядный микроконтроллер.

Прибор ПК-2 стандартно оснащается портом связи RS-485 (протокол Modbus RTU). Используя дополнительный модуль преобразователя интерфейсов, ПК-2 может быть подключен к локальной сети или сети Интернет.

Прибор ПК-2 обладает следующими возможностями:

- Питание прибора осуществляется от внешнего, гальванически изолированного от измерительных цепей, источника постоянного тока напряжением 24 В.
- Индикация состояний дискретных цифровых входов и дискретных выходов прибора, наличие питания и состояние линий приема/передачи порта связи RS-485 на лицевой панели прибора с помощью светодиодных индикаторов.
- Три измерительных входа напряжения и три гальванически изолированные измерительных входа тока используются для прямого подключения либо через трансформаторы напряжения и тока соответственно.
- Многофункциональный трехфазный измеритель напряжений, токов, активных, реактивных и полных мощностей, коэффициентов мощности, частоты по каждой из фаз по отдельности, а также суммарных по всем трем фазам значений активной, реактивной, полной мощностей и коэффициента мощности.
- Восемь гальванически изолированных дискретных цифровых входов. Возможность установки времени задержки на устранение дребезга контактов по каждому из входов по отдельности.
- Регистрация событий происходящих на цифровых входах и запись этих событий в журнал в формате: год, месяц, число, час, минута, секунда, номер входа. Емкость журнала событий – 255 записей. При превышении максимального количества записей происходит циклическая перезапись.
- Четыре гальванически изолированных симисторных выхода. Возможность конфигурирования способа коммутации каждого из выходов по отдельности: логическое включение/выключение, однократный импульс, повторяющийся импульс.
- Встроенные часы и календарь (срок службы батареи: до 5 лет).
- Парольная защита для доступа к модификации данных.
- Гальванически изолированный порт RS-485 для связи с внешними устройствами. Поддержка скоростей: 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600, 76800, 115200 бод. Паритет: без паритета, нечетный, четный. Количество стоп-бит: 1, 2.
- Возможность подключения с помощью внешнего преобразователя интерфейсов RS-485/Ethernet к локальной сети или сети Интернет.

Важным моментом для конечного потребителя является также ремонтпригодность используемого оборудования. В большинстве случаев ремонт используемого зарубежного оборудования не производится, а просто осуществляется его замена. При этом потребитель несет большие дополнительные затраты. При использовании отечественного оборудования, предприятие-изготовитель всегда, в кратчайшие сроки произведет недорогой ремонт своего оборудования. Такой подход существенно снижает затраты, необходимые на обслуживание используемого оборудования в период его эксплуатации.

### **ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОПИТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ АСКОЕ**

Полях А. О., ВСП Енергозбут Придніпровської залізниці, Полях О. М.,  
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.  
Лазаряна

Проблема системи опитування пристроїв автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (далі АСКОЕ) на залізниці існує з самого початку заснування АСКОЕ, тому однією із науково практичних завдань є вдосконалення цієї системи.

Система опитування пристроїв АСКОЕ у дев'яності роки двадцятого століття будувалась на фіксованій телефонній лінії, але ця система себе не виправдала тому, що не завжди можливо було прокласти телефонну лінію на нові об'єкти АСКОЕ, крім того на існуючих об'єктах іноді неможливо виділити телефонну лінію, до того комутована лінія

має великі перешкоди. Потім почали впроваджувати технологію зв'язку по CSD каналу за допомогою GSM модемів.

Аналіз основних досліджень і публікацій показав, що CSD модеми є набагато пристосовані для системи АСКОЕ бо вони не прив'язані до можливості підведення комутаційної лінії, зв'язок відбувається у цифровому форматі. Основний принцип роботи CSD каналу полягає в наступному: будується надійне з'єднання «пір-ту-пір» (точка-точка) між клієнтом і базою, потім відбувається передача любого об'єму інформації. Швидкість каналу такого зв'язку не перевищує 9,6 Кбіт/с. Недоліком такої системи є збільшення вартості передавання корисної інформації, крім того зростають накладні витрати на встановлення з'єднання від двох до двадцяти секунд, до того тарифікація зв'язку йде по секундна.

Тенденцією останніх років є збільшення кількості об'єктів з встановленням пристроїв АСКОЕ, що привело до збільшення навантаження на організації які збирають данні з цих пристроїв. Придніпровська залізниця усунення цієї проблеми вирішує шляхом каналів опитування віддалених пристроїв АСКОЕ. Але в свою чергу збільшення каналів опитування приводить до збільшення кількості модемів і SIM карток за які потрібно платити гроші, а це є додаткові витрати.

При збільшенні кількості абонентів збільшується навантаження на одну вишку GSM, що може привести до втрати сигналу мережі GSM модему системи АСКОЕ, через це неможливо зчитувати комерційну інформацію з приладів обліку, що в свою чергу призводить до порушення правил оптового ринку електроенергії.

Ще однією проблемою CSD каналу передачі даних є виділення цілого цифрового каналу на прийом і на передачу інформації, що призводить до додаткового навантаження на GSM соту.

З вище викладеного слідує, що система опитування пристроїв АСКОЕ на Придніпровській залізниці потребує модернізації.

Пропонується вирішення цієї проблеми наступним чином. У зв'язку з тим, що основний обсяг інформації перебуває на тягових підстанціях, і для опитування даних об'єктів витрачаються значні часові та грошові витрати. Тому пропонується застосування оптоволоконного зв'язку для модернізації цього вузла системи опитування пристроїв АСКОЕ.

Переваги такої модернізації полягають в наступному. Одна оптична волосинка дозволяє передавати інформацію зі швидкістю до 10 Мбіт/с, що в свою чергу в 1000 разів швидше чим по CSD каналу передачі даних. Крім того оптоволоконний зв'язок дозволить включити в себе не тільки систему АСКОЕ а й канал телемеханіки і телекерування. Оптоволоконний сигнал передається без втрат і перешкод і його неможливо несанкціонованого зчитувати без пошкодження з'єднання.

## **ОСОБЛИВОСТІ ПАРАЛЕЛЬНОЇ РОБОТИ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ З СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ**

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

Розвиток нетрадиційних джерел електроенергії, зокрема сонячних електростанцій, збільшує кількість звернень від виробників до залізниць України щодо технічних умов та можливості приєднання до електричних мереж Укрзалізниці. 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, погіршенню показників якості електроенергії та збільшення фінансових витрат залізниць на реконструкцію власних електричних мереж. Проте при впровадженні генерування сонячної електроенергії в основну енергосистему і можливість забезпечення електроенергією не тягових споживачів, які знаходяться безпосередньо біля сонячних електростанцій, що зменшить втрати електроенергії при передаванні.

При впровадженні паралельної роботи сонячних електростанцій з основною енергосистемою постає необхідність проведення розрахунків для оцінки її впливу у нормальних та аварійних режимах (стійкість функціонування та якість електроенергії). Це потребує принципово нових методів розрахунку перетоків потужності, як в нормальних, так і в аварійних режимах, при цьому необхідно враховувати, що при підключенні сонячної генерації перетоки потужності у розподільчій мережі можуть змінювати напрямки. Тобто, виникає потреба реконструкції енергосистеми з урахуванням впливу джерел сонячної генерації на енергосистему.

На самих сонячних електростанціях, приєднаних до енергосистеми, мають місце проблеми з забезпеченням стійкості та надійності роботи, що також потребує встановлення додаткової апаратури керування (пристрої забезпечення паралельної роботи енергосистем). Зокрема, на стійкість роботи сонячних електростанцій впливає режим роботи навантаження та співвідношення між потужністю, що споживається та передається в енергосистему. Необхідно зазначити, що, з урахуванням вище сказаного, для оцінки статичної та динамічної стійкості лише класичної теорії стійкості не достатньо, необхідно впроваджувати принципово нові методи розрахунку з врахуванням впливу напруги та частоти на перехідні процеси. Для цього необхідно визначити параметри граничних режимів (наприклад, граничної передаваної потужності), критичної напруги на основних вузлових точках приєднання, визначення запасу та допустимих потоків активної потужності та напруги по лініям.

Основною метою приєднання джерел сонячної генерації є підвищення надійності електропостачання, зменшення втрат електроенергії та екологічний вплив на довкілля. Однак, виведення на паралельну роботу з основною енергосистемою призводить до технічних проблем у її роботі, таких як: стійкість роботи, якість електроенергії та диспетчерське керування. Виникають проблеми на шинах низької та середньої напруги у зв'язку з появою двонаправлених перетоків потужності та обмеженням струмів короткого замикання.

## **ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗБЫТОЧНОЙ ЭНЕРГИИ РЕКУПЕРАЦИИ НА ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

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

Рекуперативное торможение имеет следующие проблемы, которые требуют особого учета при разработке схемы электровоза для их решения:

а) тормозной момент пропорционален не скорости, а разности между скоростью и «скоростью нейтралы», зависящей от положения органов управления электровоза и напряжения контактной сети.

б) при параллельном включении якорей рекуперирующих ТЭД схема может получиться неустойчивой при буксовании и склонной к «сваливанию» в режим, когда один ТЭД работает в моторном режиме, питаясь от второго ТЭДа, работающего как генератор, что подавляет торможение.

в) необходимы меры защиты против короткого замыкания контактной сети или же КЗ на самом электровозе.

В основном, рекуперативным торможением оборудуются электровозы постоянного тока ввиду простоты метода переключения ТЭД в режим генератора. В электровозах переменного тока существует проблема, которая заключается в преобразовании выработанного постоянного электрического тока в переменный и синхронизация его с частотой тягового тока, эта проблема решается с помощью тиристорных преобразователей. Электровозы переменного тока, созданные до использования тиристорных инверторов (ВЛ60, ЧС4 и ЧС4Т, а также все поколения ВЛ80, кроме ВЛ80Р) не имели возможности рекуперативного торможения.

Рекуперативное торможение редко используется в пассажирском движении, по крайней мере на «классических» электровозах ВЛ10 и ВЛ11 из-за возникновения ощутимых рывков при переключении тормозной рукоятки локомотива со ступени на ступень, а также при скачках напряжения контактной сети. Большинство пассажирских локомотивов той поры вовсе не имели этой возможности. Кроме того, рекуперативное торможение, как и реостатное, сжимает состав и создает удар от сжатия сцепных устройств. Тем не менее, рекуперативное торможение широко применяется на моторвагонном подвижном составе (МВПС) постоянного тока (ЭР2Р, ЭР2Т и более поздние электропоезда). В отличие от поездной работы, в МВПС обычно постоянен вес поезда (его почти никогда не переформируют), а также намного выше тяговооруженность. Это сильно упрощает создание автомата управления рекуперативным торможением.

Энергетическая эффективность использования рекуперации может быть оценена с помощью коэффициента рекуперации –  $K_p$ , определяемого как отношение количества электроэнергии  $A_p$ , возвращенной в питающую сеть при рекуперативном торможении ЭПС, к количеству электроэнергии  $A_t$ , полученной из питающей сети при работе ЭПС в режиме тяги:  $K_p = A_p / A_t$

Применение рекуперативного торможения на пригородных электропоездах – наиболее эффективная возможность получения экономии электроэнергии. Величина экономии зависит от условий движения, параметров электрооборудования применяемых электропоездов и целого ряда иных факторов. Основным вопросом, связанным с эффективностью применения рекуперации, является проблема приема энергии на подстанциях в те интервалы времени, когда на линии отсутствуют потребители.

В данном докладе автор проанализировал возможные варианты использования избыточной энергии рекуперации на высокоскоростном транспорте.

## **ПРИНЦИПИ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛЕННЯ РЕКУПЕРАТИВНОЇ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

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

Одними з пріоритетних напрямів розвитку системи електричної тяги є оновлення парку рухомого складу сучасним електротранспортом з плавним регулюванням потужності, використання відновлювальних джерел і накопичувачів енергії в тяговому електропостачанні, поступовий перехід до розосередженого та керованого тягового електропостачання електротранспорту. При цьому значна увага приділяється питанням енергозбереження на електротранспорті, основним резервом якого є збільшення обсягів рекуперації електроенергії при гальмуванні електротранспорту.

При раціональних режимах руху електротранспорту рекуперація дозволяє на 40...50 % зменшити витрати енергії на перевезення, однак внаслідок низького рівня синхронізації процесів тягового електроспоживання і рекуперації показник відновлення енергії в електромережах існуючих систем електротранспорту сьогодні не перевищує 5...7 %.

Ефективність використання рекуперативної енергії залежить від багатьох факторів, основний з яких це наявність відповідного тягового навантаження в зоні рекуперації, що не може в повній мірі забезпечуватися оптимізацією транспортного потоку. Надлишкова енергія рекуперації, яка не може бути використана на тягу до сьогодні ще утилізується в гальмівних пристроях рухомого складу або тягових підстанцій, що суттєво знижує енергетичну ефективність електричної тяги.

Розв'язання даної проблеми на даний час виконується за декількома напрямками, які мають свої переваги і недоліки. Так повернення надлишкової рекуперативної енергії через тягові підстанції в живлячу електромережу потребує використання на тягових підстанціях інверторів і ефективно реалізується лише в години пікових завантажень мережі. Крім того, враховуючи імпульсний характер рекуперативної електроенергії, при її безпосередній передачі в первинну енергосистему можуть вноситися значні спотворення, що погіршує живлення нетягових споживачів.

Локалізація надлишкової енергії рекуперації в системі електричної тяги за рахунок використання потужних накопичувачів енергії потребує значних капітальних витрат на модернізацію системи електротранспорту. Наприклад, на метрополітенах деяких міст Західної Європи (Лондон, Гамбург) в тестовому режимі експлуатуються інерційні механічні накопичувачі виробництва компанії Piller Power Systems з потужністю 1500 кВт і ККД 0,98, які дозволяють економити до 30 % електроенергії. Термін окупності накопичувачів при інтенсивному русі поїздів становить близько 5...7 років.

Методи оптимізації транспортного потоку забезпечують лише одночасне перебування заданих одиниць електротранспорту в зоні рекуперації, але не можуть гарантувати точних збігів в часі режимів рекуперації і тяги, що теж обмежує ефективність заходу. Таким чином існуючи на сьогодні підходи розв'язують зазначену проблему лише частково.

Ефективним напрямком розв'язання даної проблеми є поступовий перехід до так званого керованого тягового електропостачання, яке базується на інтелектуальних принципах управління енергетичними потоками в системі електротранспорту (по типу Smart Grid), при якому буде реалізовуватися гнучкий розподіл енергії рекуперації в тяговій мережі. Миттєві оптимальні канали розподілу надлишкової енергії рекуперації в системі електротранспорту повинні визначатися в залежності від розташування поїздів на фідерних зонах, миттєвої потужності їх тяги і рекуперації, рівня заряду накопичувачів і завантаження живлячої енергосистеми нетяговими споживачами у вузлах приєднання системи електротранспорту. При цьому основним критерієм ефективності розподілу надлишкової рекуперативної енергії є мінімізація втрат енергії в тяговій мережі, по визначенню якої система управління буде обирати напрям передачі енергії рекуперації.

## **ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ФИЛЬТРО-КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ИНТЕРГАРМОНИК**

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

При решении вопроса минимизации дискретного спектра гармоник может возникнуть необходимость настройки фильтро-компенсирующих устройств (ФКУ) на частоту интергармоники (ИГ). Учитывая, что при работе большинства источников ИГ их спектр распределен, как правило, по всей области частот – от нуля до тысяч Гц, предлагается следующий подход к выбору ФКУ ИГ.

Необходимо различать три зоны установки фильтров ИГ:

- зона I – зона (область) относительных частот  $\nu_I \geq 3,5$ ;
- зона II –  $1,3 \leq \nu_{II} < 3,5$ ;

- зона III –  $0,3 \leq v_{III} \leq 0,7$ .

Выбор границ зон определяется следующим: во-первых, тем, что реальная настройка фильтра не соответствует расчетной из-за наличия отклонений параметров фильтров от номинальных значений, отклонений параметров сети и других факторов, во-вторых, значениями напряжений на батареях конденсаторов (БК) фильтра.

В каждой из зон установки фильтры ИГ, а также методика их выбора, имеют свои особенности. Так, в зоне I фильтры ИГ аналогичны ФКУ высших гармоник (ВГ). Следовательно, выбор ФКУ ИГ в первой зоне аналогичен выбору ФКУ ВГ.

В зоне II реальная частота настройки фильтра, как правило, не должна быть меньше расчетной. В противном случае напряжение на зажимах БК фильтра может значительно превысить номинальное. Во второй зоне компенсирующая способность фильтров ИГ мала (особенно при низких значениях частоты настройки).

В зоне III реальная частота настройки фильтра, наоборот, не должна быть больше расчетной, иначе возможно недопустимое повышение напряжения на зажимах БК. При значении  $v = \sqrt{0,5} \approx 0,707$ . При  $v < \sqrt{0,5}$  происходит понижение напряжения на зажимах БК, при  $v > \sqrt{0,5}$  – увеличение. Таким образом, частота  $v = \sqrt{0,5}$  является граничной между областями повышения и понижения напряжения на зажимах БК по отношению к  $U_c$ . Поэтому недопустимо, чтобы реальная частота настройки фильтра превысила значение  $v = 0,7$ , являющееся граничным для зоны III. В третьей зоне фильтр носит индуктивный характер.

При выборе фильтров ИГ необходимо комплексное решение целого ряда вопросов, основными из которых являются: снижение несинусоидальности напряжения до допустимого уровня; обеспечение требуемого уровня компенсации реактивной мощности (КРМ); обеспечение надежной работы фильтров ИГ при отклонениях параметров как самих фильтров, так и питающей сети, источников ИГ и т.д. от номинальных; отсутствие резонансных явлений на частотах как ИГ, так и ВГ. Решение указанных вопросов требует: во-первых, расчета спектрального состава токов источников ВГ и ИГ; во-вторых, рационального выбора зоны (зон) установки ФКУ ИГ; в-третьих, как можно более точного расчета реальной частоты настройки фильтра и возможного диапазона ее отклонений.

Таким образом, решая вопрос выбора средств минимизации ВГ и ИГ, необходимо исходить как из условий обеспечения требуемых уровней несинусоидальности напряжения и КРМ, так и оптимального выбора количества и мест установки фильтров. Данная задача не всегда является однозначной и требует проведения технико-экономических расчетов.

## **СПЕКТРАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ИНТЕРГАРМОНИК НАПРЯЖЕНИЙ В УЗЛАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С РЕЗКОПЕРЕМЕННЫМИ НАГРУЗКАМИ**

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

При работе резкопеременных нагрузок, таких как, например, дуговые сталеплавильные печи и сварочные машины, кривые токов и напряжений носят случайный характер, т. е. являются непериодическими. В этом случае для получения амплитудного спектра кривой тока или напряжения разложение в ряд Фурье неприменимо. В связи с этим целесообразно перейти от разложения в ряд Фурье к преобразованию Фурье, которое позволяет получить спектр непериодической функции. Таким образом, для анализа гармонических составов случайных процессов изменений токов и напряжений в узлах электрических сетей при работе резкопеременных нагрузок

целесообразно использовать спектрально-корреляционную теорию стационарных случайных процессов. В основе этой теории лежит прямое преобразование Фурье, связывающее корреляционную функцию процесса и его энергетический спектр (спектральную плотность).

В рассматриваемом случае спектральная плотность состоит из двух составляющих. Первая составляющая представляет собой непрерывную часть спектральной плотности, связанную с вероятностным характером изменения огибающей тока нагрузки. Вторая составляющая, являющаяся суммой дельта-функций, представляет собой дискретную часть, связанную с частотами высших гармоник, генерируемых нелинейной нагрузкой. Очевидно, что первая составляющая спектральной плотности характеризует распределение сплошного спектра интергармоник. Следует отметить, что спектральная плотность не дает в явном виде количественной оценки амплитуд интергармоник. Кроме того, поскольку спектральная плотность представляет собой прямое преобразование Фурье корреляционной функции и фактически является энергетическим спектром, в ней отсутствует информация о фазах интергармоник.

Как было отмечено, случайный процесс изменения тока резкопеременной нелинейной нагрузки  $i(t)$  является, как правило, непериодическим. Однако если его рассматривать на некотором достаточно большом интервале времени  $T$ , при котором случайные величины  $i(t)$  и  $i(t+T)$  будут независимыми, то можно определить амплитудный спектр случайного процесса аналогично определению амплитудного спектра периодического процесса. В качестве интервала времени  $T$  целесообразно использовать время затухания корреляционных связей. При этом интервал времени  $T$  будет пропорционален интервалу корреляции  $\tau_k$ :  $T = n\tau_k$ .

Рассмотренная методика расчета амплитудного спектра интергармоник позволяет распространить существующую методику расчета высших гармоник тока и напряжения в узлах электрических сетей промпредприятий на расчет интергармоник, используя метод узловых напряжений. При этом, если к узлу электрической сети подключены несколько источников интергармоник, то случайный процесс изменения тока нелинейной нагрузки данного узла представляет собой сумму случайных процессов токов нагрузок от каждого источника в отдельности. Нагрузки, являющиеся источниками интергармоник, можно рассматривать как независимые. Тогда спектральная плотность тока узла электрической сети с несколькими источниками интергармоник представляет собой сумму спектральных плотностей токов соответствующих нелинейных нагрузок

## **ФЕРРОРЕЗОНАНСНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СЕТЯХ СОБСТВЕННЫХ НУЖД БЛОЧНЫХ ТЭС**

Саенко Ю. Л., Попов А. С., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Большинство тепловых электростанций (ТЭС) сооружены по блочному принципу, особенностью которых является соответствие каждому генератору своего блочного трансформатора. Нагрузка собственных нужд (СН) блочных ТЭС представляет собой по большей части асинхронные двигатели мощностью 200-5000 кВт напряжением 6(10) кВ, которые питаются от трансформатора собственных нужд. Сеть СН выполняется в радиальном исполнении, причем для нее характерны относительно короткие кабельные линии отходящих присоединений длиной порядка 50-150 метров.

Нейтраль сети СН, как правило, изолирована. Число одновременно включенных присоединений СН составляет порядка 20-30 и определяется загрузкой блока. На

сегодняшний день в зависимости от степени модернизации ТЭС в эксплуатации находится как электромеханическая, так и микропроцессорная релейная защита.

При использовании электромеханической релейной защиты большинство отходящих присоединений сетей СН снабжены только максимальной токовой защитой и токовой отсечкой, а для мощных двигателей также предусматривается дифференциальная защита. Защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) выполнена на сигнал, при этом пофидерная установка трансформаторов тока нулевой последовательности может не предусматриваться. В таком случае поиск поврежденного присоединения осуществляется поочередным отключением отходящих присоединений. При использовании микропроцессорных терминалов релейная защита от ОЗЗ выполняется пофидерно.

В зависимости от типов кабелей и режима работы энергоблока емкостный ток замыкания в сети СН блочных ТЭС может составлять 2-10 А, что создает условия для возникновения феррорезонансных процессов.

Как известно, феррорезонансные колебания протекают между емкостью нулевой последовательности сети и нелинейной индуктивностью трансформаторов напряжения контроля изоляции. При соблюдении феррорезонансных условий толчком к возникновению ФРП может быть отключение ОЗЗ, включение или отключение присоединения. При этом в сети возникает напряжение нулевой последовательности, ложно сигнализирующее о существовании замыкания на землю.

Данный режим опасен для ТНКИ, поскольку в такой ситуации по его обмоткам высокого напряжения протекают сверхтоки и возможно термическое повреждение этих обмоток. При «потере» цепей напряжения значительная доля устройств автоматики становится неработоспособной.

Особую опасность режим феррорезонанса представляет в сетях СН без пофидерных токовых защит нулевой последовательности, поскольку он может привести к простоям ответственного оборудования. Появление напряжения  $3U_0$  создает необходимость поиска замыкания на землю и поочередного отключения присоединений. Опыт эксплуатации показывает, что при отключении некоторого присоединения феррорезонансные условия нарушаются, и напряжение  $3U_0$  исчезает. Оперативный персонал ложно принимает данное присоединение за поврежденное, разбирает схему и выполняет проверку изоляции кабеля и оборудования, после чего вновь вводит в работу данное присоединение.

ФРП могут возникать при включении энергоблока в сеть, когда поочередно включаются присоединения собственных нужд. Опытные машинисты блока не реагируют на появление  $3U_0$  и продолжают коммутации присоединений. В результате феррорезонансные условия нарушаются и феррорезонанс исчезает.

### **СОВРЕМЕННОЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ ФИРМЫ «ЮНИТИ» (УКРАИНА, Г. ХАРЬКОВ)**

Сербин В. Я., АО «ЮНИТИ»

Современные устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики стремительно занимают место электромеханических, электронных реле и панелей защит и автоматики. Проверка и наладка их занимает все больше времени и ресурсов, к тому же различные производители, типы устройств требуют дополнительные условия для обслуживания. Поэтому, АО «ЮНИТИ» разрабатывает и производит оборудование для проверки и наладки устройств релейной защиты и автоматики с учетом современных требований.

Центральне місце займає испытательная система «РЗА-ТЕСТЕР», которая позволяет тестировать устройства релейной защиты и автоматики, независимо от типа устройства, производителя, элементной базы. Для расширения возможностей испытательной системы разработано и производится дополнительное оборудование. Отдельно выпускаются устройства для проверки испытательного оборудования.

Испытательная система «РЗА-ТЕСТЕР» состоит из приборной и программной частей. В управляющем устройстве на программном уровне задаются формы, типы сигналов, которые генерируются в приборе «РЗА-ТЕСТЕР». Приборная часть представляет собой независимые генераторы токов, напряжений, дискретных сигналов и анализаторы дискретных и аналоговых входов.

Программно реализовано управление выходными сигналами в виде векторных диаграмм, гармонических составляющих, постоянными напряжениями и токами. Возможна реализация сложных режимов в виде комбинации различных сигналов, таких как векторные диаграммы, осциллограммы и т.д.

Для удобства пользователей организованы модули для проверки типовых защит, таких как: дистанционная, токовая, дифференциальное реле. Отдельно стоит выделить модуль для автоматизированной проверки модулей серии МРЗС-05. Не забыты и простые реле – в автоматическом режиме возможна проверка промежуточных, токовых, дифференциальных реле, реле напряжения, частоты и мощности.

Все оборудование проходит контроль и испытания, соответствует как национальным, так и международным стандартам, сертифицировано в системе УкрСЕПРО.

Испытательные системы «РЗА-ТЕСТЕР» используются в производственном цикле всеми отечественными производителями устройств релейных защит, на предприятиях НЭК Укрэнерго, Энергоатома, облэнерго, нефтегазовой промышленности, железной дороге, ТЕС, ТЭЦ и т.д.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ НАПРЯМКІВ І ФАКТОРІВ СТАНУ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІ ЗА ДОПОМОГОЮ ДІАГРАМИ ІСКАВИ**

Сиченко В. Г., Матусевич О. О., Кириченко А. О. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Здійснення якісного та безперебійного електропостачання залізниць в значній мірі визначається надійністю функціонування обладнання тягових підстанцій (ТП). У свою чергу надійність обладнання ТП залежить від ефективності та якості системи діагностики та технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). Згідно аналізу роботи господарства електрифікації та електропостачання за останні роки можна зробити висновок, що обладнання ТП, що знаходиться в експлуатації, вже вичерпало свій ресурс і потребує поетапної модернізації, оновлення або заміни.

В основу діючої ТО і Р ТП, згідно з «Інструкцією з технічного обслуговування і ремонту обладнання тягових підстанцій, пунктів живлення і секціонування електрифікованих залізниць» ЦЕ-0024, покладено поєднання технічного обслуговування і планово-попереджувальних робіт (ППР). Основним техніко-економічним критерієм системи ППР служить мінімум простоїв устаткування на основі жорсткої регламентації ремонтних циклів. Відповідно до цього критерію періодичність і об'єм робіт по ТО і Р обладнання ТП визначаються заздалегідь встановленими для усіх видів устаткування типовими нормативами. Такий підхід попереджає прогресуючий знос обладнання і зменшує вірогідність виходу його з ладу. Однак у нових економічних умовах експлуатації залізниць система ППР не забезпечує у багатьох випадках ухвалення та прийняття

ефективних і оптимальних рішень. Це пояснюється наступними причинами та обставинами:

- усереднені і застарілі нормативи інструкцій з організації ТО і Р ТП;
- призначення профілактичних робіт здійснюється за регламентом і не залежить від фактичного технічного стану обладнання ТП;
- плани - графіки профілактичних робіт не встановлюють пріоритет виводу в ремонт різних видів електроустаткування ТП у залежності від реального технічного стану обладнання;
- виконується заміна деталей з великим залишковим ресурсом;
- велика трудомісткість та матеріальні витрати профілактичних робіт;
- значна чисельність ремонтного персоналу тощо.

Для вирішення цієї проблеми на цей час існує множина сучасних методів. Один з них це – аналіз порушень нормальної роботи обладнання ТП за допомогою причинно-наслідкової діаграми Ісікави.

Згідно з теорією японського вченого К. Ісікави, надійне функціонування ТП можна оцінити питомою пошкоджуваністю на одну ТП, яка показує на основі порушення нормальної роботи ТП за рахунок недосконалості:

- системи ТО і Р пристроїв ТП;
- системи діагностики ТП;
- технічного забезпечення та методів ТО і Р пристроїв ТП;
- роботи зовнішньої енергосистеми;
- людського чиннику.

Дослідження причинно-наслідкової діаграми показало, найбільш вагомі фактори, які впливають на порушення нормальної роботи обладнання ТП. До них можна віднести: недоліки методів вимірювання та діагностування, недосконалість системи ППР, відсутність сучасного інструментарію діагностування параметрів роботи обладнання ТП, недостатній рівень автоматизації процесів діагностування та ТО і Р, відсутність сучасних вимірювальних приладів для виконання якісних робіт з діагностики обладнання.

Запропонована методика Ісікави визначає основні напрямки і фактори підвищення надійності обладнання ТП за питомою пошкоджуваністю на одну тягову підстанцію, що дозволить подальше удосконалення систем діагностики та ТО і Р електрифікованих залізниць.

## **ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ БАГАТОФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ**

Сиченко В. Г., Міронов Д. В. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

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

Дані, отримані в процесі діагностування технічного стану силового обладнання, важко порівняти між собою і вони не завжди задовольняють умовам, які дозволили б

обґрунтовано застосувати для їх аналізу статистичні методи оцінки експлуатаційних показників. Складність постановки висновку полягає в тому, що по окремим технічним показникам устаткування або параметрам роботи дати суб'єктивну оцінку його стану практично неможливо. Для вирішення цього завдання необхідно визначити узагальнені характеристики рівня експлуатації силового обладнання з урахуванням того, що ресурс його роботи з часом знижується через фізичне зношування і моральне старіння, та провести їх багатофакторний аналіз. При аналізі технічного стану обладнання з урахуванням багатофакторності параметрів, що впливають на його роботу, одним із зручних для практичного використання методів математичного моделювання являється метод, запропонований Харінгтоном. Він заключається в тому, що всі визначені показники зводяться до єдиного узагальненого безрозмірного показника – функції бажаності  $D$  (функція Харінгтона). Ця функція являється універсальним кількісним показником якості технічного стану досліджуваного об'єкта і володіє такими властивостями, як адекватність, безперервність, монотонність, гладкість, статистична чутливість і може використовуватись як критерій оптимізації.

Для побудови узагальненої функції бажаності  $D$  використовується алгоритм перетворення натуральних показників якості технічного стану об'єкта діагностування (локальні критерії)  $y_i$  в безрозмірну шкалу бажаності  $d_i$ . Шкала бажаності являється безрозмірною психофізичною шкалою. Вона встановлює відповідність між величиною локального критерію оптимальності  $y_i$  і величиною локальної функції  $d_i$ . Для побудови шкали зручно використовувати метод кількісних оцінок з інтервалом значень бажаності  $d_i$  від нуля до одиниці. Значення  $d_i = 0$  (або  $D = 0$ ) відповідає абсолютно неприйнятному значенню критерію, а  $d_i = 1$  (або  $D = 1$ ) – найкращому значенню критерію, причому подальше покращення критерію або неможливе, або не представляє інтересу. Шкала бажаності ділиться в діапазоні від 0 до 1 на п'ять ділянок якісних оцінок:  $[0; 0,2]$  – «дуже погано»,  $[0,2; 0,37]$  – «погано»,  $[0,37; 0,63]$  – «задовільно»,  $[0,63; 0,8]$  – «добре»,  $[0,8; 1,0]$  – «дуже добре». При цьому, якщо коефіцієнт бажаності  $D < 0,2$ , то покращення технічного стану об'єкту діагностування вимагає великих матеріальних затрат і є сенс розглядати питання про його заміну; при  $0,2 < D < 0,8$  покращення одного-двох експлуатаційних показників обладнання збільшить значення функції бажаності і суттєво продовжить термін експлуатації; при  $D > 0,8$  технічний стан обладнання близький до ідеального, проте подальше поліпшення показників експлуатації потребує чималих затрат і тому необхідно шукати якісно нові шляхи його перспективного розвитку.

Розглянутий алгоритм оцінки технічного стану об'єкту діагностування, який передбачає використання сучасних методів діагностики та кваліметрії, дозволяє створити систему управління якістю процесу моніторингу обладнання тягових підстанцій, що підвищує ефективність електропостачання за рахунок поліпшення показників надійності енергоустаткування, рівня обслуговування споживачів електроенергії.

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Шкрабец Ф. П., Кириченко М. С., Государственное высшее учебное заведение  
«Национальный горный университет»

Электрические сети и оборудование систем электроснабжения горных предприятий эксплуатируются в очень специфических условиях, что в значительной степени

определяет уровень надежности электроснабжения и уровень электробезопасности. Надежность, безопасность и экономичность являются основными критериями выбора системы электроснабжения горных предприятий, непосредственное влияние на которые делают возможными аварийные режимы, то есть различные виды повреждений в электрических сетях и оборудовании.

Специфические условия эксплуатации систем электроснабжения горных предприятий «обеспечивают» повреждаемость распределительных сетей и оборудования, которая значительно превышает уровень аналогичных повреждений в электрических сетях предприятий в других отраслях промышленности.

Надежность систем электроснабжения зависит от множества факторов, большинство из которых являются случайными. Качественные показатели надежности не пригодны для инженерных целей, поскольку не позволяют рассчитывать надежность существующих и вновь вводимых элементов; сравнивать надежность различных элементов систем; рассчитывать сроки службы и необходимое количество запасных деталей для нормальной эксплуатации системы. Для практических расчетов в системах электроснабжения применяют количественные характеристики надежности, полученные методами теории вероятности и математической статистики.

Однофазные и особенно двойные замыкания на землю в значительной степени повышают вероятность поражения рабочих и обслуживающего персонала в условиях горных предприятий от действия аварийных токов и выносных потенциалов.

Анализ эксплуатационных данных об аварийности свидетельствует о том, что на долю замыканий на землю приходится от 65 до 90% всех повреждений. Наиболее уязвимым элементом является гибкий экскаваторный кабель (50,9%). Частота появления двойных замыканий на землю составляет от 9 до 17% от всех повреждений фазной изоляции.

Анализ повреждаемости элементов системы электроснабжения горных предприятий показывает, что основная их масса (до 60%) приходится на кабельные линии и вызвана электрическим пробоем изоляции. На силовые трансформаторные подстанции приходится от 6 до 33% от всех повреждений. Часть повреждений электрооборудования возникает в результате ошибочных действий обслуживающего персонала, что можно предотвратить путем повышения уровня подготовки эксплуатационного и оперативного персонала.

Для повышения уровня надежности систем электроснабжения и обеспечения условий электробезопасности высоковольтных систем горных предприятий требуется разработка и внедрение технических решений и систем, обеспечивающих значительное сокращение аварийных режимов и минимизацию их негативных последствий.

Эффективными путями решения данной проблемы следует считать:

- разработку и внедрение технических средств непрерывного и селективного контроля изоляции с функциями защитного отключения;
- применение средств ограничения внутренних перенапряжений;
- исследование и разработку систем минимизации аварийных токов и выносных или наведенных потенциалов до безопасных значений;
- обоснование и разработку системы предварительного контроля изоляции для условий разветвленных систем электроснабжения шахт и карьеров.

## **КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПРИ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ НАГРУЗКЕ**

Ягуп В. Г., Харьковский национальный университет городского хозяйства, Ягуп Е. В.,  
Украинская государственная академия железнодорожного транспорта

Электроснабжение железнодорожного транспорта на переменном токе представляет собой перспективное направление в развитии транспортных систем. Такой способ энергоснабжения подвижного состава обладает рядом преимуществ по сравнению с электроснабжением на постоянном токе. В частности, можно отметить уменьшение потерь энергии, поскольку ее передача осуществляется более высоким напряжением. Кроме того, отпадает необходимость в обустройстве и обслуживании выпрямительных установок тяговых подстанций, содержащих силовые полупроводниковые приборы, столь чувствительные к перегрузкам. Однако, существенным недостатком систем электроснабжения железнодорожного транспорта переменным током является сильная несимметрия токов в линиях электропередачи трехфазных систем и в обмотках питающих трехфазных трансформаторов. Это обусловлено тем обстоятельством, что отбор энергии от вторичной обмотки тягового трансформатора, соединенной по схеме треугольника, осуществляется лишь от одной обмотки при нагружении подстанции двигателями одного поезда или от двух обмоток, когда от трансформатора питаются два поезда. Наибольшая степень несимметрии, как показывают исследования, соответствует случаю одноплечевой нагрузки. При этом в аномальном режиме по потреблению и генерации реактивной мощности оказывается не только трансформатор подстанции, но и питающая сеть. Это вызывает значительные амплитуды токов в линиях электропередачи, что приводит к увеличению необратимых тепловых потерь и снижению коэффициента полезного действия. Поэтому симметрирование и компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения переменного тока представляет собою важный резерв энергоснабжения, особенно если учесть, что системы электроснабжения транспорта являются в настоящее время одними из самых мощных электроэнергетических потребителей в целом. Расчеты на компьютерных моделях с использованием современных методов поисковой оптимизации показали, что уравновесить систему электроснабжения путем выравнивания амплитуд токов в трехфазной линии электропередачи можно путем присоединения ко вторичной стороне трансформатора реактивных элементов, которые не вносят активных потерь в систему. Для случая наибольшей несимметрии при питании одного поезда в состав симметро-компенсирующего устройства необходимо включить два конденсатора и одну индуктивность. Величины параметров симметро-компенсирующего устройства должны изменяться в зависимости от нагрузки, поэтому необходима информация о характере изменения этих параметров в зависимости от нагрузки. Это нужно для управления симметро-компенсирующими устройствами в пределах заданных погрешностей с целью оптимизации режимов работы тяговой подстанции. На основе разработанных авторами компьютерных моделей тяговой подстанции переменного тока проведена серия расчетов, в процессе которых при различных нагрузках осуществлялась полная компенсация реактивной мощности и выравнивание токов линий электропередачи. По результатам расчетов определены пределы изменений параметров симметро-компенсирующего устройства, что может использоваться для реализации систем симметрирования и компенсации реактивной мощности тяговых подстанций переменного тока. Необходимо отметить, что при полной компенсации реактивной мощности симметризируются токи в тяговом трансформаторе и существенно снижаются потери в линиях электропередачи, питающих тяговую подстанцию переменного тока.

## **ОЦЕНКА ГОТОВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНТАКТНЫХ ПОДВЕСОК УКРАИНЫ К СКОРОСТНОМУ ДВИЖЕНИЮ**

Яндович В. Н., Одесская ж.д., Антонов А. В., Ванжа Т. Ю., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Повышение скоростей движения поездов, вызывает необходимость повышения требований к устройствам контактной сети и соблюдением их выполнения, что в свою очередь, обеспечивает надежность токосъема при движении скоростных поездов.

Учитывая, что для нормальных условий токосъема требуется наличие постоянного контакта между токоприемником и контактным проводом, актуальной остается проблема минимизации стрелы провеса контактного провода и увеличение натяжения последнего.

Достичь наилучшего качества токосъема возможно, когда параметры контактной сети являются оптимальными, для этого контактная подвеска должна обладать равномерной эластичностью, натяжение проводов должно быть, возможно большим, а изменение высоты контактного провода в пролете минимальным.

Развитие скоростного движения на железных дорогах, предъявляет ужесточенные требования к качеству токосъема и для обеспечения эксплуатационной совместимости высокоскоростных железнодорожных линий, странами европейского сообщества, было принято решение гармонизировать технические средства в технических спецификациях интероперабельности (Technical Specifications for Interoperability, TSI). В них, определены основные требования к инфраструктуре и подвижному составу для скоростных и высокоскоростных линий.

В Украине и странах постсоветского пространства, также имеется документ, который регламентирует вопросы строительства скоростных и высокоскоростных линий существует. Это памятка ОСЖД Р610-7 «Общие технические требования к системам тягового электроснабжения постоянного и переменного тока скоростных и высокоскоростных линий». Сравнив документы TSI Energie, памятку ОСЖД Р610-7 и ЦЕ-0023, можно сделать вывод о том, что нормативные документы, работающие на Украине, достаточно схожи по своей сути с документами, регламентирующими параметры скоростных и высокоскоростных линий стран ЕС. И в целом, подход к определению скоростных подвесок на Украине, соответствуют европейской практике. Однако есть различия в габарите высоты контактного провода, различаются требования по допустимому уклону контактных проводов, допустимые же статические силы нажатия токоприемника согласуются со стандартами принятыми в TSI. Допустимые диапазоны применения статических сил, принятых в Украине, целиком согласуются с принятыми в Евросоюзе.

Дальнейшее развитие скоростных и высокоскоростных линий, должно быть ориентировано на применение единого габарита токоприемника, с использованием современных токосъемных элементов и обычных цепных рессорных компенсированных контактных подвесок, применением высокопрочных проводов и тросов, рассчитанных на натяжение  $20 \div 30$  кН, что обеспечит надежный токосъем при высоких скоростях движения.

## СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОЙ СОСТАВ»

### ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ВУГІЛЬНИХ СТРУМОЗНІМАЛЬНИХ ВСТАВОК СТРУМОПРИЙМАЧІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

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

Ковзний контакт являється найважливішим елементом електротягової системи. Через нього передається електрична енергія великої потужності, для швидкісного електрорухомого складу. До ковзного контакту пред'являються жорсткі вимоги по надійності.

Надійність і якість струмознімання залежать від наступних факторів:

- конструктивних особливостей контактної підвіски та струмоприймачів;
- природи матеріалів, з яких виконана контактна пара «вставки струмоприймача – контактний провід» та технології їх виготовлення;
- умов електромеханічної взаємодії струмоприймача і контактного проводу.

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

Збільшення швидкостей руху поїздів, обумовлює посилення вимог до надійності ковзного контакту і в свою чергу, до навантажувальної здатності полозу струмоприймача. Підвищити надійність системи «контактний провід – вставка струмоприймача» можливо конструкційними, технологічними та експлуатаційними методами або ж комбінацією цих методів.

Підвищити термін експлуатації струмознімальних вставок струмоприймачів швидкісного електрорухомого складу та якість струмознімання в цілому, можливо, застосувавши комплекс заходів, який повинен в себе включати: використання нових струмознімальних елементів, впровадження системи контролю за якістю вугільних вставок, покращення характеристик струмоприймачів та використання нових контактних проводів з підвищеним натягом.

Струмознімальні елементи, з підвищеною зносостійкістю, повинні володіти якомога меншим перехідним та питомим електричним опором, підвищеною навантажувальною здатністю та здійснювати виправдано-допустимий знос контактного проводу.

Контроль якості вугільних вставок струмоприймачів необхідно проводити як на етапі виготовлення, так і в процесі експлуатації, застосовуючи новітні методи діагностування.

Досягти покращення взаємодії контактного проводу зі струмознімальними елементами можливо, вирівнявши сили натиску струмоприймача в прольоті покращивши його аеродинамічних властивості.

Застосування нових типів струмознімальних вставок та характеристик струмоприймачів не може в повній мірі вирішити проблему підвищення їх ресурсу, досягти цього, можливо, збільшенням натягу контактних проводів до 20-30 кН. Застосування комплексу вищеперерахованих заходів дозволить підвищити економічність та надійність струмознімання.

## **ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНОЇ ШВИДКОСТІ ПАСАЖИРСЬКОГО ЕЛЕКТРОВОЗА**

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

Конструкційна швидкість електровоза – швидкість, що встановлюється з урахуванням припустимого впливу його на колію, ходових властивостей, безпеки руху і міцності його деталей. Конструкційна швидкість локомотива, як правило, є найбільшою припустимою швидкістю його руху по залізничній колії. Критерії для встановлення швидкості пов'язані з характеристиками взаємодії ходової частини локомотива та колії, тому значення конструкційної швидкості локомотива визначається не тільки конструктивною особливістю локомотива, але й характеристиками колії.

Щоб уникнути придбання малоефективного тягового рухомого складу необхідні нові підходи до визначення основних параметрів електровозів, які будуть забезпечувати високу ефективність перевезень.

До основних параметрів пасажирських електровозів на наш погляд, слід віднести номінальну швидкість  $V_n$ , номінальну потужність  $N_n$ , прискорення при пуску  $a_n$  та конструкційну швидкість  $V_k$ .

Визначення перших трьох параметрів ( $V_n$ ,  $N_n$  і  $a_n$ ) відображено в ряді праць, а в даній роботі запропоновано методику визначення конструкційної швидкості електровоза для пасажирських перевезень.

Значення конструкційної швидкості, обмеження швидкості руху на дільниці та тягові властивості локомотива будуть визначати час перебування пасажирів у дорозі, тобто значення технічної швидкості. В даній роботі на основі тягових розрахунків встановлено взаємозв'язок між зазначеними параметрами локомотива та параметрами перевізного процесу, і на підставі отриманих залежностей рекомендовано значення конструкційної швидкості електровоза.

Оптимальна конструкційна швидкість електровоза, яка залежить від типу локомотива та роду його служби повинна визначатися виходячи з можливостей обладнань і споруджень залізничних ліній, необхідних на перспективу швидкостей руху пасажирських поїздів і т.і. В остаточному підсумку, значення  $V_k$  багато в чому буде визначати вартість локомотива, а тому вибір конструкційної швидкості необхідно обґрунтувати техніко-економічним розрахунком.

## **РЕГУЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОТОКОВ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПРИ ИХ ВЗАИМНОМ НАГРУЖЕНИИ**

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

В ряде схем взаимного нагружения тяговых электрических машин постоянного и пульсирующего тока используются способы покрытия электрических потерь или потерь холостого хода путём создания небалансной электромагнитной мощности испытуемых генератора и двигателя.

При механическом способе компенсации электрических потерь создаются условия, при которых электромагнитная мощность генератора больше электромагнитной мощности двигателя. То есть небалансная электромагнитная мощность взаимно нагруженных электромашин положительна. Система взаимного нагружения такого типа включает в себя

только источники механической мощности (источник момента, источник угловой скорости).

При электрическом способе компенсации потерь холостого хода создаются условия, при которых электромагнитная мощность двигателя больше электромагнитной мощности генератора. То есть небалансная электромагнитная мощность взаимно нагруженных электромашин отрицательна. Система взаимного нагружения такого типа включает в себя только источники электрической мощности (источник напряжения, источник тока).

Одним из способов обеспечения небалансной электромагнитной мощности взаимно нагруженных электромашин (положительной или отрицательной) является создание разности их магнитных потоков. При последовательном возбуждении электрических машин на испытательном стенде принципиально возможны четыре основных условия обеспечения небалансной электромагнитной мощности, каждому из которых будет соответствовать свой режим регулирования поля электромашин:

- подпитка обмотки возбуждения генератора (режим 1);
- отпитка обмотки возбуждения двигателя (режим 2);
- подпитка обмотки возбуждения двигателя (режим 3);
- отпитка обмотки возбуждения генератора (режим 4).

Режимы 1 и 2 являются реализациями электрического способа покрытия потерь холостого хода, а режимы 3 и 4 – реализациями механического способа покрытия электрических потерь в испытуемых электромашинах (генераторе и двигателе).

Проведен качественный анализ основных вариантов регулирования поля испытуемых электромашин, рассмотрены конкретные способы технической реализации этих вариантов. Получены аналитические выражения для определения требуемых коэффициентов возбуждения взаимно нагруженных тяговых электромашин, обеспечивающих заданную небалансную электромагнитную мощность.

Использование полученных аналитических выражений позволит решить задачу выбора оптимальной структуры испытательной системы, использование которой обеспечит снижение себестоимости испытательной станции, снижение расхода электроэнергии и повышение качества приемо-сдаточных испытаний электромашин тягового и моторвагонного подвижного состава магистрального и промышленного транспорта.

## **РОЗРОБКА КОМПОЗИЦІЇ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СТРУМОЗ'ЄМНОГО ЕЛЕМЕНТА СТРУМОПРИЙМАЧА ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ**

Баб'як М. О., Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Для електрифікованих залізниць особливо гостро стоїть питання про забезпечення надійного контактної з'єднання між контактною мережею та струмоприймачем електрорухомого складу (ЕРС) для безпеки руху та підвищення пропускної спроможності електрифікованих ділянок. Підвищення надійності струмоприймачів електровозів можна досягти при застосуванні нового матеріалу для їх накладок.

Розробка композиції для виготовлення струмоз'ємного елемента струмоприймача електрорухомого складу направлена на вирішення проблеми зменшення зносу контактної провладу і струмоз'ємного елемента.

Відомі в Україні та країнах СНД струмоз'ємні елементи розроблялися на основі сплавів заліза, міді, інших металів, вугільних вставок, металокерамічних пластин. Основною у Росії електрорухомого складу є контактна пластина марки ВЖЗП, яка описана в а.с. СРСР 892495,

БИ № 47, 23.12.81 р. Пластина є прокатоною порошковою смугою на залізо-мідній основі, просоченою свинцево-олов'янистим сплавом. Основним недоліком даних пластин є великий знос контактного проводу, а також суттєвий знос самих пластин. Для усунення цього недоліку використовують сухе графітове мастило (СГС-О) та його розчин на дихлоретані (СГС-Д), ефективність яких є недостатньою. Ще одним недоліком є забруднення навколишнього середовища важкими металами. Хімічний склад і структура аналога не дозволяють суттєво покращити його експлуатаційні характеристики.

Технічна задача, що вирішується нашою розробкою композиції, є створення такого матеріалу струмоз'ємного елемента, який без використання зовнішнього мастила забезпечить зменшення зносу контактного проводу і самого струмоз'ємного елемента за рахунок зменшення коефіцієнту тертя при збереженні достатніх для експлуатації механічних і електрофізичних властивостей.

Суть розробки полягає у тому, що струмоз'ємний елемент струмоприймача електрорухомого складу, основу якого складають металеві порошки, їх з'єднання і графіт, відрізняється від відомих тим, що елемент виготовляється пористим. Суміш порошків пресується у прес-формі, яка відповідає конструкції елемента. Спресована заготовка термічно обробляється у захисній атмосфері. У результаті отримуємо пористий елемент, величина пористості якого визначається кількістю технологічної речовини та технологічними параметрами виготовлення заготовки. Пори шляхом просочування заповнюються мастильною речовиною на основі органічних з'єднань вуглецю, кремнію, фтору та інших наповнювачів, що і визначає технічний ефект підвищення стійкості елементу до зношування при його терті по контактному дроті.

Прикладом реалізації корисної моделі є контактні елементи БрЗГ струмоприймача електрорухомого складу з підвищеною зносостійкістю пари контактного проводу і струмоз'ємного елемента. Дослідна перевірка розробленого матеріалу показала, що на контактних поверхнях контактної мережі та накладки струмоприймача утворюється шар "політури". Розрахунок параметрів надійності після порівняльних випробовувань розроблених накладок БрЗГ з накладками інших видів, які використовуються у локомотивному депо "Львів-Захід" показали, що знос накладок з розробленого матеріалу БрЗГ в 1,5 - 2,5 рази менший ніж знос накладок з матеріалів ВЖ-ЗП, МГ-487.

## **НАГРІВАННЯ ДОПОМІЖНИХ МАШИН ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ЗМІННОГО СТРУМУ**

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

На електропоїздах змінного струму серії ЕР9М в якості допоміжних машин використовуються загальнопромислові двигуни типу АОМ та АИР. Статистичний аналіз показує, що біля 20% допоміжних машин (двигуни компресорів, вентиляторів, насосів) електропоїздів змінного струму достроково виходить із ладу по причині пробою ізоляції обмотки статора, через те, що в умовах реальної експлуатації обмотки цих двигунів перегріваються вище встановлених допустимих температур.

При аналізі виходу з ладу названих двигунів ґрунтовно розглянуто особливості режимів роботи цих двигунів з точки зору специфіки приводимих агрегатів. Особливу увагу приділено процесам короткочасних перевантажень машин струмами малої кратності ( $I/I_{\text{ном}} \leq 3$ ).

Особливістю короткочасних перевантажень є те, що при таких перевантаженнях завдяки тепловому опору ізоляції та повільному нагріванні сталі через її значно більшу

масу, ніж маса обмотки, нагрівання обмотки відбувається ізольовано від процесу нагрівання сталі.

Сьогодні захист асинхронних двигунів від перегріву здійснюється за допомогою електротеплових реле. Зокрема на електропоїздах серії ЕР9М для захисту допоміжних машин використовуються загальнопромислові теплові реле типу ТРТП – 110. Основною характеристикою таких реле є залежність часу спрацювання реле від струму, що протікає в захищаному колі. Тобто  $t = f(I/I_{\text{ном}})$ .

Для точного налаштування теплового захисту допоміжних машин необхідно знайти значення допустимої тривалості перевантаження струмом певної кратності, щоб перевищення температури обмотки статора не було більше гранично допустимого відповідно до стандарту.

Було розроблено методику дослідження впливу кратності перевантаження на час нагрівання асинхронного двигуна. Отримано залежність  $t_{\text{доп}} = f(I/I_{\text{ном}})$ . Проведено експериментальні дослідження по визначенню реальних часострумівих характеристик теплових реле типу ТРТП. В результаті чого було встановлено, що електротеплові реле ТРТП-110 мають похибку спрацювання 50% - тобто, час спрацювання реле щонайменше вдвічі більший за той час, що гарантований виробником.

Порівняння реальної часострумової характеристики реле із залежністю  $t_{\text{доп}} = f(I/I_{\text{ном}})$  для асинхронного двигуна типу АИР показало, що час спрацювання реле не відповідає допустимій тривалості перевантаження за умови виключення перегріву частин машини. Очевидно, можливим є такий режим роботи допоміжних машин, коли двигун перевантажений і нагрівається понад гранично допустиму температуру, а теплове реле не спрацьовує.

Тепловий захист допоміжних машин електропоїздів змінного струму доцільніше за все будувати на сучасних зразках електротеплових реле, які потрібно налаштовувати з урахуванням отриманих залежностей  $t_{\text{доп}} = f(I/I_{\text{ном}})$  для захищаних двигунів.

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДОПОМІЖНИХ МАШИН ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ЗМІННОГО СТРУМУ**

Балійчук О. Ю., Дубинець Л. В., Духновський О. М., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Статистичний аналіз показує, що біля 20 % допоміжних машин (двигуни компресорів, вентиляторів, насосів) електропоїздів змінного струму достроково виходить із ладу по причині пробою ізоляції обмотки статора. Дослідження показали, що загальнопромислові трифазні асинхронні двигуни типів АОМ та АИР, які використовуються в якості допоміжних машин, працюють в режимах, близьких до номінальних тільки при номінальній напрузі (25 кВ) в контактній мережі і коефіцієнті несиметрії напруг до 5 %. В реальних умовах експлуатації напруга у контактній мережі може змінюватися від 19 кВ до 27,5 кВ, а коефіцієнт несиметрії приймає значення значно більші, ніж 5 %, що викликає перегрів обмоток статора.

Розроблено методики і відповідні програми для дослідження впливу відхилень напруги в контактній мережі від номінального значення та коефіцієнта несиметрії більшого, ніж 5 %, на нагрівання ізоляції обмоток статора, отримано відповідні залежності та розроблено рекомендації, з уникнення перегріву цих обмоток при реальній експлуатації на електропоїздах змінного струму.

## **МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

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

Одним з найважливіших питань проектування напівпровідникових перетворювачів є правильна компоновка приладів і систем, а також моделювання теплових режимів для забезпечення стабільності роботи. Оскільки, на відміну від більшості статичних систем, електричні пристрої в транспорті працюють не в статичному режимі, а мають динамічну реакцію на дії оператора, особливо важливим питанням постає розрахунок перехідних процесів в напівпровідникових пристроях, де внаслідок нагріву змінюються граничні значення параметрів напівпровідникових елементів. При моделюванні сумішених електричних та теплових процесів необхідним є створення моделі, що дозволяє розрахувати всі дані точки нагріву і прогнозує роботу пристрою при різноманітних зовнішніх впливах.

До кінця 90-х років було багато спроб розробки методів точного теплового розрахунку під час перехідних процесів пристроїв та під час повторного ввімкнення вже нагрітого пристрою. Були опубліковані деякі праці, що представляли методи таких розрахунків, але дані методи не здобули поширення із-за недостатньої комп'ютерної бази. В останні роки, при достатньо великому виборі цифрових середовищ моделювання, дані спроби відновилися. Але всі останні публікації переважають пропозиціями в створенні різних моделей напівпровідникових пристроїв на схематичному рівні, де моделі приладів супроводжуються значною кількістю додаткових компонентів. При використанні таких підходів при заміні приладу або його положенні в схемі, необхідно замінювати не тільки параметри всіх компонентів, що його зображають, але й самі компоненти, що відповідають реакціям та граничним параметрам приладу при різних ступенях нагріву.

В даній роботі запропоновано метод моделювання для теплового розрахунку та створення систем теплового захисту. В якості системи моделювання обрана оболонка Matlab у зв'язку з розвиненою підтримкою даної системи сторонніх програм. Сама графічна модель будується в підсистемі Simulink без зайвих компонентів, з єдиною відміною від звичайної моделі – завданням параметрів компонентів не статичними даними, а символьними, залежними від символу, що передається зовнішньою програмою для конкретного параметра. Дана модель на програмному рівні зв'язується зі сторонньою програмою, написаною на мові C++. В закритій області C++ програми, яка винесена окремим DLL файлом в папку бібліотеки Matlab, задані розрахункові бази моделі, кожна з яких дійсна для конкретних типів або груп напівпровідникових приладів. В відкритій області, доступній для редагування, задаються початкові табличні параметри компонентів та коефіцієнти поправок до стандартних закритих розрахунків, в залежності від типу приладу. Під час роботи моделі, графічна область Simulink не являється необхідною, і дану програму після побудови схеми можна навіть не відкривати. Вся робота проводиться скриптом Matlab, який, по чергово звертаючись до C++ програми та Simulink файлу передає дані з однієї програми в іншу, здійснюючи розрахунки на кожному кроку моделювання, залежному в часовому діапазоні від допустимої заданої похибки та попередньо розрахованому часі нагріву, внаслідок якого електричні параметри змінюються на значення, що задовольняє заданій похибці.

Використання такого підходу надає можливість швидкої заміни компонентів в схемі без подальшої заміни десятків зв'язків та створення теплових моделей напівпровідникових приладів на бібліотечному програмному рівні.

## ВИКОРИСТАННЯ РЯДУ ТЕЙЛОРА ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЗМІНИ ВИТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Васильєв В. Е., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Залізничний транспорт є крупним споживачем енергетичних ресурсів. Залізниці України витрачають близько 6-7 % всієї електроенергії в Україні. Ефективність енерговикористання на залізничному транспорті визначається не тільки конструкцією технічних засобів, але і організацією всього перевізного процесу, умовами обслуговування локомотивів, вагонів, шляху і іншої техніки.

Норми витрат електроенергії і палива встановлюють для кожної серії локомотивів, які працюють на нормованій ділянці, в залежності від характеру його профілю, показників, що плануються та способів застосування рухомого складу, роду поїздів і вагонів, а також метеорологічних умов нормованого періоду.

Норми витрати палива і електроенергії локомотивам на поїздку можна встановити за допомогою класичних методів тягових розрахунків. Проте різноманіття чинників, що впливають на витрату паливно-енергетичних ресурсів в умовах експлуатації, значно ускладнює розрахункову роботу. Тому в практичній діяльності локомотивних депо методи тягових розрахунків застосовуються дуже рідко. При нормуванні визначаються витрати електричної енергії відповідні справному стану локомотивів, які експлуатуються в умовах, що забезпечують використання прогресивних методів обслуговування і водіння поїздів.

Вихідна норма витрати електроенергії при нормуванні поїздів, склад яких відрізняється від типової моделі поїзда (тобто включають не тільки чотиривісні думпкери на роликівих підшипниках) повинна коректуватися за рахунок окремого коефіцієнта, що характеризує зміну опору поїзда від наявності в ньому вагонів різного типу.

Для вірного нормування необхідно введення додаткових коефіцієнтів: коефіцієнт труднощів профілю, який залежить від величини еквівалентного підйому  $i_e$ , маси поїзда і швидкості руху, температурний коефіцієнт для електровозів і тягових агрегатів, коефіцієнт, який залежить від віку електровозів та їх загального пробігу, а також від пробігу між черговими депо-вськими ремонтами та інші.

Відповідно до рекомендацій, викладених в чинних інструкціях, норма витрати електроенергії на поїзну роботу визначається на основі розрахунку вихідної норми, що обчислюється по тягово-енергетичних паспортах локомотивів відповідно до заданої маси поїзда і середньою швидкістю руху.

Норма витрати палива і електричної енергії в цілому для підрозділу локомотивного господарства складається під впливом багатьох експлуатаційних чинників і є складною функцією багатьох змінних

Для визначення впливу різнойменних чинників на витрату в сумірних величинах використовуються коефіцієнти впливу. Величина зміни витрати від зміни складових може бути одержана шляхом диференціювання функції в часткових похідних

При малій зміні значень змінних часткові похідні можуть бути виражені через їх середні значення в інтервалі зміни, а диференціали - представлені кінцевими приростами.

Вираз, який можна отримати при диференціюванні функції в часткових похідних є першою частиною ряду Тейлора.

Враховуючи, що ряд Тейлора сходиться виключно швидко і його друга і подальші частини є дуже малими величинами, можна, не припускаючись великої похибки, використовувати рівняння для розрахунку зміни витрати енергоресурсів.

## **СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ НАЙБІЛЬШ НАВАНТАЖЕНОГО ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОВОЗА**

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

Необхідність підвищення маси вантажних поїздів з метою збільшення провізної спроможності залізниць і швидкості пасажирських поїздів в конкурентній боротьбі з авіаційним транспортом, вимагає подальшого збільшення потужності електровозів. При створенні електровозів нового покоління з асинхронним електроприводом, різко підвищується актуальність розробок систем безперервного контролю температури гранично навантаженого обладнання. У цьому зв'язку вже на перших електровозах ДЕ1, ДС3 і 2ЕЛ5 встановлені декілька датчиків температури. Нові електровози обладнані сучасними мікропроцесорними системами управління з виведенням даних про основні параметри роботи на монітори, розташовані на пультах управління. Їх слабкою «ланкою» є відсутність інформації про температуру гранично навантаженого обладнання.

В результаті статистичної обробки даних про надійність обладнання електровозів отримано залежності інтенсивності зносу елементів тягових двигунів (ТД) електровозів постійного і змінного струму від величини навантаження, що свідчать про збільшення швидкості теплового старіння ізоляції ТД в три - п'ять разів при струмах навантаження, що перевищують номінальне значення. Отримані залежності дозволяють прогнозувати термін служби ТД, визначати оптимальну масу поїздів і значення швидкості руху на певних ділянках і напрямках залізниць, розробляти ефективні заходи щодо попередження відмов, встановлювати об'єктивні норми витрати запасних частин і матеріалів.

Аналіз стану електровозів свідчить про необхідність введення безперервного контролю температури основного обладнання: випрямно-інверторних перетворювачів (ВІП), згладжувальних реакторів (ЗР), ТД і асинхронних допоміжних машин (АДМ) з подальшим вирішенням питань по стабілізації температури гранично навантаженого обладнання. Система безперервного контролю температури гранично навантаженого обладнання забезпечить мінімально можливий тепловий і термомеханічний знос ізоляції обмоток ЗР, ТД, АДМ і тиристорів ВІП, оптимальні умови роботи колекторно-щіткового вузла ТД.

Впровадження системи безперервного контролю температури гранично навантаженого обладнання електровозів дозволить зменшити відмови ТД до 35%, ЗР - до 60%, ВІП - до 35%; АДМ - до 40%, випадки загоряння обладнання електровозів - до 60%, кількість кругових вогнів на колекторах ТД - в 3,1 - 3,7 разів, знос колекторів ТД - в 2,8 - 3,4 рази, знос електрощіток ТД - в 1,2 - 1,3 рази.

Введення системи контролю температури обладнання дозволить відкоригувати режимні карти і передбачити режими навантаження, які виключать надмірні перегріву і пожежі обладнання електровозів. Система своєчасно перемкне живлення мотор-вентиляторів електровозів з низькою частоти обертання на високу і навпаки при використанні двоступеневого регулювання частоти обертання вентиляторів, забезпечивши практично постійну, оптимальну температуру ВІП, ЗР і ТД.

## **ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ УКРАИНЫ**

Вернигора Р. В., Березовый Н. И., Ельникова Л. О., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Одним из основных эксплуатационных показателей работы железных дорог является оборот вагона. Оборот вагона напрямую влияет на потребный рабочий парк вагонов, и, соответственно, на экономические показатели железнодорожных перевозок. За годы независимости оборот вагона вырос более чем в 2 раза (с 3,6 сут. в 1992 г. до 7,6 сут. в 2013 г.). С одной стороны, увеличение оборота вагона объясняется изменением структуры вагонного парка Украины, в т.ч. ростом доли частных вагонов, что повлекло увеличение порожних пробегов (с 34% в 1992 г. до 40% в 2013 г.) и возникновение простоев в ожидании прибыльного заказа на перевозку. С другой стороны, увеличение оборота вагона происходит на фоне общего увеличения участковой скорости на 25% (по сравнению с 1992 г.) до уровня 39,7 км/ч (в 2013 г.). Следовательно, причина роста оборота вагона заключается в основном в увеличении простоев вагонов на станциях, в первую очередь – на технических (до 45% от общей величины оборота вагона). Так, средний простой вагона на одной технической станции вырос на 64% (с 5,3 ч. В 1992 году до 8,7 ч. в 2013 г.).

Продолжительность нахождения вагонов на технических станциях включает в себя время на выполнение собственно технологических операций и время ожидания выполнения этих операций. Для сокращения времени нахождения вагонов на технических станциях, в первую очередь, необходимо уменьшить непроизводительные простои в ожидании операций. Одним из таких непроизводительных элементов простоя, которые оказывают существенное влияние на общее время нахождения вагонов на станциях, является ожидание готовыми к отправлению составами подачи поездных локомотивов. Результаты выполненных исследований показывают, что средний простой составов в ожидании подачи поездных локомотивов по некоторым сортировочным станциям Украины превышает 1,5 часа, а в отдельных случаях достигает трех и более часов, что свидетельствует о недостаточно эффективной системе обеспечения составов локомотивами.

Доля времени ожидания поездного локомотива в общей величине простоя вагонов на сортировочных станциях составляет до 20% для транзитных вагонов с переработкой и до 60% для транзитных вагонов без переработки. Основными причинами наличия таких существенных непроизводительных простоев составов в приемоотправочных парках станций в ожидании подачи поездных локомотивов являются, с одной стороны, острая нехватка исправного тягового подвижного состава на железных дорогах Украины, с другой стороны – неэффективное управление наличным локомотивным парком.

С 1991 года парк локомотивов Укрзализныци уменьшился на 1770 локомотивов (почти на 30%), причем в основном за счет списания тепловозов, число которых уменьшилось более чем на 40%, в то время, как общее количество электровозов уменьшилось всего на 3%. Вместе с тем, следует отметить, что основной проблемой для украинских железных дорог в настоящее время является не столько уменьшение локомотивного парка в целом, а значительный его износ. Так, износ парка электровозов составляет 90%, парка маневровых тепловозов – 96%, магистральных тепловозов – 99%; при этом более 60% тепловозов эксплуатируются более 25 лет, а 55% электровозов – более 40 лет. Обновление же парка локомотивов в Украине идет крайне медленно. Так, за все годы независимости Украина приобрела чуть более 100 локомотивов. При эксплуатации подвижного состава за пределами срока службы существенно ухудшаются показатели безопасности и экономической эффективности, растет ресурсо- и энергоемкость перевозок. В перспективе возникают угрозы: с одной стороны – резкое повышение расходов на

эксплуатацию устаревшего подвижного состава, с другой – невозможность осуществлять перевозки из-за физического отсутствия тягового подвижного состава.

Также следует отметить, что в настоящее время существующая в Украине система оперативного управления тяговым подвижным составом нередко демонстрирует свою неэффективность, а планирование работы локомотивов и локомотивных бригад зачастую выполняется без учета многих влияющих факторов, в т.ч. экономической составляющей, на основе лишь собственного опыта. Следствием такого подхода являются нерациональные расписания явок локомотивных бригад и планы подвязки локомотивов к составам, что в итоге приводит к увеличению непроизводительных простоев составов на станциях и снижению эффективности использования локомотивов. В этой связи особую актуальность приобретают вопросы совершенствования и повышения эффективности технологии оперативного управления наличным локомотивным парком в условиях ограниченности тяговых ресурсов. Решением указанной проблемы является разработка и внедрение эффективной системы оперативного управления тяговыми ресурсами, основу которой должны составить мощные имитационные математические модели и оптимизационные алгоритмы.

Другим принципиально новым для украинских железных дорог направлением повышения эффективности управления локомотивным парком может быть допуск к использованию инфраструктуры магистральных железных дорог частных компаний-перевозчиков, владеющих собственными локомотивами.

В настоящее время среди стран постсоветского пространства наибольший опыт в данном вопросе имеют Российские железные дороги. Так, на РЖД работает около 10 компаний-операторов, которые имеют собственные магистральные локомотивы. Среди наиболее крупных компаний-перевозчиков холдинг «Globaltrans» (58 локомотивов) и «Трансойл» (37). Общий парк частных локомотивов составляет около 130 единиц, т.е. менее 1% от общего парка магистральных локомотивов РЖД.

Использование частных локомотивов позволяет повысить их производительность, сокращая при этом оборот вагонов, что приводит к уменьшению их потребного рабочего парка для осуществления перевозки. Так, «Новой перевозочной компании» на некоторых направлениях удалось уменьшить оборот вагонов в 3 раза. Использование собственных локомотивных бригад позволяет не только повысить сохранность локомотивного парка, но и получить экономию энергоресурсов до 20%. При использовании частных локомотивов железные дороги получают доходы от использования инфраструктуры оператором, обслуживания и ремонта локомотивов собственника, доходы от предоставления локомотивных бригад оператору. При этом наиболее эффективным является использование частных локомотивов для осуществления устойчивых маршрутных перевозок на сравнительно небольшие расстояния, когда на всем протяжении перевозки может использоваться один вид тяги и есть возможность пройти весь путь без смены локомотива. Как правило, частными локомотивами обслуживаются так называемые собственные поездные формирования, состоящие из вагонов и локомотивов, принадлежащих частным компаниям.

Еще одним перспективным направлением повышения эффективности эксплуатации магистральных локомотивов является применение «твердых» ниток графика, что позволяет существенным образом снизить внутрисуточную неравномерность перевозок и более точно планировать использование наличного локомотивного парка.

Внедрение предложенных мероприятий на железных дорогах Украины безусловно требует тщательных исследований и проработок, а также значительных изменений в отраслевой законодательной и нормативной базе. Однако, следует понимать, что применение новых рыночных механизмов управления перевозками, в т.ч. в сегменте использования тяговых ресурсов, это требование современной экономики, а также залог повышения конкурентоспособности железных дорог на рынке транспортных услуг.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ

Габринец В. А., Титаренко И. В., Шкут С. П., Шебеко А. А., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Каждый год в мире потребляется столько нефти, сколько ее образуется в природных условиях за 2 миллиона лет. Поэтому остро встает вопрос об истощении в ближайшем будущем традиционных ископаемых источников энергии. По оценке в настоящее время еще существуют только два долговременных источника энергии - это ядерная и солнечная. В последние 10 лет в мире накоплен огромный положительный опыт по организации автономного энергосбережения индивидуальных и коллективных потребителей электроэнергии. С другой стороны все шире начинают использоваться нетрадиционные источники энергии, в частности, солнечной, путем преобразования ее в электрическую с помощью солнечных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП).

В настоящей работе рассматриваются вопросы использования ФЭПов для электроснабжения пассажирских поездов. Для решения этого вопроса необходим пересмотр к вопросам построения современных пассажирских поездов. Так, поезд, построенный по новой технологии bullet train (bullet в переводе на русский означает пуля) потребует 100 МВт электроэнергии. Средняя скорость движения скоростного поезда составит 220 километров в час

В настоящей работе предлагается установить на крышах вагонов солнечные батареи мощностью 300 кВт. Локомотивы предусматривают возможность сохранения энергии, благодаря функции рекуперативного торможения. В этом случае энергия, производимая при торможении, будет храниться в аккумуляторе, и может быть использована в дальнейшем.

Потери энергии в процессе ее выработки и доставке от солнечных аккумулирующих панелей будут устранены за счет подачи высоковольтного постоянного тока (HVDC – high-voltage direct current) вместо менее приемлемого переменного тока (AC – alternating current).

Для дополнительного электроснабжения рядом с дорогой установить солнечные панели, которые будут расположены козырьком над всем железнодорожным полотном. При этом обеспечивается необходимая мощность для движения. Кроме того эти ФЭПы являются фактически линейно организованными электростанциями. Производство электричества на месте позволяет сэкономить на доставке энергии и избежать потерь при его транспортировке

Их очистка от грязи, ровно как и вся эксплуатация, должна поддерживаться роботизированными устройствами. Если же поезд создан из легких материалов и для его движения используется технология магнитной левитации то это позволит ему передвигаться на высокой скорости. При этом он будет иметь очень низкое энергопотребление.

Кроме косметических изменений – этот поезд будет иметь множество обновлений, внедрение которых повлияет на развитие поездов. Солнечная батарея, от которой будет питаться поезд, будут установлены таким образом, что они смогут поворачиваться на 30 градусов, чтобы обеспечить поезд максимальным зарядом энергии. Также, такой поезд не будет нуждаться в машинисте.

Солнечные батареи, генерирующие энергию для поезда, расположены в специальном 3,6-километровом туннеле в Бельгии. Всего задействовано 16 000 батарей, которые собирают солнечную энергию и затем питают всю инфраструктуру железнодорожной линии. Их общая площадь - 50 тысяч метров<sup>2</sup>, мощность - 3,3 мегаватт/час. Эффективность батарей такова, что даже в пасмурные дни вырабатываемой энергии хватает, чтобы разогнать состав до 300 км/ч.

## **ПУТИ ЭКОНОМИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ И КОНВЕЙЕРНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Гетьман Г. К. , Васильев В. Е., Днепропетровский национальный университет  
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Основным потребителем электроэнергии на горнорудных предприятиях является железнодорожный транспорт. Он потребляет до 85 % общего расхода электроэнергии по предприятию.

С возрастанием глубины карьеров резко возрастают энергозатраты, увеличивается расстояние транспортирования, снижается производительность и растет трудоемкость железнодорожного транспорта. Возрастание энергозатрат с глубиной разработок отрицательно влияет на эффективность железнодорожного транспорта.

Для уменьшения себестоимости транспортирования, сокращения трудовых затрат и экономии энергоресурсов при использовании технологического железнодорожного транспорта в глубоких карьерах имеются следующие инженерные решения:

- увеличение руководящих уклонов железнодорожных путей;
- упрощение схем путевого развития;
- перспективное совершенствование тяговых средств локомотива и повышение надежности его работы;
- применение перспективных специализированных, наиболее приспособленных к работе в глубоких карьерах тяговых агрегатов;
- совершенствование схемно-режимных решений.

Увеличение полезного веса поездов при практически равных скоростях движения позволяет повысить провозную способность перегонов, что, в свою очередь, снижает удельный вес расходов на сооружение и содержание путевого развития и приводит к снижению энергопотребления железнодорожным транспортом.

Результаты исследований позволили сделать следующие основные выводы:

1. Средняя экономия электроэнергии только при выезде по траншее с уклоном 50‰ в режиме тяги по сравнению с режимом толкания для состава из 10 вагонов составляет 2,58%, для состава из 11 вагонов 3,02%.
2. Расход электроэнергии при выезде по траншее с уклоном 50‰ в режиме тяги состава из 11 вагонов по сравнению с составом из 10 вагонов увеличивается на 10,24%.
3. Среднее время выезда от внутрикарьерной станции до разделительной вставки перед автомобильным мостом из 11 груженых вагонов в режиме толкания по траншее уклоном 50‰ составляет 10,26 мин, по траншее с уклоном 40‰ 23,19 мин. Разница во времени 12,93 мин.
4. Потеря электроэнергии при остановке тягового агрегата с груженными вагонами составляет 16% в среднем затрачиваемой на уклоне.
5. Расход электроэнергии при полном цикле погрузка-разгрузка при выезде по траншее с уклоном 40‰ состава из 11 вагонов в режиме толкания составляет 2117 кВт-ч, при выезде из траншеи с уклоном 50‰ 2084 кВт-ч.

## ІНТЕРПОЛЯЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВТРАТ НЕРОБОЧОГО ХОДУ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

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

Характеристики втрат потужності неробочого ходу тягових електродвигунів постійного струму використовуються у доволі великому спектрі задач тягового машинобудування.

Як відомо, втрати потужності неробочого ходу  $\Delta P_{\text{нх}}$  визначаються експериментально та подаються у вигляді сімейства графічних залежностей  $\Delta P_{\text{нх}}(n)$ , де  $n$  – частота обертів вала тягового електродвигуна, при фіксованих значеннях струму збудження  $I_{\text{зб}}$ . Тобто потужність втрат неробочого ходу є функцією двох змінних, яку можна представити у вигляді таблиці базових точок  $(n_i, I_{\text{зб}i}, \Delta P_{\text{нх}i})$ .

Під час практичних розрахунків нерідко виникає необхідність визначити значення  $\Delta P_{\text{нх}}$  для довільних значень  $n$  та  $I_{\text{зб}}$ . Аналіз показав, що для вирішення цієї задачі доцільно застосувати метод бікубічної інтерполяції.

Представлено алгоритм та комп'ютерна програма бікубічної інтерполяції характеристик втрат потужності неробочого ходу тягових електродвигунів постійного струму. Наведені результати апробації програми на прикладі характеристик неробочого ходу тягових електродвигунів ДТК-800 та ДТК-820.

## МЕТОДИКА ФОРСИРОВАННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ВСТАВОК ТОКОПРИЕМНИКОВ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Горобец В. Л., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Получение обоснованных приведенных комплексных оценок эксплуатационных показателей токосъемных устройств электровззов сталкивается с рядом технических и организационных трудностей, таких как невозможность непосредственного съема ряда показателей, организацией «чистого» эксперимента по взаимодействию накладок и контактного провода, обеспечения адекватных климатических условий при проведении стендовых испытаний и проч.

В связи с этим, разработана методика форсированного исследования эксплуатационных показателей токосъемных устройств электровззов, которая приведена на рис.

Данная методика позволяет по возможности адекватно оценить доступные для оценки показатели накладок (вставок) токоприемников электроподвижного состава и приближенно – те параметры, которые точно оцениваются только при проведении длительных дорогостоящих испытаний.

Необходимо отметить, что полученная рейтинговая оценка, вследствие ее комплексного характера не связывает линейно показатели качества с экономически обоснованной стоимостью данных изделий, что позволяет достаточно уверенно осуществлять выбор наилучшего из рассмотренных образцов.



Рис. Методика сравнительной оценки качества накладок токоприемников

## ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ ВИСОКОЧАСТОТНОЇ ЛАНКИ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

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

Залізниці України електрифіковані ділянками постійного і змінного струму та розділені пунктами стикування. Для проходження таких пунктів без зупинки поїздів застосовується двохсистемний електрорухомий склад, використання якого дозволяє знизити чисельність інвентарного парку локомотивів та підвищити пропускну спроможність залізниць.

Станом на початок 2014 року інвентарний парк електрорухомого складу подвійного живлення складає 61 одиниці. З них 49 одиниць – електровози серії ВЛ82М, які практично повністю вичерпали свій ресурс і вимагають заміни на електрорухомий склад нового покоління. Такий ЕРС характеризуються використанням асинхронних тягових двигунів, які мають ряд переваг відносно колекторних двигунів постійного та пульсуючого струму.

Структура високовольтної частини привода визначає його ККД, масо-габаритні показники, надійність та рівень впливу на суміжні системи.

Головним недоліком схем подібної конфігурації являється імпульсний відбір енергії з вторинної обмотки трансформатора чотириквadrантним перетворювачем шляхом короткочасного замикання обмотки для підвищення напруги в проміжній ланці. Такі замикання створюють імпульси струму з піковими значеннями, які передаються, в кінцевому випадку, в рейкові кола і можуть викликати збій в роботі колійних пристроїв автоматики, в результаті чого знижається безпека руху поїздів. Крім того питома вага тягового трансформатора значно поступається питомій вазі перетворювача, а традиційні методи її зниження (застосування електротехнічних сталей інших марок) не дають суттєвого виграшу, тому потрібно застосовувати альтернативні способи поліпшення масо-габаритних показників трансформатора.

Для усунення вказаних недоліків були запропоновані конфігурації схем, в яких використовується проміжний трансформатор підвищеної частоти, що дозволить покращити масо-габаритні показники тягового трансформатора та усунути імпульсний відбір енергії.

Однією з головних задач, які потрібно вирішити для впровадження схеми – визначення частоти високочастотної ланки.

Робоча частота проміжної ланки визначається робочою частотою високочастотного інвертора та трансформатора.

Допустима робоча частота трансформатора визначається головним чином магнітними та електричними властивостями матеріалу магнітопроводу. Підвищення частоти призводить до зростання нагріву сердечника, що обумовлено, з однієї сторони, дією вихрових струмів, а з іншої – зменшенням площі поверхні охолодження (внаслідок зменшення габаритів трансформатора). Тому для зменшення температури нагріву необхідно знижати вихрові струми в сердечнику. Для цього потрібно застосовувати магнітом'які матеріали з питомим опором більшим, ніж у електротехнічних сталей.

На ЕРС змінного струму, який експлуатується на залізницях України, використовуються тягові трансформатори, магнітопроводи яких виконано з електротехнічної сталі марок 3414 і 3407 товщиною листа 0,30 мм та 0,35 мм відповідно. При заміні магнітопроводів з електротехнічної сталі вказаних марок на аморфний сплав марки 2605HB1М можна знизити втрати холостого ходу в 8,5...10,6 разів. Тому використання аморфного сплаву марки 2605HB1М дозволить знизити температуру нагріву сердечника трансформатора підвищеної частоти. Такі сердечники і, відповідно, трансформатори можуть працювати на частотах до 100 кГц.

Допустима робоча частота інвертора обмежується комутаційними властивостями силових ключів. Сучасні силові керовані напівпровідникові ключі великої потужності працюють на частотах до десятків кілогерц, а їх допустима робоча частота обмежується, головним чином, тепловими параметрами.

Для надійної роботи схеми необхідно в перетворювачах застосовувати прилади не нижче 65 класу. На сьогоднішній час такими приладами являються IGBT. Тому при визначеному класі IGBT допустима частоти високочастотної ланки залежить від струму навантаження трансформатора підвищеної частоти.

Серед багатьох світових виробників напівпровідникових приладів лише окремі виробники виготовляють IGBT, які витримують прикладену напругу 6500 В. Для подальших досліджень було обрано IGBT 65 класу виробництва компаній Infineon та ABB.

В результаті досліджень встановлено, що IGBT компанії Infineon за частотними параметрами переважають IGBT компанії ABB для всього розглянутого діапазону струмів навантаження (200...600 А). Такому діапазону струмів відповідає діапазон частот 2882...826 Гц. Для досягнення максимальної частоти комутації IGBT при струмі навантаження трансформатора 200 А потрібно використовувати прилад з номінальним струмом навантаження 600 А, для решти величин струму, розглянутого діапазону, – 750 А.

## ДО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ТРАДИЦІЙНИХ ЗАКОНІВ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ПРИВОДОМ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ЧАСТОТАХ

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

В основі керування асинхронним приводом закладено загальний закон, який у 1925 р. сформулював академік М. П. Костенко. Він забезпечує оптимальні умови роботи асинхронного двигуна в такій формі: для реалізації оптимального режиму роботи АД при всіх значеннях частоти та навантаження, необхідно відносно напругу двигуна змінювати пропорційно добутку відносної частоти на корінь квадратний з відносного моменту у таких формах:

$\gamma = \alpha$ ;  $\gamma = \alpha^2$  – вентиляторна характеристика,  $\gamma = \sqrt{\alpha}$  – постійна потужність;

Цей закон орієнтований на приводи із промисловою частотою 50 Гц. Постає завдання дослідити можливості використання цих законів при підвищених частотах асинхронного приводу, наприклад, при 400 Гц.

При підвищених частотах перетворювач не забезпечує синусоїдальної напруги статора, тому ККД двигуна знижується із збільшується нагрів обмоток статора, тобто двигун необхідно обережно використовувати при максимальному навантаженні. Висновок: закон Костенка можна застосувати при підвищених частотах, якщо додатково встановити LC-фільтр збоку високої напруги.

## ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ВОЛНОВОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КУЗОВОВ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Костин Н. А., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. ак. В. Лазаряна

Согласно физическим основам электромагнетизма, электрический ток, как упорядоченное направленное движение заряженных частиц, является очень медленным процессом: скорость движения заряженных частиц в твердых и жидких электропроводящих средах не превышает  $10^{-1} \dots 10^{-3}$  см/с, хотя мы знаем, что «электричество распространяется практически мгновенно». Поэтому существующее мнение о том, что «электроэнергия переносится электрическим током по проводам», является неквалифицированным, неверным. По нашему мнению, именно это является основной причиной многих, мягко говоря, неточных необоснованных электроэнергетических расчетов. Системы электрической тяги не являются исключением в этой проблеме, так как, согласно основам теоретической электротехники, электромагнитная энергия (электроэнергия) передается от тяговых подстанция (ТП) к электроподвижному составу (ЭПС) не по проводам, а по диэлектрику (воздуху) между (и за) проводами и она переносится не током, а электромагнитным полем, т. е. электромагнитными волнами. При этом количество и направление передаваемой энергии в любой точке диэлектрика определяется вектором

Пойнтинга  $\vec{P}$ , равным векторному произведению напряженностей электрического  $\vec{E}$  и магнитного  $\vec{H}$  полей в этой же точке.

Из общего потока энергии, поступающей (несущей волнами) к ЭПС из воздушного пространства тяговой сети можно выделить два потока: основной и второстепенный. Основной – поток энергии, который концентрируется вокруг проводов тяговой сети и поступает в электрооборудование высоковольтной камеры ЭПС через его крышевой

проходной изолятор, т. е. через поверхность крыши, и через нижнюю часть камеры из пространства вокруг рельса. Второстепенный – это поток электроэнергии, несущий волнами, которые падают на лобовую часть кузова ЭПС, состоящую, в свою очередь, из металлической и диэлектрической (стекло кабины) частей. При этом в зависимости от материала частей кузова ЭПС волна (электроэнергия) частично затухает, создавая электрические потери.

Кроме того, так как абсолютная величина вектора Пойнтинга обратно пропорциональна расстоянию  $h$  между контактными проводом, и рельсом, то с уменьшением  $h$  возрастает плотность электроэнергии, передаваемой от ТП к ЭПС; согласно ПТЭ,  $h_{\max} = 6,8 \text{ м}$ ,  $h_{\min} = 5,75 \text{ м}$ . Следовательно, стратегически, в проектируемых системах электроподстанции целесообразно уменьшать  $h$ , а, соответственно, конструировать невысокие (по высоте кузова) «приземистые» типы ЭПС. В этом предложении нет ничего необычного, если учесть, что одним из важнейших показателей технического прогресса в настоящее время является уменьшение пространства, занимаемого электромагнитным устройством, ведь недаром создаются микроЭВМ, микромашины (электрические), различного рода микроаппараты и пр.

Изложенное свидетельствует о существенной роли материала, формы и геометрических размеров кузовов ЭПС в его электроэнергетике и поэтому при разработке нового типа ЭПС указанные параметры должны быть энергетически обоснованы.

## **ПЕРЕВАГИ РОТАЦІЙНИХ КОМПРЕСОРІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ**

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

В основу роботи ротаційних компресорів покладено принцип витіснення. Сутність дії ротаційного компресора полягає в тому, що, незалежно від його конструктивних особливостей, всмоктування газу або повітря проводиться тією порожниною компресора, об'єм якої збільшується при обертанні ротора. Засмоктаний газ потрапляє в замкнуту камеру, об'єм якої зменшується внаслідок обертання ротора. Стиснення за рахунок зменшення об'єму призводить до збільшення тиску і виштовхування газу в нагнітальний патрубок.

Найбільш розповсюдженими в різних галузях промисловості є два типи ротаційних машин: пластинчасті і з гвинтовою парою. Обидва типи машин використовуються у якості компресорів або повітродувки, а також як вакуум - насоси. Для створення відносно високого тиску ( 0,3- 0,4 МПа ) застосовують одноциліндрові пластинчасті компресори. Якщо встановити послідовно два ротаційних пластинчастих компресора з проміжним охолодженням повітря, то можна забезпечити тиск до 0,7 МПа і більше.

Перевагами ротаційних компресорів у порівнянні з поршневими є:

- відсутність клапанів всмоктування;
- високий коефіцієнт подачі і ККД;
- простота конструкції, висока надійність;
- усунені властиві поршневим компресорам кінематичні ланки із зворотно-поступальним рухом (поршні, шатуни), завдяки чому зменшується рівень випромінюваного шуму і вібрацій;
- завдяки іншим принципам стиснення в меншій мірі підвищується температура повітря на виході компресора по відношенню до навколишнього середовища;
- за рахунок застосування повітряного охолодження зникає необхідність у створенні замкнутого циклу обороту охолоджуючої води (особливо в зимовий період,

коли нагріта охолоджуюча вода не проходить через теплообмінник, через загрозу замерзання, а зливається в каналізацію);

- за інших рівних умов, у тому числі при однакових продуктивності і тиску, ротаційні компресори мають істотно меншу питому норму (на одиницю об'єму вироблюваного стисненого повітря) споживання електроенергії. Крім того, у них кращі масогабаритні характеристики, що робить їх оптимальними для розміщення в обмежених умовах на рухомому складі різних типів;

- всі сучасні ротаційні компресорні станції обладнуються мікроконтролерними системами пуску, керування і захисту, що дозволяє експлуатувати їх без присутності оператора.

Єдиним недоліком ротаційних компресорів є необхідність застосування зносостійких і антифрикційних матеріалів для окремих деталей.

Зазначені переваги роблять перспективним для впровадження Укрзалізницею до розширення ротаційних компресорів на рухомому складі, коли потрібне стабільне отримання великої кількості стиснутого повітря.

Результати досліджень показали, що застосування ротаційних компресорів на рухомому складі та в стаціонарних установках на сортувальних станціях, виробничих і ремонтно-експлуатаційних підприємствах економічно вигідно. Згідно з розрахунками, за рахунок економії витрат на технічне обслуговування та ремонт одного поршневого компресора протягом року можна придбати ротаційний компресор такої ж продуктивності, у якого експлуатаційні витрати не перевищують 5% вартості.

## **КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ РАБОТАЮЩЕГО С ПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ**

Кривоносов В. Е., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Повышения надежности электроснабжения электрооборудования является актуальной задачей. Своевременное обнаружения ослабления болтовых контактных соединений, как на шинопроводах подстанции, отходящих кабельных линий, так и на всем протяжении высоковольтных линий электропередач способствует ее решению.

Основная проблема контактного соединения – это ослабление плотности болтового соединения и увеличение переходного сопротивления контакта, в результате чего, согласно закона Джоуля-Ленца, возникает перегрев соединения, обрыв шлейфа с последующим развитием аварии и отключения электрооборудования.

В зависимости от нагрузки величина тока может менять свое значение от  $(0,0 \div 1,05) I_n$ , соответственно, температура исправного болтового соединения будет изменяться. от температуры окружающей среды  $t^{\circ}C$  до нормируемой допустимой  $t_{нор}$  не более  $120^{\circ}C$ . При этом температура окружающей среды может изменяться от  $(-35 - +45)^{\circ}C$ , влияя при этом на температуру болтового соединения, это необходимо учитывать при выявлении начала увеличения переходного сопротивления, то есть, начала развития аварийной ситуации.

Для исключения подобных ситуаций существует ряд устройств и методов для определения надежности болтовых соединений, одним из таких является обследование болтовых соединений с помощью тепловизора или путем установки контрольной метки – флажка под болт. Когда, температура метки - флажка превышает температуры плавления припоя, припой расплавляется, флажок падает на землю, что соответствует неисправному болтовому соединению. Во всех известных методах определение начального момента

розвиття аварійної ситуації не происходит. Своєчасне виявлення розвитку аварійної ситуації дозволяє мати певний запас для прийняття мер.

Решенням поставленої задачі дозволило розробити пристрій контролю і діагностики стану болтових з'єдинень електрооборудування, що працює на перемінному струмі, з перемінною навантажкою і змінюючимися кліматичними умовами (Патент України на винахід № 106175 25.07.2014г.).

Контроль температур болтового з'єдинення, контроль температури середовища і температури еквівалентному протікаючому струму навантаження дозволяють скласти нерівність для формування алгоритму виявлення початку пошкодження болтового з'єдинення і роботи пристрою.

Нарушення щільності болтового з'єдинення призводить до збільшення його перехідного опору. Величина виділеного тепла згідно закону Джоуль-Ленца, пропорційна квадрату струму навантаження, перехідному опору болтового з'єдинення і часу протікання струму, так як струм навантаження і температури середовища не змінилися. Зростання температури болтового з'єдинення відбувається за рахунок збільшення перехідного опору. Настає момент, коли нерівність 
$$U_{т.н} \pm \Delta U_{т.н} (\Delta t^{\circ}C) \pm \Delta U_{т.н} (I_n) < U_{т.к} \pm \Delta U_{т.к} (\Delta t^{\circ}C) \pm \Delta U_{т.к} (I_n) + \Delta U_{т.к} (R_{пер})$$
 виконується і визначає момент початку аварійної ситуації.

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОВІЗІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Курган М.Б., Луницький О.Ф., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

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

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

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

Програма, передбачає електрифікацію 1562 км експлуатаційної довжини залізничних колій на ділянках, що входять у напрямки розмежування руху пасажирських і вантажних поїздів та на ділянках впровадження швидкісного руху.

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

В рамках виконання „Програми оновлення локомотивного парку залізниць України на 2012-2016 рр.” заплановано поставити 230 електровозів серії 2ЕЛ4 на Донецьку залізницю, 70 електровозів 2ЕЛ5 на Одеську залізницю, 50 електровозів 2ЕС10 (7 на Донецьку і 43 на Львівську) і 110 електровозів ВЛ11М/6 на Придніпровську залізницю.

Вантажні електровози постійного струму ВЛ11 М/6 потужністю 4600 кВт та конструкційною швидкістю 100 км/год виробляє Тбіліський електровозобудівний завод

(ТЕВЗ). ВАТ «ХК «Луганськтепловоз» виготовляє магістральні вантажні електровози постійного струму 2ЕЛ4 потужністю 6400 кВт і конструктивною швидкістю 120 км/год для заміни електровозів ВЛ8 і ДЕ1. Для заміни вантажних електровозів ВЛ80 «ХК «Луганськтепловоз» виготовляє електровози змінного струму 2ЕЛ5 потужністю тривалого режиму 6120 кВт і конструкційною швидкістю 120 км/год.

Представляється доцільним дослідити, за яких умов слід впроваджувати електричну тягу замість тепловозної, а також ефективність заміни застарілих ВЛ8 новими 2ЕЛ4 і ВЛ80 на 2ЕЛ5.

Відомо, що швидкість руху поїзда на достатньої довжини елементі поздовжнього профілю залежить від типу локомотива, маси поїзда і загального опору руху. Для виявлення сталої швидкості на різних за крутизною елементах поздовжнього профілю скористаємося сполученими графіками  $F_k(V)$  – тягова характеристика локомотива і  $W(V)$  – крива загального опору руху. Загальний опір руху складається з основного опору руху  $W_o$ , опору від уклону  $W_i$  і опору від кривизни колії  $W_r$ , тобто  $W = W_o + W_i + W_r$ . Абсциса точки перетину графіків  $F_k(V)$  і  $W(V)$  відповідає сталій швидкості руху поїзда на уклоні  $i$ .

Так як переваги електричної тяги найбільше проявляються на крутих затяжних підйомах, то значення сталої швидкості для різних типів локомотивів розглядалися для ухилів 8, 12 і 14 %.

Встановлено, що стала швидкість при заміні тепловозної тяги (2ТЕ116) на електричну (постійний струм - 2ЕЛ4 чи змінний - 2ЕЛ5) зростає в 1,7-1,8 рази на підйомі 8 % і в 2-2,1 рази на підйомі 12 %. Заміна існуючих електровозів ВЛ8 на нові 2ЕЛ4 дає можливість за тих же умов збільшити швидкість в 1,3 і 1,5 рази відповідно на ухилах 8 і 12%.

Переваги нового електровоза 2ЕЛ5 у порівнянні з ВЛ80 проявляються на підйомах від 12 % і більш крутих, що пояснюється співпаданням кривих сили тяги  $F_k(V)$  в діапазоні швидкостей 60-110 км/год. Так, при  $i=12$  % стала швидкість зростає на 5%, при  $i=14$  % – на 30%.

При відомій силі тязі, що витрачається на тягу поїздів, визначалась механічна робота локомотивів і, врахувавши коефіцієнт корисної дії електровоза, розраховувались витрати на тягу поїздів. Аналіз отриманих результатів показав, що на перегоні з обрисом зтяжного підйому витрати електроенергії при зростанні швидкості теж збільшуються, але при цьому в 1,4-1,5 рази зменшується час руху вантажного поїзда, що має велике значення для підвищення пропускної спроможності, перш за все, одноколійних ділянок. Вартість електроенергії на тягу поїздів в середньому 1,3-1,5 рази менша ніж вартість дизельного палива при тепловозній тязі (в залежності від співвідношення вартості 1 тонни палива і 1000 кВт-год електроенергії). Крім того, економія досягається за рахунок збільшення маси вантажних поїздів при впровадженні нових типів електровозів. Отже, один і той же обсяг перевезень можна освоїти парком електровозів меншим, ніж парк тепловозів. Собівартість перевезень також не на користь існуючого рухомого складу.

При урахуванні ефективності електровозів нового покоління слід також враховувати, що їхня потужність не використовується в повній мірі із-за обмеження норми маси довжиною прийнятно-відправних колій, а швидкості руху часто обмежуються станом колійного господарства перегонів і станцій.

# АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ НЕКАЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Кузнецов В. В., Николаенко А. В., Национальная металлургическая академия Украины,  
Трипутень Н.М., Национальный горный университет

Основными путями снижения отрицательного влияния некачественной электроэнергии на работу электродвигателя в производственных условиях, а, значит, и на эффективность производства в целом являются: применение «индивидуальных» LC-фильтров для защиты особо ответственных электроприводов; применение «групповых» устройств компенсации влияния некачественного питающего напряжения на уровне цеха; подавление искажений питающего напряжения в местах их возникновения. Допускается также отказ от принятия каких-либо мер, не считаясь с существенным уменьшением ресурса двигателя. Каждый из указанных вариантов характеризуется некоторой стоимостью внедрения и ожидаемым экономическим эффектом.

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

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

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

где

$$Z_{p,l}[\vec{X}, \vec{C}] = 2^{-n} \prod_{j=1}^n \left\{ 1 + \operatorname{sgn} \left[ (X_j - X_{jmin}^{pl}) (X_{jmax}^{pl} - X_j) \right] \right\} + 2^{-m} \prod_{j=1}^m \left\{ 1 + \operatorname{sgn} \left[ (C_j - C_{jmin}^{pl}) (C_{jmax}^{pl} - C_j) \right] \right\}$$

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

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

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

Обучение модели выполняется на основе вычислительного эксперимента, в ходе которого случайным образом изменялись технические величины в заданных пределах. Для сформированных значений технических величин по энергоэкономической модели рассчитаны экономические потери от применения защитных устройств. После этого сформированная экономическая ситуация включается в  $p$  - класс, номер которого определяется по формуле:

$$p = \text{entier} \left| \mathcal{E}_{\text{ном}} \times \Delta \mathcal{E}_{\text{ном}}^{-1} \right| + 1$$

где  $\Delta \mathcal{E}_{\text{ном}}$  - допустимое отклонение экономических потерь от рассчитанного значения.

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

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

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

Применение данных алгоритмов позволяет на несколько порядков сократить время обучения.

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

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

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

## **ВИКОРИСТАННЯ ГНУЧКИХ КІНЕМАТИЧНИХ ТРАЄКТОРІЙ ДЛЯ ВИКОНАННЯ АЛГОРИТМУ ЕНЕРГООЩАДНОГО КЕРУВАННЯ СИСТЕМАМИ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ**

Кулагін Д.О., Андрієнко П.Д., Запорізький національний технічний університет

Використання принципів термінального керування рухом електрорухомого складу дозволяє здійснити виконання оптимальної кривої руху завдяки двом основним принципам такого керування:

- виконання встановленого процесу за кінцевий термінальний час (від латинського *terminus* – кінцева мета);

- наявність обмежень на термінальний стан об'єкта (встановлення вимог до початкових та кінцевих координат, часу, швидкості, прискорення, ривка і т.д.).

Використання концепції гнучких кінематичних траєкторій дозволяє реалізовувати визначені раніше види криві руху поїзда у разі відхилення від основної визначеної траєкторії руху.

Основна ідея даної концепції полягає у формуванні за необхідності найбільш вигідної траєкторії руху з даного поточного стану до визначеного термінального кінцевого стану з родини можливих траєкторій.

Особливості вибору траєкторії руху електрорухомого складу з визначеної групи можливих траєкторій та виконання однієї оптимальної за певним критерієм траєкторії має ряд специфічних для електрорухомого складу особливостей:

- в основі постановки задачі оптимального керування лежать кінематичні та динамічні характеристики руху певною ділянкою залізничного шляху конкретної одиниці електрорухомого складу;

- динаміка руху електрорухомого складу описується диференціальними рівняннями, що суттєво ускладнює вирішення задачі керування та можливість виконання існуючого алгоритму керування;

- процеси оптимального керування мають багатостадійну та різноманітну за можливими режимами руху структуру, в якій мають місце численні перехідні режими та термінальні маневри.

Проблема формування траєкторії та режимів руху електрорухомого складу при різноманітній степені формалізації навколишньої обстановки, вимог до руху вимагає вирішення наступних задач:

- формалізація параметрів ділянки руху, умов руху, вимог до показників руху, які впливають на оптимальність траєкторії та режимів ведення електрорухомого складу, показники роботи тягової електропередачі;

- планування криволінійних траєкторій, сигналів керування тяговою електропередачею та режимів ведення електрорухомого складу відповідно до результатів вирішення першої задачі.

## **ЗАХИСТ СИЛОВИХ КІЛ ЕЛЕКТРОВОЗА ДЕ1 ВІД ПЕРЕНАПРУГ ПРИ ВІДКЛЮЧЕННІ СИЛОВИХ КОНТАКТОРІВ**

Марікуца С.Л., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна

Електричне обладнання електрорухомого складу працює при номінальній напрузі, на яку воно розраховане. Однак під впливом різних факторів, наприклад, при комутаціях у силових колах або при аварійних відключеннях окремих апаратів, напруга може

перевищувати в кілька разів номінальне значення, в результаті можливе пошкодження ізоляції обладнання.

За час експлуатації електровозів ДЕ1 зафіксовано випадки виходу з ладу лінійних контакторів, найчастіше через пробій ізоляційної стійки. Пробій виникає через небезпечні перенапруги, котрі виникають при комутації апаратів.

У силовому колі електровоза ДЕ1 на паралельному з'єднанні тягові двигуни підключені до контактної мережі за допомогою лінійних контакторів, один зі сторони контактної мережі та інший зі сторони «землі».

Дослідження проведені для електровоза 2ЕС4 показують, що величина перенапруг залежить від того в якому місці розташовані лінійні контактори, а також від того, який з контакторів відключиться швидше. Амплітуда перенапруги досягає значення близько 10 кВ у тому випадку, коли першим відключиться контактор з боку «землі», оскільки при цьому напрямком електрорушійної сили самоіндукції послідовно з'єднаних тягових двигунів співпадає з напрямком напруги контактної мережі. У випадку, коли першим відключається лінійний контактор з боку контактної мережі або при відключенні швидкодіючого вимикача, перенапруги досягають значно меншої величини. При цьому потенціал у точці розриву силовому кола буде залежати від напруги контактної мережі, а накопичена енергія, розсіюється по ланцюгу: тягові двигуни – рейки – тягова підстанція – контактна мережа.

Для зменшення амплітуди перенапруг та підвищення надійності роботи контакторів, пропонується провести модернізацію в силовій схемі електровоза ДЕ1. При цьому, необхідно, лінійні контактори з'єднати послідовно в кожному своєму паралельному колі і встановити їх з боку контактної мережі.

Зазначені заходи значно підвищать надійність роботи тягових двигунів і пов'язаного з ними електричного обладнання.

## **ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ МІЖРЕГІОНАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ**

Михайленко Ю. В., Забарилло Д. О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імні академіка В. Лазаряна

Протягом тривалого періоду на залізничному транспорті при визначенні надійності тягового рухомого складу і його обладнання застосовувалась методика галузевого стандарту «Тяговый подвижной состав железнодорожного транспорта. Показатели надежности. Терминология и методика определения» затвердженого у 1972 році. За цією методикою визначались показники надійності нового тягового рухомого складу при проведенні експлуатаційних випробувань електровозів ВЛ10, ВЛ11М, ВЛ80<sup>к.т.с</sup> на залізницях міністерства шляхів сполучення радянського союзу, ДЕ1, ДС3 та моторвагонного рухомого складу на Укрзалізниці.

Концепція впровадження швидкісного руху на залізницях України на 2008 – 2018 роки передбачає використання моторвагонного рухомого складу нового покоління, що реалізує швидкість до 200 км/год, може працювати на дільницях як постійного, так і змінного струму, має підвищений рівень комфорту і високі показники експлуатаційної надійності. Такий рухомий склад різних заводів-виробників почав експлуатуватися на Укрзалізниці з 2012 року. Звертає на себе увагу той факт, що переліки показників надійності, які підлягають визначенню в процесі експлуатаційних випробувань і вказані в технічному завданні для електропоїздів різних серій суттєво відрізняються як за кількістю, так і за складом; більше того, в окремих випадках вони відображають надійність електропоїзда лише з одного боку, що суперечить вимогам діючих

національних та міждержавних стандартів. Порівняльний аналіз нормованих значень однойменних показників надійності електропоїздів різних серій показує, що вони не тільки не співпадають, а й мають значний діапазон коливань, хоча конструктивні рішення і параметри основного обладнання електропоїздів суттєво не відрізняються. Причина такого стану криється в різних підходах до визначення критеріїв відмов, за якими здійснюється їх «зарахування». Ці критерії визначаються вимогами національних і міжнародних стандартів і не завжди ідентичні критеріям відмов, що прийняті в галузевому стандарті залізничного транспорту. Тому використання критеріїв відмов, що застосовувались для отримання оцінок надійності тягового рухомого складу виробництва країн СНД не завжди виправдане у випадках випробування на надійність тягового рухомого складу інших світових виробників, бо нормовані значення показників надійності і отримані їх оцінки базуються на різних підходах, що унеможлиблює визначення рівня надійності електропоїзда.

## **РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ МІЖРЕГІОНАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ**

Михайленко Ю. В., Забарилло Д. О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імні академіка В. Лазаряна

Протягом 2013 року на Укрзалізниці проводились експлуатаційні випробування на надійність електропоїздів серій HRCS2 виробництва компанії Hyundai Rotem і EJ675 – компанії Škoda. Мета випробувань – оцінити пристосованість електропоїздів до роботи в кліматичних умовах України і перевірити відповідність закладених у технічному завданні на електропоїзд показників надійності досягнутим в умовах експлуатації. Випробування проводились за планом NMT. Дослідні групи складались з десяти составів електропоїздів HRCS2 і двох составів EJ675, які перебували у дослідній експлуатації з пасажирями. Маршрути обслуговування на яких працювали состави різних серій не співпадали, а отже відрізнялись і умови їх експлуатації.

Аналіз результатів спостережень за роботою електропоїздів показав, що вони відповідають сучасним вимогам експлуатації і можуть обслуговувати дільниці з великими пасажиропотоками і інтенсивним рухом. Експлуатаційні характеристики електропоїздів забезпечили можливість виконання жорстких параметрів діючих графіків руху поїздів на дільницях і реалізацію режимів руху зі швидкостями до 160 км/год і максимальними прискореннями при розгоні і гальмуванні. Середньодобовий пробіг електропоїзда HRCS2 становить 1234 км/добу, а електропоїзда EJ675 – 1300 км/добу, що є найвищими показниками для тягового рухомого складу на Укрзалізниці.

В той же час випробування показали, що електропоїзди погано пристосовані до роботи в умовах, які мають місце на залізницях України, в тому числі і кліматичних, а також мають конструктивні недоліки і прорахунки, в першу чергу це стосується електропоїздів HRCS2. Визначені оцінки показників надійності електропоїзда не відповідають закладеним у технічному завданні за всіма категоріями відмов, а час перебування середньостатистичного состава електропоїзда у неексплуатованому парку складає 4,5 доби на місяць. Досягнуте значення коефіцієнта готовності електропоїзда EJ675 перевищує встановлений норматив і становить 0,923. Основне тягове електрообладнання цього електропоїзда має високий рівень експлуатаційної надійності, який оцінювався середнім наробітком на відмову.

До обладнання електропоїздів, яке показало стабільно низький рівень надійності і потребує модернізації або заміни слід віднести струмоприймач, блок головного компресора, зарядний пристрій, систему водопостачання вагону.

## ДО ПИТАННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НАВАЛЬНИХ ВАНТАЖІВ

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

Залізничний транспорт в Україні має виключно важливе значення для забезпечення багатогалузевої економіки та реалізації послуг з перевезення вантажів та пасажирів.

В теперішній час необхідно не лише перевезти вантаж у визначені для цього терміни доставки, але й здійснити транспортне обслуговування, мінімізуючи витрати на перевезення. Для досягнення цієї мети необхідно використовувати зручні як для вантажоодержувачів та вантажовідправників так і для залізниці технології перевізного процесу, здійснювати перевезення з підвищеною швидкістю, оптимально узгоджувати ритм роботи транспорту з роботою промислових підприємств та підприємств-постачальників, уточнювати час доставки вантажів для конкретних відправників та одержувачів, розширювати спектр інформаційних послуг тощо. Залізничний транспорт залишається основним в перевезеннях масових вантажів у внутрішньому сполученні. Обсяги перевезення вантажів по залізницях протягом 2002-2011 років залишаються практично сталими (за винятком незначного спаду під час початку світової фінансової кризи у 2009 р).

Значну частку від обсягів перевезення вантажів залізничним транспортом складають навальні вантажі різних видів та різних номенклатурних груп, зокрема кам'яне вугілля, кокс, руди різних видів. Обсяги перевезень цих матеріалів за аналогічний період становлять основу загальних обсягів перевезень залізничним транспортом. «Вагому частку» обсягів перевезень складає порівняно невелика кількість найменувань вантажів декількох номенклатурних груп, що видно із наведеної таблиці 1.

Таблиця 1

| Найменування вантажу             | % в обсязі перевезень | Спосіб перевезення |
|----------------------------------|-----------------------|--------------------|
| 1. Кам'яне вугілля               | 27,0                  | навалом            |
| 2. Руда залізна та марганцева    | 18,1                  | навалом            |
| 3. Мінбудматеріали               | 15,1                  | навалом            |
| 4. Чорні метали                  | 9,3                   | навалом            |
| 5. Нафта та нафтопродукти        | 6,8                   | наливом            |
| 6. Зерно та продукти мелення     | 2,6                   | насіпом            |
| 7. Хімічні та мінеральні добрива | 2,6                   | навалом            |
| 8. Кокс                          | 2,6                   | навалом            |
| 9. Хімікати                      | 2,2                   | по-різному         |
| 10. Брухт чорних металів         | 2,1                   | навалом            |
| 11. Цемент                       | 1,2                   | навалом            |
| 12. Руда кольорових металів      | 1,0                   | навалом            |
| 13. Лісні вантажі                | 0,6                   | навалом            |
| 14. Машини та обладнання         | 0,1                   | по-різному         |
| 15. Кольорові метали і вироби    | 0,1                   | навалом            |
| 16. Інші вантажі                 | 8,6                   | по-різному         |
|                                  | 100,0                 |                    |

Як видно із таблиці 1, майже 85% обсягу перевезень складають вантажі перших восьми найменувань. Приблизно 80% вантажів перевозять навалом (без рахунку місць), у відкритому рухомому складі, приблизно 7% наливом у цистернах, 3% - насіпом у закритому рухомому складі, а решту, приблизно 10% - різними, у тому числі й вище названими способами.

Підвищення рівня безпеки руху та схоронності вантажів, що перевозяться залізницями, має важливе значення як для підвищення рівня транспортного сервісу та дисципліни перевезень, так і для підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту на ринку транспортних послуг.

При навантаженні відкритого рухомого складу насипним вантажем, слід враховувати можливу послідовну зміну його ваги, яка може бути викликана збільшенням вологості вантажу в процесі перевезення. При навантаженні вантажі повинні бути приведені до стану безпечної вологості.

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЯГОВОГО КОЛЕКТОРНОГО ДВИГУНА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ У СИЛОВИХ КОЛАХ ЕЛЕКТРОВОЗА ЗМІННОГО СТРУМУ З БОРТОВИМ КОМПЕНСАТОРОМ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ**

Панасенко М. В., Краснов О. О., ДНДЦ УЗ

Одним з найважливіших напрямків енергозбереження на залізничному транспорті є підвищення енергоефективності електричної тяги змінного струму напруги 25 кВ, 50 Гц. Основна проблема, що потребує вирішення – низький коефіцієнт потужності електрорухомого складу (ЕРС) змінного струму з тяговими колекторними двигунами, який складає  $0,8 \div 0,85$  при рекомендованому значенні не менше 0,95. Більшість спеціалістів вважає, що найбільш ефективним засобом підвищення цього показника є компенсація реактивної потужності у поєднанні з активною фільтрацією вищих гармонік струму та напруги безпосередньо на ЕРС.

Пошук раціональних схемотехнічних рішень активно-пасивних (гібридних) фільтрів передбачає дослідження електромагнітних процесів у силових колах ЕРС змінного струму за допомогою математичного моделювання. Зрозуміло, що такі моделі повинні адекватно відображувати реальні процеси в системі електричної тяги.

Для дослідження процесів у силових колах електровоза змінного струму було використано математичну модель тягового двигуна. За основу взято модель, розроблену А. М. Савоськіним (МІІТ) і Ю. М. Кулінічем (ДВГУПС), проте параметри моделі визначені для тягового двигуна серії ДТК-820, який використовується на електровозах 2ЕЛ5.

Математичний опис електромагнітних процесів у тяговому двигуні складається з шести рівнянь. Перші чотири рівняння складені за другим законом Кірхгофа і описують процеси в колах якоря, обмотки збудження та шунтуючих резисторів. Інші два рівняння враховують дію вихрових за методикою М. З. Жица, за якою силу намагнічування  $F = i_{o3} w_{o3}$  зв'язують з магнітним потоком  $\Phi$  і магнітним потоком 1-ї гармоніки  $\Phi_1$ .

Суттєвою особливістю розробленої моделі є наявність трьох нелінійних залежностей. Перша залежність  $[L_{\text{я+д}}^{\text{дин}}]^{-1} = f(i_{\text{я}})$  показує зв'язок динамічної індуктивності якоря і додаткових полюсів зі струмом якоря, друга залежність  $i_{\mu} = f(\Phi)$  – це залежність струму намагнічування від магнітного потоку, а третя є зворотною характеристикою намагнічування  $\Phi^{-1} = f(i_{\mu})$ . Усі три залежності розраховано за технічними даними і електромеханічними характеристиками тягового двигуна ДТК-820, які були отримані при його випробуваннях.

Паралельно з моделюванням було проведено аналітичний розрахунок індуктивностей елементів кола якоря тягового двигуна. За опублікованими характеристиками двигуна ДТК-820 індуктивність кола якоря і додаткових полюсів при струмі 1000 А складає 0,51 мГн, за результатами розрахунку – 0,481 мГн. Розрахункові значення індуктивностей інших елементів складають: індуктивність,

обумовлена потоками розсіювання пазів якоря, 0,0602 мГн, індуктивність компенсаційної обмотки 0,0733 мГн, додаткових полюсів – 0,347 мГн. Активні опори обмоток тягового двигуна визначені за технічними характеристиками електровоза 2ЕЛ5.

Розроблена математична модель реалізована в програмному пакеті MATLAB. Для опису нелінійних залежностей використовувались елементи Look-Up Table (n-D), в яких ці залежності реалізовані шляхом кусково-лінійної апроксимації відповідних функцій.

Таким чином, розроблена математична модель враховує нелінійний характер індуктивностей обмоток тягового двигуна та дію вихрових струмів, що дає змогу більш адекватного відображення електромагнітних процесів у силових колах електровозів.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ДВОДИЗЕЛЬНИХ ГІБРИДНИХ ТЕПЛОВОЗІВ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ**

Панасенко М. В., Пелепейченко В. І., Шаповалов Д. Ю., ДНДЦ УЗ

Світова тенденція останніх років щодо створення гібридного рухомого складу стала основою циклу досліджень щодо можливості впровадження гібридного рухомого складу на залізницях України. Вибір об'єкту дослідження був очевидним – застарілі в технічному плані маневрові тепловози ЧМЕЗ.

Роботи проводились за наступними напрямками:

- варіанти компонування модернізованого тепловозу гібридною енергосиловою установкою;
- вибір та обґрунтування характеристик управління енергосиловою установкою;
- оцінка ресурсу дизелів гібридної установки;
- дослідження токсичності викидів старої та нової енергосилової установки;

Результатом роботи щодо першого пункту стала концепція побудови нової гібридної енергосилової установки. Вона має включати в себе один або два дизелі, тягові генератори змінного струму, перетворювачі струму (випрямляч та інвертори), тягові електродвигуни змінного струму, електродвигуни приводу допоміжних агрегатів, накопичувач електроенергії (батареї іоністорів або акумуляторів), а також систему керування.

За результатами досліджень за другим напрямком встановлено, що розглянутих характеристик керування роботою енергоустановки з накопичувачем електроенергії мінімальну кількість та інтенсивність змін режимів роботи дизелів забезпечить чотириступінчасте керування.

За результатами досліджень за третім напрямком встановлено, що завдяки застосуванню в новій гібридній енергетичній установці накопичувача енергії відповідної ємності час роботи дизелів неефективних режимах холостого ходу, розгону та уповільнення суттєво зменшується. Моторесурс дизелів, відповідно, зростає.

За результатами досліджень за четвертим напрямком встановлено, що в умовах реальної експлуатації гібридної енергетичної установки маневрового тепловоза зменшенню кількості токсичних викидів, крім фактора, пов'язаного з перерозподілом режимів навантаження дизелів, буде додатково сприяти фактор, пов'язаний з застосуванням сучасних дизелів, які мають поліпшені екологічні характеристики.

В цілому, комплексним результатом дослідження є можливість створення більш технічно досконалих, економічних та екологічних локомотивів. Запропонована схема компонування локомотива передбачає можливість для створення на базі такої машини дизель-електричного локомотива з поліпшеними техніко-економічними характеристиками.

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПОДАЧ МЕСТНЫХ ВАГОНОВ С ПОМОЩЬЮ НОВОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СОРТИРОВОЧНОГО УСТРОЙСТВА**

Сковрон И. Я., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. ак. В. Лазаряна

Одним из возможных путей повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта является реализация соответствующих конструкционных или эксплуатационных мероприятий. При этом конструкционные мероприятия, как правило, предусматривают существенные капиталовложения в развитие железнодорожной инфраструктуры, а большинство эксплуатационных мероприятий не требуют значительных расходов, однако позволяют получить ощутимый положительный эффект от их внедрения.

Так, большое влияние на качественные показатели работы транспорта оказывает продолжительность доставки грузов получателю, уменьшение которых может быть достигнуто путем сокращения простоя грузовых вагонов на технических станциях, существенной составляющей которой является продолжительность простоя местных вагонов.

Проблеме ускорения подборки местных вагонов, как и интенсификации формирования многогруппных составов вообще, посвящено значительное количество научных трудов.

Учитывая актуальность данной проблемы, предложено специализированное сортировочное устройство, предусматривающее двустороннюю горку малой мощности с двумя путями роспуска, которая располагается между двумя группировочными парками и позволяет выполнять роспуск вагонов в оба направления. Данное сортировочное устройство при формировании на нем многогруппных составов по специальной методике позволяет существенно сократить продолжительность этого процесса за счет исключения операций вытягивания групп вагонов с сортировочного парка на пути надвига.

Формирование многогруппного состава с использованием предлагаемого устройства предусматривает накопление достаточного количества местных вагонов на путях основного сортировочного парка и их вытягивание на основную сортировочную горку, с последующей сортировкой по составленному плану на пути первого группировочного парка. Далее, при необходимости, происходит надвиг вагонов по очереди с каждого пути данного парка на вспомогательную двустороннюю сортировочную горку для их расформирования на пути второго группировочного парка. Если и после этого формирование групп вагонов состава не закончено, происходит надвиг вагонов с каждого пути второго группировочного парка на вспомогательную двустороннюю сортировочную горку в обратном направлении с расформированием на пути первого группировочного парка. Указанные операции повторяются до окончания формирования многогруппного состава.

С целью обеспечения высокой эффективности использования предложенного сортировочного устройства составляется специальный план маневровой работы, базирующийся на определенном образом адаптированных методах формирования многогруппных составов.

Следовательно, применение вспомогательного сортировочного устройства позволяет высвободить основное сортировочное устройство от работы с местными вагонами с целью увеличения возможного объема переработки основного вагонопотока, что позволит повысить перерабатывающую способность станции. Кроме этого, благодаря двухсторонней сортировочной горке малой мощности, формирование многогруппного состава на данном устройстве происходит в двух направлениях и выполняется одним маневровым локомотивом. При этом, отсутствие вытягивания вагонов и использование специального плана маневровой работы позволяет существенно сократить ее продолжительность и снизить затраты энергоресурсов.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОКОПРИЕМНИКА ДВУХСИСТЕМНОГО ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЕКР1**

Федоров В. В., Хозя П. О., Сиора А. С., Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»,  
Томица П. М., ПАО «Крюковский вагоностроительный завод»

В настоящее время для Украины крайне важно развитие железнодорожного сообщения между регионами, а так же улучшения качества перевозок. В связи с этим возникает необходимость модернизации железнодорожной инфраструктуры, организации скоростного движения и создание конкурентоспособного подвижного состава. Одной из функционально значимых конструкций в средствах современного железнодорожного электротранспорта является механизм токоприемника, который обеспечивает надежность контакта с токоведущим проводом и передачу электроэнергии силовому оборудованию состава.

Исходя из вышесказанного, актуальной проблемой электрифицированного железнодорожного транспорта является повышение надежности работы сильноточного скользящего контакта и обеспечение стабильного и надежного токосъема.

Испытания по определению статического контактного нажатия и влияния аэродинамической силы на взаимодействие токоприемника и контактной сети в зависимости от скорости движения электроподвижного состава, проводились в условиях движения на электропоезде двухсистемном для межрегионального сообщения, производства ПАТ «КВСЗ» (ЕКр1), где в качестве токосъемных устройств используются токоприемники типа DSA 250.32, изготовленные фирмой STEMMANN-TECHNIK и испытанные на соответствие требований EN50206-1:2010.

Определение статических характеристик токоприемника проводилось при помощи тензорезистивных датчиков, сигнал с которых поступает на тензоусилитель и далее на аналогово-цифровой преобразователь с последующей передачей данных на персональный компьютер. Обработка полученных результатов проводилось специализированным программным обеспечением «Din 440».

Статическое контактное нажатие измеряли между верхним и нижним рабочим положением токоприемника, во время непрерывного цикла подъема и опускания с постоянной скоростью, в одном направлении. Активное и пассивное нажатия полоза токоприемника, соответствуют требованиям технической документации, при условии, что скорость движения полоза токоприемника при одностороннем движении будет равна 0,05 м/с.

В условиях движения электропоезда, была произведена запись суммы активного нажатия и вертикальной составляющей аэродинамической силы, для фиксированного полоза токоприемника на максимально близкой высоте к контактному проводу. Характеристика определялась в обоих направлениях движения.

На основании проведенных испытаний, был сделан сравнительный анализ полученных результатов измерений аэродинамического воздействия на токоприемник и соответствующих нормативных документов.

Полученное по результатам испытаний значение аэродинамического воздействия на поднятый токоприемник, вызывает увеличение нажатия по сравнению со среднестатическим в 1,42 раза, что в полной мере удовлетворяет требованиям ЦЕ-0009, Р 669/1 ОСЖД а так же требованиям технической документации.

Дальнейшее развитие данного типа испытаний мы видим в возможности предварительного расчета аэродинамических характеристик при помощи компьютерного моделирования, например (CFD), и сравнение полученных данных с реальными результатами.

## **ДО ПИТАНЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ІОНІСТОРІВ НА МІСЬКОМУ ТА ПРИМІСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ**

Шевцов Б. О., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна

З метою впровадження енергозберігаючих технологій на транспорті, зокрема на міському та приміському, можливе впровадження електробусів, які широко використовуються в Китаї, Європі та деяких регіонах Росії. В основі електробусів знаходиться ємнісний накопичувач енергії на базі багатошарового конденсатора - іоністора.

Іоністори являють собою надвисокоємні конденсатори з подвійним електричним шаром. Звичайний конденсатор має велику потужність, але відносно слабку здатність до накопичення енергії. На відміну від нього, іоністор має унікальні характеристики, які дозволяють поєднувати велику потужність і значну енергію. Основною його перевагою є можливість надзвичайно швидко накопичувати заряд і віддавати його, витримуючи величезну кількість циклів заряду - розряду без втрати робочих властивостей.

Така система має наступні характерні особливості:

- спроможність заряджатися і розряджатися необмежену кількість разів;
- можливість розряджатися за час від декількох мілісекунд до декількох хвилин;
- можливість заряджатися від декількох секунд до декількох хвилин;
- висока щільність енергії, що запасається
- відсутність нагріву в процесі циклу зарядки - розрядки;
- відсутність небезпеки перегріву, повністю заряджений іоністор просто перестає приймати заряд;
- не має схильності до впливу ефекту "глибокого розряду", який є характерним для хімічних батарей;
- довгий строк експлуатації;
- робоча температура від -50С до +85С;
- ККД 97-98%;
- низький внутрішній опір.

Метою досліджень, що проводяться автором є отримання співвідношення між тривалістю заряду і розряду цих конденсаторів під час тягового навантаження в номінальному режимі. Отримані результати дозволять встановити діапазон потужностей тягового електрообладнання, що необхідно буде встановлювати на перспективному електротранспорті, в залежності від можливої тривалості його роботи.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ З СЕРІЄСНИМ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

Шило С.І., Запорізький національний технічний університет

На теперішній момент в тяговому електроприводі (ТЕП) рухомого складу міського та залізничного транспорту широко застосовуються електроприводи постійного струму з двигунами послідовного збудження (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. До недоліків реостатної схеми пуску слід віднести 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.

Розвиток силової електроніки надав змогу усунути значну частину недоліків реостатної схеми пуску за допомогою застосування класичної імпульсної схеми, яка дозволяє знизити до мінімуму число одиниць контактної апаратури і знизити споживання електроенергії в режимі пуску, гальмування, вибігу. Проте такому підході не вирішується питання щодо використання самозбудження при переведенні ТЕП в режим рекуперативного гальмування.

Тому актуальною задачею в рамках модернізації електротранспорту є розробка та використання певного схмотехнічного рішення, яке дозволить поєднати переваги двигунів з різними типами збудження, тобто надати серієсному електродвигуну можливість працювати з характеристиками, притаманними двигунам з паралельним та змішаним збудженням.

В роботі наведено результати дисертаційного дослідження, в якому пропонується силова схема модернізованого ТЕП з подальшим аналізом її роботи в режимах розгону, вибігу і електродинамічного гальмування за допомогою програмного пакету Matlab 2008 з застосуванням бібліотеки SimPowerSystem. Показано можливість реалізації режиму електродинамічного гальмування електродвигуна без застосування додаткових засобів підтримки струму в обмотці збудження ДПЗ.

Висновки:

1. Показано, що зазначене схмотехнічне 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. 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.

4. Показано можливість вирішення проблеми захисту ДПЗ від режимів боксування та юза при їх послідовному з'єднанні.

## ПАРАМЕТРИЧНА НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОПНЕВМАТИЧНИХ КОНТАКТОРІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

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

Виконано оцінку параметричної надійності електропневматичних контакторів типу ПК електровозів серії ВЛ-8 на стадії технологічного монтажу (зборки) і при їх експлуатації. В якості матеріалів напайок контактів були вибрані матеріали п'яти різних фірм і базовий матеріал М1.

На стадії технологічного монтажу параметрична надійність контактних з'єднань визначалась лише за критерієм контактного опору  $R_k$  з'єднань і тому в теоретичному плані була використана одномірна модель відмов типу «навантаження-міцність», що  $R_k \leq R_{kd}$ , де  $R_{kd}$  – допустиме значення контактного опору. Встановлено, що імовірність відмов контактів для матеріалів всіх фірм і базового складає незначні величини порядку  $10^{-4} \dots 10^{-13}$ . Тобто, досліджувані матеріали та існуюча технологія регулювання контакторів забезпечують високі показники надійності на стадії зборки.

Основними параметрами, що характеризують працездатність контактних з'єднань в експлуатації, були прийняті контактний опір  $R_k$  і температура контактів  $T_k$  і тому теоретично застосована двомірна імовірнісна модель, що  $R_k \leq R_{kd}$ ,  $T_k \leq T_{kd}$ . Встановлено, що імовірність безвідмовної роботи контактів із базового матеріалу М1 і матеріалу однієї із фірм склала 0,968...0,970, а для інших чотирьох матеріалів – 0,89...0,892.

Третім критерієм за яким оцінювалась параметрична надійність контактів в експлуатації, було їх зношення, тобто, зменшення товщини напайок при різних пробігах електровозів. При цьому були отримані пробіги роботи контактів до повного зношення напайки товщиною 2 мм. Встановлено, що імовірність безвідмовної роботи контактних з'єднань за зазначеним критерієм для пробігів до ремонтів ТО-3 (пробіг 13,0 тис. км.), ПР-1 (26 тис. км.), ПР-2 (170 тис. км.) і ПР-3 (340 тис. км.) склала: для базового матеріалу відповідно 1,0; 0,995; 0,74 і 0,4, а для матеріалу однієї з фірм – 1,0; 0,9995; 0,92 і 0,67. Для інших матеріалів імовірність безвідмовної роботи на 2...3 порядки менша зазначених вище величин.

Отже, вибором матеріалу напайок контактів цілком можливо суттєво підвищувати параметричну надійність електропневматичних контакторів.

## **СЕКЦИЯ «ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»**

### **WAYS TO OVERCOME THE PROBLEMS OF INTANGIBLE ASSETS ACCOUNTING OF THE UKRAINIAN ENTERPRISES**

Bulhakova Yu.V., Davydenko Yu.V., Hunko L.M., DNURT

Intangible assets are the one of the balance figures of the company. 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. According to Accounting Standards 8 intangible assets are non-monetary assets that do not have material form. They can be also identified and kept by the company for more than one year (or one operation cycle if it exceeds one year) for the production, trade, administrative needs or lease to other economic entities. According to the Tax Code of Ukraine (TCU) intangible asset is an object of intellectual property, including industrial property, as well as other similar rights accepted in accordance with the procedure established by the corresponding legislation, the object of property rights of the taxpayer. According to the Financial Reporting Standard (FRS) 38 intangible assets is identified non-monetary asset that has no physical form.

One of the problems of IA accounting is their identification on the basis of the following criteria: absence of material form; period of use more than one year; inclination to the technical aging; value only for one company; they are kept in order to use them, not as an investment; ability to generate benefit for company; high level of uncertainty concerning the possible profit margin from their use. Up to now, there is no single approach to the issue of separation of this asset among the others. Also, there is no consensus on the issue of accounting the organizational expenses and expenses for research and development.

For example, in the UK and Ireland the costs for research should be immediately deducted, and the costs for development can be deducted from the undurable delay. In turn, in Spain costs for research and development are related to the accounting period, in which they were incurred. Organizational costs are deducted to the losses or benefit during the period up to 5 years. At the enterprises of Luxembourg costs for research and development can be capitalized and deducted during 5 years. German enterprises should deduct such costs immediately; otherwise they are accumulated and amortized systematically.

In France costs for organization, research and product development are capitalized as intangible assets and are deducted during 5 years. If the project has no success, the costs should be deducted immediately. On the USA enterprises the organizational costs include all costs associated with the organization of company activity at the beginning of its activity. Fixed amortization period is not less than 5 years. In Ukraine, unlike these countries IA do not include organizational expenses. In foreign countries the enterprises mostly choose the method of intangible assets amortization on their own. If there are difficulties, straight-line method is used. To account for amortization of the foreign country enterprise the accounts in accordance with the current accounting schemes are used. But in China, for example, due to wear of intangible assets is not used at all, and the accumulated amortization is deducted directly from the credit of "Intangible Assets" in the debit "Administrative expenses".

Equally important issue in accounting of intangible assets is their reliable evaluation. Ukraine does not have a unified methodology for such evaluation. Therefore it is reasonable to use the international experience in this matter, namely to apply one of the approaches to intangible assets evaluation (cost, income or market one). To reveal the composition of intangible assets is possible using their classification, which is regulated by Ukrainian

Accounting Standards 8 and the International Financial Reporting Standard 38. In Ukraine of the IA composition is somewhat limited in comparison with the other countries. Thus, the Ukrainian enterprises owing to the imperfect legal framework the IA practically are not accounted.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛАНУВАННЯ ПОЇЗДОУТВОРЕННЯ ШЛЯХОМ ВИБОРУ ЧЕРГОВОСТІ РОЗПУСКУ СОСТАВІВ

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

Ефективність функціонування залізничних транспортних систем залежить від якості управління перевізним процесом на різних рівнях (рівень станції, дирекції чи залізниці). Загальний критерій управління має бути спільним для всіх рівнів – досягнення найкращих показників роботи транспортної системи в цілому.

Аналіз сучасних напрямків підвищення ефективності перевізного процесу свідчить про доцільність удосконалення технології планування поїздоутворення за рахунок вибору черговості розпуску составів на сортувальних станціях. Дослідження процесів накопичення вагонів показують, що черговість розпуску істотно впливає на утворення нових відцепів в складах свого формування. За рахунок перестановки составів в черзі на розформування можливо досягти збільшення середньої довжини відцепу на 4-6%. В зв'язку з цим критерії задачі вибору черговості розпуску потребують перегляду.

В роботі запропоновано принципово нову систему критеріїв ефективності черговості розпуску, яка дає змогу оцінити вплив останньої на транспортну систему в цілому. Система критеріїв являється дворівневою. Критерій нижнього рівня  $K_1$  визначається загальними експлуатаційними витратами, що пов'язані із процесом розформування составів на окремій станції. До даних витрат можна віднести простій вагонів та локомотивів на станції, простій поїздів по неприйому на станцію та додаткову маневрову роботу у сортувальному парку. Необхідність виконання додаткової маневрової роботи може виникати у випадках переповнення сортувальних колій, виконання вимог по розміщенню порожніх вагонів та вагонів із небезпечними вантажами, а також при наявності у складі накопиченого поїзда групи вагонів, що прямує за одним перевізним документом. Критерій верхнього рівня  $K_2$  призначений для оцінки впливу черговості розпуску на умови роботи наступних технічних станцій та визначається середньою довжиною відцепу у складах свого формування. Верхній та нижній рівні узгоджуються між собою за допомогою лексикографічного відношення  $K_1 \succ^{lex} K_2$ . Спочатку відбирається множина рішень, які забезпечують утримання загальних експлуатаційних витрат, пов'язаних із розформуванням вагонів на окремій станції, в околицях мінімуму. Потім із отриманої множини відбираються рішення, що забезпечують накопичення составів із максимально довгими відчепами. Остаточне рішення обирається з використанням методу послідовних поступок.

За рахунок використання розробленої моделі отримуємо подвійний економічний ефект. По-перше, зменшуються експлуатаційні витрати на станції розформування, які пов'язані із простоєм вагонів і локомотивів на станції та простоєм поїздів по неприйому на станцію. По-друге, за рахунок збільшення середньої довжини відцепів у складах свого формування, створюються сприятливі умови для переробки вагонопотоків на наступних технічних станціях. Це, в свою чергу, призводить до збільшення швидкості розпуску составів, зменшення об'ємів роботи пов'язаної із ліквідацією „вікон” на сортувальних коліях та зменшенню кількості помилок при сортуванні. Розроблена модель вибору черговості розпуску составів дозволяє приймати більш обґрунтовані та економічно доцільні рішення.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВОВ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ПОЕЗДОВ**

Демченко Е. Б., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. ак. В. Лазаряна

Расформирование составов грузовых поездов, выполняемое на сортировочных комплексах станций, является одной из ключевых операций, обеспечивающих осуществление перевозок на железнодорожном транспорте; при этом качество сортировочного процесса во многом предопределяет себестоимость доставки грузов. В этой связи повышение эффективности функционирования сортировочных комплексов: как технологии расформирования составов, так и связанных с этим процессом технических средств, является весьма актуальной задачей и имеет важное значение для обеспечения конкурентоспособности железнодорожного транспорта.

В современных условиях наметилась стойкая тенденция к увеличению массы и длины грузовых поездов. Такой подход к организации перевозочного процесса с одной стороны позволяет добиться увеличения пропускной способности участков и повышения эффективности использования поездных локомотивов, а с другой – вызывает некоторые трудности при выполнении расформирования таких поездов на сортировочных комплексах станций.

Для выполнения надвига и роспуска тяжеловесных составов на ряде сортировочных станций Украины используются поездные электровозы. Однако, как показывает опыт, использование поездных локомотивов в сортировочном процессе влечет за собой ряд задержек, связанных с необходимостью смены кабин управления локомотива при выполнении заезда за составами. Кроме того, поездные электровозы возможно привлекать для производства маневровой работы лишь на путях, оборудованных контактной сетью.

В связи с указанными обстоятельствами, до настоящего времени наиболее востребованными для выполнения расформирования составов остаются маневровые тепловозы. При этом расформирование составов тяжеловесных поездов может выполняться горочными тепловозами по системе нескольких единиц, что требует отвлечения дополнительного маневрового тепловоза, занятого на работах в других районах станции.

В качестве другого возможного решения указанной проблемы может быть использована горка с горбами разной высоты; при этом указанное сортировочное устройство состоит из основной и пониженной горки. Профильная высота основной горки рассчитана согласно действующим требованиям и обеспечивает докатывание расчетного плохого бегуна в неблагоприятных условиях до расчетной точки. Горка пониженной высоты сконструирована с использованием минимально допустимого уклона скоростного участка спускной части.

Оценка предложенной конструкции горки была выполнена на основании имитационного моделирования процесса роспуска составов. С этой целью построены модели основной и пониженной сортировочных горок. Используемые модели позволяют оптимизировать режимы торможения отцепов. Исследования велись отдельно для каждой горки при различных скоростях роспуска ( $v_0 = 1,2 \text{ м/с}$ ,  $1,4 \text{ м/с}$  и  $1,7 \text{ м/с}$ ). В ходе моделирования были получены зависимости интервалов от скорости роспуска.

Анализируя результаты моделирования процесса роспуска потока составов, можно сделать вывод о работоспособности предложенной конструкции горки с горбами разной высоты. Средняя величина интервала при роспуске со скоростью  $1,7 \text{ м/с}$  для основной и пониженной горок составила  $6,8 \text{ с}$  и  $6,6 \text{ с}$  соответственно. При выполнении роспуска со скоростью  $1,2 \text{ м/с}$  этот показатель для основной горки составил  $11,0 \text{ с}$ , а для пониженной –

10,8 с. Следовательно, надежность сортировочного процесса обеспечивается для обеих горок как на высоких, так и на малых скоростях роспуска.

Разработанная конструкция сортировочной горки дает возможность производить расформирование составов тяжеловесных поездов штатными маневровыми средствами без привлечения для этих целей поездных электровозов или дополнительных маневровых тепловозов.

## **ПРОЦЕС РОЗФОРМУВАННЯ-ФОРМУВАННЯ СОСТАВІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ ТА ЙОГО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ**

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

У скрутних умовах, які склалися в економіці України, вітчизняному залізничному транспорту необхідно постійно розв'язувати складні задачі з адаптації його роботи до ринкових вимог і забезпечення зростаючих потреб щодо якості та ефективності надання транспортних послуг. У спектрі цих задач на особливому місці знаходиться забезпечення енергоефективності процесу розформування-формування составів на сортувальних гірках (СГ).

Науково обґрунтовано, що найбільш енергоефективними є автоматизовані системи керування (АСК) технологічними процесами розформовування-формування составів на СГ.

При цьому, ефективність впровадження таких АСК досягається за рахунок: скорочення гіркового технологічного інтервалу, яке призводить до можливого зменшення тривалості знаходження вагонів на станції, тривалості доставки вантажів, обігу вагонів та їх робочого парку; зменшення обсягів маневрової роботи з осаджування та підтягування вагонів на коліях сортувального парку; зменшення витрат палива на маневрові пересування гіркових локомотивів; зниження витрат, які пов'язані з ремонтом вагонів після їх зіткнень зі швидкостями, що перевищують допустимі; скорочення випадків пошкодження вантажів і пов'язаних з цим витрат; збільшення ресурсів роботи напільного устаткування та маневрових локомотивів; можливе скорочення експлуатаційного персоналу та, як наслідок, фонду заробітної платні.

В той же час мають місце певні витрати, що пов'язані з автоматизацією керування гальмовими позиціями СГ, які включають до свого складу вартість упровадження АСК й експлуатаційні витрати на утримання АСК.

При цьому, капітальні вкладення до свого складу включають вартість: обладнання керуючого обчислювального комплексу і автоматизованих робочих місць; додаткового напільного обладнання; проектно-дослідницьких робіт, розробки технічної документації, адаптації програмного забезпечення; будівельно-монтажних і пуско-налагоджувальних робіт; робіт, які пов'язані з приведенням фактичного (існуючого) поздовжнього профілю сортувальних колій до раціонального; введення АСК в експлуатацію.

Річні експлуатаційні витрати щодо утримання АСК до свого складу включають: технічне обслуговування та поточний ремонт постового та напільного обладнання АСК; додаткові витрати на електропостачання пристроїв автоматики тощо.

За впровадження будь-якої АСК на СГ мають місце осаджування вагонів для ліквідації «вікон» і пошкодження вагонів через перевищення допустимої швидкості їх зіткнення.

Річні експлуатаційні витрати, які пов'язані з осаджуванням вагонів, до свого складу включають витрати, пов'язані з роботою маневрових локомотивів, і витрати, пов'язані з простоем вагонів.

Річні експлуатаційні витрати, які пов'язані з пошкодженням вагонів, до свого складу включають: витрати на ремонт вагонів; додаткові витрати на вагонний парк; витрати на

відшкодування вантажовласникам за пошкодження та втрати вантажу, а також на перевантаження залізницею вантажу з пошкодженого вагона та ліквідацію його зсуву.

Вибір найбільш енергоефективного варіанту впровадження АСК процесом розформовування-формування составів на СГ може бути обґрунтовано шляхом мінімізації загальних витрат, пов'язаних з автоматизацією гальмових позицій, та витрат, пов'язаних з осаджуванням вагонів на коліях сортувального парку та з їх пошкодженням під час сортування.

## **ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ НА ТЯГУ ПОЇЗДІВ ПРИ УСУНЕННІ ОБМЕЖЕНЬ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОЇЗДІВ**

Курган М.Б., Хмелевська Н.П., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

На основі обробки статистичного матеріалу встановлено, що понад 70 % складають обмеження, пов'язані зі станом залізничної колії зумовлені простроченням виконання ремонтів колії, дефектністю і непридатністю елементів верхньої будови колії, а також деформаціями земляного полотна.

Наявність попереджень з обмеження швидкості руху поїздів знижує пропускну і провізну спроможність ділянок та призводить до втрат електроенергії. Тому питання зменшення кількості обмежень і збільшення рівня швидкості руху поїздів заслуговує підвищеної уваги.

На мережі Придніпровської залізниці розглядались ділянки хворого земляного полотна, на яких встановлено обмеження швидкості. Це перегони Ароматна-Павлоград, Синельникове 2-Вишневецьке, Сімферополь-Чистенька, Прольотне-Гострякове, Мирова-Канцерівка та ін.

Аналіз кривих швидкостей руху вантажних і пасажирських поїздів на цих ділянках показав, що на величину ефективності усунення обмеження швидкості руху впливають багато факторів, основними з яких є обрис поздовжнього профілю, довжина і місце розташування бар'єрного місця, режим руху і кількість поїздів на добу, швидкість поїзда на підході до бар'єрного місця і рівень встановленої швидкості.

Так, за обрисом профілю перегону Синельникове-2-Вишневецьке має односторонній спуск в сторону ст. Вишневецька ухилами від 6 до 9 ‰, тому в парному напрямку застосовується режим регульовального гальмування і, навпаки, тяговий режим – у непарному напрямку. Розташування бар'єрного місця починається за ст. Синельникове-2 практично не потребує зміни режиму ведення поїзда бо швидкість вантажних поїздів коливається в діапазоні 50-60 км/год. Ефект від усунення обмеження спостерігається лише для пасажирських поїздів, витрати електроенергії на тягу поїздів скорочуються на 3-9 % в залежності від напрямку руху.

На перегоні Ароматна-Павлоград ефективність усунення обмеження може розглядатись тільки для пасажирських поїздів, так як вантажні не досягають встановленої швидкості, на перегоні Сімферополь-Чистенька обмеження швидкості на рівні 60 км/год впливає на рівень швидкості вантажних поїздів тільки на в парному напрямку, на спуск.

На одноколійній ділянці Мирова-Канцерівка існує два обмеження швидкості руху до 40 км/год: на початку і в кінці затяжного підйому. Якщо прийняти витрати електроенергії на тягу вантажних поїздів при вихідних даних за 100%, то при збільшенні швидкості до 60 км/год витрати зменшуються на 3,4 і 16%, а при швидкості 80 км/год на 7,0 і 36,1% відповідно у непарному (затяжний підйом) і парному (спуск) напрямках.

Наявність бар'єрних місць, що має місце на кожній залізниці, викликають обмеження швидкості руху поїздів і вимагають в кожному окремому випадку

індивідуальних рішень щодо підвищення швидкості на цих ділянках.

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

Розроблена методика економічної оцінки дозволяє досліджувати основні фактори та виявляти їхній вплив на рівень встановленої швидкості руху поїздів, визначати витрати електроенергії на тягу поїздів при наявності ділянок обмеження швидкості і економію таких витрат при усуненні обмежень.

## **ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

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

Розвиток ринкових відносин та відчутне збільшення конкуренції зі сторони інших видів транспорту спонукає залізниці України шукати шляхи збільшення привабливості залізничних перевезень. На даному етапі розвитку залізничного транспорту гостро піднімається питання зменшення витрат на перевезення вантажів. Одним з них є зменшення витрат на транспортування вантажу, що дозволить знизити тарифи на перевезення.

Перевезення вантажів являється складним процесом, який складається з багатьох стадій, починаючи з прийняття вантажу до перевезень і закінчуючи видачею його вантажовласнику. Одним з цих складових є безпосередньо процес просування вантажів від станції відправлення до станції призначення. Витрати на просування вантажів залежать від наступних факторів: відстань між станціями відправлення та призначення (маршрут руху), вид тяги та тип локомотиву, маса составу, план та профіль колій на перегонах та наявність обмежень швидкості руху.

Одним з можливих шляхів зниження собівартості перевезень є зменшення енерговитрат 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 енерговитрати 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.

Крім цього, в процесі функціонування залізничного транспорту, досить часто необхідно приймати оперативні рішення щодо зміни маршруту руху поїзду та вибору раціонального маршруту серед можливих варіантів. Так як кожен з можливих маршрутів

характеризується своїм планом та профілем колій, наявними обмеженнями швидкості руху, то їх порівняння слід проводити за витратами енергетичних ресурсів.

Витрати енергетичних ресурсів можливо визначити за допомогою тягових розрахунків. Але такі розрахунки потребують багато часу і є трудомісткими, отже їх неможливо застосовувати для оперативних змін маршруту руху поїзда.

Пришвидшити цей процес можливо за допомогою окремих залежностей витрат електроенергії або палива від середнього ухилу перегону, які базуються на аналізі попередніх розрахунків даних витрат за тяговими розрахунками. Результати досліджень показали, що найбільш точно залежність витрат електроенергії або палива від середнього ухилу перегону можливо описати за допомогою поліному другого порядку у наступному вигляді  $y=b_0+b_1\cdot x+b_2\cdot x^2$ . Дане рівняння буде вірним тільки для окремого типу локомотиву встановленої маси. Доцільно побудувати сімейство кривих для різних норм маси і типів локомотивів.

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 шляхи зниження енергозатрат на тягу поїздів: своєчасне оновлення технічного оснащення (залізнична колія, рухомий склад); виявлення та використання існуючих резервів, які дозволяють оптимізувати енерговитрати; удосконалення системи керування рухом поїздів.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОДІЙ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВАНТАЖАМИ**

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

В умовах розвитку транспортного ринку в сегменті організації перевезень небезпечних вантажів перед залізничним транспортом постає задача надання якісних послуг з перевезення за умови високого рівня безпеки перевізного процесу і забезпечення мінімальних витрат на здійснення перевезень. На протязі 2010-2012 рр. відбувається зростання обсягів перевезень небезпечних вантажів, за різними оцінками з середнім значенням 600-800 тис. тонн на рік на фоні 80 % зносу основних фондів залізничного транспорту і дуже повільних темпів їх поновлення, поряд з цим спостерігається тенденція зростання транспортних подій за участю небезпечних вантажів різних класів безпеки.

Аналіз причин аварій і катастроф показав, що значна частка їх припадає на організаційні чинники, зокрема на неправильні дії диспетчерського персоналу та працівників станції - порушення вимог безпеки під час експлуатації рухомого складу та об'єктів інфраструктури залізничного транспорту, невиконання вимог інструкцій з безпеки руху при здійсненні поїзної та маневрової роботи. Дана ситуація вимагає вирішення задачі підвищення рівня безпеки при організації перевезень небезпечних вантажів на основі розробки раціональної технології управління їх перевезень на рівнях тактичного і оперативного планування.

Упродовж 2011 року на залізницях України допущено 766 транспортних подій. Щодобово траплялось у середньому 2,1 транспортна подія. Кількість транспортних подій, порівняно з аналогічним періодом 2010 року, зменшилася на 52 випадки, а кількість серйозних інцидентів збільшилося на 15 випадків. При цьому приведений обсяг

перевезень за 2011 рік відносно аналогічного періоду 2010 року збільшено на 11,3 %, а питомий показник кількості транспортних подій до обсягів перевезень зменшено із 3,07 до 2,63 подій на 1 млрд. приведених тонно-кілометрів.

Оскільки від загального обсягу перевезень вантажів залізничним транспортом близько 15% складають небезпечні вантажі (вибухонебезпечні, пожежонебезпечні, хімічні та інші речовини), то потенційна небезпека від перевезень небезпечних вантажів є дуже високою. Детальний аналіз причин транспортних подій при перевезенні небезпечних вантажів на протязі 2008-2012 р.р. на Придніпровській залізниці показав, що причинами виникнення аварійних ситуацій є різні фактори: технічна несправність вагона; організаційні чинники при перевезенні вантажів; порушення інструкції з наливу цистерн; втручання сторонніх осіб при перевезенні та інші.

Приймаючи до уваги, що аварійні ситуації виникали з небезпечними вантажами класу 3 (легкозаймисті рідини), 8 (корозійні речовини), 9 (інші небезпечні речовини та вироби) то найбільш поширеними наслідками аварійної ситуації є витікання вантажу – 9 випадків та випаровування – 3 випадки. У 4 випадках аварійна ситуація супроводжувалась самозагоранням, окремо слід виділити самозагорання НВ класу 4.1 (легкозаймисті тверді речовини).

Аналіз причин транспортних подій показав, що значна частка їх припадає на організаційні чинники, зокрема на неправильні дії диспетчерського персоналу та працівників станції - порушення вимог безпеки під час експлуатації рухомого складу та об'єктів інфраструктури залізничного транспорту, невиконання вимог інструкцій з безпеки руху при здійсненні поїзної та маневрової роботи.

## **СТАБІЛІЗАЦІЯ РУХУ ПОЇЗДІВ ПІСЛЯ ПЕРЕРВИ НА «ВІКНО»**

Музикін М. І., ДП «Придніпровська залізниця», ВСП «Вокзал Дніпропетровськ»

Підвищення потужності транспорту в сучасних умовах означає насамперед збільшення пропускної та провізної спроможностей вантажонапружених ліній. Розрахунок пропускної спроможності має велике організуюче значення, так як в процесі його повинні бути виявлені способи організації роботи і резерви, що дозволяють найбільш повно використовувати всі елементи технічної оснащеності залізничної лінії.

В роботі розглянуто процес руху поїздів по напрямку (двоколінійній лінії з сортувальною станцією) в екстремальних умовах, коли надаються «вікна» для капітального ремонту колії. Втрати часу із-за затримок поїздів та локомотивів визначаються тільки в період самих ремонтних робіт. Але вони навіть на сильно вантажонапружених лініях складають відносно невелику величину. Розглянуто процес руху поїздів після відкриття перегону, проілюстровано простота існуючих розрахунків приведених показників. Відомо, що 6-годинне «вікно» при розмірах руху 100 пар вантажних поїздів за добу практично викликає затримку більшої кількості поїздів, а нормальний рух відновлюється наприкінці других, а то й третіх діб після відкриття перегону. За період «вікна» капітально ремонтуються 1,5...1,8 км залізничної колії на залізобетонних шпалах. При наданні «вікна» два рази на тиждень за літній сезон можливо відремонтувати тільки 72...86 км. Якщо додати до цього необхідність надавати «вікна» для середнього ремонту та поточного утримання колії, то цілком очевидно, що перерви в русі, далеко не епізодичні, супроводжуються значними втратами пропускної спроможності.

Перерва в русі перш за все істотно впливає на тягове забезпечення напрямку. «Вікно» завжди супроводжується втратою дільничною швидкості, а це викликає додаткову потребу в локомотивах і що найбільш важливо – у локомотивних бригадах.

Збільшення тривалості відпочинку бригад викликає значні простої поїздів в очікуванні локомотивів, від чого змінюється режим роботи сортувальної станції. Його зміна по-іншому розподіляють поїзди на ділянці, визначають перерви у русі, а отже, і результуючу пропускну спроможність. Отже, технічне оснащення лінії, система тягового обслуговування, потужності та колійний розвиток станції тісно пов'язані між собою. Будь-яке «вікно», чи то ремонт колії, чи то заміна вагоноуповільнювача на гірці викликає певні наслідки в кожному ланцюгу.

Таким чином, реальна пропускну спроможність лінії – результат складної взаємодії ділянок, технічних станцій, системи тягового забезпечення та утримання постійних пристроїв.

Дуже важливе те, що головні втрати пропускну спроможності при наданні «вікон» на графіку утворюються не в наслідок перерви руху, а в результаті збурень, викликаних їм. Слід зазначити, що методик для визначення цих збурень немає. Рациональна тривалість «вікна» встановлюється без врахування головного, а саме процесу стабілізації руху поїздів після перерви та втрат у пропускну спроможності. Виходить, впливаючи належним чином на цей процес, можливо скоротити втрати пропускну спроможності.

## **ПРИСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ІННОВАЦІЙНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРОЕКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Мямлін С.В., Грідасова А.В., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна

Одним з основних ресурсів майбутнього економічного зростання може бути сміливо названим енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності, який в даний час використовується лише в деякій мірі.

Істотне підвищення рівня енергетичної ефективності може бути забезпечене за рахунок впровадження інноваційних енергозберігаючих проектів.

Оскільки залізнична галузь виступає основою для розвитку інших галузей, то оцінка інвестиційної привабливості залізничних проектів має певну специфіку. Як правило, рішення проблеми енергозбереження і підвищення енергетичної ефективності носить довгостроковий характер, що зумовлено необхідністю як зміни системи відносин на ринках енергоносіїв, так і заміни та модернізації значної частини виробничої, інженерної та соціальної інфраструктури. Такі проекти вимагають чималих інвестицій, а прогноз потенційного ефекту об'єктивно має високий ступінь невизначеності. Це стає перешкодою в обґрунтуванні вигідності інноваційного проекту для інвесторів і знижує, таким чином, їх інвестиційну активність. Враховуючи брак власних інвестиційних коштів, для реалізації великих залізничних проектів, необхідне комплексне обґрунтування їх привабливості для зовнішніх інвесторів. Також впровадження енергозберігаючих технологій припускає достовірну оцінку економічної ефективності відповідних інвестицій.

При перспективному оцінюванні ефективності інноваційного енергозберігаючого проекту виникає безліч проблем, уникнути або звести які до мінімуму значною мірою допоможе пристосування існуючих і вибір найбільш об'єктивних методів оцінки ефективності інноваційних проектів, зокрема, проектів енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності.

Різні методи оцінки ефективності інноваційних проектів можна розділити на три групи: статистичні, дисконтовані і методи, засновані на реальних опціонах.

Методи оцінки залежать від рівня комплексності інноваційного проекту включає такі складові як фінансування, широта охоплення (галузь), ступінь впливу на безпеку руху, ступінь впливу на екологію і на соціальну сферу.

Комплексний інноваційний проект дає відразу кілька типів ефектів, який можна об'єднати в єдиний, консолідований.

Для розрахунків використовується система вихідних показників, що характеризують різні аспекти і етапи життєвого циклу проекту. До складу цієї системи можуть включатися як абсолютні, так і відносні показники.

Система показників повинна бути відкритою, тобто допускати можливість внесення до неї самих різних показників, що відображають різноманітність критеріїв оцінки проекту, що визначаються новими цілями та завданнями проекту.

При великому наборі показників виникає необхідність опису досліджуваного проекту більш укрупненими показниками. На підставі якої кореляційної матриці, з застосуванням методу головних компонент, з'являється можливість вилучення додаткової інформації про досліджуваний об'єкт. Вихідні показники повинні бути не корельовані між собою.

Авторами пропонується оригінальна методика з порівняльного розрахунку використання інвестиційних коштів, для перетворення і модернізації відповідної частини виробничої, інженерної та соціальної інфраструктури залізничного транспорту, яка дозволяє оцінити консолідовану ефективність за весь життєвий цикл проекту. Дана методика робить ефективнішим прийняття управлінських рішень і дозволяє істотно позбутися суб'єктивізму.

Таким чином, розроблений економіко-математичний підхід щодо оцінки ефективності інноваційних енергозберігаючих проектів з урахуванням специфіки залізничного транспорту, може бути рекомендований для практичного застосування. Пропонується доповнити рішення, пов'язані з технічною політикою на залізничному транспорті, супроводжувати економічною оцінкою варіанти використання інвестицій, що дозволить підвищити привабливість інвестицій в процесі створення інноваційної продукції для залізничного транспорту та підвищити конкурентоспроможність в галузі.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

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

Державна транспортна політика багатьох розвинених країн зараз базується на розробці й просуванні інтелектуальних транспортних систем (ІТС). Вони розглядаються як діючий засіб вирішення нагальних проблем транспортної галузі, таких як неприйнятний рівень людських втрат у результаті транспортних подій, затримки обороту пасажирів і вантажів, недостатньо висока продуктивність транспортної системи, ріст споживання енергоресурсів, негативний вплив на навколишнє середовище тощо. Крім того, ІТС є стимулом для розвитку низки галузей промисловості й нових інноваційних технологій. До числа останніх можна віднести технології створення інтелектуальних систем керування й моніторингу, нових транспортних систем і систем керування ними, виробництва наноматеріалів, створення енергоощадних систем транспортування, розподілу й споживання тепло- і електроенергії як в процесі перевезень, так і під час обробки, зберігання, передачі й захисту інформації, зниження ризику й зменшення наслідків природних і техногенних катастроф тощо.

ІТС як невід'ємна частина інфраструктури транспортного комплексу реалізує функції автоматизованого керування, інформування, обліку й контролю для забезпечення

технологічних, інформаційних, юридичних та фінансових потреб учасників транспортного процесу, а також для задоволення вимог транспортної, інформаційної та економічної безпеки суспільства. Отже, потрібна системна інтеграція сучасних інформаційних і комунікаційних технологій та засобів автоматизації в транспортну інфраструктуру, транспортні засоби з метою підвищення безпеки й ефективності транспортних процесів.

Проблема впровадження на залізничному транспорті ІТС, здатних обробляти дані із властивою ним апіорною невизначеністю, стає усе більш актуальною. У багатьох випадках дані виявляються не тільки неточними й невизначеними, але й неповними, а іноді й недостовірними. Розробка методів, що дозволяють одержувати на основі таких даних висновки, що заслуговують довіри, є одним з напрямків для фундаментальних досліджень.

Цілями створення залізничних ІТС є зниження транспортних витрат у сфері економіки, бізнесу та послуг, підвищення безпеки руху, поліпшення екологічної обстановки, зниження негативного впливу людського фактора на якість керування, збільшення привабливості залізничного транспорту для пасажирів та вантажовласників. Досягнення цих цілей передбачає рішення наступних задач:

- підвищення ефективності використання існуючої мережі залізниць шляхом більш рівномірного розподілу залізничного рухомого складу в часі й в просторі;
- підвищення технологічної, інформаційної та соціальної складових безпеки руху; надання керівникам усіх рівнів необхідної інформації для прийняття оперативних і стратегічних рішень на основі моделювання транспортних об'єктів;
- формування схеми оперативного реагування транспортних служб, яка дозволить швидко вжити заходів під час виникнення аварійних ситуацій, несприятливих погодних умов тощо;
- створення систем моніторингу транспортної інфраструктури та умов руху, що дозволять в реальному масштабі часу оцінювати стан транспортної системи й прогнозувати її зміни.

## **ВПЛИВ ОПТОВОГО РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ТЕХНОЛОГІЮ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ**

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

Починаючи з 1996 року в Україні діє Оптовий ринок електричної енергії, в рамках якого передбачено купівлю всього обсягу електричної енергії, яка вироблена на електростанціях, через відкриті торги на базі двосторонніх договорів. З 01.01.2014 введено в дію Закон України «Про принципи функціонування ринку електричної енергії України», відповідно до якого в період до 2017 року буде проведено ряд організаційних та технічних заходів з метою переходу до нової моделі ринку електроенергії. Проте одна з основних ідей цього ринку залишається незмінною – оптова ринкова ціна на електричну енергію формується з урахуванням періоду доби.

На практиці це означає, що використовуючи для перевезення вантажів залізничним транспортом на електрифікованих ділянках електричну енергію в нічний період (з 23:00 до 7:00) можна досягти економії в оплаті до 60%, що в свою чергу зменшує собівартість перевезення вантажів, та позитивно впливає на конкурентоспроможність. Ряд європейських країн вже тривалий час використовує такі можливості для заохочення додаткової клієнтури, проте крім очевидних переваг, подібна схема має ряд недоліків.

Перш за все, це неминуче зростання простою рухомого складу в очікуванні нічного періоду доби, а як наслідок – зростання витрат на вантажну масу «на колесах» та плату

власнику за оренду вагонів, потенційний ризик порушення строків доставки вантажу. Європейські країни вирішили це питання за рахунок підвищення швидкості руху вантажних поїздів в нічний час, та навіть зменшили тривалість доставки вантажів одержувачам. Для умов України, цей спосіб прийнятний лише частково, оскільки теперішній стан верхньої будови колії та рухомого складу (як локомотивів, так і вагонів) не завжди дозволяє підвищити швидкість руху на достатню величину, щоб компенсувати простій в денний час. Крім того, не слід забувати, що здебільшого в нічний час організовано рух пасажирських поїздів, які мають перевагу перед вантажними, через що нічний вантажний рух також ускладнено.

Зважаючи на вищесказане, слід зазначити, що для використання можливостей перевезення вантажів за дисконтним, нічним тарифом, слід розробляти альтернативні схеми роботи, в тому числі з використанням логістичних методів:

- накопичення та надання партій вантажів для перевезення у чітко визначений час доби, для запобігання надлишковому зберігання та простою у денний час;
- встановлення груп вантажів, які доцільно перевозити за нічними тарифами (перш за все тих вантажів, для яких має місце значна транспортна складова кінцевої ціни);
- визначення потенційно привабливих маршрутів перевезення (в деяких випадках доцільно організувати в нічний час рух не за найкоротшою відстанню, з можливим порушенням плану формування, проте по ділянках з резервом пропускної спроможності);
- організація узгодженого підведення тягового рухомого складу та локомотивних бригад, для організації поточної передачі составів в оборотних депо (це дозволить більш повною мірою використати нічний час, та відповідно подолати більшу відстань);
- вжити заходів на державному рівні для повного або часткового рознесення вантажного та пасажирського руху.

Більшість з перелічених схем можна впровадити без значних капітальних вкладень, за рахунок організаційних заходів.

## **ІНТЕГРОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ ЗА ВСТАНОВЛЕНИМ РОЗКЛАДАМИ**

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

Інтегрована технологія організації руху вантажних поїздів за розкладом відкриває додаткові можливості для стабілізації вантажного руху і скорочення витрат, сприяє підвищенню пропускних спроможностей залізничних ліній і відповідає вимогам всіх учасників перевізного процесу. Основу нової, інтегрованої технології складають підготовка поїздів до відправлення і пропуск їх по ділянках за «жорсткими» нитками графіку руху поїздів, які заздалегідь забезпечуються локомотивами і локомотивними бригадами, а також узгоджуються по всьому напрямку слідування. Це дозволяє оптимізувати перевізний процес, створити умови для впровадження мережевої технології водіння великовагових і довгосоставних вантажних поїздів, підвищити конкурентоспроможність залізничних вантажних перевезень.

Метою розробки і впровадження технології організації руху вантажних поїздів за «жорсткими» нитками графіка є підвищення якості транспортного обслуговування клієнтів, прискорення просування вантажо- та вагонопотоків, поліпшення показників використання рухомого складу.

Для досягнення поставленої мети необхідна розробка і впровадження нової системи організації залізничних перевезень на основі інформаційних технологій з врахуванням адаптації залізничного транспорту до умов ринкової економіки. В цьому

випадку економічна ефективність роботи залізничного транспорту досягається зниженням експлуатаційних витрат за рахунок прискорення доставки вантажів споживачам транспортних послуг. Крім того, вживання «жорстких» ниток графіка в перевізному процесі створює можливість підведення порожніх вагонів в пункти навантаження, можливості зниження штрафних виплат за невчасну доставку вантажів, за не подачу порожніх вагонів під навантаження, покращує якісні показники експлуатаційної роботи

Нова система організації вантажного руху включає наступні напрями:

- концепція інтегрованої технології управління рухом вантажних поїздів за розкладом;
- експлуатаційно-технічні вимоги до інтегрованої технології;
- техніко-економічне обґрунтування впровадження інтегрованої технології на вибраних полігонах;
- комплексна програма поетапного переходу на організацію руху вантажних поїздів за розкладом на перспективу.

Підвищення економічної ефективності експлуатаційної діяльності Укрзалізниці - важливе завдання. Її рішення відбувається через ухвалення управляючих рішень на основі оперативного моніторингу резервів провізної здатності мережі залізниць із завчасним виявленням ризиків її вичерпання і порівняльного аналізу різних варіантів розвитку мережі при ухваленні стратегічних інвестиційних рішень. При цьому необхідне дослідження залізниць підвищення ефективності економічної діяльності компанії по оптимізації перевізного процесу в умовах конкуренції перевізників, наявності приватних вагонних парків і інших обставин.

Слід враховувати формування оптимального енергоефективного розкладу руху вантажних поїздів і оцінку «вартості» «нитки» графіка як ресурсу, якого приватні перевізники набуватимуть в Укрзалізниці. Вирішення вище перелічених завдань можливе за допомогою математичних методів імітаційного моделювання. Для цього необхідно розробити імітаційну модель поїзної роботи.

Основна цінність моделювання полягає в її відповідності масштабу явища, яке розглядається. Жодними іншими засобами (у тому числі і експертними оцінками) неможливо достовірно оцінити наслідки, які стануться в результаті серйозних змін в інфраструктурі або технології роботи залізниці. Наприклад, до яких змін в графіці руху і пропускної спроможності приведе перехід до великовагового руху на даному полігоні; як планована система «вікон» позначиться на графіці руху поїздів і пропускної спроможності ділянки або напрямку, на яких станціях подовження колій здатне найефективніше підвищити пропускну спроможність полігону при пропуску довгосоставних поїздів.

Організація пропуску поїздів по нормативних «нитках» графіка дозволяє понизити навантаження на диспетчерський апарат, оскільки між диспетчерами були чіткіше розподілені обов'язки і відповідальність. Крім того, підвищується ефективність взаємодії з суміжними структурними підрозділами. Завдяки переходу на нову систему роботи можливе поліпшення ряду показників, збільшення пропускної спроможності станції.

Перехід на «жорсткий» графік руху поїздів особливо необхідний в ринкових умовах залізничних перевезень. «Жорсткий» графік руху поїздів повинен стати технологічною основою взаємодії всіх підрозділів залізниці, що беруть участь в перевізному процесі. Вживання «жорсткого» графіка дозволить досягти значної економії експлуатаційних витрат, пов'язаних з пропуском поїздів по залізничних напрямках. Виходячи з цього, рішення даного питання має величезне економічне значення для залізничного транспорту і є актуальним завданням.

## ЛЮДСЬКИЙ ПОТЕНЦІАЛ І КОНЦЕПЦІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

Сидоренко Г. Г., Никифорова О. А., Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

З метою створення ефективної системи контролю та управління надійністю, яка змогла б оптимізувати комерційні інтереси і технічні параметри енергосистем і енергооб'єднань в умовах ринку, в даний час необхідно розробити проект по забезпеченню надійності в електроенергетиці.

Це означає, перш за все, підтримання у людини при всіх умовах виробничої діяльності високої готовності до дії. Розвиток і закріплення здібностей людини-оператора працювати з високим ступенем готовності досягається цілеспрямованим навчанням на тренажерах в штатних режимах, а також в умовах передаварійних і аварійних ситуацій, максимально наближених до реальних.

Сучасне ефективне управління розвитком людського потенціалу з метою збільшення безпеки виробництва робіт в промисловості, в тому числі і в електроенергетиці неможливо без широкомасштабного застосування інформаційних технологій. За статистичними даними тільки 5% працівників володіє високим рівнем кваліфікації, тоді як в США - 43%, а в Німеччині - 56%.

Однією з головних причин відставання сучасної системи підтримки і розвитку людського потенціалу української електроенергетики від світового рівня є той факт, що стан і можливості цієї системи на початку XXI століття вже не відповідає реаліям і тенденціям формування системи розвитку людського потенціалу у світовій електроенергетиці, орієнтованої на все більш широке використання наукомістких технологій, інформаційних ресурсів суспільства, останніх досягнень в галузі інформатики та електроніки, а також комп'ютерних технологій інформаційно-телекомунікаційних систем.

На нашу думку, існує цілий ланцюг проблем, що впливають з вищесказаного:

- електричні станції та мережі слабо оснащені сучасними технічними засобами навчання і тренажу персоналу;
- немає затверджених обов'язкових норм оснащення підприємств енергетики тренажерами і комп'ютерними засобами навчання і, як наслідок, фінансування на ці цілі виділяється за залишковим принципом;
- відсутня науково обґрунтована методика економічної оцінки ефективності навчання оперативного персоналу;
- не встановлений контроль за технічними та програмними засобами навчання і тренуваності персоналу на відповідність регламентам і стандартам України;
- відсутня галузева система сертифікації технічних засобів навчання персоналу, відповідна сучасному законодавству.

Зазначені проблеми, на нашу думку, повинні бути розглянуті і в якійсь мірі відображені в основних концепціях забезпечення надійності в електроенергетиці.

## **К ВОПРОСУ О ПРИВЕДЕНИИ ТРЕБОВАНИЙ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ, НОРМАТИВНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ УКРАИНЫ К ТРЕБОВАНИЯМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ЕВРОСОЮЗА**

Татарченко Г. О., Ларюшкин В. Л.

Важно провести реформы на железнодорожном транспорте, которые обеспечат отделение административной функции от хозяйственной и корпоратизацию. Укрзалізниця и Министерство Инфраструктуры Украины проводят комплекс работ по адаптации законодательства Украины с учетом положений Директив ЕС,

Внедрение Директивы 95/18/ЕС от 19.06.1995г. «О лицензировании железнодорожных предприятий». В ходе внедрения Директивы построена гибкая, прозрачная и работоспособная система управления и контроля, позволяющая оценить возможность железнодорожного предприятия выполнять функции лицензированного перевозчика, организовать аудит и провести корректирующие действия, либо наложить запрет на выполнение вида деятельности, который лицензируется. Система базируется на положениях многих документов (Закон «О лицензировании определенных видов хозяйственной деятельности», Технический регламент предоставления услуг по перевозке пассажиров и грузов железнодорожным транспортом, Лицензионные условия осуществления хозяйственной деятельности по предоставлению услуг по перевозке пассажиров, опасных грузов, багажа железнодорожным транспортом, ТУ и СОУ “

В 2008г. ЕС принял Директиву 2008/57/ЕС «О совместимости железнодорожного транспорта в рамках Сообщества». Этот документ свел воедино положения трех директив с добавлениями и исключениями: -2001/16/ЕС от 19 марта 2001 года; -96/48/ЕС от 23 июля 1996 года; -2004/50/ЕС от 29 апреля 2004 года .

В 2012г. ЕС принял Директиву 2012/34/ЕС «О создании единого железнодорожного пространства». Этот документ свел воедино положения трех директив с изменениями. С 15 декабря 2012 года отменены:-91/440 / ЕЕСот 29 июля 1991 года ; -95/18 / ЕС от 19 июня 1995 года;-2001/14 / ЕС 26 февраля 2001 года.

Сертификация предприятия по ISO положительно влияет на потребителя продукции (услуг) предприятия. Внедрение стандарта ДСТУ ISO 9001 на предприятии выполняется с привлечением территориальных органов Госпотребстандарта на договорной основе. Можно самостоятельно разработать систему менеджмента качества по ISO и затем обратиться в орган по сертификации. В Укрзалізнице действует “Настанова з розроблення, впровадження та моніторингу системи управління якістю на підприємствах залізничного транспорту”. Не самое главное для предприятия получить и повесить на стену сертификат. Необходимо чтобы ISO работало, а это зависит от руководства и персонала.

Международный стандарт железнодорожной промышленности IRIS (International Railway Industry Standard) Всеобщая система менеджмента бизнеса для железнодорожной промышленности (Global business management system for the railway industry), распространяется на подвижной состав и сигнальные системы. (Действительный с 01.11.2007.). По теме IRIS информация в журнале Техника железных дорог №3(7) август 2009.

## **Организации – участники конференции**

Запорожский национальный технический университет (ЗНТУ), Украина

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика Лазаряна (ДНУЖТ), Украина

Государственный научно-исследовательский центр Укрзализныци (ГНИЦ УЗ), Украина

Московский государственный университет путей сообщения (МГУПС), Россия

Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет» (ПГТУ), Украина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РГУПС), Россия

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (НГУ), Украина

Национальный технический университет «Киевский политехнический институт» (КПИ), Украина

Научно-исследовательский институт прикладной электроники при национальном техническом университете «Киевский политехнический институт», Украина

Институт электротехники, Польша

Обособленное структурное подразделение «Энергосбыт» Приднепровской железной дороги, Украина

Акционерное общество «ЮНИТИ», Украина

Харьковский национальный университет городского хозяйства (ХНУГХ), Украина

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта (УкрГАЖТ), Украина

Национальная металлургическая академия Украины (НМетАУ), Украина

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения», Украина

«Крюковский вагоностроительный завод»

Государственное предприятие «Приднепровская железная дорога», Украина

Обособленное структурное подразделение «Вокзал Днепропетровск», Украина

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»

|                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Исследования электромагнитного влияния тяговой сети постоянного тока на смежные электротехнические коммуникации<br><i>Андрюенко П. Д., Каплиенко А. О., Немудрый И. Ю.</i> .....         | 5  |
| 2. Использование метода целевого энергетического мониторинга на предприятии<br><i>Антонов А. В., Коломиец Е. Ю.</i> .....                                                                   | 6  |
| 3. Розрахунки на міцність ізольованих горизонтальних консолей контактної мережі змінного струму напруги 25 кВ для швидкостей руху до 200 км/год<br><i>Божко В. В., Демченко С. В.</i> ..... | 7  |
| 4. Комплексный подход к интеграции объектов распределенной генерации в электрические сети<br><i>Бадёр М. П.</i> .....                                                                       | 8  |
| 5. Исследование влияния угла управления вентилями инвертора асинхронно-вентильного каскада на напряжение питающей сети<br><i>Бараненко Т. К., Саравас В. Е.</i> .....                       | 9  |
| 6. Усовершенствование системы тягового электроснабжения для обеспечения высокоскоростного движения<br><i>Борисовская Ю. А.</i> .....                                                        | 10 |
| 7. Проблеми ефективної передачі електроенергії електрорухомому складу на залізницях України<br><i>Босий Д. О.</i> .....                                                                     | 11 |
| 8. Проблема несиметрії напруги тягової підстанції змінного струму<br><i>Босий Д. О., Дрюк В. В.</i> .....                                                                                   | 12 |
| 9. Способи компенсації реактивної потужності на тягових підстанціях змінного струму<br><i>Босий Д. О., Федько А. С.</i> .....                                                               | 13 |
| 10. Стабілізація напруги на струмоприймачеві електрорухомого складу високошвидкісних магістралей постійного струму<br><i>Босий Д. О., Сидоров А. А.</i> .....                               | 14 |
| 11. Моделирование параметров аварийного режима в тяговой сети переменного тока<br><i>Быкадоров А. Л., Заруцкая Т. А., Муратова-Милехина А. С.</i> .....                                     | 15 |
| 12. Взаимодействие контактной подвески и токоприемников при высокоскоростном движении<br><i>Ванжа Т. Ю.</i> .....                                                                           | 16 |
| 13. Оценка эффективности систем станционной автоматики с использованием методов имитационного моделирования<br><i>Вернигора Р. В., Малашкин В. В.</i> .....                                 | 17 |
| 14. Влияние ветровой нагрузки на повреждаемость ЛЭП<br><i>Гребенюк А. Н.</i> .....                                                                                                          | 19 |
| 15. Дослідження ефективності використання різних форм напруги для живлення тяги поїздів<br><i>Губський П. В.</i> .....                                                                      | 20 |

|                                                                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 16. Резерви впровадження енергозберігаючих програм у Дніпропетровському метрополітені<br><i>Губський П.В.</i> .....                                                                                  | 21 |
| 17. Аналіз хибних спрацьовувань захисту фідерів постійного струму<br><i>Данилов О. А., Войтушенко І. О.</i> .....                                                                                    | 21 |
| 18. Підвищення точності визначення характеристик стану силового трансформатора методом динамічного оцінювання за результатами безперервних спостережень<br><i>Денисюк С.П., Притискач І.В.</i> ..... | 23 |
| 19. Складові оцінки якості електропостачання в інтелектуальних системах електроенергетики<br><i>Денисюк С. П., Стржелецьки Р.</i> .....                                                              | 24 |
| 20. Динамическое моделирование электрифицированного участка в среде Matlab для анализа гармонического состава тягового тока<br><i>Долгушевский Н. А., Заруцкая Т. А.</i> .....                       | 25 |
| 21. Деякі особливості експлуатації нейтральних вставок на ділянках курсування міжрегіональних електропоїздів<br><i>Дьяков В. О., Малинка С. Ю.</i> .....                                             | 26 |
| 22. Протикорозійний захист суміжних споруд<br><i>Дьяков В. О., Паліхова О. М.</i> .....                                                                                                              | 27 |
| 23. Проектування систем електропостачання: вимоги часу<br><i>Замулко А. І., Чернецька Ю. В.</i> .....                                                                                                | 27 |
| 24. Оцінка енергоефективності роботи перетворювачів тягових підстанцій за несиметричної напруги зовнішньої системи електропостачання<br><i>Земський Д. Р.</i> .....                                  | 28 |
| 25. Визначення втрат електроенергії в контактній мережі на основі імітаційного моделювання<br><i>Кирилюк Т. І.</i> .....                                                                             | 30 |
| 26. Особливості функціонування релейного захисту при розземлених опорах<br><i>Кирилюк Т. І., Шпортко Т. Г.</i> .....                                                                                 | 31 |
| 27. Порівняльний аналіз систем тягового електропостачання для організації швидкісного руху<br><i>Короляк В. В., Щербак Я. П.</i> .....                                                               | 33 |
| 28. Резервы энергосбережения за счёт энергооптимальной организации движения поездов<br><i>Кузнецов В. Г., Колыхаев Е. Г.</i> .....                                                                   | 34 |
| 29. Дослідження факторів, що впливають на енергозбереження<br><i>Курган М. Б., Байдак С. Ю.</i> .....                                                                                                | 35 |
| 30. Системні заходи управління енергоефективності напрямку Знам'янка – Одеса<br><i>Логвінова Н. О.</i> .....                                                                                         | 36 |
| 31. Алгоритм автоматического повторного включения тяговой сети переменного тока<br><i>Лысенко В. Г., Кубкина О. В.</i> .....                                                                         | 37 |
| 32. Фізичні аспекти експлуатаційної надійності електрообладнання тягових підстанцій<br><i>Матусевич О. О.</i> .....                                                                                  | 38 |

|                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 33. Підвищення ефективності існуючої системи технічного обслуговування обладнання з використанням методів системи управління якістю<br><i>Міронов Д. В., Макаренко Є. Є.</i> .....               | 39 |
| 34. Підвищення енергоефективності автоматизованої системи електропостачання громадських та житлових будівель на основі відновлювальних джерел енергії<br><i>Міхєєв О. В., Бондар О. І.</i> ..... | 40 |
| 35. Геометрично-спектральне трактування реактивної потужності тягових напруги та струму<br><i>Міщенко Т. М.</i> .....                                                                            | 41 |
| 36. Мінімізація зрівняльних струмів в тяговій мережі змінного струму: напрямки досліджень<br><i>Міщенко С. М., Єршова Д. О.</i> .....                                                            | 42 |
| 37. Симметрирование нагрузок системы тягового электроснабжения переменного тока с трехфазными трансформаторами на двухпутных участках<br><i>Мрыхин С. Д.</i> .....                               | 43 |
| 38. Оперативний контроль результатів впровадження енергозберігаючих проектів<br><i>Находов В. Ф., Бориченко О. В., Іванько Д. О.</i> .....                                                       | 44 |
| 39. Экспериментальные способы определения частотных характеристик электрических сетей на частотах высших гармоник<br><i>Нестерович В. В.</i> .....                                               | 45 |
| 40. Спектральний аналіз інвертованих тягових напруги і струму<br><i>Нікітенко А. В., Костін М. О.</i> .....                                                                                      | 46 |
| 41. Система дистанционного мониторинга и управления для энергетики украины<br><i>Перекрыст В. В., Тодоренко В. А., Тюрютіков А. ІІ., Миронічев А. В.</i> .....                                   | 47 |
| 42. Шляхи вдосконалення системи опитування пристроїв АСКОВ<br><i>Полях А. О., Полях О. М.</i> .....                                                                                              | 48 |
| 43. Особливості паралельної роботи тягових підстанцій електрифікованих залізниць з сонячною електростанцією<br><i>Прихода М. С.</i> .....                                                        | 49 |
| 44. Проблемы использования избыточной энергии рекуперации на высокоскоростном железнодорожном транспорте<br><i>Романченко М.С.</i> .....                                                         | 50 |
| 45. Принципи оптимального розподілення рекуперативної енергії в системі електро-транспорту<br><i>Саблін О. І., Кузнецов В. Г.</i> .....                                                          | 51 |
| 46. Особенности выбора фильтро-компенсирующих устройств для минимизации интер-гармоник<br><i>Саенко Ю. Л., Бараненко Т.К.</i> .....                                                              | 52 |
| 47. Спектральный подход к расчету интергармоник напряжений в узлах электрических сетей с резкопеременными нагрузками<br><i>Саенко Ю. Л., Бараненко Т. К.</i> .....                               | 53 |
| 48. Феррорезонансные процессы в сетях собственных нужд блочных ТЭС<br><i>Саенко Ю. Л., Попов А. С.</i> .....                                                                                     | 54 |

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 49. Современное испытательное оборудование для релейной защиты и противоаварийной автоматики фирмы «ЮНИТИ» (Украина, г. Харьков)<br><i>Сербин В. Я.</i> .....              | 55 |
| 50. Визначення основних напрямків і факторів стану тягової підстанції за допомогою діаграми Ісікави<br><i>Сиченко В. Г., Матусевич О. О., Кириченко А. О.</i> .....        | 56 |
| 51. Оцінка технічного стану обладнання тягових підстанцій з використанням багатофакторного аналізу експлуатаційних показників<br><i>Сиченко В. Г., Міронов Д. В.</i> ..... | 57 |
| 52. Повышение надежности систем электроснабжения горных предприятий<br><i>Шкрабец Ф. П., Кириченко М. С.</i> .....                                                         | 58 |
| 53. Компенсация реактивной мощности в системе электроснабжения переменного тока при изменяющейся нагрузке<br><i>Ягун В. Г., Ягун Е. В.</i> .....                           | 60 |
| 54. Оценка готовности технических возможностей существующих контактных подвесок Украины к скоростному движению<br><i>Яндович В. Н., Антонов А. В., Ванжа Т. Ю.</i> .....   | 61 |

### СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОЙ СОСТАВ»

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Підвищення ресурсу вугільних струмознімальних вставок струмоприймачів електрорухомого складу<br><i>Антонов А. В.</i> .....              | 62 |
| 2. Визначення конструкційної швидкості пасажирського електровоза<br><i>Арпуть С. В.</i> .....                                              | 63 |
| 3. Регулирование магнитных потоков тяговых электрических машин при их взаимном нагружении<br><i>Афанасов А. М., Друбевский А. Е.</i> ..... | 63 |
| 4. Розробка композиції для виготовлення струмоз'ємного елемента струмоприймача електрорухомого складу<br><i>Баб'як М. О.</i> .....         | 64 |
| 5. Нагрівання допоміжних машин електропоїздів змінного струму<br><i>Балійчук О. Ю.</i> .....                                               | 65 |
| 6. Підвищення надійності допоміжних машин електропоїздів змінного струму<br><i>Балійчук О. Ю., Дубинець Л. В., Духновський О. М.</i> ..... | 66 |
| 7. Моделювання теплових режимів роботи напівпровідникових перетворювачів електроенергії<br><i>Баранюк Р. А.</i> .....                      | 67 |
| 8. Використання ряду Тейлора для розрахунку зміни витрати електроенергії<br><i>Васильев В. Е.</i> .....                                    | 68 |
| 9. Система контролю температури найбільш навантаженого обладнання електровоза<br><i>Васильев В. Є., Рапутін Є. К.</i> .....                | 69 |

|                                                                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 10. Проблемы эффективного использования локомотивов на магистральных железных дорогах Украины<br><i>Вернигора Р. В., Березовый Н. И., Ельникова Л. О.</i> .....                                                  | 70 |
| 11. Использование фотоэлектрических преобразователей для обеспечения движения пассажирских поездов<br><i>Габриниц В. А., Титаренко И. В., Шкут С. П., Шебеко А. А.</i> .....                                     | 72 |
| 12. Пути экономии и рационального использования электрической энергии на железнодорожном и конвейерном транспорте<br><i>Гетьман Г. К., Васильев В. Е.</i> .....                                                  | 73 |
| 13. Інтерполяція характеристик втрат неробочого ходу тягових електродвигунів постійного струму<br><i>Голік С. М.</i> .....                                                                                       | 74 |
| 14. Методика форсированного исследования эксплуатационных качеств вставок токоприемников электропоездов<br><i>Горобец В. Л., Ярмак А. А.</i> .....                                                               | 74 |
| 15. Визначення частоти високочастотної ланки для перспективної схеми електрорухомого складу<br><i>Забарило Д. О.</i> .....                                                                                       | 75 |
| 16. До питання використання традиційних законів керування асинхронним приводом при підвищених частотах<br><i>Костенко О. І.</i> .....                                                                            | 77 |
| 17. Электроэнергетическое волновое обоснование параметров кузовов электроподвижного состава<br><i>Костин Н. А.</i> .....                                                                                         | 77 |
| 18. Переваги ротаційних компресорів та перспективи впровадження на залізничному транспорті України<br><i>Кравець М. С.</i> .....                                                                                 | 78 |
| 19. Контроль и диагностика состояния болтовых соединений электрооборудования работающего с переменной нагрузкой<br><i>Кривоносов В. Е.</i> .....                                                                 | 79 |
| 20. Ефективність впровадження електропоезів нового покоління<br><i>Курган М. Б., Лужицький О. Ф.</i> .....                                                                                                       | 80 |
| 21. Алгоритм распознавания в задачах повышения энергоэффективности асинхронных двигателей, работающих в условиях некачественной электроэнергии<br><i>Кузнецов В. В., Николаенко А. В., Трипутень Н. М.</i> ..... | 82 |
| 22. Використання гнучких кінематичних траєкторій для виконання алгоритму енергоощадного керування системами електрорухомого складу<br><i>Кулагін Д. О., Андрієнко П. Д.</i> .....                                | 84 |
| 23. Захист силових кіл електропоезда ДЕ1 від перенапруг при відключенні силових контакторів<br><i>Марікуца С. Л.</i> .....                                                                                       | 84 |

|                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 24. Особливості методик визначення надійності міжрегіональних електропоїздів подвійного живлення<br><i>Михайленко Ю. В., Забарило Д. О.</i> .....                                                                       | 85 |
| 25. Результати експлуатаційних випробувань міжрегіональних електропоїздів подвійного живлення на залізницях України<br><i>Михайленко Ю. В., Забарило Д. О.</i> .....                                                    | 86 |
| 26. До питання перевезення навалних вантажів<br><i>Нестеренко Г. І.</i> .....                                                                                                                                           | 87 |
| 27. Математична модель тягового колекторного двигуна для дослідження процесів у силових колах електровоза змінного струму з бортовим компенсатором реактивної потужності<br><i>Панасенко М. В., Краснов О. О.</i> ..... | 88 |
| 28. Перспективи впровадження дводизельних гібридних тепловозів на залізницях України<br><i>Панасенко М. В., Пелепейченко В. І., Шаповалов Д. Ю.</i> .....                                                               | 89 |
| 29. Формирование подач местных вагонов с помощью нового специализированного сортировочного устройства<br><i>Сковрон И. Я.</i> .....                                                                                     | 90 |
| 30. Определение параметров токоприемника двухсистемного электропоезда ЕКР1<br><i>Федоров В. В., Хозя П. О., Сиора А. С., Томица П. М.</i> .....                                                                         | 91 |
| 31. До питань впровадження іоністорів на міському та приміському транспорті<br><i>Шевцов Б. О.</i> .....                                                                                                                | 92 |
| 32. Підвищення ефективності електроприводів з серієсним електродвигуном постійного струму<br><i>Шило С. І.</i> .....                                                                                                    | 92 |
| 33. Параметрична надійність електропневматичних контакторів електрорухомого складу постійного струму<br><i>Шимко С. М.</i> .....                                                                                        | 94 |

## СЕКЦИЯ «ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»

|                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Ways to overcome the problems of intangible assets accounting of the Ukrainian enterprises<br><i>Bulhakova Yu. V., Davydenko Yu. V., Hunko L. M.</i> ..... | 95  |
| 2. Удосконалення планування поїздоутворення шляхом вибору черговості розпуску составів<br><i>Бардась О. О.</i> .....                                          | 96  |
| 3. Повышение эффективности расформирования составов тяжеловесных поездов<br><i>Демченко Е. Б.</i> .....                                                       | 97  |
| 4. Процес розформування-формування составів на сортувальних гірках та його енерго-ефективність<br><i>Журавель В. В., Журавель І. Л.</i> .....                 | 98  |
| 5. Зменшення витрат на тягу поїздів при усуненні обмежень швидкості руху поїздів<br><i>Курган М. Б., Хмелевська Н. П.</i> .....                               | 99  |
| 6. Шляхи зниження енергоємності вантажних перевезень<br><i>Мазуренко О. О., Кудряшов А. В.</i> .....                                                          | 100 |

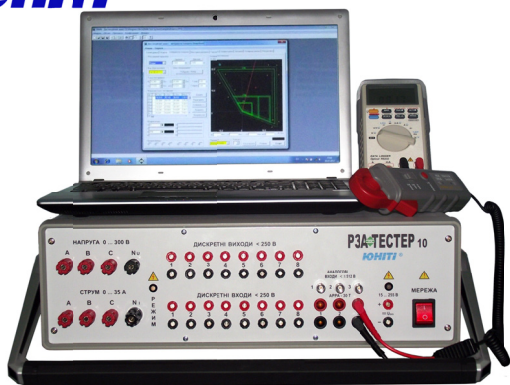
|                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7. Дослідження причин виникнення транспортних подій з небезпечними вантажами<br><i>Музикіна С. І.</i> .....                                                                                                                       | 101 |
| 8. Стабілізація руху поїздів після перерви на «вікно»<br><i>Музикін М. І.</i> .....                                                                                                                                               | 102 |
| 9. Пристосування методів оцінки ефективності інноваційних енергозберігаючих проектів залізничного транспорту<br><i>Мямлін С. В., Грідасова А. В.</i> .....                                                                        | 103 |
| 10. Перспективи впровадження інтелектуальних транспортних систем на залізничному транспорт<br><i>Назаров О. А.</i> .....                                                                                                          | 104 |
| 11. Вплив оптового ринку електричної енергії на технологію організації перевезень залізничним транспортом<br><i>Окороков А. М.</i> .....                                                                                          | 105 |
| 12. Інтегрована технологія організації руху вантажних поїздів за встановленим розкладами<br><i>Папахов О. Ю.</i> .....                                                                                                            | 106 |
| 13. Людський потенціал і концепція забезпечення надійності в електроенергетиці<br><i>Сидоренко Г. Г., Никифорова О. А.</i> .....                                                                                                  | 108 |
| 14. К вопросу о приведении требований нормативно-правовой, нормативной и технической документации на железнодорожном транспорте Украины к требованиям законодательства Евросоюза<br><i>Татарченко Г. О., Ларюшкин В. Л.</i> ..... | 109 |
| Организации-участники конференции .....                                                                                                                                                                                           | 110 |

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**



**АО «ЮНИТИ»**  
**Испытательная система «РЗА-ТЕСТЕР»**  
**ТУ У 30.0-23465204 - 001:2006**



**Основные технические данные:**

Источники напряжения трехфазного/  
однофазного:

Переменного тока

3х(0...125)V, 150ВА/1х(0...250)V, 300ВА

Постоянного тока

3х(0...175)V, 3х150Вт

Источники тока трехфазного/  
однофазного:

Переменного тока

3х(0...35)A, 550ВА/1х(0...105)A, 1650ВА

Постоянного тока

3х(0...28)A, 3х550Вт/1х(0...84)A, 1650Вт

Источник напряжения постоянного  
(оперативного) тока:

1х(15...255)V, 100Вт

Дискретные входы/ выходы, шт.: 8 / 8

Предназначена для проверки и испытаний вторичного и первичного (с дополнительными устройствами) электрооборудования в электроэнергетике и энергоемких отраслях промышленности.

Позволяет проводить ручную и автоматизированную проверку устройств РЗА всех поколений, начиная от простых реле, электромеханических панелей и заканчивая микропроцессорными защитами различных производителей.

Дополнительное оборудование расширяет функциональные возможности системы:  
однофазный трансформатор тока ТТ-350 масштабирует ток с коэффициентами преобразования— 10; 5, 0,1.

трехфазный трансформатор напряжения ТН-600 масштабирует напряжения с коэффициентами преобразования напряжений 4;  $\sqrt{3}$ ; 1;  $1/\sqrt{3}$  с возможностью подключений «звезда»/ «треугольник».

Испытательная система соответствует международным и национальным стандартам, сертифицирована в системе УкрСЕПРО. Производитель декларирует соответствие техническому регламенту продукции по ЭМС и низковольтному электрическому оборудованию.



**АО «ЮНИТИ», а/я 2807, г. Харьков, 61085, Украина.**

**Телефон / факс (057) 720-32-77, 717-99-85, [info@uniti.ua](mailto:info@uniti.ua), [www.uniti.ua](http://www.uniti.ua)**