

ГОСУДАРСТВЕННАЯ АДМИНИСТРАЦИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ИМЕНИ
АКАДЕМИКА В.ЛАЗАРЯНА

ВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ТРАНСПОРТНОЙ АКАДЕМИИ УКРАИНЫ
ООО "ЭЛЕКТРОТЯГОВЫЕ СИСТЕМЫ"



Тезисы
I Международной
научно-практической конференции
"ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
"ТРАНСЭЛЕКТРО - 2007"
(3.10 - 06.10.2007)

Мисхор
2007

УДК 621.331

Электрификация железнодорожного транспорта ТРАНСЭЛЕКТРО-2007:
Тезисы докладов I Международной научно-практической конференции.- Д. ДИИТ, 2007.-
80 с.

В сборнике представлены тезисы докладов I Международной научно-практической конференции «Электрификация железнодорожного транспорта ТРАНСЭЛЕКТРО-2007», которая состоялась 03-06 октября 2007 г. в п. Мисхор АР Крым.

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) - председатель
Сыченко В.Г. - к.т.н. (ДИИТ, Украина) - заместитель председателя
Бадер М.П. - д.т.н., проф. (МИИТ, Россия)
Бялонь А. - к.т.н. (Научно-технический центр ж.д. транспорта, Польша)
Гаврилюк В. И. - д.ф-м.н., профессор (ДИИТ, Украина)
Ким Е.Д. -д.т.н. (ДИИТ, Украина)
Лингайтис Л. - д.т.н., проф. (Вильнюсский технический ун-т им. Гедиминаса, Литва)
Омарбеков А.К.- д.т.н., директор (Научно-исследовательский центр ж.д. транспорта, Казахстан)
Поляков П.Ф. -д.т.н., проф. (КУЭТТ, Украина)
Саенко Ю.Л. - д.т.н., проф. (ПГТУ, Украина)
Стасюк А.И. -д.т.н., проф. (КУЭТТ, Украина)
Худзикевич А. - д.т.н., проф. (Варшавская политехника, Польша)

Адрес редакционной коллегии:
49010, г. Днепрпетровск, ул. Акад. Лазаряна,2, ДИИТ

Тезисы докладов печатаются на языке оригинала в редакции авторов.

Диодные выпрямители нового поколения на ток 3150 А напряжение 3300 В для магистральных железных дорог

Андриенко П.Д. д.т.н. проф., Ильин А.Г. инж.(ОАО НИИ «Преобразователь»),
Наконечный В.Ф. инж. (НПО ОО «Преобразователь»)

В настоящее время тяговые подстанции постоянного тока магистральных железных дорог имеют в своем составе выпрямители на основе шести- и двенадцатипульсных схем с различными схемами выпрямления, элементной базой и конструктивами.

Основная часть оборудования подстанций изношена и морально устарела.

С целью модернизации существующих и строительства новых тяговых подстанций по техническим требованиям, согласованным со службами электроснабжения Приднепровской железной дороги и «Укрзалізницею», разработана серия диодных выпрямителей нового поколения типа В-ТПЕД-М и В-ТПКД-М, которая предназначена для замены выпрямителей В-ТПЕ-3,15-3,3к, УКВЭ-1, ПВЭ-3.

Конструктивно выпрямители построены на унифицированных блоках, позволяющих реализовать схемы выпрямителей: два обратных диода с уравнивающим реактором, мостовые шестипульсные и двенадцатипульсные с последовательным и параллельным соединением мостов. В качестве силового полупроводникового прибора использован лавинный диод типа ДЛ553-2000.

Силовые блоки - оригинальной конструкции переднего обслуживания. Ошиновка и защитные РС цепи с герконовыми датчиками защиты от выхода из строя диодов размещены на задней обслуживаемой стороне. Шкафы имеют автоматическую блокировку открытия дверей.

Выпрямители типа В-ТПЕД-М имеют естественное охлаждение, а В-ТПКД-М - комбинированное: при токах до 1500 А – естественное, а свыше 1500 А – принудительное воздушное от встроенного вентилятора.

Особенностью новой разработки является использование цельнометаллических алюминиевых охладителей, что обеспечивает запас по теплоемкости и демпфирует всплески токовых перегрузок, характерных для тяговых нагрузок. Кроме того, такие охладители не критичны к перепадам температур окружающей среды (плюс 40°C – минус 40°C).

Использование диодов повышенного класса (24-36)кЛ против (18-20)кЛ, обеспечивает высокую устойчивость к перенапряжениям.

Двенадцатипульсная схема выпрямителя может быть использована для плавки гололеда при номинальном напряжении 1500 В и токе 6,0кА.

В зависимости от схемы выпрямления, способа охлаждения габариты и масса выпрямителей уменьшены на 40÷60 % против существующих. Использование таблеточных лавинных диодов 24÷36 кЛ. обеспечивает повышенную надежность.

Уменьшенные потери в ошиновке, диодах и на охлаждение снижают потери в выпрямителе на 20÷25 %.

Контрольная эксплуатация шкафа-фазы на тяговой подстанции г. Вольнянск Приднепровской железной дороги в составе действующего выпрямителя В-ТПЕД-3,15к-3,3к У2 подтвердила их эффективность и пригодность для эксплуатации.

Результаты моделирования различных режимов работы тяговых подстанций постоянного тока

Андриенко П.Д., д.т.н., проф, ОАО НИИ «Преобразователь»

Каплиенко А.О., аспирант, Запорожский национальный технический университет

В настоящее время, в системах с рекуперацией энергии широко используются устройства гашения избыточной энергии рекуперации. В устройствах поглощения энергии рекуперации подключение резисторов гашения осуществляется с помощью быстродействующих выключателей.

Введение бесконтактных полупроводниковых выключателей позволяет повысить надежность поглощающих устройств и снизить затраты на ремонт и обслуживание.

Актуальной задачей является исследование электромагнитных процессов на подстанциях с применением бесконтактной аппаратуры, имеющей высокое быстродействие, при различных режимах их работы.

Была разработана имитационная модель тяговой подстанции постоянного тока для исследования электромагнитных процессов на подстанции в режиме рекуперации с устройствами поглощения энергии, для включения которых используются бесконтактные выключатели.

Для моделирования использовались данные типовой тяговой подстанции мощностью 3 МВт, в схеме которой контактная аппаратура резисторов поглощения избыточной энергии рекуперации, была заменена на бесконтактную. Так же принимаем, что на линии находится электропоезд ЭР-2Т, который перешел в режим рекуперативного торможения.

На разработанной модели было проведено исследование режима работы тяговой подстанции при рекуперации, а именно рассмотрено перенапряжение, которое возникает при рекуперации энергии электроподвижным составом без потребления рекуперированной энергии на линии.

Из полученных при моделировании зависимостей видно, что при токе рекуперации около 200 А (что составляет 12% от возможного тока рекуперации электропоезда) - напряжение на фидере подстанции поднимается до 9 кВ, что недопустимо и является аварийным режимом

Было проведено моделирование работы подстанции с рекуперированным составом на линии при отсутствии потребителей рекуперированной энергии и наличии устройств поглощения избыточной энергии.

При моделировании была применена система управления включением-выключением гасящих резисторов. Задача системы управления состояла в удержании напряжения на фидере тяговой подстанции в пределах 4 кВ.

Полученные зависимости показали, что при токе рекуперации около 400 А напряжение на фидере не поднялось выше заданного предела. Однако, с уменьшением тока рекуперации, при отключении системой управления последующего гасящего резистора возникают пульсации напряжения (тока) с частотой до 3 кГц и амплитудой напряжения до 600 В, а тока до 50 А.

Оптимизация алгоритмов работы системы управления для обеспечения наименьшего уровня пульсаций при работе бесконтактного выключателя является дальнейшей задачей авторов.

Выводы. Разработана имитационная модель ТП постоянного тока (с применением бесконтактных выключателей, вместо контактных), предназначенная для исследования электромеханических процессов в тяговой сети. Проведенное моделирование позволило оценить характер электромагнитных процессов происходящих на ТП при работе поглощающего устройства с бесконтактными выключателями и провести оптимизацию процессов.

Повышение качества электрической энергии совершенствованием выпрямительно-инверторных агрегатов

М.П. Бадер, д. т. н., профессор

Московский государственный университет путей сообщения

Рост числа и единичных мощностей полупроводниковых преобразователей в различных отраслях народного хозяйства, в том числе на железнодорожном электрическом транспорте, обуславливает особую актуальность решения вопросов совершенствования схем, параметров и режимов работы преобразователей. Применение преобразователей тяговых подстанций с числом пульсаций больше шести продиктовано необходимостью повышения качества электрической энергии системы внешнего и тягового электроснабжения, снижения потребления реактивной энергии, улучшения внешней характеристики и снижения потерь электрической энергии.

Однако создание выпрямительно-инверторных агрегатов с большим числом пульсаций представляет сложную научно-техническую и технологическую задачу, решение которой в ряде случаев ограничено критериями экономической целесообразности. Вместе с тем не исчерпаны все резервы улучшения технико-экономических показателей преобразовательного оборудования, в том числе применяемого на тяговых подстанциях. Одним из способов снижения затрат на электропотребление в преобразовательном процессе может быть разработка и создание выпрямителей с улучшенными технико-экономическими показателями, что выдвигает проблему синтеза схемных решений на одно из первых мест.

Силовые полупроводниковые преобразователи относятся к тому классу преобразовательных устройств, у которых состояние вентиля однозначно определяется алгоритмом их управления, что позволяет практически без существенных допущений использовать методы, основанные на численном интегрировании дифференциальных уравнений и преобразовании Фурье. В этой связи в основу исследований электромагнитных процессов в выпрямительно-инверторных преобразователях тяговых подстанций и в преобразователях постоянно-переменного тока электроподвижного состава, для которых характерны любые структурные состояния, положен метод моделирования, основанный на описании преобразователя единой системой дифференциальных уравнений, справедливой для всех структурных состояний и режимов работы преобразователей. Разработанные на этой основе методики и программы позволяют исследовать электромагнитные процессы практически во всех типах полупроводниковых преобразователей, в том числе определять и прогнозировать уровни гармонических составляющих токов и напряжений в их силовых цепях.

Из анализа и синтеза схемных решений 12- и 24-пульсных выпрямителей следует, что на тяговых подстанциях могут найти применение кольцевые выпрямители. В кольцевых схемах, по сравнению с мостовыми схемами последовательного типа, уменьшается число вентиля, последовательно обтекаемых током нагрузки. Пропорционально этому уменьшению и изменению углов проводимости вентиля колец снижаются потери мощности в силовых полупроводниковых приборах вентильных конструкций и расход материала для охладителей. Режимы работы вентильных обмоток преобразователей при замене мостовых схем на кольцевые не изменяются, а обратные напряжения диодов анодных и катодных групп определены амплитудой линейных напряжений, как и в мостовых схемах.

Внедрение на тяговых подстанциях 12-пульсного кольцевого выпрямителя не потребует больших капиталовложений и приведет к экономии электроэнергии за счёт снижения на 25 % потерь мощности в силовых полупроводниковых приборах.

Оптимизация потребления электроэнергии на железной дороге посредством использования систем активных фильтров и компенсации реактивной мощности

Бернацик В., Кухарек М., Interconsulting (Польша),
Тюрютиков А.И., Тодоренко В.А., Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»

При анализе непроизводительных затрат электроэнергии на участке Польской железной дороги на участке Варшава - Познань особое внимание вызвали потери обусловленные реактивной мощностью.

При проведении исследования гармонического состава токов, активной и реактивной мощностей использовались современные измерители параметров качества электроэнергии РМ172ЕН и РМ296 компании SATEC (Израиль). Данные приборы сертифицированы на Украине и успешно эксплуатируются как на Украине, так и в Польше. Приборы РМ172ЕН измеряют гармонические искажения до 40 гармоники (что соответствует требованиям ГОСТ 13109-97 по качеству электроэнергии), а приборы РМ296 – до 63 гармоники.

На основании проведенных исследований были сформулированы требования к компенсирующим установкам, а также системе мониторинга и диспетчеризации потребления электроэнергии.

Особенностью предложенной компенсирующей системы является компенсация реактивной мощности как по низкому (400В, 690В), так и непосредственно по высокому (6 КВ, 15 КВ, 20 КВ) напряжениям.

Кроме того, для устранения высших гармоник тока использовались активные фильтры. Применение активных фильтров позволило получить следующий положительный эффект. С одной стороны, за счет уменьшения содержания высших гармоник существенно улучшилось качество электроэнергии. Вместе с тем, снижение уровня высших гармоник тока благоприятно сказалось на электрических режимах работы компенсирующих конденсаторов, что привело к увеличению времени безотказной работы оборудования.

В качестве компенсирующих установок использовалось оборудование, серийно выпускаемое фирмой Interconsulting (Польша), которая использовала также активные фильтры компании Medcom.

Разработанная система мониторинга и диспетчеризации потребления электроэнергии включает в себя наряду с датчиками параметров электроэнергии также сервер, линии связи (волоконно-оптические и GSM) и соответствующее программное обеспечение.

Данный комплекс был внедрен и в настоящее время успешно эксплуатируется на Польской железной дороге на участке Варшава – Познань длиной 300 км.

При этом общая компенсация реактивной электроэнергии составила 30КВАр на километр.

Разработкой и внедрением активных фильтров достаточно успешно занимаются в Национальном техническом университете Украины «Киевский политехнический институт». Разработаны однофазные компенсирующие устройства параллельной компенсации с импульсными токами достигающими 80А. Такие фильтры допускают наращивание компенсирующей мощности, за счет объединения в систему нескольких устройств и расширение системы до трехфазной. Ведется работа по созданию и внедрению гибридных систем компенсации.

Підвищення ефективності експлуатації джерел живлення з генераторами постійного струму електрорухомого складу

Білухін Д. С. – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, кафедра «Електропостачання залізниць»

На електрорухомому складі (ЕРС) залізниць України, що знаходиться зараз в експлуатації, як постійного струму 3000 В, так і змінного струму 25 кВ кола керування живляться винятково постійним струмом напруги 50-110 В від генератора управління або статичного перетворювача, які резервуються акумуляторною батареєю.

Аналіз схем джерел живлення напругою з генераторами постійного струму, дозволяє відмітити наступне: номенклатура використовуваних елементів та запасних частин до них для ремонту достатньо широка, що викликає труднощі при виконанні ремонту внаслідок необхідності закупки великої кількості запасних частин та напівпровідникових приладів які давно зняті з виробництва. Значну частину запасних частин складають потужні резистори в колах регуляторів напруги з генераторами постійного струму, що також веде до значних втрат потужності під час регулювання. Найменш надійним в системах живлення ЕРС є застарілі моделі регуляторів напруги, заміна яких уніфікованим на сучасній напівпровідниковій базі для більшості серій ЕРС, значно підвищить надійність джерел живлення систем управління.

Для розроблення нових регуляторів напруги на сучасній, високо надійній напівпровідниковій базі були проведені дослідження динамічних процесів структури системи автоматичного регулювання джерел живлення з генераторами постійного струму та уніфікованим регулятором. В ході аналізу виявлена необхідність урахування широкого діапазону постійної часу навантаження кіл управління ЕРС. Розрахунок показав, що для кіл управління електровозу ВЛ10 постійна часу навантаження може знаходитися в межах 0.0001...0.062 с, а це вказує на необхідність обов'язкового урахування зміни цієї складової при аналізі динамічних процесів не тільки для джерел живлення систем управління, а також і для інших пристроїв систем управління.

В якості уніфікованого запропоновано регулятор напруги з сучасним мікроконтролером та напівпровідниковим силовим ключем, який дозволяє, не змінюючи схемних рішень, використати три типи характеристики релейного типу: несиметричну ідеальну релейну, релейну несиметричну характеристику з гістерезисною петлею, релейну несиметричну характеристику з гістерезисною петлею змінної ширини. Кожен з типів характеристик може бути визначено програмою.

За результатами досліджень, для джерел живлення з генераторами постійного струму на сучасному етапі розвитку техніки найбільш доцільне використання регулятора з ідеальною релейною характеристикою. Регулятор з такою характеристикою при роботі у складі загальної структури джерела живлення з навантаженням дає найменшу амплітуду автоколивань в системі при найбільшій частоті у порівнянні з іншими характеристиками. Умови стійкості виконуються для всіх трьох типів характеристик при будь-якому значенні постійної часу навантаження джерела живлення.

Аналіз динамічних процесів підтвердив про можливість використання єдиного уніфікованого регулятора в колах джерел живлення на більшості моделей ЕРС. Єдина елементна база покращить показники уніфікації апаратури та збільшить економічність в експлуатації та ремонтному виробництві.

Сучасне обладнання для тягових підстанцій, застосовуване в практиці проектування

Бойко А. М. (ДПТ), Малишко І. В., Лагута І. І. (Укрзалізниця)

Основою функціонування залізниць є надійність тягового електропостачання, все більш важливим елементом котрого являються тягові підстанції. Сьогодні нова тягова підстанція повинна задовольняти всім необхідним вимогам за займаною площею, охороною навколишнього середовища, надійності. Нові тягові підстанції вимагають від первинного обладнання високої гнучкості, щоб задовольняти вимогам існуючих систем управління, вимогам до використовуваної площі, до часу відключення підстанції, який лімітується.

Застосування у обладнанні тягових підстанцій сучасних компонентів та комплектуючих дозволяє скоротити об'єм енергоємного устаткування, підвищує надійність електропостачання, покращує умови і безпеку обслуговування, скорочує об'єм робіт по технічному обслуговуванню, знижує експлуатаційні витрати на обслуговування і ремонт, дає можливість реконструкції з переходом на досконаліші схеми, покращує охорону навколишнього середовища.

Покращення показників здійснюється за рахунок застосування нових типів комутаційних силових апаратів (роз'єднувачів, вимикачів з новими електроізоляційними екологічними чистими наповнювачами), вакуумного комутаційного обладнання.

На сьогодні існує різноманітний вибір обладнання розподільчих пристроїв тягових підстанцій, які постачаються як заводами України, так і заводами іноземних фірм. Обладнання постачається повністю укомплектованим, відрегульованим, випробуваним в заводських умовах і має максимальну готовність до монтажу. Це обладнання відповідає таким основним вимогам: уніфікація, компактність, модульність. Модулі виконують на основі сучасної силової бази та схемотехніки; вони включають всі системи захисту, автоматики, управління, діагностики.

Застосування досконаліших компонентів і комплектуючих дозволяє скоротити об'єм енергоємного устаткування. Так, застосування у випрямлячах тягових підстанціях сучасних могутніх напівпровідникових приладів дозволяє скоротити їх загальне число в установках, використання нових тиристорів дає можливість спростити тяговий перетворювач постійного струму 3,3 кВ та створювати більш компактні перетворювачі з ефективною системою охолодження, яка забезпечує значні перевантажувальні можливості. Застосування керованих випрямлячів дозволило ввести автоматичну підтримку заданого рівня напруги на шинах 3,3 кВ підстанції.

На тягових підстанціях передбачається також застосування сучасних мікропроцесорних пристроїв захисту, автоматики, контролю та управління, що дозволяє реалізувати передбачений ПУЕ набір захисту приєднань, визначати залишковий ресурс комутаційних апаратів, знати не тільки інформацію про стан об'єкту, але і зберігати детальну інформацію про процеси, які відбуваються в аварійній ситуації з записом дискретних сигналів під час аварії. Така інформація забезпечує можливість аналізу процесів, розширює можливості прогнозу, дозволяє обслуговування пристроїв по результатам діагностики.

Зростання надійності устаткування, скорочення часу на його обслуговування, збільшення періоду між черговими профілактичними роботами, застосування сучасної електронної апаратури дає широкі можливості для розширення функцій управління устаткуванням і забезпечує можливість спрощення схемних рішень побудови тягових підстанцій.

К вопросу о токосяеме и износе контактного провода

Ю.Л. Большаков, к.т.н., И.С. Гершман, д.т.н. (ВНИИЖТ),
В.Г. Сыченко, к.т.н. (ДНУЖТ)

На протяжении десятилетий продолжается полемика между сторонниками повсеместного использования металлокерамических токосяемных вставок на линиях постоянного и переменного тока, и сторонниками применения токосяемных вставок из углеграфитовых материалов.

Из технико-экономических требований следует, что токосяемная вставка должна удовлетворять многим взаимоисключающим условиям работы. С одной стороны, это требование минимального износа контактного провода (КП) при обеспечении надежного токосяема, а с другой – максимально возможный межремонтный пробег полоза токоприемника. Существующие принципиальные подходы к выбору состава композиционных материалов, технологии их применения в производстве вставок и возможности серийного изготовления достаточно полно отражены в работе [1].

Становится понятным стремление специалистов получить универсальную вставку, материал которой обеспечивал бы сочетание положительных физико-механических и эксплуатационных характеристик, как металлокерамических, так и углеграфитовых материалов. Резкое подорожание в последние годы стоимости продукции из медных сплавов, в частности КП, только обостряет проблему.

В этом плане характерной публикацией являются работы [2, 3] авторов Э.Д. Тартаковского, С.М. Романова, Д.С. Романова. На наш взгляд необходимо провести подробный анализ тех положений и утверждений озвученных в указанных публикациях.

В первую очередь это относится к терминологии, т.к. авторами токосяемные вставки названы «... вставками из фуллерено-углеродного материала «Романит-УВЛШ» с гранулами графита...». Однако, развернутый химический состав материала вставок и процентное содержание компонентов отсутствует, сделаны ссылки на патенты Украины и России. В таблице [3, с. 42] приведена плотность предлагаемого материала равная $(8,0-8,7) \text{ г/см}^3$. Несложный расчет показывает, что такой материал содержит (70 – 98) % чистой меди или ее сплавов. Из представленных патентов видно и наличие в композиции железа в пределах от 10,91 до 26,25 %. Тогда массовое содержание добавок фуллерена и графита не превысит (2-4) %, в противном случае, будет нарушаться закон аддитивности. Соотношение между фуллереном и графитом авторы, к сожалению не приводят. Приведенное значение плотности и процентное содержание углеродного материала согласуется с известными вставками НМГ-1200 [4]. Другие физико-механические характеристики: твердость, коэффициент трения со смазкой, теплопроводность практически мало отличаются от таковых для НМГ-1200 (ТУУ 6-035347-94), ВЖЗП и ВМ (ТУ 14-1-4136-86). По сути предлагаются новые металлокерамические вставки.

В первой части обеих публикаций авторы приводят недостатки существующих металлокерамических и угольных вставок. Особенно досталось угольным вставкам: малые межремонтные пробеги полозов, высокое электросопротивление, пропилены, прожоги, продукты износа, загрязняющие окружающую среду и т.д.

Такая критика, как неоднократно указывал Купцов Ю.Е.[5], является признаком «хорошего» тона, когда необходимо продвинуть на рынок новый продукт, в частности, новые металлокерамические вставки.

По всей видимости, авторы [2, 3] не имеют достаточно корректной статистической информации по локомотивным депо «Укрзалізниця». Например, анализ по двум ведущим локомотивным депо Киев-Пассажирский и Казатин с максимальной

погрешностью 5% дает следующую картину по пробегам угольных вставок типа «А» (таблица 1).

Таблица 1

Общий пробег локомотивов, млн. км / количество установленных полозов*, шт

Локомотивное депо	2003 год	2004 год	2005 год	2006 год
1. Киев-Пассажирский	26,412/660	25,480/531	25,617/512	18,087/368
2. Казатин	-	23,897/680	23,100/580	25,531/600

Примечание : *полоз двухрядный с 8 шт. вставок.

Получается, что на линиях переменного тока за 2003-2006 г.г. среднегодовой пробег полоза до замены вставок составил 35-50 тыс. км. Эта цифра коррелируется с годовым объемом закупок «Укрзалізниця» : 40-50 тонн вставок типа «А» и до 8 тонн вставок типа «Б», а также согласуется с нормативно-технической документацией (ТУ У 32.22117843.003 –2000).

Далее авторы [2, 3] утверждают «... износостойкость токосъемных вставок из фуллерено-углеродного материала «Романит-УВЛШ» в 4,2 раза выше износостойкости мекталлокерамических, в 5 раз – медных и в 100 раз – графитовых ...» [3, с.43]. С учетом данных о реальном пробеге вставок типа «А», средний межремонтный пробег полоза, укомплектованного новыми вставками, должен составить 1,5-5 млн. км, что представляется маловероятным. Кроме того, для линий постоянного тока указывается, что прогнозируемый пробег должен составить 250 тыс. км.

Общепринято считать, что более объективным служит показатель удельного расхода вставок (I уд) : объемный (см³/км) или весовой (г/км). Подробная методика расчета приведена в работах [5, 6]. При коэффициенте использования материала вставок, равном не более 0,5 получаем следующие граничные значения удельного весового расхода (г/км):

Медные пластины (0,052 – 0,085);
 Угольные вставки типа
 «А» и «Б» (0,035 – 0,15);
 Вставки «Романит-УВЛШ»
 по прогнозируемому пробегу 0,015
 данные пробега по Донецкой ЖД0,042

Натурные испытания вставок из материала «Романит-УВЛШ» на электровозах ВЛ-82М приписки депо Купянск проводились на линиях совместного использования, т.е. там, где на поверхности КП, в результате длительного применения графитовых вставок типа «Б», образована защитная окисная пленка (политура) [5]. Общеизвестным является факт улучшения в этом случае износостойкости металлокерамических или медных пластин [7].

Одним из главных недостатков угольных вставок типа «А» , как указывают авторы [2, 3] , является их высокое электросопротивление (УЭС), достигающее величины

30 мкОм·м . Однако, во многих зарубежных странах успешно используются вставки с еще большим значением УЭС, достигающим 55 мкОм·м [6, с.26]. Опыт длительной эксплуатации показывает, что при соблюдении действующих технических норм и правил ЖД данные вставки на линиях переменного тока обеспечивают надежный токосъем при наименьшем износе КП. Для заводов-изготовителей снижение УЭС до 8 мкОм·м углеграфитовых вставок с одновременным повышением их износостойкости в 2-3 раза, при современном состоянии производства, не представляется технологически сложным. Причем главным вопросом будет служить технико-экономическое обоснование и потребность основного заказчика.

Немаловажным является соотношение «цена-качество». Вставки из углеграфитовых материалов в 3-5 раз дешевле металлокерамических. Информация о стоимости предлагаемых новых вставок с добавками фуллерена и графита, к сожалению, отсутствует.

Величина темпа износа КП, не превышающая 0,05 мкм/км [3, с. 43] недопустимо высокая, т.к. при общем минимальном пробеге локомотивов одного депо, примерно, 20 млн. км среднегодовой износ контактного провода составит до 1 мм. Такая ситуация характерна на участках постоянного тока при использовании металлокерамических вставок, где ежегодно возникает необходимость замены 100-200 км КП по причине его износа выше установленных норм [8].

Авторы [2, с. 16] уделяют большое значение пропитке токосъемных вставок индустриальным маслом И-40 с ультрадисперсными алмазами. По их мнению ультрадисперсные алмазы «... представляя собой «шарики», утыканные большим количеством тончайших «иголок» ...» в процессе пропитки попадают внутрь кристаллической решетки фуллерена, прочно закрепляют там множество капель масла, что обеспечивает постоянное нахождение масла между поверхностями трения и резко снижает коэффициент трения.

Молекулы C_{60} при комнатной температуре кристаллизуются в плотноупакованную гранецентрированную кубическую структуру с постоянной решетки, равной $14,17\text{\AA}$ при плотности вещества $1,72\text{ г/см}^3$ [9, с.143]. В кристаллической решетке на одну молекулу C_{60} приходится одна октаэдрическая и две тетраэдрические пустоты с радиусами $2,06$ и $1,12\text{\AA}$ соответственно. Постоянная элементарной кристаллической решетки алмаза составляет $3,56\text{\AA}$ [10, с. 225]. Тогда, совершенно непонятно с помощью каких технологических приемов удастся внедрить больший размер кристаллитов алмаза с капельками масла в меньшие по размеру пустоты кристаллической ячейки фуллерена без разрушения его межмолекулярных связей.

«Черт побери – как?» – спросил бы в этой ситуации доктор Ватсон.

В производстве композиционных материалов с добавками фуллеренов и их производных необходимо также учитывать тот факт, что структура фуллерена под воздействием температуры порядка $850-950^\circ\text{C}$ претерпевает термическую деградацию с образованием газовой фазы и определенного количества аморфного углерода. Эта особенность затрудняет применение фуллереновых материалов в металлокерамических композициях, подвергающихся спеканию при температуре, как правило, не ниже 1000°C .

Предпринимаемые усилия разработчиков металлокерамических вставок для токоприемников электроподвижного состава, безусловно, заслуживают уважения. Однако, комплексная технико-экономическая и экологическая оценка рассматриваемой проблемы показывает, что целесообразнее производить замену металлокерамических вставок углеграфитовыми (при условии их совершенствования), чем наоборот [5].

Литература

1. Большаков Ю.Л., Гершман И.С., Сыченко В.Г., Жуковин С.М. Основные направления создания новых композиционных материалов для вставок токоприемников электротранспорта. Вісник ДНУЗТ ім. Акад. В. Лазаряна, Вип. № 13, 2006.- с.14-20.
2. Тартаковский Є.Д., Романов С.М., Романов Д.С. Токосъемные вставки с наночастицами углерода для эксплуатации на линиях постоянного и переменного тока. // Локомотив-Информ, июнь , 2007 г.- с.14-17.
3. Тартаковский Є.Д., Романов С.М., Романов Д.С. Токосъемные вставки из нового фуллерено-углеродного материала “Романит-УВЛШ”. // Залізничний транспорт України, №3, 2007.- с.41-44.
4. Полищук В.С., Буковский В.И., Филатов А.В. Композиционные накладки пантографов электроподвижного состава // Залізничний транспорт України, №3, 2001. – с. 14-17.
5. Купцов Ю.Е. Беседы о токосъеме, его надежности, экономичности и путях совершенствования. – М., 2001. –256 с.
6. Купцов Ю.Е. Увеличение срока службы контактного провода. – М.,1972. – 160 с.
7. Берент В.Я., Сапожников С.А. Разработки отделения испытания материалов и конструкций по контактной сети электрифицированных железных дорог // Вестник ВНИИЖТ, №5, 1998. – с. 8-12.
8. Малышко И.В., Карпенко С.Я. Концептуальні засади модернізації галузі електрифікації та електропостачання залізничного транспорту України // Залізничний транспорт України, спец. вип. №3/2, 2005. – с. 48-58.
9. Фуллерены / Сидоров Л.Н., Юрковская М.А. и др. – М.: Изд-во «Экзамен», 2005. – 688 с.
10. Батти Х., Принг А. Минералогия для студентов. – М.: Мир, 2001. – 429 с.

Застосування сучасних методів програмування при імітаційному моделюванні систем тягового електропостачання з врахуванням якості електричної енергії

Босий Д.О., ДІТ

На залізницях України електрифікованих по системі змінного струму 27,5 кВ 50 Гц, як правило, застосовується електрорухомий склад з перетворювачами однофазного змінного струму в постійний. Живлення перетворювачів електричною енергією забезпечується від системи зовнішнього електропостачання через систему тягового електропостачання. Безпеку руху на залізницях забезпечує система сигналізації, централізації та блокування (СЦБ). Таким чином, з точки зору електромагнітної сумісності робота електрифікованого транспорту являє собою взаємодію чотирьох систем – системи зовнішнього, тягового електропостачання, електрорухомого складу та системи СЦБ. Перетворювачі електрорухомого складу є нелінійними, змінними в часі та просторі споживачами. Як відомо, будь-яке нелінійне та змінне в часі навантаження є джерелом погіршення якості електричної енергії. Ситуація ускладнюється переміщенням навантажень (електрорухомих складів) в просторі та їх взаємним впливом. Якість електричної енергії впливає на стан електромагнітної сумісності вищевказаних систем. Для забезпечення електромагнітної сумісності цих систем необхідно мати адекватну імітаційну модель.

Вивчення поставленої задачі пропонується методами сучасного імітаційного моделювання.

Об'єктно-орієнтоване програмування (ООП) дозволяє описати названі системи для визначення стану електромагнітної сумісності. Так, наприклад, віртуальний об'єкт «система тягового електропостачання» містить в собі два віртуальних об'єкти: «тягова підстанція» та «тягова мережа». Принцип наслідування в ООП при збиранні схеми моделювання переносить всі властивості та методи віртуального об'єкту на той, що включається в схему. Таким чином, повністю описуючи поведінку одного об'єкту, отримуємо можливість дослідити поведінку множини об'єктів та їх взаємодії між собою.

Розрахунок миттєвих схем в системі тягового електропостачання виконується комбінованим способом, отриманим поєднанням матричного методу аналізу електричних кіл та функцій струморозподілу тягового навантаження. Спочатку для складної схеми живлення тягової мережі матричним методом розраховуються функції струморозподілу. Подальше моделювання виконується по значенням цих функцій. Це дозволяє зменшити час обробки даних комп'ютером, не виконуючи матричні розрахунки на кожному кроці.

Рух об'єкту «електрорухомий склад» та розрахунок характеристик під час руху виконує спеціальна процедура-процес. Вихід кожного поїзду на розрахункову ділянку в моделі ініціює наслідування об'єкту та запуск окремого паралельного процесу. Кількість поїздів на розрахунковій зоні відповідає кількості паралельних процесів у моделі. Такий підхід дозволяє більш точно виконувати тягові розрахунки на кожному кроці руху окремого електрорухомого складу з врахуванням зміни напруги на струмоприймачеві електровозу.

Запропоновані вище методи та рівень розвитку сучасних засобів обчислювальної техніки дозволяють зменшити крок розрахунку миттєвих схем до 0,02 с, що відповідає частоті основної гармоніки 50 Гц.

В доповіді представлені результати попередніх розрахунків якості електричної енергії системи тягового електропостачання змінного струму ділянки Одеської залізниці та демонстрація основних можливостей розглянутої моделі.

Определения уровней опасного и мешающего влияния подвижного состава на работу рельсовых цепей

Гаврилюк В.И. (ДИИТ)

Целью исследований является определение уровней опасного и мешающего электромагнитного влияния тягового тока на рельсовые цепи (РЦ) и автоматическую локомотивную сигнализацию непрерывного типа (АЛСН).

Определение предельно допустимых уровней электромагнитного влияния тяговой сети (ТС) на РЦ проводили как теоретико-расчетными методами, так и путем экспериментальных измерений на действующих лабораторных стендах. Компьютерное моделирование проводили с помощью разработанной специальной программы, основывающейся на классической теории рельсовых цепей, а также с применением программы для моделирования PSpice. В основу определения предельно допустимых уровней гармонических помех с определенной частотой и фазой в РЦ, вызванных обратным тяговым током, положены критерии надежного выполнения всех режимов работы рельсовых цепей при наиболее неблагоприятных для этих режимов факторах. Анализ проводили путем рассмотрения работы РЦ при наличии в ней суммарного тока, состоящего из сигнального тока и тока гармонической помехи. Для определения уровней опасного или мешающего влияния тягового тока проводили вариацию длины РЦ, основных параметров помехи - амплитуды, частоты, фазы при условии контроля напряжения (тока) на путевом приемнике. В процессе анализа определяли уровень помехи, при котором нарушается выполнение режимов работы рельсовых цепей. Критерием опасного или мешающего влияния служило повышение напряжения (тока) путевого приемника до напряжения (тока) его срабатывания в шунтовом и контрольном режимах или понижение напряжения (тока) приемника ниже напряжения (тока) возврата в нормальном режиме. На вход путевого приемника в шунтовом и контрольном режимах действуют два сигнала – один соответствует сигнальному току, не превышающему по величине значение тока надежного возврата, а второй – ток помехи. При въезде локомотива на РЦ возможны два варианта возникновения опасного влияния гармонических помех тягового тока, приводящих к нарушению шунтового или контрольного режимов. В первом случае при въезде локомотива на приемный конец рельсовой цепи под действием гармонических помех тягового тока не произойдет надежного возврата якоря (сектора) путевого реле. Во втором случае возврат якоря (сектора) произойдет, но после этого якорь (сектор) реле снова притянется под действием помехи. Для рельсовых цепей с непрерывным питанием следует рассматривать первый случай, поскольку он реализуется при меньшем уровне помехи (ток отпуская меньше тока срабатывания). Для РЦ с импульсным (кодовым) питанием с точки зрения уровней помехи эти случаи равнозначны. Коэффициент передачи для разностного тягового тока на приемном конце РЦ при наличии дроссель-трансформаторов рассчитывали с учетом того, что разностный тяговый ток помехи протекает только по одной половине первичной (путевой) обмотки дроссель-трансформатора. В процессе анализа определяли минимальное значение тягового тока на приемном конце РЦ, при котором выполнялось критерии шунтового и контрольного режимов, т.е. значение тока в путевом приемнике при наложенном поездном шунте или поврежденной рельсовой нити не превышало значение тока надежного возврата путевого приемника.

Нарушение выполнения нормального режима под действием тягового тока возможно при нарушении правильного срабатывания реле в соответствии с импульсами в кодовых посылах

Анализ специфических требований к разработке магистральных светофоров железнодорожного транспорта на светодиодах

Гаврилюк В.И. (ДИИТ), Воронов В.О. (ОАО "Светофор")

Быстрый прогресс в технологии производства полупроводниковых светоизлучающих приборов, имеющих невысокое энергопотребление, цену, длительное время наработки на отказ, привел к разработке и использованию в промышленно развитых странах световых указателей на основе полупроводниковых приборов. Однако, наряду с рядом их преимуществ, существуют определенные трудности, препятствующие широкому применению светофоров на основе светоизлучающих диодов (СИД) на железнодорожном транспорте.

Задачей данной публикации являлось проведение анализа специфических требований к разработке магистральных светофоров железнодорожного транспорта на основе СИД.

Эти требования обусловлены специфическими условиями эксплуатации светофоров на железнодорожном транспорте, и определяют требуемые эксплуатационные параметры и характеристики по электрическому напряжению, току, световым характеристикам, надежности, безопасности, обеспечению контроля работоспособности светодиодной матрицы (СДМ) во включенном (горячем) и выключенном (холодном) состоянии, температурную и временную стабильность светового потока, его фокусировку, обеспечению режима двойного снижения напряжения, мигания, защиту от электромагнитных помех, климатических воздействий, грязи, вандализма и т.д.

Электрические параметры и характеристики СИД значительно отличаются от ламп накаливания. Падение постоянного напряжения на светодиоде составляет 1,5..3 В, в отличие от 12 В переменного напряжения, применяемых для светофорных ламп. Для согласования применяют групповое включение СИД, при котором несколько последовательно включенных светодиодов, образующих ветвь, соединяют параллельно. Для создания необходимых световых потоков и обеспечения нормативных электрических режимов работы необходимо поддержание строго определенного тока через светодиоды. Однако СИД имеют значительный технологический разброс параметров (более $\pm 20\%$) и их сильную зависимость от температуры.

Необходимые световые характеристики светофорных головок на основе ламп накаливания обеспечивают применением светофильтров и линз. Длина волны, излучаемая СДМ для различных показаний светофора должна строго соответствовать цветности оптической системы существующих светофоров, т.е. зеленому, красному, желтому, синему и лунно-белому огню. При этом на длину волны излучаемого света температура и сила тока через $P-N$ переход должны оказывать незначительное влияние, что не выполняется для большинства СИД.

Более сложная структура СДМ с использованием СИД и полупроводниковых стабилизирующих и управляющих элементов понижает надежность матрицы. Одиночные или кратные отказы отдельных СИД (потеря контакта, обрыв, замыкание, пробой или перегорание $P-N$ перехода) не окажут существенного влияния на питающее напряжение или ток СДМ и это делает невозможным их своевременное обнаружение огневым реле.

Наличие распределенных по площади световых излучателей, в отличие от нити в лампе накаливания, затрудняет фокусировку светового потока СДМ. Применение для этих целей традиционных линз Френеля становится невозможным.

Вероятностный подход к оценке влияния электромагнитных помех тягового тока на работу рельсовых цепей

Гаврилюк В.И., Завгородний А.В. (ДИИТ)

При анализе влияния электромагнитных помех тягового тока на работу рельсовых цепей (РЦ) необходимо учитывать случайный характер изменения параметров рельсовой линии (коэффициента асимметрии, сопротивления изоляции балласта), аппаратуры РЦ, режима ведения локомотива, а также общей поездной обстановки на участке, с учетом влияния множества дестабилизирующих факторов (напряжения питания, температуры, изменения параметров аппаратуры в процессе эксплуатации и т.д.).

В соответствии с этим при оценке выполнения критериев работы РЦ необходимо применять вероятностный подход. Вероятности выполнения режимов работы РЦ в присутствии электромагнитных помех для трех режимов их работы при непрерывном питании запишутся следующим образом

$$P_n = P\{I_{p.c.} + I_{p.пом.} > I_{cp}\} \quad (1)$$

$$P_u = P\{I_{p.c.} + I_{p.пом.} < I_o\} \quad (2)$$

$$P_k = P\{I_{p.c.} + I_{p.пом.} < I_o\} \quad (3)$$

Для выполнения нормального режима в кодовых РЦ условий (23)-(25) недостаточно. Необходимо, чтобы импульсное реле правильно воспроизводило коды, передаваемые сигнальным током, а дешифратор правильно их расшифровывал. Для этого необходимо, чтобы основные информационные признаки кодового сигнала (количество импульсов в кодовой посылке, амплитуда, частота, длительности импульсов и пауз) в присутствии помехи оставались в необходимых пределах.

Ток через обмотку реле в течение кодового импульса должен быть больше тока срабатывания ($I_{p.n.u.} > I_{cp}$), а ток в паузе меньше тока отпускания ($I_{p.n.u.} < I_o$). Кроме того, длительности кодовых импульсов и пауз (t_u, t_n) должны соответствовать заданным значениям ($t_{u.o}, t_{n.o}$) с определенной точностью (Δ_u, Δ_n). В таком случае вероятность выполнения нормального режима для кодовых РЦ запишется в виде

$$P_n = P\{I_{p.c.u.} + I_{p.пом.} > I_{cp}; I + I < I; |t_u - t_{u.o}| < \Delta_u; |t_n - t_{n.o}| < \Delta_n\} \quad (4)$$

Опасный отказ может произойти при некоторых отказах РЦ в шунтовом и контрольном режимах. Вероятность опасного отказа РЦ должна быть менее 10^{-8} - 10^{-9} .

С учетом случайного характера изменения параметров РЦ необходимо задавать значение предельного тока помехи $I_{n.n.}$ с некоторым коэффициентом запаса $K_{зан}$

$$K_{зан} = \frac{I_{нч.}}{I_{n.n.}} \quad (5)$$

Коэффициент запаса определяется по формуле [11]

$$K_{зан} = K_{комб} K_{от} K_{ис} \quad (6)$$

где $K_{комб} = 1.1$ - коэффициент, учитывающий возможность появления в рельсовой цепи комбинационных помех; $K_{от} = 1.07$ - коэффициент, учитывающий отклонение параметров рельсовой линии и аппаратуры РЦ; $K_{ис} = 1.04$ - коэффициент изменения параметров тяговой сети и аппаратуры электроподвижного состава, например, при резонансных явлениях. В соответствии с этим получаем $K_{зан} = 1.2$.

Методика испытания новых типов подвижного состава на электромагнитную совместимость с устройствами железнодорожной автоматики

Гаврилюк В.И., Сыченко В.Г., Миргородская А.И. (ДИИТ)

Проблема обеспечения электромагнитной совместимости новых типов подвижного состава, использующих импульсные высоковольтные полупроводниковые преобразователи, с существующими системами железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ), являются одной из основных для обеспечения безопасности движения поездов. На локомотивах переменного тока четвертого поколения с асинхронными тяговыми двигателями для питания силового и вспомогательного оборудования используют статические преобразователи частоты и фазы, состоящие из четырёхквadrантных (4q-S) выпрямителей и автономных инверторов напряжения (АИН) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), выполненные на IGBT-транзисторах. Частота основной гармоники выходного напряжения на выходе АИН изменяется от 2 до 160 Гц, частота ШИМ – от 450 Гц до 900 Гц. Для питания вспомогательного оборудования используют напряжение с частотой, изменяющейся от 0 до 50 Гц при частоте модуляции АИН - 2000 Гц. Таким образом, в сетевом токе содержится широкий спектр помех, и при определенных режимах работы локомотива их частоты могут совпадать с частотами сигнального тока автоблокировки и автоматической локомотивной сигнализации (25, 420, 480, 580, 720, 780 Гц), что может оказать мешающее или опасное влияние на работу устройств железнодорожной автоматики.

Степень влияния обратного тягового тока характеризуется разностной величиной токов помехи в двух рельсовых нитях в месте подключения аппаратуры приемного конца РЦ. На величину разностного тока влияет асимметрия рельсовой линии, количество электропоездов в фидерной зоне, их расположение, режимы работы, схема электропитания (консольная или двухсторонняя), степень растекания тягового тока с рельсовой линии в землю, а также схема его канализации (однониточная, двухниточная, наличие и расположение электрических соединителей между соседними путями).

Испытание электрооборудования электровоза на электромагнитную совместимость с устройствами железнодорожной автоматики проводят путем измерения действующих значений и длительностей гармонических составляющих обратного тягового тока, канализируемого по рельсовым цепям при движении по ним испытуемого электровоза, с последующим сопоставлением измеренных значений с предельно допустимыми значениями, которые определяются из условия обеспечения устойчивой работы РЦ. Методы измерения параметров гармонических помех в рельсовых цепях описаны в специальной литературе. Основная трудность при этом заключается в оценке частотного спектра и уровня помех, создаваемых в РЦ системой тягового электроснабжения в процессе обращения одного или нескольких испытуемых локомотивов в пределах фидерной зоны при всех возможных сочетаниях режимов их работы и для различных внешних условий. Испытания ПС необходимо проводить при сочетании всех неблагоприятных факторов, что является практически невыполнимой задачей. Поэтому в работе использован комплексный подход, основанный на проведении измерений при испытаниях одного локомотива с последующим компьютерным моделированием при всевозможных сочетаниях неблагоприятных факторов.

Для решения этой задачи в работе разработана математическая модель, позволяющая оценивать электромагнитное влияние системы тягового электроснабжения на рельсовые цепи для участка железной дороги при различных внешних факторах, влияющих на режимы работы РЦ.

Швидкісний рух і проблеми струмознімання

Гілевич О.І., Дьяков В.О., Сиченко В.Г. (ДПТ)

Державна програма швидкісного руху на залізницях України передбачає розширення полігону експлуатації потягів з прискореним (до 160 км/год) та швидкісним рухом. При цьому на окремих ділянках руху з швидкостями до 140 км/год можливе використання суміщеного руху пасажирських та вантажних поїздів. Це приводить до необхідності проведення їх реконструкції та модернізації інфраструктури. При цьому значної уваги потребує вирішення питань, пов'язаних з забезпеченням надійного функціонування вузлів контактної мережі з'єднання “контактна мережа – струмоприймач електровоза” на основі комплексного підходу.

Українські машинобудівники створили і почали виробництво електровозів типу ДСЗ змінного струму 25 кВ, які розраховані для експлуатації з швидкостями до 160 км/год. Особливостями цього локомотиву є використання люлькового підвісу кузова, який забезпечує зниження ударного впливу локомотиву на рейкову колію, але в той же час вносить особливості в поперечну динаміку екіпажу. Струмознімання з контактної мережі здійснюється несиметричними струмоприймачами, які розроблені і виготовляються ДП “НВК“Електровозобудування”. Дослідні зразки цього локомотиву проходять експлуатаційні випробування на залізницях України. Під час цих випробувань виникли питання, пов'язані з забезпеченням надійного функціонування контактної підвіски та струмоприймачів електровозу.

Особливості динаміки екіпажної частини електровоза, характеристики верхньої будови колій та механічні характеристики контактної підвіски у сукупності визначають необхідність аналізу ситуацій, зв'язаних з можливим пошкодженням елементів конструкції вузлів струмоприймачів при русі електровоза по стрілочним переводам та погіршенням якості контакту.

Досвід експлуатації вантажно – пасажирських електровозів ДЭ1 (виробництво “НВК “Електровозобудування”), обладнаних несиметричними струмоприймачами, показує, що пошкодження струмознімальних вузлів має місце, головним чином, на бокових коліях. Це свідчить про наявність невідповідності характеристик контактної підвіски і струмоприймачів. Аналіз стану струмоприймачів пасажирських електровозів ЧС7 також показує наявність слідів ударної взаємодії між струмознімальними вузлами та елементами контактної підвіски. Враховуючи, що підвищення швидкості руху потребує підвищення подовжньої жорсткості струмознімальних вузлів, необхідне проведення досліджень щодо встановлення її оптимальних значень.

Не менш важливим є питання оптимізації характеристик вузлів контакту струмоприймачів і контактної мережі. Цьому питанню присвячено багато праць, в яких досліджуються процеси зносу контактної мережі і контактних накладок струмоприймачів. Це питання необхідно також вирішувати у контексті забезпечення необхідного рівня електромагнітної сумісності та екологічних вимог.

Таким чином, з метою забезпечення успішного впровадження швидкісного руху на залізницях України, необхідно виконати комплекс досліджень по встановленню вимог по оптимізації характеристик контактних підвісок мереж постійного і змінного струму, динамічних параметрів струмоприймачів з урахуванням поперечної динаміки екіпажу електровоза, а також техніко-економічні дослідження по вибору матеріалу та форми струмознімальних накладок струмоприймачів електровозів постійного та змінного струму.

Своєчасне проведення цих досліджень дасть змогу вирішення проблеми адаптації інфраструктури залізниць України до впровадження прискореного та швидкісного руху поїздів.

Противокоррозионная защита железобетонных опор контактной сети в зоне станций стыкования

Дьяков В.А., Сыченко В.Г., Гилевич О.И., ДИИТ,
Дзюман В. Г., Дьяков А.В., Приднепровская ж.д., Днепрпетровск, Украина

На электрифицированных железных дорогах заземляемые на рельсовые пути опоры контактной сети на основании требований по обеспечению нормального функционирования рельсовых цепей автоблокировки должны иметь сопротивление цепи утечки сигнального тока не менее 100 Ом (Инструкция по защите железнодорожных подземных сооружений от коррозии блуждающими токами М., Транспорт, 1979). Если же сопротивление растеканию опоры менее 100 Ом, то её заземление на рельсовые пути следует производить через специальные защитные устройства, препятствующие утечке сигнального тока с рельсов: искровые промежутки, диодные заземлители с последовательно включёнными искровыми промежутками и т. п.

Для обеспечения противокоррозионной защиты железобетонных опор контактной сети на электрифицированных участках постоянного тока во все без исключения заземляющие спуски устанавливаются защитные устройства, препятствующие утечке тягового и сигнального тока (ЦШЕОТ-0005. Правила улаштування та технічного обслуговування контактної мережі електрифікованих залізниць. Київ, 1998). Аналогичные защитные устройства устанавливаются в заземляющие спуски железобетонных опор на электрифицированных участках переменного тока при сопротивлении опор менее 100 Ом.

В существующих нормативных документах не оговорены дополнительные требования по противокоррозионной защите железобетонных опор на электрифицированных участках переменного тока, примыкающих к станциям стыкования электрифицированных участков постоянного и переменного токов. Однако исследования, проведенные кафедрой электроснабжения ж. д. ДИИТа совместно с ДЭЛ Приднепровской ж. д. в зоне станции стыкования Пятихатки-Стыковая показали, что тяговый постоянный ток достаточно далеко затекает на рельсовые сети электрифицированного участка переменного тока. Это вызывает угрозу коррозионного повреждения железобетонных опор контактной сети заземлённых на рельсы без установки защитных устройств в заземляющие спуски. В этой связи рекомендуется для электрифицированных участков переменного тока, расположенных на расстоянии 15-20 км от станции стыкования во все без исключения заземляющие спуски железобетонных опор устанавливать защитные устройства, препятствующие утечке тягового и сигнального токов.

Наиболее эффективным, с точки зрения коррозионной защиты, является разземление опор. Такие экспериментальные участки имеются на Львовской и Донецкой железных дорогах, где при разземлении опор используются защиты от “малых токов короткого замыкания”.

Для повышения коррозионной стойкости железобетонной опоры перед ее установкой в грунт для повышения электрического сопротивления и гидроизоляции фундаментную часть опоры необходимо покрывать не битумом, а более эффективным покрытием “Силол” (Рекомендації з підвищення корозійної стійкості та довговічності залізобетонних конструкцій залізничного транспорту із застосуванням захисних сумішей ”Сілол“, Київ, 2005). Его применение актуально, поскольку конструкторской документацией для стоек со смешанным армированием предполагается срок службы 70 лет. Силол, владея комплексом реологических свойств, глубоко проникает в поры строительных материалов и создает водоотталкивающие пленки, что обеспечивает стойкость опор к внешним коррозионным влияниям.

Система электроснабжения контактной сети постоянного тока с продольной линией повышенного напряжения

Гончаров Ю.П., Панасенко Н.В., Замаруев В.В., Ивахно В.В. (Харьковский филиал ГНИЦ «Укрзалізниці»), Семененко А.И. (УкрГАЗТ, г. Харьков)

Задача состоит в подпитке контактной сети постоянного тока 3 кВ от продольной линии с напряжением 6-18 кВ, в качестве которой могут использоваться изолированные от основной сети усиливающие провода. Известна конкретная техническая реализация этой системы при напряжении в продольной линии 6 кВ, использующая в пунктах подпитки понижающие широтно-импульсные преобразователи (ШИП), выполненные на IGBT-тиристорах по трехфазной шестиканальной схеме.

С целью сокращения массы силовых фильтров в докладе предлагается усовершенствовать эту структуру путем использования схем преобразователей с непрерывно-цепочечным принципом компенсации пульсаций на входе и выходе, который состоит в следующем. Известно, что в m -фазном ШИП пульсации практически устраняются при относительных длительностях импульсов, кратных m -й доле периода. Для этого в установившемся режиме соотношение между напряжением U_n в продольной линии и напряжением U_k в контактной сети должно удовлетворять условию $U_n/U_k = m/n$, где n – целое произвольное число. Принимая коэффициент заполнения импульса равным в точности n/m , получаем в результате усреднения на выходе постоянное напряжение, которое равно необходимому напряжению в контактной сети и не требует фильтрации.

Чтобы получить аналогичный результат для входного тока целесообразно отказаться от традиционного механизма усреднения выходных напряжений, который состоит в использовании индивидуальных дросселей в каждой из фаз в отдельности, и использовать вместо них один уравнивающий реактор с обмотками на m -стержневом сердечнике. Проблемой такого реактора является необходимость выравнивания токов фаз с целью недопущения насыщения стержней. Традиционная рекомендация по выравниванию средних токов фаз путем изменения коэффициентов заполнения в фазах не позволяет получить удовлетворительное решение этой проблемы ввиду запаздывания в работе датчиков среднего значения тока.

Предлагается на входах выравнивающего регулятора контролировать не средние токи, а магнитные потоки стержней. Косвенное измерение магнитного потока стержней достигается по величинам токов фаз, если ввести в каждый стержень небольшой немагнитный зазор, обеспечивающий пропорциональную связь между магнитным потоком и намагничивающей силой. При достижении потоком заданного порога происходит выключение ключа данной фазы и включение в очередной без существенного нарушения непрерывности суммарного тока. Отличие суммарного тока от постоянного значения обусловлено лишь относительно малым намагничивающим током стержня. Кроме того, показано, что такие уравниватели дают сами по себе в несколько раз меньшую установленную мощность, чем индивидуальные фильтровые дроссели. Причина в том, что для уравнивателя допустимый перепад индукции близок к удвоенной индукции насыщения стали, в то время как для фильтровых дросселей он примерно на порядок меньше в связи с ограничениями по допустимым пульсациям тока в фазах.

Чтобы возможно было поддержание постоянного соотношения между напряжениями U_n и U_k в месте подпитки контактной сети, должна быть предусмотрена либо подрегулировка напряжения U_n на входном конце продольной линии, либо напряжение U_n сформировано повышающим ШИП с той же топологией и взаимно обратным коэффициентом передачи m/n по отношению к ШИП в месте подпитки.

Рассмотрены характеристики такой симметричной системы электроснабжения.

Енергоефективний перетворювальний агрегат з функціями інвертування енергії для тягової підстанції системи електропостачання постійного струму напруги 3 кВ

Довгалюк О.П. (Укрзалізниця), Панасенко М.В., Панасенко В.М. (ДНДЦ УЗ).

На деяких підстанціях постійного струму необхідні прийом і передача у живлячу мережу збиткової енергії рекуперації, обумовленої гальмуючим електрорухомим складом. Традиційно, для вирішення цієї задачі, на тягових підстанціях постійного струму установлюють додаткові інверторні агрегати або надають функції інвертування основним випрямлячам за рахунок зустрічно-паралельного поєднання повністю керованих (тиристорних) мостів та контактних перемикачів режиму. Число перемикачів контактної апаратури такого випрямляючо-інверторного агрегату сягає 40-50 на добу, що негативно впливає на надійність тягової підстанції. Крім того часові затримки у перемиканнях контактної апаратури, що вводяться у схему комутаційною автоматикою перетворювального агрегату для виконання заданої послідовності перемикачів, знижують тривалість прийому збиткової енергії рекуперації і надійність рекуперативного гальмування електрорухомого складу. Більшу частину вказаних недоліків можна усунути використанням на тягових підстанціях випрямляючо-інверторних агрегатів постійно підключених до тягової мережі. Однак, це на практиці зводиться фактично до встановлення на тяговій підстанції додаткових інверторів, що здорожує вартість і знижує надійність як перетворювального агрегату, так і підстанції в цілому.

Щодо перетворювальних агрегатів на базі послідовного з'єднання основного дванадцятипульсного фазоуправляемого і вольтододаткового широтно-імпульсного випрямлячів, то переведення їх у інверторний режим можна реалізувати і при використанні у агрегатах додаткового перемикача режимів у вигляді двоквadrантного перетворювача, представляючий собою тиристорно-діодний однофазний міст, в одну діагональ якого підключається своїм виходом вентиляно-трансформаторний блок агрегата, а другу – своїм входом вихідний LC-фільтр, до ємності якого і є приєднана тягова мережа.

В режимі тяги, як основному режимі роботи підстанції тиристори однофазного моста закриті і струм поступає на вхід вихідного LC-фільтра через відкриті діоди цього моста і далі у тягову мережу. При зростанні напруги у тяговій мережі за рахунок рекуперуємої електрорухомим складом електроенергії вище заданого рівня, система управління відкриває тиристори однофазного моста і переводить основний дванадцятипульсний фазоуправляемий випрямляч у інверторний режим, для чого обидва його комутатора повинні бути виконані на одноопераційних тиристорах. Таке виконання випрямляючо-інверторного агрегату для тягових підстанцій постійного струму представляється авторами більш простим і економічним, чим традиційне використання із зустрічно-паралельними комутаторами, що особливо значимо, з урахуванням того, що дублювати прийшлося б у тому числі і вартісні ключі вольтододатка. Щоб одержати високий коефіцієнт потужності живлячої мережі основний дванадцятипульсний фазоуправляемий випрямляч працює у випрямляючому режимі при величині кута управління $\alpha = 0$, а у інверторному – при величині кута управління, наближаючогося до π із деяким запасом необхідним для перевodu струму на черговий включаємий тиристор і розсмоктування носіїв заряду у попередньому, що дещо знижує величину вихідної напруги по модулю в інверторному режимі у порівнянні з випрямляючим. Для компенсації напруги, обумовленої кутом запасу, служить вольтододаток, який як і у випрямляючому режимі працює як реверсивний широтно-імпульсний перетворювач, що і забезпечує задану величину напруги при інвертуванні та високий коефіцієнт потужності живлячої мережі.

**Новая продукция ООО «ИЗОПЛАСТ»
для железных дорог и железнодорожного транспорта**

Злаказов А. Б., Оводов А. В., ООО «Изопласт», г. Славянск, Украина

Основным видом продукции ООО «Изопласт» являются полимерные стержневые изоляторы для контактных сетей электрифицированных железных дорог и ВЛ электропередачи.

Первые полимерные изоляторы нашим предприятием были выпущены в 1996г. Всего с начала производства по настоящее время выпущено и отправлено в эксплуатацию свыше 150 тыс. шт. изоляторов, из них более половины для Укрзализныци.

Объемы производства ежегодно возрастают. Так, в 2006 году выпущено около 50 тыс. шт. изоляторов. Первые полимерные изоляторы ООО «Изопласт» выпускались по лицензии и при техническом контроле НИИ высоких напряжений (г. Славянск).

На сегодняшний день ООО «Изопласт» выпускается более 20 типов полимерных стержневых изоляторов, из них 7 типов для Укрзализныци. Номенклатура выпускаемых изоляторов постоянно расширяется. Выпускаемые изоляторы поставляются как в Украину, так и за рубеж.

В ООО «Изопласт» закончено создание нового цеха по производству полимерных изоляторов, оснащенного современным высокопроизводительным оборудованием, которое обеспечивает возможность выпуска практически любых конструкций полимерных стержневых изоляторов, в том числе цельнолитых большой длины, и существенно увеличить объемы производства.

1. Выпускаемые и новые изоляторы

До 2005 года включительно, ООО «Изопласт» выпускалось три типа полимерных стержневых изоляторов для контактных сетей железных дорог по лицензии НИИ высоких напряжений: НСК 120-275-5, ПСК 120-27,5-5 и ФСК 70-6-27,5-А4. Технические характеристики указанных изоляторов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики изоляторов НСК 120-27,5-5,
ПСК 120-27,5-5 и ФСК 120-6-27,5-А4

Наименование показателей	Числовое значение показателей для изоляторов		
	НСК 120-27,5-5	ПСК 120-27,5-5	ФСК 120-6- 27,5-А4
1	2	3	4
Строительная высота (номинальное значение для основного исполнения), мм	590	624	540
Длина пути утечки, мм, не менее	1200	1200	1000
Разрушающая механическая сила при растяжении, кН, не менее	120	120	120
Разрушающая механическая сила при изгибе, кН, не менее	—	—	6
Выдерживаемое напряжение грозо-вого импульса 1,2/50 мкс, кВ, не менее	255	255	220
Выдерживаемое напряжение промышленной частоты, кВ, не менее			
-в сухом состоянии	150	150	130
-под дождем	120	120	110

Трекинг-эрозионная стойкость, часов, не менее	300	300	200
Масса, кг, не более	2,7	2,7	4,2

В 2006 году начато производство группы новых изоляторов, разработанных ООО «Изопласт», на напряжение 3,3 кВ постоянного тока, в том числе: ПСКЦ 120-3,3-7, НСКЦ 120-3,3-7, КСКЦ 10-8-3,3-7 и ФСКЦ 100-8-3,3-7 (рис.1-2).



Рисунок 1 – Изоляторы ФСКЦ 100-8-3,3-7

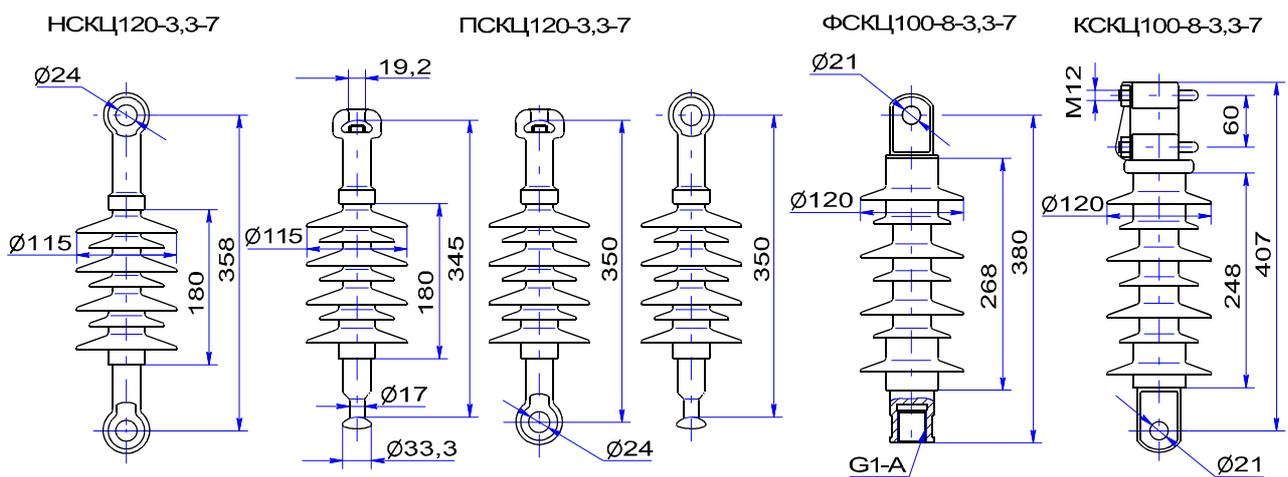


Рисунок 2 – Изоляторы НСКЦ 120-3,3-7, ПСКЦ 120-3,3-7, ФСКЦ 100-8-3,3-7 и КСКЦ 100-8-3,3-7

Указанные изоляторы имеют цельнолитую защитную оболочку, высокие электромеханические характеристики.

Изоляторы прошли полный комплекс испытаний и на них получены сертификаты соответствия.

Технические характеристики изоляторов на 3,3кВ приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Технические характеристики изоляторов НСКЦ 120-3,3-7, ПСКЦ 120-3,3-7, ФСКЦ 100-8-3,3-7 и КСКЦ 100-8-3,3-7

Наименование показателей	Числовое значение показателей для изоляторов			
	НСКЦ 120-3,3-7	ПСКЦ 120-3,3-7	ФСКЦ 100-8-3,3-7	КСКЦ 100-8-3,3-7
1	2	3	4	5
Строительная высота (номинальное значение), мм	358	345	380	407
Длина пути утечки, мм, не менее	600	600	600	600
Разрушающая механическая сила при растяжении, кН, не менее	120	120	100	100
Разрушающая механическая сила при изгибе, кН, не менее	—	—	8	8
Выдерживаемое напряжение грозо-вого импульса 1,2/50 мкс, кВ, не менее	125	125	125	125
Выдерживаемое напряжение промышленной частоты, кВ, не менее	100	100	100	100
	65	65	65	65
Трекинг-эрозионная стойкость, часов, не менее	500	500	500	500
Масса, кг, не более	2,0	2,0	3,2	4,5

Дальнейшим этапом совершенствования изоляторов для контактной сети железных дорог явилось создание в ООО «Изопласт» изоляторов с цельнолитой защитной оболочкой на напряжении 27,5 кВ типов ПСКЦ 120-27,5 -5, ПСКЦ 120-27,5-7, НСКЦ 120-27,5-5, НСКЦ 120-27,5-7, ФСКЦ 120-6-27,5-5 и ФСКЦ 120-6-27,5-7. (рис. 3).

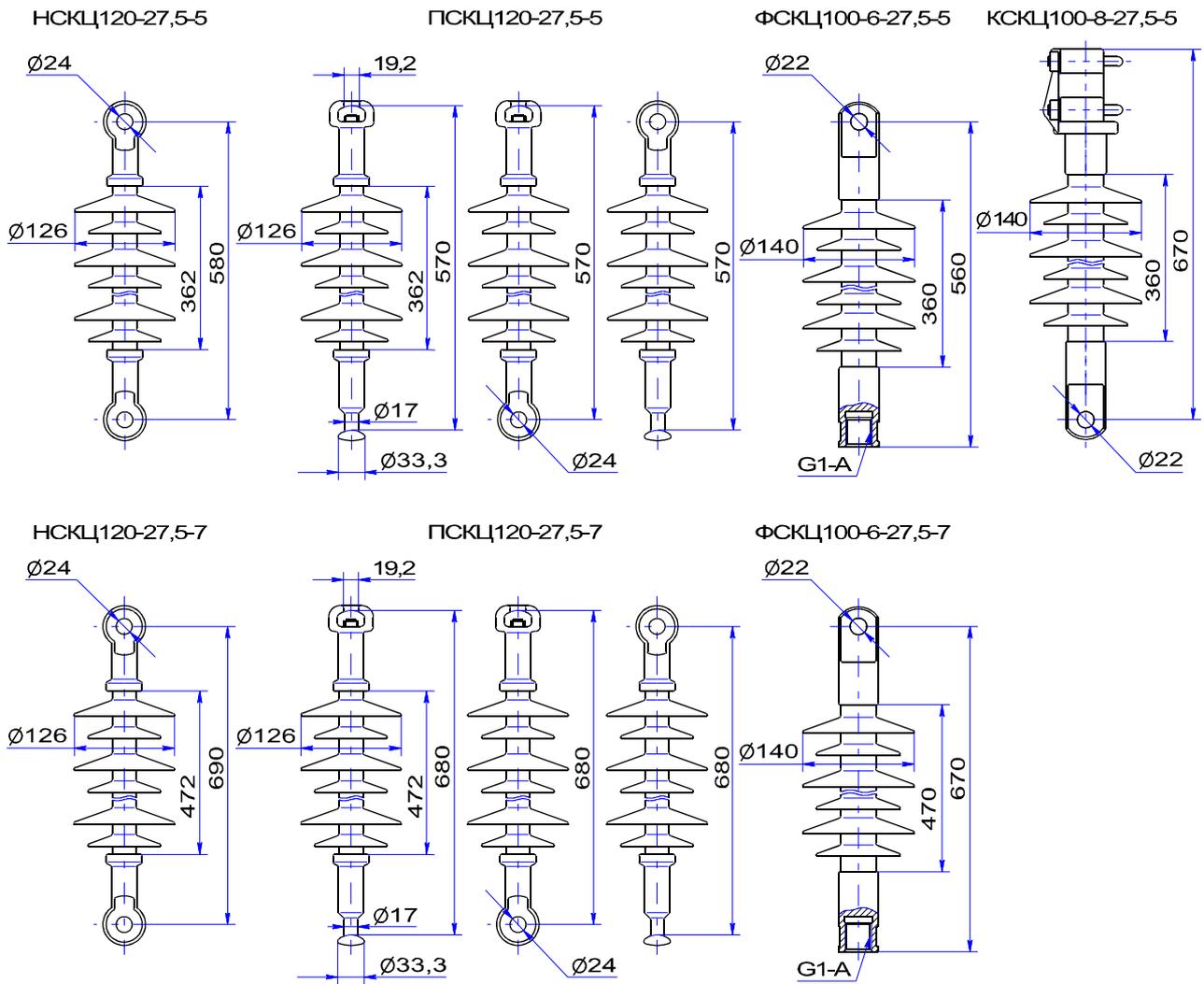


Рисунок 3 – Изоляторы НСКЦ 120-27,5-5, НСКЦ 120-27,5-7, ПСКЦ 120-27,5-5, ПСКЦ 120-27,5-7, ФСКЦ 100-6-27,5-5, ФСКЦ 100-6-27,5-7 и КСКЦ 100-8-27,5-5, находящиеся на стадии освоения производства

Технические характеристики цельнолитых изоляторов на 27,5 кВ приведены в таблице 3.

Технические решения, заложенные в новых изоляторах производства ООО «Изопласт», защищены более чем 10 патентами Украины.

Таблица 3 – Технические характеристики изоляторов НСКЦ 120-27,5-5, НСКЦ 120-27,5-7, ПСКЦ 120-27,5-5, ПСКЦ 120-27,5-7, ФСКЦ 100-6-27,5-5, ФСКЦ 100-6-27,5-7 и КСКЦ 100-8-27,5-5

Наименование показателей	Числовое значение показателей для изоляторов			
	<u>НСКЦ</u> <u>120-27,5-5</u> НСКЦ 120-27,5-7	<u>ПСКЦ</u> <u>120-27,5-5</u> ПСКЦ 120-27,5-7	<u>ФСКЦ 100-</u> <u>6-27,5-5</u> ФСКЦ 100- 6-27,5-7	<u>КСКЦ 100-</u> <u>8-27,5-5</u>
1	2	3	4	5
Строительная высота (номинальное значение), мм	<u>580</u> 690	<u>570</u> 680	<u>560</u> 670	610-640
Длина пути утечки, мм, не менее	<u>1100</u> 1500	<u>1100</u> 1500	<u>1100</u> 1500	1100
Разрушающая механическая сила при растяжении, кН, не менее	120	120	100	100
Разрушающая механическая сила при изгибе, кН, не менее	—	—	6	8
Разрушающий изгибающий момент, кН · м, не менее	1	1	—	—
Выдерживаемое напряжение грозового импульса 1,2/50 мкс, кВ, не менее	240	240	240	240
Выдерживаемое напряжение промышленной частоты, кВ, не менее				
-в сухом состоянии	145	145	145	145
-под дождем	125	125	125	125
Масса, кг, не более	<u>2,8</u> 3,1	<u>2,8</u> 3,1	<u>4,4</u> 5,7	5,6

2.Материалы и комплектующие, применяемые в производстве полимерных изоляторов.

Для производства полимерных изоляторов в ООО «Изопласт» применяются высококачественные сырье и материалы.

С 2006 года в изоляторах используются стеклопластиковые стержни марки СЭП-В, производства ООО «Экипаж», г. Харьков, взамен стержней ССЦО (АО «Тверьстеклопластик»), силиконовая резиновая смесь марки КГС-01-1, производства ООО «Изопласт», взамен смеси КП-К-29-1И (ПО «Кремнийполимер», г. Запорожье), а также герметик марки Polastosil AC-4A, производства Польша, взамен герметика ЭКП -102 Э (ПО «Кремний-полимер», г. Запорожье).

Применение новых материалов было обусловлено проведением ООО «Изопласт» политики, направленной на дальнейшее повышение качества и эксплуатационной надежности выпускаемых изоляторов.

Так, стеклопластик СЭП-В и герметик Polastosil AC-4A имеют более высокие физико - механические и электрические характеристики по сравнению с ранее применявшимися материалами.

Необходимость освоения производства резиновой смеси в ООО «Изопласт» было вызвано нестабильностью характеристик резины производства ПО «Кремнийполимер» г. Запорожье и Казанского завода синтетического каучука.

Характеристики новых материалов в сравнении с ранее применявшимися, приведены в таблицах 4-6.

Таблица 4 – Физико-механические и электрические характеристики стержней СЭП-В, производства ООО «Экипаж» г. Харьков, и стержней ССЦО, производства «Тверьстеклопластик» г. Тверь

Наименование показателей	Числовое значение показателей для стеклопластика марок	
	СЭП-В	ССЦО
1 Плотность, кг/м ³	1900-2150	1900-2180
2 Ударная вязкость поперек волокон, не менее, кДж/м ²	350	250
3 Разрушающее напряжение при растяжении, не менее, МПа: а) для сечения до 4,0 см ² (Ф22) б) для сечения от 4,1 см ² до 28,26 см ² (Ф36)	900 800	800 700
4 Модуль упругости при растяжении, не менее, МПа	0,45·10 ⁵	Данные отсутствуют
5 Разрушающее напряжение при изгибе поперек волокон, не менее, МПа:	900	700
6 Стойкость к кратковременному воздействию температуры 200 ⁰ С, не менее, часов	0,5	0,5
7 Водопоглощение, не более, %	0,03	0,03
8 Удельное поверхностное электрическое сопротивление в исходном состоянии, не менее, Ом	1·10 ¹³	1·10 ¹²
9 Электрическая прочность вдоль волокон (среднее значение при длине образца 1 см) при частоте 50 Гц, не менее, кВ/мм: а) в исходном состоянии (при температуре 15 ⁰ С - 35 ⁰ С и относительной влажности воздуха 45% - 75%): - для сечений от 1,81 см ² до 3,80 см ² (Ф22) - для сечений от 7,10 см ² до 10,2 см ² (Ф36) б) после пребывания не менее 24 часов в дистиллиро-ванной воде при температуре (23±2) ⁰ С: - для сечений до 3,8 см ² - для сечений свыше 3,8 см ²	4,5±0,5 4,5±0,5 2,5±0,5 2,0±0,5	3,5±0,5 3,5±0,5 1,5±0,5 1,5±0,5
10 Стойкость к диффузии воды (выдерживаемое напряжение частотой 50 Гц на протяжении 1 мин после 100 часов кипячения в 0,01% растворе NaCl при токе не более 1 мА), не менее, кВ	12	7
11 Стойкость к проникновению красящей жидкости, не менее, мин	15	15

Таблица 5 – Физико-механические и диэлектрические показатели резиновых смесей марок КГС-01-1 и КП-К-29-1

Наименование показателей	Числовое значение показателей для марок резин	
	КГС-01-1	КП-К-29-1И
1 Показатели вулканизатов		
1.1 Условная прочность при ратяжении, не менее, МПа (кгс/см ²)	6,0 (62)	5,9 (60)
1.2 Относительное удлинение при разрыве, %	320-550	320-550
1.3 Твердость по Шору А, не менее	50	50
2 Свойства вулканизатов после старения при температуре (250±3) °С в течение (72±1) час		
2.1 Относительное удлинение при разрыве, не менее, %	-	-
3 Диэлектрические свойства вулканизатов после выдержки в воде при температуре (15-35) °С в течение (24±1) час		
3.1 Удельное объемное электрическое сопротивление, не менее, Ом·м	(5-15)·10 ¹²	5·10 ¹²
3.2 Тангенс угла диэлектрических потерь, не более	0,03	0,03
3.3 Электрическая прочность при частоте 50 Гц, не менее, кВ/мм	22	22
3.4 Диэлектрическая проницаемость, не более	3,5	3,5

Таблица 6 – Физико-химические и диэлектрические показатели герметиков марок ЭКП-102Э и Polastosil AC-4A

Наименование показателей	Числовое значение показателей для герметиков марок	
	ЭКП-102Э	Polastosil AC-4A согласно протокола испытаний
1	2	3
1 Внешний вид	Однородная вязкотекучая масса белого цвета	Однородная вязкотекучая бесцветная масса
2 Жизнеспособность при температуре от 15 до 30 °С, мин	15-50	15-40
3 Условная прочность при растяжении до разрыва, не менее, МПа	0,7	0,75-0,8
4 Относительное удлинение при разрыве, не менее, %	150	160
5 Удельное объемное электрическое сопротивление, не менее, Ом·м: 72ч/15-35С/45-75%; М/15-35С/45-75%	1·10 ¹²	5·10 ¹²

6 Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 50 Гц, не более: 72ч/15-35С/45-75%; М/15-35С/45-75%	0,01	0,015
7 Электрическая прочность, не менее, кВ/мм: 72ч/15-35С/45-75%+24ч/15-35С/дистиллированная вода; М/15-35С/45-75%	10	15
8 Прочность связи с металлом при отслаивании, не менее, Н/м (кгс/см)	0,7	0,8

При производстве полимерных изоляторов в ООО «Изопласт» используются стальные оконцеватели, изготавливаемые методами точного литья по выжигаемым моделям, горячей штамповки и обработки резанием.

Конструктивно оконцеватели имеют любые исполнения, требующиеся в эксплуатации.

3. Испытание продукции и входной контроль.

Полимерные изоляторы производства ООО «Изопласт» проходят приемку и полный объем испытаний, предусмотренные ГОСТ 30284-97, а также ТУ У 25.2-30013244-001:2002 и ТУ У 31.6-30013244-003:2005.

Для проверки изоляторов на соответствие требованиям действующей нормативно-технической документации проводятся приемно-сдаточные, периодические и типовые испытания.

Объем и последовательность приемно-сдаточных испытаний приведены в таблице 7.
Таблица 7 – Объем и последовательность приемно-сдаточных испытаний изоляторов в соответствии с ДСТУ 3024-95 (ГОСТ 30284-97)

Наименование показателей	Номер пункта технических требований	Номер пункта метода в испытаниях	Число изоляторов первой выборки и последовательность проведения испытаний, шт		
			150 – 500 шт	501 – 1200 шт	1201 – 3200 шт
1	2	3	4		
1 Качество поверхности	4.2.1	6.14	100% изоляторов (сплошной контроль)		
2 Испытательная растягивающая сила в течение 1 мин	4.1.11	6.11	100% изоляторов, принятых по пункту 1		
3 Установочные и присоединительные размеры и соответствие расположения арматуры	4.1.14	6.13	Изоляторы, испытанные по пункту 2		
			3	5	8
4 Толщина цинкового покрытия	4.2.2	6.12	Изоляторы, проверенные по пункту 3		
			2	3	5
5 Механическая разрушающая сила при растяжении	4.1.2	6.9	Изоляторы, проверенные по пунктам 3 и 4		
			3	5	8
6 Механическая разрушающая сила при изгибе (для консольных и фиксаторных изоляторов)	4.1.2	6.9	Изоляторы, испытанные по пункту 2		
			3	5	8

Сырье, материалы и комплектующие, применяемые при производстве изоляторов, также проходят приемо-сдаточные, периодические и типовые испытания.

Приемка их от производителя осуществляется на основании паспорта, кроме того, они подвергаются входному контролю.

Объем и последовательность приемно-сдаточных испытаний стеклопластиковых стержней и резиновой смеси приведены в таблицах 8 и 9, входного контроля стеклопластиковых стержней – в таблице 10.

Таблица 8 – Объем и последовательность приемо-сдаточных испытаний
стеклопластиковых стержней СЭП-В в соответствии с
ТУ У 25.2-21191464-019:2006

Наименование показателей	Номер пункта технических требований	Номер пункта методов испытаний	Объем выборки
1 Проверка внешнего вида	1.3.2; 1.3.3; 1.3.4; 1.3.5	4.3	Каждый пруток
2 Определение размеров	1.2.1; 1.2.2	4.1; 4.2	2% прутков от партии
3 Определение водопоглощения	1.3.6, пункт 11 табл. 1	4.18	5 образцов от разных прутков партии
4 Определение электрической прочности	1.3.6, пункты 13а и 13б табл.1	4.16	15 образцов от разных прутков партии
5 Испытание на проникновение красителя	1.3.6, пункт 15 табл. 1	4.20	10 образцов от разных прутков партии

Таблица 9 – Объем и последовательность приемо-сдаточных испытаний
резиновых смесей КГС-01-1 в соответствии с ТУ У 24.1-30013244-004:2006

Наименование показателей	Номер пункта технических требований	Номер пункта методов испытаний	Объем выборки
1 Технологические показатели			
1.1 Внешний вид	3.2.1, пункт 1 табл. 2	6.11	10% упаковочных единиц от партии, но не менее трех
1.2 Способность к вальцеванию	3.2.1, пункт 2 табл. 2	6.2	
1.3 Пластичность	3.2.1, пункт 3 табл. 2	6.3	
1.4 Шприцуемость	3.2.1, пункт 4 табл. 2	6.4	
1.5 Усадка после шприцевания	3.2.1, пункт 5 табл. 2	6.5	
2 Показатели вулканизатов			
2.1 Условная прочность при растяжении	3.2.2, пункт 1.1 табл. 3	6.8.1, ГОСТ 270-75	10% упаковочных единиц от партии, но не менее трех
2.2 Относительное удлинение при разрыве	3.2.2, пункт 1.2 табл. 3	6.8.1, ГОСТ 270-75	

2.3 Твердость по Шору А	3.2.2, пункт 1.4 табл. 3	6.8.2, ГОСТ 263- 75	
2.4 Показатель воспламенения	3.2.2, пункт 3.5 табл. 3	6.9.7, ГОСТ 28799	
3 Диэлектрические свойства вулканизатов после выдержки в воде при температуре (15-35) °С в течение (24+1) час			
3.1 Удельное объемное электрическое сопротивление	3.2.2, пункт 3.1 табл. 3	6.9, ГОСТ 6433.2-71	10% упаковочных единиц от партии, но не менее трех
3.3 Электрическая прочность	3.2.2, пункт 3.3 табл. 3	6.9, ГОСТ 6433.3-71	
3.2 Тангенс угла диэлектрических потерь	3.2.2, пункт 3.2 табл. 3	6.9, ГОСТ 6433.4-71	

Таблица 10 – Объем и последовательность проведения входного контроля стеклопластиковых стержней в соответствии с Процедурой качества (ПК) ООО «Изопласт»

Проверяемые показатели	Нормативный документ	Объем выборки
1	2	3
1 Показатели качества		
1.1 Проверка наличия сопроводительного документа, удостоверяющего качество поступившей продукции - паспорта	ПК 07.02, пункт 4.2	Сопроводительная документация
1.2 Проверка наличия и правильности маркировки	ПК 07.02, пункт 4.2	Каждый пруток
1.3 Проверка внешнего состояния поверхности продукции	ПК 07.02, пункт 4.2	Каждый пруток
1.4 Проверка соответствия предельных отклонений диаметра и длины стержней оговоренным в заказе	ТУ У 25.2-21191464- 019:2006, пункты 1.2.1 и 1.2.2	2% прутков от партии
2 Соответствие продукции требованиям технических условий (ТУ)		
2.1 Определение водопоглощения	ТУ У 25.2-21191464- 019:2006, пункт 11 таблицы 1	5 образцов от разных прутков партии
2.2 Определение электрической прочности после пребывания не менее 24 часов в дистиллированной воде	ТУ У 25.2-21191464- 019:2006, пункты 13а и 13б таблицы 1	15 образцов от разных прутков партии
2.3 Определение стойкости к проникновению красящей жидкости	ТУ У 25.2-21191464- 019:2006, пункт 15 таблицы 1	10 образцов от разных прутков партии

4. Сертификация.

В 2002 г. система качества ООО «Изопласт» сертифицирована на соответствие требованиям стандарта ISO 9001-2001. Действующая на предприятии система управления качеством охватывает деятельность всех подразделений предприятия и является способом

проведения политики ООО «Изопласт» в сфере качества изготавливаемой продукции. По заключению комиссии, осуществлявшей надзор за действующей системой управления качеством, ООО «Изопласт» созданы все условия для обеспечения стабильности показателей при изготовлении полимерных изоляторов.

Полимерные стержневые изоляторы ООО «Изопласт» для контактных сетей электрифицированных дорог также сертифицированы на соответствие требованиям нормативных документов Днепропетровским органом по сертификации железнодорожного транспорта.

Внедрение системы управления качеством позволило определить процессы, необходимые для ее функционирования, установить их последовательность и взаимодействие, обеспечить принятие мер, необходимых для достижения запланированных результатов и постоянного улучшения этих процессов. Указанные процессы охватывают весь жизненный цикл предприятия, включая процессы деятельности руководства, обеспечение ресурсами, организацию производственного процесса и измерения.

5. Опыт эксплуатации.

Опыт эксплуатации полимерных изоляторов производства ООО «Изопласт» полностью положительный.

Среднегодовой уровень отказов можно оценить величиной $1 \times (10^{-5} \div 10^{-6})$.

При этом в течение всего контролируемого периода:

- отключений ВЛ, вызванных отказами полимерных конструкций в нормальном режиме эксплуатации, не отмечено;

- перекрытий изоляторов при рабочем напряжении из-за загрязнений не зарегистрировано;

- трекинго - эрозийных повреждений защитной оболочки в районах до V СЗА при полевых, морских, цементных, зольных, химических загрязнениях, а также при загрязнении уносами с угольных терриконов, при осмотрах не обнаружено.

Испытания изоляторов после демонтажа показали, что:

- механическая прочность изоляторов, силовые узлы которых выполнены методом опрессовки, практически не снизилась;

- в одних и тех же условия полимерные изоляторы загрязнились в 2...3 раза меньше, чем гирлянды из традиционных изоляторов;

- импульсные электрические характеристики демонтированных изоляторов находились в пределах разброса результатов испытаний новых изоляторов.

Как свидетельствует статистика, большая часть выходов из строя полимерных изоляторов связана с внутренним пробоем и механическим разрушением стеклопластикового стержня.

Причиной этого являлось применение некачественного стеклопластика и нарушение целостности изоляционной оболочки.

Кроме того, причиной разрушения части изоляторов являлось снятие со стержня металлических оконцевателей.

Применение новых высококачественных материалов, в первую очередь стеклопластика, введение в ООО «Изопласт» системы управления качеством выпускаемой продукции по ISO 9001, применением многоступенчатой системы входного и выходного контроля качества выпускаемой продукции в целом, а также сырья, материалов и комплектующих, используемых при изготовлении изоляторов, позволили практически исключить возможность попадания в эксплуатацию некачественных изоляторов.

Однако, хотелось бы обратить внимание эксплуатирующих организаций на опасность приобретения изоляторов сомнительного, или неизвестного происхождения. Сегодня на рынке имеют место случаи предложений дешевых, заведомо некачественных

изоляторов, так называемой «гаражной» сборки. Их применение в эксплуатации может привести и уже приводит к самым негативным последствиям, что ведет к дискредитации полимерных изоляторов в целом.

6. Новые направления.

Провода и кабели с силиконовой изоляцией.

Компания «Изопласт» специализируется на выпуске проводов и кабелей с силиконовой изоляцией. Выпускаются провода как низкого (до 1000 В), так и высокого напряжения (свыше 1000 В) для фиксированного монтажа и для подвижной эксплуатации. В ассортимент входят провода монтажные, установочные, осветительные, выводные, кабели контрольные и управления. Провода и кабели высокого напряжения предназначены для монтажа выводных концов электрических аппаратов и машин, импульсной техники, систем зажигания автомобилей и др. Выпускаются также провода специального назначения, в том числе стойкие к нераспространению горения – пожаробезопасные. Провода и кабели специального назначения отличаются повышенными значениями одного или нескольких параметров. По заказу могут быть изготовлены провода для условий работы в температурном интервале от -90°С до +300°С, а также с повышенной механической прочностью и стойкостью к агрессивным средам. В этой связи уместно отметить возможность изготовления и поставки авиационных бортовых, медицинских, морских и др. проводов повышенной надежности. Выпускаются провода с оплеткой (экраном) с использованием материалов:

- медной проволоки марки ММ или МТ;
- медной проволоки, луженой оловом или оловянно-свинцовым припоем;
- стальной оцинкованной проволоки;
- проволоки из нержавеющей стали;
- нитей из стекла, из натуральных и синтетических материалов.

Гибкие связи.

Для решения вопросов обеспечения гибкого присоединения и контакта для электроустройств, электроприводов, прокатных станов, блоков электроники, электрифицированных железных дорог и др., компания выпускает гибкие связи диаметром от 2-х до 30-ти мм включительно из медной голой или луженой проволоки. Номенклатура выпускаемых изделий включает: трубки ТКР на напряжение 660 и 1000В, длинномерные профильные изделия, уплотнители, прокладки, жгуты. Изделия изготовлены методом прессовой вулканизации (уплотнительные кольца, прокладки, и др.). Уникальные средства силиконовой резины и специальная термообработка гарантирует высокое качество продукции. Возможности и условия производства позволяют выполнить индивидуальные заказы. Профильные изделия могут изготавливаться любой конфигурации и цвета в предельно короткие сроки. Электроизоляционные гибкие трубки ТРК изготавливаются из смесей силиконовых для электротехнической промышленности марок К-69, К-1520, К-673.

Область применения-изоляция:

- выводных и монтажных проводов электрооборудования;
- токоведущих элементов различных электротехнических устройств и радиоаппаратуры;
- пучков изоляционных проводов;
- концевой заделки и ремонта высоковольтных кабелей и др. Трубки ТКР предназначены для работы на напряжении до 1000В постоянного и переменного тока, частотой до 50 Гц при температуре от -60°С до 130°С.

Провода выпускаются двух видов: ПВКВ и ПРКА.

Провода ПВКВ.

Применение: используются для выводных концов электрических машин и аппаратов на номинальное переменное напряжение 380 и 660В, частоты до 400Гц.

Изоляционно-защитная оболочка: высококачественная кремний органическая (силиконовая) резина повышенной твердости импортного производства.

Тип токопроводящей жилы: многопроволочная медная жила не ниже 4 класса по ГОСТ 22483-77.

Отличительные преимущества:

- большой спектр цветовой гаммы, включая прозрачный;
- высокая тепло-и морозостойкость (от -60°C до +180°C);
- экологическая безопасность (не токсичны);
- предельно высокая стойкость против озона и солнечной радиации;
- высокая гибкость и долговечность (не менее 8 лет);
- превосходная электрическая прочность не менее 20кВ/мм;
- не распространяет горение.

Провод ПРКА.

Применение: используются при фиксированном монтаже внутри осветительной аппаратуры, электроплит, жарочных шкафов и других электронагревательных приборов.

Изоляционно защитная оболочка: Высококачественная кремний-органическая (силиконовая) резина повышенной твердости импортного производства.

Напряжение проводов: 660В переменного тока, частотой 50Гц.

Тип токопроводящей жилы: медная жила не ниже 4 класса, сечением 0,75мм – не ниже 3 класса по ГОСТ 22483-77.

Отличительные преимущества:

- большой спектр цветовой гаммы, включая прозрачный;
- высокая тепло -и морозостойкость (от -60°C до +250°C);
- экологическая безопасность (не токсичны);
- предельно высокая стойкость против озона и солнечной радиации;
- высокая гибкость и долговечность (не менее 10 лет);
- превосходная электрическая прочность - не менее 20кВ/мм;
- провод ПРКТ по своим свойствами является аналогом провода РКГМ;
- не распространяет горение.

Основные параметры проводов ПВКВ и ПРКА приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Основные параметры проводов ПРКА и ПВКВ

Номинальное сечение токопроводящей жилы, мм ²	Номинальная радиальная толщина изоляции, мм	Номинальный наружный диаметр, мм	Номинальная масса 1 км провода, кг
1	2	3	4
Провода ПРКА			
0,5	0,6	2,1	8,7
Провода ПВКВ на напряжение 380 В			
0,75	0,8	2,8	Оговаривается при заказе
1,0	0,8	2,9	
1,5	0,8	3,3	
2,5	1,0	4,1	
4	1,0	4,7	
6	1,0	5,6	
Провода ПВКВ на напряжение 660 В			
0,5	0,6	3,6	Оговаривается при заказе
0,75	0,6	3,7	
1,0	0,6	4,1	
1,5	0,6	4,5	
2,5	0,8	5,1	
2,5	0,8	6,0	

Конец таблицы 11

Силиконы, лежащие в основе продукции «Изопласта» – это материалы, обладающие уникальными характеристиками: способностью работать при экстремальных температурах (-90°С +300°С) и повышенной влажности (95%), адгезионными, гидрофобизирующими, диэлектрическими свойствами, биоэнергичностью, химической и атмосферной стойкостью, долговечностью, экологичностью. Устойчивость силикона к озону приобретает особенно важное значение для электротехнической промышленности. Кроме того, силиконовая резина устойчива к таким явлениям, как электрическая корона и дуга. И, что особенно важно, силикон пожаробезопасен, так как не поддерживает горение и обеспечивает более высокую защиту электрических приборов и установок за счет остаточного керамического слоя SiO₂.

В настоящее время «Изопласт» – предприятие с мощной производственной базой, высококвалифицированными кадрами и современными технологиями, производящее свыше 450 наименований продукции различного назначения: силиконовые, резиновые смеси широчайшего применения (медицина, пищевая и автомобильная промышленность, энергетика, электротехника, строительство и др.), высоковольтные изоляторы для воздушных линий электропередачи и контактных сетей электрифицированных железных дорог, провода и кабели общепромышленного и специального назначения, пластины, полосы, шнуры и профили различных размеров и сечений и многое другое.

Компания успешно сотрудничает с более чем 1000 предприятиями различных отраслей промышленности. Вместе с нами у Вас есть идеальное решение Ваших проблем.

Математическая модель электромагнитной совместимости.

Инсепов Д.Г. – Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ),
аспирант МИИТа

Рассмотрена математическая модель теории вероятности в электромагнитной совместимости. Приведены несколько формул позволяющие объяснить, некоторые моменты связи электромагнитной совместимости с математической точки зрения.

Обозначена плотность вероятности порогового параметра помехи функцией $\alpha(x_{III})$, а плотность вероятности порогового параметра элемента – функцией $\beta(x_{IIЭ})$. Получим систему двух случайных величин X_{III} , $X_{IIЭ}$ в качестве математической модели ЭМС. Если случайные величины X_{III} и $X_{IIЭ}$ независимы, имеет место композиция законов распределений.

Основываясь на теории вероятностей, найдем вероятность того, что помеха попала на некоторый интервал dx с центром x_0 .

В умноженных данных нижний предел интегрирования для функции $\alpha(x_{III})$ принят равным 0, поскольку помехи физически действуют в области положительных значений.

Рассуждая аналогично, можно получить формулу для $P_{сб}$, исходя из условия, что помеха меньше порога элемента.

Данные выражения определяют общий методический подход к решению задачи получения конструкторских нормативов на основе энергетического условия ЭМС ($W_{III} < W_{IIЭ}$) и его вероятностной модели ($P(X_{III} > X_{IIЭ}) = P_{сб}$).

Случаи аналитических решений. Рассмотрим конкретную реализацию формул для случая, когда $\alpha(x_{III})$ и $\beta(x_{IIЭ})$ имеют нормальные распределения. В проблеме ЭМС это наиболее вероятный случай.

Применяя математические выражения, перейдем от двух случайных величин к одной. Известно [2], что при нормальных и независимых x_{III} и $x_{IIЭ}$ случайная величина Z также имеет нормальное распределение с математическим ожиданием, откуда по таблице из справочника [3] определим величину θ , а затем в зависимости от того, какая из случайных величин (x_{III} или $x_{IIЭ}$) является управляемой, найдем ее математическое ожидание при известных средних квадратических отклонениях обеих величин и математическом ожидании другой величины. Величины $m_{x_{III}}$ и $\sigma_{x_{III}}$ являются оценками соответствующих характеристик эмпирических распределений параметров помех.

Рассмотрим случай, когда $\alpha(x_{III})$ имеет экспоненциальное распределение, а $\beta(x_{IIЭ})$ – нормальное. Актуальность анализа композиции этих распределений для определения проектно-конструкторских нормативов обусловлена следующим. Исследователя зачастую интересует не полное выражение плотности распределения параметра помех, а только правая часть, которая обычно близка к показательной. Исследование помех только в той области значений, которая представляет интерес, существенно облегчает процедуру измерений и одновременно повышает точность результатов.

Приведенные выражения являются расчетными, устанавливающей функциональную связь $P_{сб} = f(m_{x_{IIЭ}}, \sigma_{x_{IIЭ}}, \lambda)$. Если λ и $\sigma_{x_{IIЭ}}$ известны из эксперимента, а величина $P_{сб}$ задана, то $m_{x_{IIЭ}}$ однозначно определяется из приведенных выражений.

Приведенные две наиболее вероятные в проблеме ЭМС композиции распределений $\alpha(x_{III})$ и $\beta(x_{IIЭ})$ показывают, что с помощью этих формул можно получить выражение $P_{сб}$ для любых сочетаний статистических моделей случайных величин x_{III} и $x_{IIЭ}$.

Исследование электрического поля полимерных изоляторов с внутренним электрическим дефектом.

Ким Ен Дар, д.т.н.; Сыченко В. Г., к.т.н. (ДИИТ); Калмыков В.А., инж. (СВЗИ)

Неоспоримые положительные качества полимерных изоляторов, такие как малый вес, устойчивость к ударным нагрузкам, гидрофобность поверхности определили области их первоочередного применения. Это распределительные электросети, подвергаемые интенсивным загрязнениям и динамическим воздействиям, это контактные сети электрифицированных железных дорог. Наиболее длительный опыт эксплуатации полимерных изоляторов (с 1960 г.) имеют Североамериканские энергосистемы, в которых преимущественно применялись фарфоровые изоляторы. По данным исследовательского института электроэнергетики «EPRI» [1] на 2002 г. на американском рынке было продано 3 938 000 подвесных и опорных полимерных изоляторов. Можно отметить динамичное продвижение полимерных изоляторов с кремнийорганической оболочкой в электросетях Китая, применение которых начато в 1990 г. и на начало 2003 г. количество только лишь линейных изоляторов на ВЛ Китая составляло более 1,6 миллиона штук [2]. По оценкам российских энергетиков на сегодня в сетях постсоветских стран находятся в эксплуатации около 1,2 млн. линейных изоляторов [3], в контактных сетях железных дорог Украины эксплуатируется около 100 тыс. шт. полимерных изоляторов различных конструкций [4].

Вместе с тем все же нужно констатировать, что массового применения полимерных изоляторов на ВЛ, особенно, в магистральных сетях пока что не наблюдается. Причины сложившегося обстоятельства формировались в ходе многолетней эксплуатации и наиболее существенными из них являются признаваемые многими потребителями процессы «старения» внутренней изоляции и сложность их обнаружения [1-6]. К таким процессам относится хрупкое разрушение несущего элемента изолятора - стеклопластикового стержня, разъедание стеклопластикового стержня под действием частичных разрядов и последующий отрыв, развивающийся во времени пробой пограничной области стержень-защитная оболочка.

Как показано в работе [5, 6], устойчивость к хрупкому разрушению стеклопластиковых стержней зависит от применяемых сырьевых материалов: от стекловолокон, грунтовок, смолы. Поэтому проблемы, связанные с хрупким разрушением считаются преодолемыми с применением заведомо химически устойчивых стеклопластиковых стержней и введением в практику производства соответствующих испытаний [7].

Наиболее слабым звеном для полимерных изоляторов является пограничная область между защитной оболочкой, металлическим электродом и стеклопластиковым стержнем. В процессе длительной эксплуатации или по причине допущенного технологического нарушения при изготовлении, или вследствие грубого обращения при хранении, транспортировке и в процессе монтажа может произойти разгерметизация пограничной области изолятора. При этом создаются условия проникновения атмосферной влаги внутрь изолятора и образуются очаги начала электрического разрушения изолятора. Динамика такого рода разрушения заключается в снижении диэлектрических характеристик пограничной области, в изменении конфигурации электрического поля в изоляторе в сторону увеличения максимальной напряженности на поверхности стержня, в возникновении частичных разрядов и в последующем ухудшении внутренней электрической прочности и герметизирующих свойств защитной оболочки и т. д.

Такого рода частичные повреждения полимерных изоляторов обнаружить чрезвычайно сложно. Наиболее распространенным способом контроля полимерных

изоляторов является обход и быстрый облет. При этом считается, что при обходе эффективнее обнаруживаются ослабленные изоляторы, а наиболее надежным способом проверки является подъем на опору и тщательный осмотр. По сводкам EPRI в опрошенных сетях Северной Америки периодичность облета ВЛ с полимерными изоляторами в среднем составляет 7,8 месяцев, подъема на опору – 5,6 месяцев, обхода – 19,6 месяцев. Для сравнения на линиях BC Hydro (Канада) [8] контроль за состоянием стеклянных изоляторов практически ограничивается облетом 1 раз в 5 лет. Соответственно, затраты на обслуживание ВЛ с полимерными изоляторами существенно возрастают, и по оценкам энергетиков Норвегии [9] при всестороннем контроле полимерных изоляторов удельные расходы на 1км линии достигают 240 \$, а в случае со стеклянными изоляторами они равны 10 \$.

Следует признать, что на сегодня отсутствует методика обнаружения внутренних электрических дефектов изоляторов на расстоянии. Практика обнаружения внутренних электрических процессов с помощью оптических приборов не дала положительных результатов. Приборы скорее реагировали на оптические и тепловые эффекты, обусловленные коронированием металлических частей изолятора и разрядами по загрязненной поверхности, но никак не внутренними электрическими процессами [10]. В этой связи представляет интерес оценка энергетических составляющих электрических процессов вдоль границы оболочка-стеклопластиковый стержень.

Ранее была показана [11, 12] правомерность, в рамках общего подхода численного интегрирования уравнения Лапласа, выполнения расчетов электрических полей изоляционных конструкции путем замены тонкослойных протяженных подобластей, которые представляет поврежденная и увлажненная поверхность стержня, бестолщинными поверхностями. При этом в расчет принимаются только составляющие электрического поля, ориентированные вдоль поверхности тонкого слоя, а нормальные составляющие по поврежденной толще приравниваются к нулю. Таким образом удается избежать необходимости разбиения тонкого слоя с толщиной h на конечные элементы с соблюдением условия их подобия со смежными подобластями. Благодаря такому подходу достигается устойчивость расчетных процессов.

В этом случае общая классическая структура расчета сохраняется, а тонкослойная область задается в виде бестолщинной поверхности с условными характеристиками:

$$\chi_1 = \chi \cdot h; \quad \varepsilon_1 = \varepsilon \cdot h \quad (1)$$

На практике параметры χ_1 и ε_1 характеризуют поверхностные свойства диэлектрика: проводимость и проницаемость, и они могут быть определены посредством физического измерения.

В качестве примера рассмотрим реальный полимерный подвесной изолятор для контактных сетей железных дорог переменного напряжения на 27,5 кВ, ПСК 70-27,5-5 с внутренним дефектом, обусловленным, предположительно, проникновением влаги в пограничную зону стержень-оболочка со стороны торца потенциального электрода. Расчеты проводились в осесимметричной постановке задачи.

Как следует из рис. 1, снижение диэлектрических свойств пограничной области приводит к вытеснению электрического поля в неповрежденную область. При этом величина максимальной напряженности поля, E_m , колебалась в различной степени в зависимости от поверхностной проводимости стержня поврежденного участка, χ_1 и от протяженности этого участка, l_n .

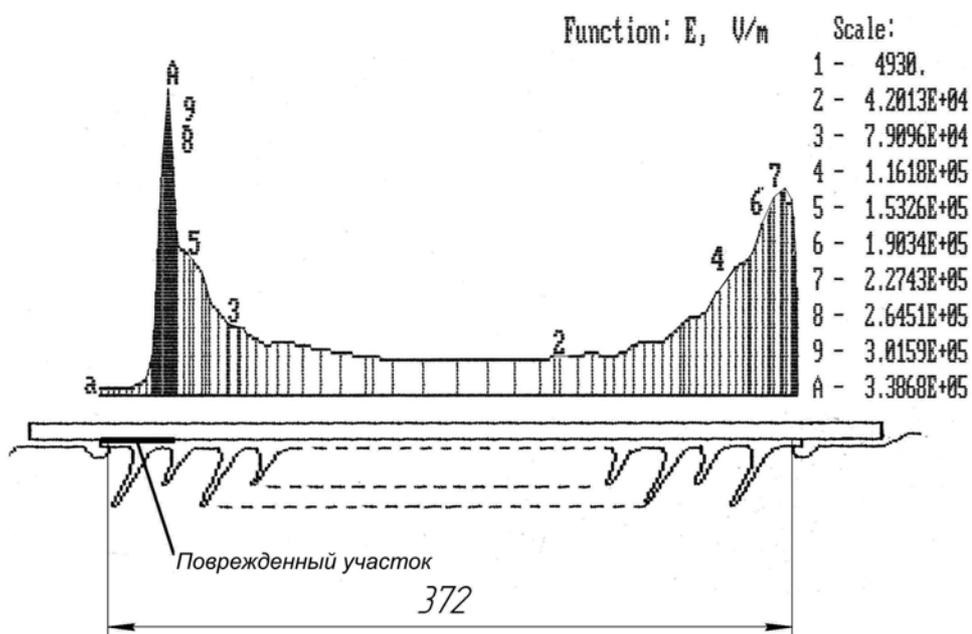


Рис. 1. Распределение электрического поля изолятора ПСК70-27,5-5 вдоль границы стеклопластиковый стержень- защитная оболочка.

В начальном этапе прорастания поврежденного участка отмечается некоторое снижение E_m , но при этом по величине она остается большей, чем напряженность поля изолятора в исходном состоянии (рис. 2). С распространением поврежденной области с $\chi_1 \geq 10^{-8} \text{См}$ к противоположному электроду, на фоне общего увеличения напряженности поля неувлажненной части изолятора, наблюдается резкое увеличение E_m . В рассматриваемом случае, при $l_n \geq 0,96L$, где L - изоляционная длина изолятора, E_m достигает критической электрической прочности для границы стержень-оболочка.

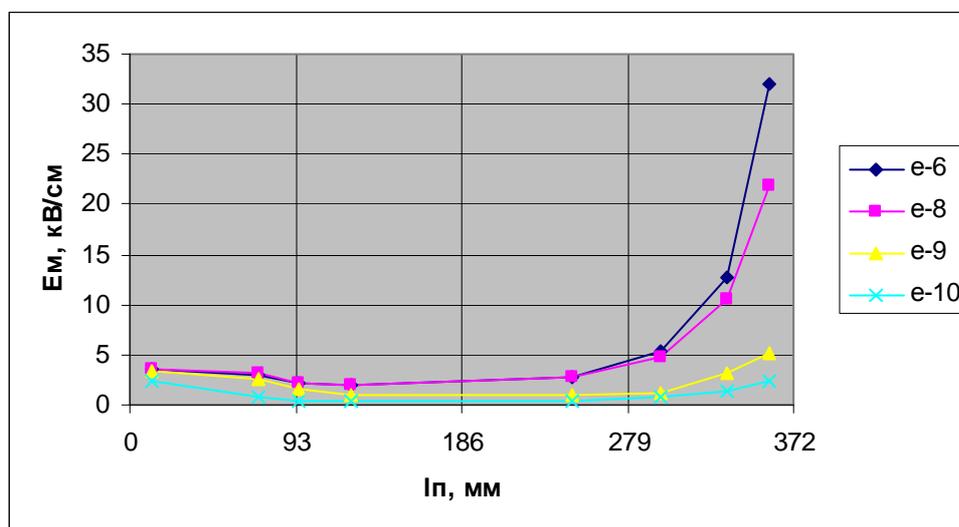


Рис. 2. Зависимость максимальной напряженности поля от длины поврежденного участка при различной поверхностной проводимости

Выполненные численные исследования показали (рис. 3), что значимое искажение электрического поля изолятора могут внести внутренние повреждения, характеризуемые поверхностной проводимостью $\chi_1 > 10^{-9} \text{См}$. В то же время, начиная с $\chi_1 \approx 10^{-7} \text{См}$,

последующее увеличение проводимости не приводит к дальнейшей деформации электрического поля. Также было выявлено, что в пределах поверхностной проводимости, представляющей практический интерес $\chi_1 \in 10^{-9}; 10^{-6}$ (См), величина диэлектрической проницаемости ($\epsilon = 3-10$) не оказывает влияния на результаты расчета.

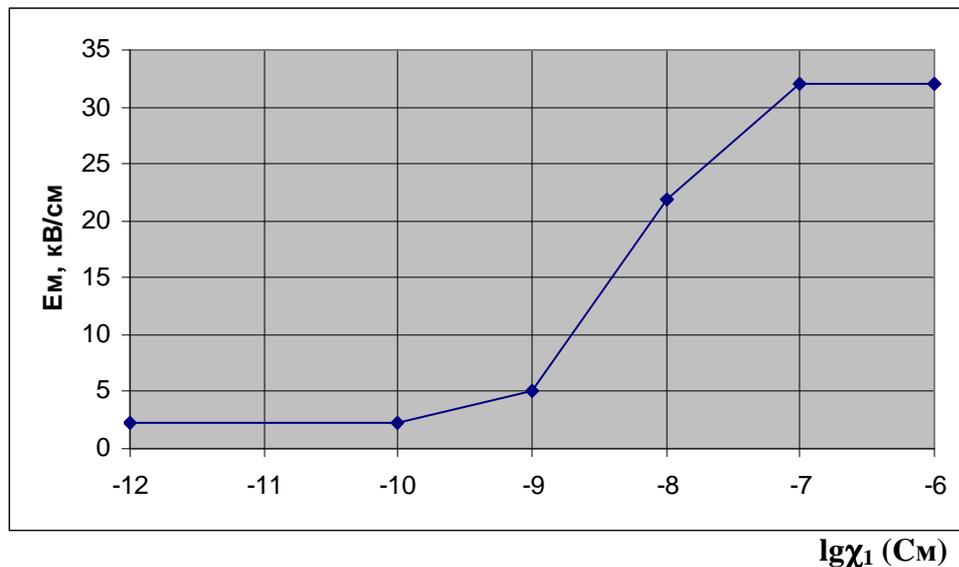


Рис. 3. Влияние поверхностной проводимости поврежденного стержня на максимальную напряженность поля, $\ell_{\text{п}}=359$ мм.

Из лабораторных исследований известно, что электрическая прочность границ стержень-оболочка находится в пределах $E_{\text{пр}} \approx 30-50$ кВ/см. Как видно из рис. 2, при достижении $\ell_{\text{п}}$ примерно 96% межэлектродного расстояния значение E_m приближается к критической для диэлектрических материалов величине, при которой возможен прогрессирующий во времени процесс электрического пробоя неповрежденного участка изолятора.

Оценим потенциал энергии электрического поля, соответствующий критическому для внутренней прочности изолятора значению:

$$W_3 = \epsilon_{\text{ст}} \epsilon_0 \times E_{\text{п}}^2 / 2 \quad (2)$$

где $\epsilon_{\text{ст}}$, ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость стеклопластикового стержня (5,8) и диэлектрическая постоянная ($8,85 \times 10^{-14}$ Ф/см)

Принимая $E_{\text{п}} = E_{\text{пр}}$, получаем $W_3 = (0,4-2,2) \times 10^{-4}$ Дж/см³.

По справочным данным теплоемкость резин составляет $C_v = 1,56-1,92$ (Дж/см³ °С).

Отсюда вытекает, что энергия электрического поля, достаточная для пробоя изолятора, на несколько порядков меньше, чем потребуется на прогрев защитной оболочки, чтобы можно было обнаружить на расстоянии теплооптическим прибором.

При критической напряженности поля может иметь место ионизация воздушной среды, вблизи точки максимума напряженности поля. Поскольку «эффект свечения» ожидается на конечной стадии повреждения изоляторов и, по-видимому, за очень короткое время, поэтому обнаружить такой эффект будет чрезвычайно сложно. Оптические эффекты на изоляторе могут возникать и по другим внешним причинам, например вследствие загрязнения поверхности изолятора. Для полимерных изоляторов, находящихся в эксплуатации, удельная проводимость увлажненной загрязненной поверхности достигает единиц мкСм, соответственно, токи поверхностных разрядов могут достигать значений до 10 мА и более. Горение таких дужек может поддерживаться в течение нескольких полупериодов с выделением тепловой и лучистой энергии [13, 14], достаточной для идентификации с помощью оптических приборов.

Таким образом, выполненная оценка энергетических составляющих, не смотря на свою упрощенность, дает основание констатировать невозможность однозначного выявления изоляторов с частичными внутренними дефектами, обусловленными электрическим старением оптическим методом.

Выводы

Внутреннее повреждение полимерных изоляторов, характеризуемое поверхностной проводимостью стеклопластикового стержня с $\chi_1 > 10^{-9}$ См, приводит к увеличению максимальной напряженности электрического поля в изоляторе, E_m . При $\chi_1 \approx 10^{-7}$ См достигается наибольшая величина E_m , и эта величина сохраняется при последующем увеличении проводимости.

Ухудшение внутренней электрической прочности не оказывает влияния на тепловое состояние вплоть до его полного пробоя, соответственно полимерные изоляторы с частичными внутренними повреждениями не могут быть обнаружены теплооптическим методом.

Литература

1. EPRI Survey of Application of Overhead Transmission Line Polymer Insulators in North America & Summary of EPRI Polymer Insulator Failure Database. World Conference & Exhibition on Insulations.
2. Liang Xidong, Wang Shaowu, Su Zhiyi. Experience with of Composite HVDC and HVAC Insulators in China: From Design to Operation. World Congress & Exhibition on Insulators, Arresters & Bushings. Marbella, Spain. 2003. P. 15-22.
3. В. А. Кравченко, Е. А. Соломоник. Разработка, изготовление, опыт эксплуатации и производство полимерных изоляторов для ВЛ и подстанций напряжением 35-500 кВ в России. //Международная научно-техническая конференция. Санкт-Петербург. 2006
4. А. Б. Злаказов, Ким Ен Дар, Ю. П. Афанасьев, В. Н. Соломатов, Н. С. Шупик, Ю. Н. Яшин. Опыт эксплуатации полимерных изоляторов разработки НИИВН. //Энергетика и Электрофикация.-2003.- №4. С. 45-51.
5. J. Montesinos, R. S. Gorur, B. Mobasher, D. Kingsbury. Brittle Fracture in Nonceramic Insulators: Electrical Aspects of Microscopic Flaws in Glass Reinforced Plastic (GRP) Rods. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2002. P. 244-252.
6. J. Montesinos, R. S. Gorur. Mechanism of Brittle Fracture in Nonceramic Insulators. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulators. Vol.9, No.2. 2002, pp. 236-243.
7. Шумилов Ю. Н., Сыченко В. Г. К вопросу об испытаниях полимерных изоляторов.// Залізничний транспорт України, - № 1, 2005, с. 38 – 41.
8. Jim H. Duxbury. A Conservative Approach Toward Composite Insulators at BC Hydro: Current Factors and Future Considerations. World Insulator Congress & Exhibition. Shanghai, China. 2001. pp. 79-83
9. K. Halsan. Recent Experience and Future Plans for The Newest Generation of Insulators and Arresters on The Statnett AC and DC Networks. World Congress on Insulator Technologies for The Years 2000 and Beyond. Barcelona. 1999.
10. I. Gutman. STRI Guidelines for Diagnostics of Composite Insulators: for Visual Inspections; for Hydrophobicity; for IR Helicopter Inspections. //Международная научно-техническая конференция. Санкт-Петербург. 2004, с. 88-90;
11. Цыбенко А. С. Модифицированный метод Краута для решения системы линейных алгебраических комплекснозначных уравнений высокого порядка. // Проблема прочности.-1986.-№2, с. 110-112;
12. Кім Єн Дар, Калмиков В. Л. Дослідження електричного поля ізоляційної конструкції з тонкими протяжними підобластями. //Вісник СДПУ. 2005, с. 62-68;
13. Шумилов Ю.Н., Аксенов В.А. Электрофизические процессы в поверхностном слое при перекрытии загрязненных изоляторов // Электричество - №4, 1983 – с. 22-26.
14. Давыдова Л.И., Проскуряков А.И. Механизм разрушения стеклянных изоляторов в районах с цементирующимися загрязнениями. Изоляция воздушных линий электропередачи 110-1150 кВ. Л.: Энергоатомиздат, 1989.- с.44-50.

Применение приборов учета и анализа качества электроэнергии SATEC в АСКУЭ железнодорожного транспорта

Кричевский М. (Израиль), Перекрест В.В., Тодоренко В.В., Тюрютиков А.И.
Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Приборы компании SATEC могут служить приборной базой построения АСКУЭ на железнодорожном транспорте. Линейка приборов включает в себя преобразователи напряжения, анализаторы качества электроэнергии, устройства автоматизации подстанций, конверторы и коммуникаторы, программное обеспечение PASWIN, обеспечивающее сбор и анализ информации от приборов.

Программная среда eXpertPower позволяет, используя средства Интернет, в режиме реального времени малозатратно реализовать следующие задачи:

- сбор данных;
- анализ данных;
- мониторинг;
- коммерческий учет;
- ведение архива;
- аварийная сигнализация;
- анализ качества электроэнергии и учет отклонений в соответствии со стандартами;
- прогноз развития ситуации.

Устройство автоматизации подстанций EzPack SA300 реализует следующие функции:

- сбор и регистрация данных;
- анализ качества электроэнергии и коротких замыканий;
- генерация отчетов;
- дистанционный контроль.

Приборы были использованы в проекте автоматизации испанских железных дорог RENFE. Построенная на их основе АСКУЭ решает следующие задачи:

1. Контроль качества электроэнергии.
2. Контроль правильности работы инверторов.
3. Регистрация токов и напряжений для получения информации о состоянии контактной группы.
4. Баланс электроэнергии.
5. Технический учет электроэнергии.

Дополнительные возможности включают в себя:

1. Контроль работы защит.
2. Посылка SMS сообщений дежурному персоналу.
3. Аварийная сигнализация и дополнительная защита.
4. Возможности управления.

Общая характеристика проекта:

- протяженность линий 1300 км;
- 530 подстанций;
- питающее напряжение 27 кВ переменного тока и 3,3 кВ постоянного тока

Приборы внесены в Реестр измерительных средств Украины, положительно зарекомендовали себя в высоковольтных сетях НЭК «Укрэнерго» в качестве щитовых приборов.

Нормування витрат електроенергії на власні потреби тягових підстанцій залізниць України

Кузнєцов В.Г., ДІТ

Сучасний залізничний транспорт - це високотехнологічний механізм із значним споживанням енергоресурсів для забезпечення своєї господарської діяльності. Щорічно залізницями України споживається значна кількість дизпалива, електроенергії, газу, вугілля, мазуту топкового та інших видів паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). В умовному обчисленні це складає 3 250...3 350 тис. туп. Важливим фактором зниження енергоємності промислової продукції в усіх галузях національної економіки, є формування ефективно діючої системи державного управління сферою енергозбереження, наявність якої дасть змогу удосконалити структуру кінцевого споживання енергоресурсів. Створення науково - обґрунтованих норм витрат ПЕР для господарств Укрзалізниці – дуже важлива складова в системі управління енергозбереженням.

Обчислення значень нормативних витрат електроенергії на власні потреби підстанцій і розподільчих пунктів згідно з розділом 7 “Основних положень з нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві”, затверджених наказом Державного комітету України з енергозбереження від 22.10.2002 р. №112. Укрзалізниця повинна виконувати розрахунок цих норм щорічно з розподілом значень для кожного місяця розрахункового періоду, що починається з 1 квітня поточного року та закінчується 31 березня наступного року. Для організацій, які мають у власності або законному володінні місцеві (локальні) електричні мережі 0,38-150 кВ, затвердження цих нормативних значень здійснюється разом із затвердженням нормативних характеристик технологічних витрат електроенергії в електричних мережах відповідно до вимог ГНД 34.09.104.

На жаль до цього часу не існує нормативних галузевих документів, які б надавали змогу розраховувати норми витрат електроенергії на власні потреби тягових підстанцій. В експлуатації використовують інструкцію "Нормування витрат електроенергії на власні потреби підстанцій 35-750 кВ і розподільчих пунктів 6-10 кВ", що була розроблена для підстанцій електропередавальних організацій. В цьому документі немає розділу для розрахунку норм витрат електроенергії на власні потреби тягових підстанцій постійного струму.

Автором доповіді запропоновано підхід для визначення норм витрат електроенергії на власні потреби тягових підстанцій постійного струму. В порівнянні з підстанціями змінного струму, на тягових підстанціях постійного струму серед складових витрат на власні потреби з'являються витрати на обдув перетворювачей, обігрів розподільчих пристроїв 3,3 кВ та 10 кВ. Показано, що при визначенні витрат електроенергії в трансформаторах власних потреб необхідно враховувати навантаження пристроїв СЦБ. Шляхом експериментальних досліджень визначено складові норм витрат електроенергії для стаціонарних та пересувних тягових підстанцій залізниць України, постів секціонування, пунктів паралельного з'єднання. Працівниками кафедри електропостачання залізниць університету проводиться НДР за темою доповіді.

Захист залізобетонних стояків від корозії та методи збільшення нормативного терміну експлуатації за рахунок гідрофобізуючих силоксанових сумішей

Кучмій О.С. (ДПТ)

Опора контактної мережі це специфічна будівельна конструкція, відмова якої становить загрозу для життя та здоров'я людей, призводить до великих матеріальних витрат та порушення безпеки руху поїздів. Виходячи з цього найважливішими вимогами до опор є забезпечення високої надійності та довговічності.

Досвід експлуатації залізобетонних стояків показує, що в деяких випадках експлуатації конструкцій, агресивний вплив навколишнього середовища настільки великий, що вони потребують капітального ремонту через 5-10 років після введення їх в експлуатацію, незважаючи на те, що нормативною документацією передбачено термін служби 70 років.

Це явище спостерігається по тій причині, що залізобетонні стояки під час експлуатації піддаються агресивному впливу багатьох сполук навколишнього середовища: у першу чергу газів (вуглекислого газу CO_2 та SO_3), електролітів - хлоридів, сульфатів та багатьох інших сполук небезпечних для залізобетону. Вода, яка просочується капілярами також становить небезпеку для залізобетону, оскільки створює сприятливі умови для створення та транспортування в об'єми бетону агресивних сполук (CO_2 , SO_4^{2-} , Cl^-), що сприяє не тільки погіршенню технічних характеристик бетону, а і корозії арматури. Кородує арматура за рахунок того, що знижується лужність бетону (по причині зменшення кількості вапна $\text{Ca}(\text{OH})_2$), яка захищає пасивацію арматури. Коли рН зменшується з 14 до 10 починається інтенсивна корозія арматури, яка призводить до руйнування бетону під впливом механічних сил за рахунок того, що продукти корозії займають більший об'єм ніж непошкоджена арматура. Зменшується міцність бетону також при циклічному заморожуванні та відтаванні води в порах. Переходячи в фазу льоду, вода збільшує свій об'єм на 9,7%, що в свою чергу створює великий тиск в порах бетону і призводить до руйнування структури бетонного каменю. Отже, чим менший вміст води в порах, тим вище його морозостійкість та гірші умови для корозії та руйнування, що в свою чергу доводить актуальність роботи по розробці нових гідрофобних сполук для підвищення корозійної стійкості стояків контактної мережі.

На сьогоднішній день ведуться роботи по застосуванню для гідроізоляції стояків опор контактної мережі кремнійорганічних гідрофобізуючих олігоорганосилоксанових сполук марки "Сілол". Стояки, оброблені цими сполуками зберігають естетичний зовнішній вигляд та паропроникність за рахунок того, що майже не змінюється їх природна пористість. Гідрофобна силоксанова плівка стійка до ультрафіолету, стійка до температур в інтервалі від -60 до 250 °С, стійка до розчинів електролітів.

Ведуться розробки по застосуванню силоксанових сполук марки "Сілол-Латекс", при виготовленні стояків, тобто додавання цієї сполуки в бетон, що дасть змогу підвищити гідрофобність бетону та механічну міцність також підвищиться стійкість арматури до впливу агресивних сполук. Введення цих сполук в бетон дасть можливість підвищити опір стояка в декілька разів, що в свою чергу призведе до зменшення низькоомних опор контактної мережі та суттєво зменшить вплив електрохімічної корозії.

Перетворювальний агрегат з коефіцієнтом потужності близьким до 1 для тягової підстанції системи електропостачання постійного струму напруги 3 кВ

Лагута І.І.(Укрзалізниця), Панасенко М.В., Хворост М.В.(ДНДЦ УЗ)

Компенсацію реактивної потужності, генеруєму діодним дванадцятипульсним випрямлячем у живлячу мережу, з метою доведення коефіцієнта потужності до величини близької до 1 можна досягти за рахунок послідовного з'єднання діодного дванадцятипульсного випрямляча і трифазного мостового реверсивного вольтододатка з широтно-імпульсною модуляцією на двоквadrантних ключах знакозмінної напруги, типовим представником яких є запираємий тиристор з блокуючими властивостями щодо прямої і зворотної напруги.

Широтно-імпульсна модуляція дозволяє забезпечити регулювання напруги вольтододатка в режимі стабілізації вихідної напруги перетворювача не тільки без споживання реактивної потужності вольтододатком, але й створити невеликий випереджуючий реактивний струм, пропорційний струму навантаження перетворювача, з метою компенсації споживаної реактивної потужності у діодному дванадцятипульсному випрямлячі, обумовленої наявністю індуктивності розсіювання його силового трансформатора. Тим самим і досягається результуючий коефіцієнт потужності живлячої мережі близький до 1, а саме, при нижче наведених параметрах вольтододатка, більший за 0,98, що вже відповідає Євростандартам на якість споживаємої електроенергії.

Реверсивний характер вольтододатка (перехід із випрямляючого у інверторний режим і навпаки) дозволяє регулювати напругу вольтододатка у межах $\pm U_{dV}$ (де U_{dV} – величина максимальної випрямленої напруги на виході вольтододатка), а це, як відомо, дає можливість скоротити установлену потужність вольтододатка вдвічі. На практиці, при реальних значеннях коливань живлячої напруги і струму навантаження, це дає можливість мати установлену потужність вольтододатка на рівні 0,25 від установленої потужності діодного дванадцятипульсного випрямляча.

Використання достатньо високої частоти широтно-імпульсної модуляції ($f_{ШИМ} \geq 600 \text{ Гц}$) дозволяє при придушенні пульсацій з цією частотою на боці змінного струму мати на вході комутатора вольтододатка порівняно невеликий вхідний LC-фільтр, в якості індуктивності якого можна використовувати індуктивність розсіювання силового трансформатора вольтододатка. Це є важливим чинником з боку зменшення установленої потужності вхідного фільтра вольтододатка. Реактивна потужність додаткових фільтрових конденсаторів (установлена їх потужність) при реальних значеннях індуктивності розсіювання силових трансформаторів та частоті широтно-імпульсної модуляції близько 1200 Гц складає всього (30-50)% установленої потужності вольтододатка.

Оскільки резонансна частота вхідного фільтра вольтододатка лежить в зоні частот неканонічних гармонік мережевої частоти, то для усунення резонансних явищ необхідне демпфування фільтра. Найбільш доцільним є комбіноване демпфування: за допомогою системи управління вольтододатком формуються віртуальні еквівалентні RC-ланцюги, які виконують роль демпфера у більшій частині діапазону струмових навантажень перетворювача і за допомогою фізичних RC-ланцюгів, підключаємих паралельно конденсаторам вихідного фільтра безпосередньо у силовій схемі вольтододатка і які виконують роль демпфера при навантаженнях близьких до холостого ходу. Достатньо низьку добротність коливань LC-контурів вхідного демпфованого фільтра вольтододатка при помірній установленій потужності RC-ланцюгів одержуємо при величині реактивної потужності демпфуючих ланок на рівні половини реактивної потужності фільтрових конденсаторів.

Оценка состояния изоляции силовых трансформаторов методом измерения величины возвратного напряжения

Ляшук В. М.

В настоящее время в эксплуатации находится значительное число силовых трансформаторов, отработавших свой номинальный срок службы. В ближайшее десятилетие их доля будет увеличиваться. В нашей стране к началу 2007г. около половины трансформаторов вышло за 25-летний срок службы.

Наличие в эксплуатации большого числа трансформаторов, изоляция которых ухудшена, требует четкой оценки ее состояния до вывода в капитальный ремонт. Такая оценка является целью разработок во многих странах мира методов контроля состояния изоляции трансформаторов, позволяющих определить возможность их дальнейшей работы и ее остаточный ресурс.

Среди причин повреждения изоляции немалую долю занимает увлажнение. Оно не только снижает электрическую прочность изоляции, но и сильно ускоряет процесс старения. Так как непосредственное определение степени старения изоляции при эксплуатации трансформатора затруднительно, общепринятым методом оценки состояния изоляции в работе является определение содержания в ней влаги.

Оценка увлажненности изоляции с помощью анализа поляризационных процессов основана на выявлении неоднородности ее структуры из-за включений влаги.

Принципиальная возможность оценки даже небольшой увлажненности изоляции на основе анализа поляризационных процессов стимулировала активные разработки таких методов контроля влажности,

Предложена более совершенная методика измерений в которой анализ процесса разряда изоляции ведется в диапазоне времени, расширенном в сторону большей продолжительности. Объект измерений длительно заряжается постоянным напряжением, затем кратковременно замыкается накоротко и производится измерение восстанавливающегося напряжения. Анализируются процессы с постоянными времени порядка тысячи секунд и даже более.

С помощью этого метода можно эффективно контролировать увлажнение обмоток трансформатора за время ремонта, при хранении, а также следить за процессом сушки.

Опыты, проведенные на бумажно-масляной изоляции, показывают, что доминирующая постоянная времени процессов поляризации T_d , приближенно соответствует максимуму восстанавливающегося напряжения и хорошо коррелируется с увлажненностью изоляции.

Использование анализа поляризационных явлений для контроля влажности изоляции силовых трансформаторов представляется перспективным методом оценки их состояния в работе.

Енергетичні канали тягових підстанцій системи електропостачання постійного струму напруги 3 кВ підвищеної ефективності

Малишко І.В.(Укрзалізниця), Панасенко М.В.(ДНДЦ УЗ).

Суттєве підвищення ефективності тягового електропостачання постійного струму напруги 3 кВ можна досягти при наданні йому, поряд з безумовним забезпеченням високої надійності і високого коефіцієнта корисної дії, слідуючі функції:

- 1) регулювання вихідної випрямленої напруги з метою компенсації відхилень напруги у живлячій мережі та похилості зовнішньої характеристики випрямлячів;
- 2) компенсації реактивної потужності генеруємої випрямлячами у мережу живлення, з метою доведення коефіцієнта потужності до величини не нижчої за 0,98, рекомендованої новими світовими стандартами на якість споживаємої електроенергії;
- 3) обмеження аварійних струмів на рівні порядку 1,2÷1,3 від максимального робочого струму, з метою зменшення установленої потужності дроселя фільтра та полегшення режимів роботи комутаційних апаратів;
- 4) використання активної фільтрації вихідних гармонік з метою зменшення установленої потужності силових пасивних фільтрів та зменшення, як наслідок, динамічних коливань вихідної випрямленої напруги при стрибках навантаження;
- 5) забезпечення безконтактного захисту при коротких замиканнях у контактній мережі з метою реалізації бездугового відключення комутаційних апаратів;
- 6) забезпечення прийому збиткової енергії рекуперації та корисне її використання;
- 7) забезпечення підсилення живлення контактної мережі у міжпідстанційних зонах;
- 8) зменшення пікових навантажень на живлячу мережу.

Перераховані функції реалізуються тяговою підстанцією постійного струму енергетичні канали якої побудовані шляхом сполучення перетворювального агрегату на основі багатопульсного ($m \geq 12$) фазоуправляемого і трифазного широтно-імпульсного випрямлячів, перемикача режимів на основі двоквadrантного перетворювача, пасивного LC-фільтра, підвищуючого перетворювача постійної напруги на основі оборотного широтно-імпульсного перетворювача постійної напруги знакозмінного струму і накопичувача електроенергії. В якості накопичувача електроенергії можуть використовуватися індукційний накопичувач на основі оборотного широтно-імпульсного перетворювача постійно струму знакозмінної напруги з навантаженням у вигляді надпровідної індуктивності, ємнісний, акумуляторний і електромашинно-маховичний.

В докладі детально розглянута структура і схемотехнічні рішення щодо запропонованих складових енергетичного каналу тягової підстанції, реалізуючої вище наведені функції.

Так, аналіз режимів роботи і синтез параметрів складових енергетичного каналу тягової підстанції постійного струму в його традиційній структурі показав, що при використанні мостового дванадцятипульсного тиристорного випрямляча, працюючого у сталому режимі з кутом управління тиристорами $\alpha = 0$, у сукупності із мостовим трифазним реверсивним вольтододатком на запираємих тиристорах при частоті широтно-імпульсної модуляції 1200 Гц та установленій потужності вольтододатка у 20% від потужності основного дванадцятипульсного випрямляча можна реалізувати у повній мірі перші п'ять функцій із восьми вище наведених, а саме стабілізацію напруги на клеммах тягової підстанції на рівні 3,3 кВ при 10% відхиленні напруги в живлячій мережі у всьому діапазоні робочих навантажень, підвищений коефіцієнт потужності живлячої мережі до величини 0,985 практично у всьому діапазоні робочих навантажень і наявних несиметрій, короткочасне (тривалістю до 0,1 сек) обмеження струму короткого замикання на рівні 1,2-1,3 максимального робочого струму з послідуною реалізацією безконтактного захисту, придушення другої, четвертої і шостої гармонік у вихідній напрузі перетворювача, обумовлених різними видами несиметрій в схемі практично без зниження коефіцієнта потужності живлячої мережі і погіршення форми споживаємого мережевого струму. Щодо останніх трьох функцій (шостої, сьомої і восьмої), то як показано у докладі вони технічно реалізуємі тільки за рахунок введення в традиційну структуру енергетичного каналу додаткових складових (вузлів).

Модель системы информационной безопасности АСУ тягового электроснабжения

Матусевич А.А., ДНУЖТ, Днепропетровск

Организация процесса перевозок на электрифицированных железных дорогах предъявляет повышенные требования к системам автоматики и телемеханики управления устройствами электроснабжения. В последние годы на отдельных участках электрифицированных железных дорог Украины начали применять современные информационно – управляющие телемеханические комплексы (ИУТК) выполненные на базе SCADA systems (Supervisory Control and Data Acquisition) – диспетчерских систем с супервизорным управлением при сборе данных, специально разработанной для объектов железнодорожной энергетики.

Аппаратные и программные средства ИУТК образуют автоматизированный оперативно - информационный комплекс (АОИК). Следовательно, в АСУ тягового электроснабжения, построенной с применением современных ИУТК, формируется информационная система (ИС), которая должна быть защищена от случайных или преднамеренных воздействий естественного или искусственного характера.

Система информационной безопасности (СИБ) АСУ тягового электроснабжения должна представлять собой регулярный процесс, осуществляемый на всех этапах жизненного цикла ИС. При построении СИБ необходимо объединить все средства, методы и мероприятия, используемые для защиты информации в единый, целостный механизм - систему защиты информации (СЗИ). Данная СЗИ станет системой тогда, когда будут установлены логические связи между всеми ее составляющими. Существует многообразие вариантов построения ИС. В то же время большой объем имеющихся публикаций не позволяет сформировать четкое представление о том, как же приступить к созданию СЗИ АСУ тягового электроснабжения с учетом присущих ей особенностей и условий функционирования.

Практическая задача обеспечения информационной безопасности АСУ тягового электроснабжения и надежности аппаратуры ИУТК прежде всего состоит в разработке модели представления системы (процессов) ИБ, которая на основе научно-методического аппарата, позволяла бы решать задачи создания, использования и оценки эффективности СЗИ для проектируемых и существующих ИС ИУТК электроснабжения железных дорог.

Автором доклада предложен комплексный подход к созданию модели системы информационной безопасности информационно-управляющих телемеханических комплексов электроснабжения железных дорог. Данная модель имеет возможность оценки эффективности принимаемых решений и выбора рационального варианта технической реализации системы защиты информации АСУ тягового электроснабжения.

Исследование влияния тягового тока на тональные рельсовые цепи на участках с электротягой постоянного тока

Меняйленко А.А., Днепропетровский Национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, кафедра электроснабжения железных дорог.

В настоящее время большими эксплуатационными, техническими и экономическими преимуществами обладают рельсовые цепи тональной частоты (ТРЦ) с использованием в них сигнального тока с частотами тонального диапазона в области 400...6000 Гц, который условно можно разделить на два поддиапазона: низкий 400...800 Гц и высокий 4...6 кГц. Сигнальные токи ТРЦ представляют собой амплитудно-модулированные сигналы, в которых несущие синусоидальные частоты модулируются сигналами низкой частоты 8 и 12 Гц. Таким образом, в качестве отличительных признаков сигнального тока используется значения несущей частоты и частоты модуляции.

Использование сигнального тока тонального диапазона позволяет существенно повысить помехозащищенность и ослабить взаимные влияния между РЦ, в несколько раз снизить потребляемую мощность, применить современную элементную базу, осуществить централизованное размещение аппаратуры. К достоинствам ТРЦ следует отнести возможность исключения изолирующих стыков, что особенно важно для участков с цельносварными рельсовыми плетями. В настоящее время ТРЦ пользуются приоритетом при модернизации перегонных и станционных систем обеспечения движения поездов, особенно на участках со скоростным движением поездов.

Однако гармоники тягового тока оказывают влияние и на автоблокировку с ТРЦ. Специфика их воздействия заключается в том, что несущими частотами сигнального тока автоблокировки являются 420, 480 и 580 Гц, а влияние в этом случае оказывается гармониками тока высокого порядка. При этом наибольшее влияние на участках постоянного тока оказывают восьмая, десятая и двенадцатая гармоники, так они наиболее близки к частотам сигнального тока автоблокировки, а, следовательно, вероятность нарушения нормальной работы автоблокировки под действием этих гармоник наиболее высока.

Основными факторами, оказывающими влияние на работу автоблокировки с ТРЦ на участках постоянного тока, являются: отклонение частоты в питающей сети, асимметрия рельсовой цепи, качество напряжения, питающего выпрямители тяговых подстанций, схемы питания тяговой сети, значение тяговой нагрузки и ее местоположение, использование электроподвижного состава с асинхронными тяговыми двигателями, схема и параметры сглаживающего фильтра. Воздействие этих факторов приводит к появлению ложного срабатывания путевого приемника автоблокировки, сигнализирующем о ложной занятости блок-участка, в то время как он остается свободным.

При массовом внедрении скоростного движения влияние этих факторов усилится. Кроме того, добавляются новые факторы в связи с появлением новой техники. Так на локомотивах с асинхронными тяговыми двигателями, при больших скоростях движения частотная система регулирования скорости вращения тяговых двигателей может обуславливать наличие в сетевом токе таких электровозов гармоник, частота которых кратна 25 Гц, что также может вызывать отказы автоблокировки с ТРЦ. Тенденция к повышению частоты преобразования до тональных диапазонов на таких локомотивах приводит к значительному уменьшению влияния на традиционные рельсовые цепи, но усугубляет ситуацию при использовании ТРЦ.

Таким образом, необходимо заранее предусмотреть комплексные меры для усиления защиты как со стороны питания и потребления, так и самой автоблокировки.

Устройства секционирования контактной сети постоянного и переменного тока ПСК-3,3 кВ; ПСК-27,5 кВ; ППС-3,3 кВ

Наследов Ю. Н., ЗАО Симферопольский электротехнический завод

В настоящее время известен в СНГ один производитель аналогичного по назначению оборудования НИИЭФА-ЭНЕРГО. Россия (в дальнейшем «аналог» или НИИЭФА).

Основные технические характеристики Ураб, Ином, уставки защит, количество управляемых устройств ПСК и ППС, учитывая специфику железных дорог приняты типовыми.

1. ПСК выполнен в одном модуле, имеющем два отсека разделенных металлической перегородкой, верхняя половина которой остеклена (оргстекло) и из приборного отсека возможен полноценный обзор высоковольтного оборудования.

2. ПСК комплектуется – четырьмя ОПН, подключаемых к контактной сети без роговых разрядников с плавкой вставкой: четырьмя фидерными разъединителями с измененной схемой блокировки позволяющей повысить надежность электромагнитной блокировки безопасности: двумя продольными разъединителями контактной сети.

3. Релейно-контакторная схема управления, защиты, автоматики и собственных нужд выполнена на современной релейной базе (Weidmuller), что позволило разместить всю схему управления в одном шкафу, и мы получили приборный отсек удобный для работы оперативно-ремонтного персонала.

4. Панель управления ПСК смонтирована на двери шкафа управления, кнопки и ключи имеют светодиодную индикацию, что позволило на небольшой площади двери разместить кнопки, ключи управления, предупредительную и аварийную сигнализацию.

5. Так как все сигнальные и управляющие реле имеют светодиодную сигнализацию, ремонтный персонал быстро может определить поврежденный элемент схемы (нарушение дверных блокировок, блок-контактов выключателей, блокировок крышек приводов и т.д.)

6. Схема управления постом секционирования и постом параллельного соединения реализована на базе программируемого логического контроллера (ПЛК) каркасно-модульного типа. В ПЛК вводится информация о состоянии устройств поста где по внутренним программным алгоритмам производится её обработка и последующая выдача управляющих сигналов в схему поста. В ПЛК используются два основных типа модулей: входные (оптически развязанные 16 входов на модуль) и выходные (релейно-развязанные 16 выходов на модуль). Модульный принцип значительно упрощает эксплуатацию устройства, позволяя при необходимости быстро произвести замену модуля. Развитая система индикации даёт полную информацию о состоянии входных и выходных сигналах поста.

Программное обеспечение поста реализовано с применением языка релейно-контактных схем, привычно для специалиста релейщика, легко осваиваемо и открыто.

Функции защит, АПВ, автоматика функционирования устройств поста реализованы программно, что значительно упростило релейную часть и повысило информативность системы.

Применение контроллера обеспечило:

- высокую надёжность;
- простое обслуживание устройств управления;
- ускорило монтаж и наладку оборудования;
- обеспечило быстрое обновление алгоритмов управления (в том числе и на работающем оборудовании)

Появилась возможность, не усложняя идеологии поста, производить дополнительную модернизацию, которая поможет полнее реализовать возможности современного оборудования.

ПЛК стыкуется с любой системой телемеханики, по желанию заказчика.

7. Для контроля состояния ПСК (местная и телесигнализация) при кратковременном или длительном исчезновении основного и резервного питания щит управления оборудован источником бесперебойного питания.

8. Для безопасности переменное напряжение 220 В заведено через разделительный трансформатор. Схема УиА, за исключением цепей питания включающих катушек выключателей, разъединителей и электромагнитной блокировки работает на безопасном напряжении 24 В клеммные сборки на современных элементах, максимально исключают случайное касание токоведущих частей, то же и в отношении предохранителей (замена перегоревших абсолютно безопасна и не требует специальных приспособлений)

9. На ПСК смонтированы стационарные ножи оригинальной конструкции (легкое и удобное оперирование, надежное заземление вводов, при нарушении блокировок ПСК отключается от контактной сети автоматически).

10. Блокировки безопасности исключают вход в высоковольтный отсек под напряжением.

При попытке проникновения «чужого» энергодиспетчеру поступает сигнал «ВОР».

11. ПСК оборудован принудительной вентиляцией высоковольтного и приборного отсека и автономной вентиляцией шкафа управления и телесигнализацией критического понижения или повышения температуры в ПСК.

12. ЗАО СЭЗ ведет постоянную работу над совершенствованием конструкции и системы управления устройств секционирования контактной сети и в настоящее время ПСК может по заказу быть оборудован системой кондиционирования, панелью ввода и отображения информации, системой автономного дистанционного управления или системой телеуправления (на базе разработки СЭЗ-Констар-Гранит, Автоматика-Сервис).

13. По отдельному заказу в высоковольтный отсек включается секционный разъединитель (способ разрезной шины).

14. ЗАО СЭЗ может изготовить пункт подогрева пассажирских вагонов.

ППС-3,3 также выполнен в одном модуле с двумя отсеками:

а) приборный

б) высоковольтный

Наличие приборного отсека создает комфортные условия ремонтному персоналу, возможность работы телемехаников без вывода из работы ППС и осмотр состояния высоковольтного отсека (через прозрачную перегородку).

Внешний вход – в приборный отсек. Вход в высоковольтный отсек через приборный (сдвижная дверь, оборудованная блокировками безопасности).

ППС комплектуется двумя фидерными разъединителями с измененной схемой блокировки.

Все вышеперечисленные разработки имеют Патентную защиту.

Устройство контроля хищений электроэнергии

А.В.Остапчук, канд. техн. наук, П.Ю.Красовский
(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

Потери электроэнергии в электрических сетях – важнейший показатель экономичности их работы, наглядный индикатор состояния системы учета электроэнергии и эффективности энергосбытовой деятельности энергоснабжающих организаций.

Одной из главных причин наличия коммерческих потерь считают хищение электроэнергии, причем не только в коммунально-бытовом, но и промышленном секторе. По данным Минтопэнерго в целом по Украине разворовывается 6,2 % потребленной электроэнергии стоимостью почти 12 млн. долларов.

Потери от хищений электроэнергии – это одна из наиболее существенных составляющих коммерческих потерь, которая является предметом заботы энергетиков в большинстве стран мира. Опыт борьбы с хищениями электроэнергии в различных странах обобщается специальной экспертной группой по изучению вопросов касающихся кражи электроэнергии и неоплаченных счетов (неплатежей). Группа организована в рамках исследовательского комитета по экономике и тарифам международной организации UNIPED. Согласно отчету, подготовленному этой группой, термин «кража электроэнергии» применяется только в тех случаях, когда электроэнергия не учитывается или не полностью регистрируется по вине потребителя, либо когда потребитель вскрывает счетчик или нарушает систему подачи электропитания с целью снижения учитываемого счетчиком расхода потребляемой электроэнергии. Обобщение международного и отечественного опыта по борьбе с хищениями электроэнергии показало, что в основном этими хищениями занимаются бытовые потребители. Имеют место кражи электроэнергии, осуществляемые промышленными и торговыми предприятиями, но объем этих краж нельзя считать определяющим. Хищения электроэнергии имеют достаточно четкую тенденцию к росту, особенно в регионах с неблагоприятным теплоснабжением потребителей в холодные периоды года. А также практически во всех регионах в осенне-весенние периоды, когда температура воздуха уже сильно понизилась, а отопление еще не включено. Существуют три основных группы способов хищений электроэнергии: механические, электрические, магнитные.

Механические способы хищений электроэнергии - механическое вмешательство в работу (механическое вскрытие) счетчика, которое может принимать различные формы.

Наиболее распространенным электрическим способом хищений электроэнергии является так называемый «наброс» на выполненную голым проводом воздушную линию.

Применение магнитов (магнитные способы хищений электроэнергии) с внешней стороны счетчика может повлиять на его рабочие характеристики.

Для автоматического контроля исправности средств учета электроэнергии и за счет этого своевременное автоматическое отключение потребителя, снижающее ущерб от хищений, авторами было разработано устройство защиты от хищений, работающее на основе контроля учета электроэнергии (на примере индукционных счетчиков).

Выводы.

Разработанное устройство контроля хищений электроэнергии позволяет:

- исключить безучетное потребление электроэнергии при неисправности индукционных средств учета или умышленного вмешательства в их работу;
- обеспечить автоматический контроль индукционных средств учета электроэнергии, прекращение и восстановление подачи электроэнергии потребителю в зависимости от их исправности.

Енергоєфективний перетворювальний агрегат з функціями захисту від аварійних струмів тягової підстанції системи електропостачання постійного струму напруги 3 кВ

Панасенко М.В., Фітін В.О. (Укрзалізниця), Божко В.В.(ДНДЦ УЗ)

Перетворювальний агрегат на базі послідовного з'єднання основного дванадцятипульсного випрямляча і реверсивного запираемого вольтододатка, працюючого при частоті широтно-імпульсної модуляції $f_{ШИМ} = 600 - 700$ Гц дозволяє забезпечити стабілізацію напруги на клеммах тягової підстанції на рівні 3,3 кВ при стандартних відхиленнях напруги живлячої мережі у всьому діапазоні робочих струмових навантажень, малі пульсації вихідної напруги і коефіцієнт потужності живлячої мережі не нижчий за 0,985 в діапазоні зміни струму навантаження від 20% до 100% від номінального. Для довідки, при стабілізації напруги на клеммах тягової підстанції за допомогою тільки основного керованого або напівкерованого випрямляча, коефіцієнт може падати до 0,6, а при стабілізації напруги на клеммах тягової підстанції за допомогою перетворювального агрегату з фазоуправляємим вольтододатком – приблизно до 0,88.

Не менш важливим є також те, що наявність реверсивного вольтододатка на запираємих тиристорах дозволяє реалізувати в схемі обмеження ударних струмів в аварійних режимах роботи і, отже, суттєво знизити установлену потужність дроселя вихідного LC-фільтра. При цьому позитивним чинником є також те, що установлена потужність самого вольтододатка є у декілька разів меншою у порівнянні з потужністю основного дванадцятипульсного випрямляча.

Струмообмежувальний вузол вольтододатка представляє собою шунтуючий його вихід ланцюг із послідовного з'єднання одноопераційного тиристора і резистора. Для нівелювання негативного впливу власної індуктивності цього резистора на перехідні процеси в схемі, він шунтується конденсатором або зворотним діодом.

Шунтуючий ланцюг у сталому режимі перетворювача є відключений одноопераційним тиристором і, отже, струмообмежуючий пристрій не працює. Він вступає в дію лише при аварійних і перехідних режимах роботи. Так, при раптовому короткому замиканні у тяговій мережі навіть при використанні основного керованого (тиристорного) дванадцятипульсного випрямляча, за рахунок запізнення переходу його на нульову напругу на виході виникають великі ударні струми в декілька разів перевищуючі максимальний робочий струм. Ці струми і змушують збільшувати індуктивність дроселя вихідного LC-фільтра і запас по робочій індукції в його осерді по відношенні до його індукції насичення.

У перетворювальному агрегаті з основним дванадцятипульсним випрямлячем та запираємих реверсивним вольтододатком із струмообмежувальним вузлом для недопущення наростання ударного струму при короткому замиканні у тяговій мережі тиристори вольтододатка запираються (вольтододаток переводиться у режим холостого ходу), а тиристор струмообмежуючого вузла включається, що приводить до переводу струму навантаження на резистор цього вузла. Напруга на резисторі встановлюється дещо більшою за напругу на виході основного дванадцятипульсного випрямляча і, отже, струм навантаження в контурі короткого замикання починає спадати по причині введення в його коло великого активного опору. Керування схемою у цьому режимі доцільно організувати таким чином, щоб вона діяла як релейний обмежувач струму. Для цього повинні бути задані два порога струмообмеження: робочий і перевищуючий допустимий аварійний, а також, гистерезис аварійного порога, який приймається не більшим у порівнянні з різницею допустимого аварійного і робочого струмів.

Визначення факторів, що впливають на довговічність стійок залізобетонних опор контактної мережі

Полях О.М., Кузнецов В.Г. ДІТ.

На довговічність залізобетонних опор контактної мережі впливає багато факторів на етапах проектування, виготовлення, транспортування і монтажу, експлуатації.

На етапі проектування можуть виникнути помилки при розрахунку внаслідок неточно розробленого технічного завдання, або помилки самого проектувальника. Під час масової електрифікації було розроблено та встановлено близько десятка різновидів стояків опор контактної мережі, які були зпроектвані на термін служби близько сорока років. Одні різновиди опор зарекомендували себе з позитивної сторони, інші практично всі були замінені на нові. Термін експлуатації багатьох стояків вичерпався.

На сьогоднішній день деякі прийняті розрахункові схеми бетонних та залізобетонних опор не відповідають фактичному характеру руйнування. Наприклад, в розрахунках на прогин (відрив, утворення тріщин) розрахунковий кут руйнування не відповідає експериментальним даним. При розрахунках по похилим до поздовжньої осі розтягнута арматура не враховується, в конструктивних вимогах вказується лише на необхідність її анкерування. Вище зазначені розрахунки не відтворюють реальну роботу опор та не дозволяють встановити їх фактичну, а не розрахункову, несучу здатність, що необхідна не лише для раціонального конструювання, але й для встановлення причин руйнування (пошкоджень) опор, що знаходяться в експлуатації.

Етап виготовлення. Стояки на території України виготовляються згідно міждержавного стандарту за робочою і технологічною документацією. За узгодженням з замовником, дозволено виготовляти залізобетонні опори, які відрізняються габаритними розмірами і розмірами окремих деталей стояків. Кожен виробник розробляє свої робочі креслення під свою вже існуючу технологію, обладнання яке морально і фізично застаріло. Аналіз параметрів стояків, що виготовляються провідними виробниками показує що, нормативні значення показників у всіх виробників схожі і відповідають нормативним вимогам, але суттєво відрізняються передавальною міцністю бетону, міцністю бетону на стис в проектному віці, типом та кількістю застосованої арматури на виготовлення арматурного каркасу. Крім того найбільші відмінності між стояками виявлені в геометричних параметрах та конструктивних елементах, таких як довжина стояка, діаметр стояка в оголовку та комлі, наявність та розташування отворів для встановлення закладних деталей, товщина внутрішнього та зовнішнього захисного шару, матеріал та вид бетонної заглишки. Кожен виробник вирішує проблему якості своєї продукції різними шляхами. Одним з найважливіших факторів на етапі виготовлення опори являється товщина стінки опори. Вона нормується ДСТУ Б.В.2.6-21-2000. На кафедрі Електропостачання залізниць ДІТу проведено аналіз дотримання ДСТУ. Допустимі границі товщини стінки опори знаходяться в межах $-5 \div +30$ мм. Авторами проаналізовано партію опор СК 13.6-02.8жд, що надійшли в експлуатацію на Донецьку залізницю (виготовлені Миронівським ЗАТ заводом-виробником „Бетон нова”).

Розраховано числові та функціональні характеристик товщини стійок опор для партії, що надійшли в експлуатацію. Розраховано довірчі інтервали для математичного очікування та для середньоквадратичного відхилення товщини стінок опор $51,29 < m_a < 52,96$ мм $3,55 < \sigma_a < 4,77$ мм при $\beta = 0,9$. Визначено, що можна вважати, що товщина стінок опор розподілена за нормальним законом. На експлуатацію надійшло 20% опор, що не відповідають ДСТУ по товщині стінок опор. На кафедрі електропостачання залізниць ДІТу проводиться НДР за даною темою.

Защита рельсовых цепей на участках электротяги переменного тока от влияния постоянных токов в зоне станции стыкования

Разгонов А.П., Дьяков В.А., Журавлев А.Ю.
ДИИТ, г. Днепропетровск, Украина

Исследования показали, что в зоне ст. стыкования «Пятихатки - Стыковая» тяговые постоянные токи распределяются вдоль рельсовой сети прилегающих участков электротяги переменного тока на расстояния до 30 .. 40 км. Потенциалы «рельс - земля» вызывают коррозионное повреждение опор контактной сети, силовых и магистральных кабелей СЦБ и связи, металлических рельсовых скреплений, а постоянные токи асимметрии приводят, кроме того, к насыщению магнитопровода путевых дроссель-трансформаторов рельсовых цепей и вызывают отказы автоблокировки и электрической централизации.

В этой связи на электрифицированных участках переменного тока, примыкающих к станции стыкования двух видов тяги, необходимо предусматривать, с одной стороны, меры противокоррозионной защиты сооружений, применяемые на участках электротяги постоянного тока: включение в заземления на рельсы сооружений искровых промежутков, диодных заземлителей и т.п., а на подземные металлические сооружения – электрических и усиленных дренажей. Наиболее радикальной мерой может быть предотвращение утечки обратного тягового постоянного тока в зону прилегающего полигона электротяги переменного тока. Установлено, что эту проблему можно решить включением на стыке путей перегона и станции, а также в дроссельных пунктах перегона, расположенных на определенном расстоянии от станции стыкования, специальных защитных полупроводниковых блоков, управляемых тяговым переменным током. Испытания блоков на станции стыкования «Пятихатки - Стыковая», на которые оформлена заявка на патент Украины, подтверждают их эффективность и целесообразность дальнейших исследований в действующих устройствах.

Метод расчета рельсовых цепей при использовании динамической петли гистерезиса ферромагнитных элементов

Разгонов А.П., Журавлев А.Ю., Разгонов С.А., ДИИТ, г. Днепропетровск, Украина

Отыскание коэффициентов четырехполюсников в А-форме схем с линейными элементами не представляет метрологических и математических затруднений, хотя при этом каждый раз требуется определять коэффициенты в интересующем исследователя диапазоне амплитуд сигнала. В цепях, содержащих нелинейные ферромагнетики, получение коэффициентов четырехполюсников на всем диапазоне изменения индукций в сердечниках довольно трудная задача, поскольку классические методы ХХ и КЗ не приемлемы, что принуждает усложнять методы определения как модуля, так и аргументов электрических параметров. В частности, такая проблема возникает в условиях насыщения путевых дроссель-трансформаторов при повышенных асимметриях тягового тока. В этом случае индукция (напряженность) магнитного поля сердечника может изменяться по произвольному закону. Разложение в ряд Фурье функции сигнала и помехи содержит $k = 0, 1, 2, 3, \dots, m$ гармоник.

В докладе рассмотрен новый метод расчета рельсовых цепей (РЦ) с учетом потерь в ферромагнетиках, создаваемых гармониками, без поиска коэффициентов четырехполюсников их схемы замещения. При построении модели перемагничивания ферромагнетиков наиболее точными являются методы, учитывающие не только изменения величин индукции b и напряженности поля h во времени, но и их производные.

С развитием вычислительной техники и программных математических методов расчеты РЦ при изменении индуктивности в широком диапазоне, включая насыщение ферромагнетиков, становятся реальными. При этом важным является поиск аппроксимирующего аналитического выражения, описывающего динамическую петлю гистерезиса.

Установлено, что наилучшее приближение к экспериментальным характеристикам дает уравнение, позволяющее учесть влияние, в частности постоянного тока на перемагничивание ферромагнетика:

$$h = \alpha_1 sh\beta_1 b + \alpha_2 \frac{db}{dt} ch\beta_2 b,$$

где $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2$ - коэффициенты аппроксимации динамической петли гистерезиса, отыскиваемые по экспериментальной придельной петле гистерезиса.

Разработано программное обеспечение предложенного прямого метода расчета, проверенное при математическом моделировании режимов работы РЦ. Установлено, что метод может найти практическое применение при исследованиях и расчетах РЦ.

Убытки от нарушения качества электроэнергии

Саенко Ю.Л., Горпинич А.В., Приазовский государственный технический университет

Стремительные изменения в структуре электропотребления, бурное развитие бизнеса, науки и техники, общества в целом привели к тому, что уровень качества электроснабжения (ЭС), который на протяжении многих десятилетий считался приемлемым, в настоящее время вызывает значительные убытки. Ежегодные убытки, млрд дол., от пониженного качества электроэнергии (КЭ) в некоторых странах мира приведены ниже:

США (1992 г.).....	13,3
США (2001 г.).....	15-24
Европа (2000 г.).....	15-20 млрд €
СССР (1989 г.).....	10
Германия (2002 г.).....	20-25
Франция (2002 г.).....	25
Канада (2002 г.).....	1,2
В мировом масштабе (2002 г.).....	около 100

Несмотря на то, что по данным различных источников цифры несколько отличаются, в национальном масштабе убытки исчисляются миллиардами долларов и имеют тенденцию к увеличению. Например, согласно имеющимся данным сумма ежегодных убытков из-за низкого КЭ в США за 10 лет увеличилась в 2 раза. При этом затраты на средства по улучшению КЭ оцениваются в США в 2 млрд дол. в год, а в Европе они составляют менее 5 % от стоимости убытков от пониженного КЭ.

Не всегда затраты, связанные с качеством ЭС, можно однозначно оценить в стоимостном выражении. Наряду с прямым ущербом (потеря производительности, порча оборудования, простой рабочей силы, потеря данных и т.д.) возникает также косвенный ущерб: утрата доверия клиентов, возможно даже утрата доли рынка, отсрочка платежей, негативное влияние на движение денежной наличности, потеря удобств и комфорта и т.п. На значимость проблемы качества ЭС указывают и результаты опросов потребителей. Так, согласно одному из них, проведенному в Европе, было опрошено 2500 потребителей. Оказалось, что 6 % коммерческих потребителей и 5 % бытовых не удовлетворены качеством ЭС, свыше 50 % крупных потребителей испытывали проблемы с качеством напряжения. Интересно отметить, что коммерческие потребители уже сейчас готовы платить за электроэнергию на 2 % больше, лишь бы улучшилось качество ЭС.

В последние годы наблюдается рост негативного влияния кратковременных перерывов ЭС и провалов напряжения на потребителей. Серьезные последствия может иметь даже перерыв ЭС продолжительностью в один период частоты переменного тока. Например, по данным американских специалистов, на крупном заводе по производству автомобилей оплата за потребляемую электроэнергию составляет около 2 тыс дол. в час, при этом провал напряжения длительностью менее 0,1 с может привести к убыткам порядка 200 тыс. дол. По оценкам одной из автокомпаний США, в среднем ущерб от кратковременного перерыва ЭС составляет около 40 тыс дол., на всех заводах этой автокомпании сумма убытков составляет 10 млн дол. в год.

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о значимости проблемы качества электроэнергии и указывают на необходимость более детальных исследований методов оценки ущерба от его снижения.

Енергоефективний перетворювальний агрегат з функціями фільтрації гармонік вихідної напруги тягової підстанції системи електропостачання постійного струму напруги 3 кВ

Самсонкін В.М., Панасенко М.В.(ДНДЦ УЗ), Гончаров Ю.П. (НТУ „ХПІ”).

Відомо, що причиною неканонічних гармонік у вихідній напрузі перетворювальних агрегатів тягових підстанцій постійного струму є фазна несиметрія напруги живлячої мережі, скривлення її форми, обумовленої нелінійними навантаженнями, наприклад, іншими перетворювачами. Найбільші проблеми створюють відносно низькочастотні неканонічні гармоніки по причині їх негативного впливу на системи залізничної автоматики і пристрої зв'язку. Для їх невілювання традиційно використовують складні вихідні LC-фільтри, які включають в себе окрім одноланкового Г-подібного LC-фільтра ще і фільтри пробки на частоті 100 Гц, 200 Гц, 300 Гц і вище, що ускладнює і збільшує установлену потужність фільтрового електрообладнання тягових підстанцій.

Як правило при оцінках негативного впливу неканонічних гармонік достатньо враховувати лише непарні гармоніки у напрузі живлячої мережі, які після їх випрямлення дають спектр парних гармонік із яких найбільш значимими є друга, четверта, шоста гармоніки. Шоста гармоніка (300 Гц) виникає також у дванадцятипульсному випрямлячі із-за неоднаковості індуктивностей розсіювання вторинних обмоток зірки і трикутника по відношенню до первинної обмотки його силового трансформатора. Для придушення вказаних гармонік засобами управління потрібна модуляція вихідної напруги перетворювача з частотою більшою за 600 Гц, що при побудові перетворювальних агрегатів на основі тільки фазоуправляємих випрямлячів є не можливим.

Щодо перетворювальних агрегатів на базі послідовного з'єднання основного дванадцятипульсного (діодного чи тиристорного з кутом управління тиристорами $\alpha = 0$) випрямляча і реверсивного запираємого вольтододатка, працюючого при синусоїдальній широтно-імпульсній модуляції з частотою 900-1200 Гц та при його установленій потужності 20% від потужності основного випрямляча при безумовному забезпеченні стабілізації напруги, високого коефіцієнта потужності і короткочасного струмообмеження аварійних струмів він може ще й забезпечувати фільтрацію низькочастотних неканонічних гармонік, включаючи шосту, у вихідній напрузі перетворювального агрегату.

При цьому незалежне формування сигналу завдання по струму дає можливість виконувати цілочисельне тактування з частотою широтно-імпульсної модуляції на кожному структурному інтервалі (між точками природного вимикання тиристорів комутатора вольтододатка), що виключає зайві примусові комутації тиристорів на границях структурних інтервалів. А це дає можливість зменшити частоту примусових комутацій запираємих тиристорів вольтододатка у чотири рази. Частота примусових перемикань 225÷300 Гц є прийнятною для сучасних порівняльно низьковольтних сильнострумівих тиристорів типу GTO і GCT точки зору вирішення поставленої задачі.

В докладі детально аналізуються відповідні засоби управління і, що не менш важливо, характеристики вхідного фільтра вольтододатка при дії на нього збуджень з широким частотним спектром.

Підтвердженням функціональної працездатності перетворювального агрегату на базі основного дванадцятипульсного випрямляча з реверсивним запираємим вольтододатком з точки зору його фільтруючих можливостей щодо другої, четвертої і шостої неканонічних гармонік вихідної напруги є результати моделювання агрегату у середовищі Matlab.

Активний фільтр для тягової підстанції постійного струму

Сиченко В.Г., Зубенко В.А., (ДІТ)

На сучасному етапі розвитку напівпровідникових технологій можлива розробка і практична реалізація силового активного згладжуючого фільтра (САФ) тягової підстанції постійного струму на IGBT-технологіях. Цей фільтр має такі переваги: широкий спектр придушуваних гармонік; нечутливість характеристик САФ до розкиду параметрів комплектуючих, їх часовим і температурним дрейфам; низькі малогабаритні показники і, як наслідок, високі ергономічні показники; високу надійність роботи силових інтелектуальних модулів; легкість зміни параметрів і характеристик САФ за рахунок модифікації програмного управління; економічність роботи і забезпечення необхідного рівня електромагнітної сумісності.

Для САФ тягової підстанції постійного струму доцільне застосування паралельної схеми включення, що дозволяє значно знизити потужність інвертора і максимально використати існуюче устаткування.

Цей САФ має наступні характеристики:

Діапазон робочих напруг 2700 ... 4000 В.

Діапазон вимірюваних струмів 0...4000 А.

Активний фільтр повинен забезпечувати придушення пульсацій випрямленої напруги не менш чим в 20 разів у діапазоні 50 ... 2000 Гц.

Активний фільтр повинен бути стійкий до перехідних процесів на шинах тягової підстанції і у пасивних елементах фільтра при К.З. і комутаціях.

Живлення активний фільтр одержує від шин власних потреб підстанції напругою ~220 В ± 20%, споживана потужність не більше 2 кВт.

Температурний діапазон -10 ... +50 °С.

На індикаторі САФ повинні відображатися наступні параметри:

- Напруга в тяговій мережі,
 - Величина струму фільтра, що протікає через конденсатор,
- Коефіцієнт гармонік на вході фільтра,
- Коефіцієнт гармонік на виході фільтра.

Активний фільтр повинен бути необслуговуваним, самодіагностованим пристроєм.

Активний фільтр повинен забезпечувати самодіагностику вузлів, з передачею інформації в протоколі MODBUS по інтерфейсу RS485 на верхній рівень інформаційно-діагностичної системи тягової підстанції. Швидкість передачі 19200 бод. Обсяг передаваної інформації визначається за результатами дослідної експлуатації

Активний фільтр повинен контролювати рівень гармоніки із частотою 150 Гц на шинах підстанції, забезпечуючи контроль за справністю всіх фаз тягового агрегату. З появою гармоніки з амплітудою більше припустимої необхідно формувати вихідний сигнал «Несправність перетворювача». Тип виходу нормально розімкнутий контакт.

При несправності САФ система керування активного фільтра повинна формувати вихідний сигнал «Несправність фільтра», тип виходу нормально замкнутий контакт. Комутований струм 0,5А, напруга =220 В.

При цьому також значно знижуються масогабаритні параметри САФ.

Застосування САФ запропонованої конфігурації дозволяє знизити рівень перешкод у суміжних низькоенергетичних пристроях на 30 дБ і забезпечити їх усталену роботу при несиметричних режимах системи зовнішнього електропостачання як у статичному, так і в динамічному режимах.

Сертификация систем тягового электроснабжения по уровням электромагнитной совместимости

Сыченко В.Г. (ДИИТ)

Система тягового электроснабжения предназначена для обеспечения бесперебойной и надежной эксплуатационной работы электрифицированных линий железных дорог. Решение этой задачи достигается выбором параметров системы тягового электроснабжения обеспечивающих работу его оборудования в допустимых режимах, уровень надежности и резервирования, а также необходимое качество электрической энергии. Показателями качества электрической энергии в тяговых сетях являются отклонение, колебания и несинусоидальность напряжения, несимметрия напряжений, отклонения частоты, провал напряжения, импульсы напряжения, временные перенапряжения, и, в общем случае, также уровни электромагнитной совместимости. Проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) приобретает все большее значение при низких энергетических уровнях современного информационно-управляющего оборудования, прогрессивно возрастающем электромагнитном фоне окружающей среды, особенно при широком внедрении обеспечивающих безопасность и надежность многофункциональных электронных систем в условиях непосредственной близости к сильноточным электроэнергетическим устройствам и коммуникациям и, кроме того, имеет важное экономическое значение для обеспечения энергооптимальной работы систем тягового электроснабжения.

Введенный в Украине с 01.01.2000 г. ГОСТ 13109-97 устанавливает нормы качества электрической энергии, являющиеся уровнями ЭМС для кондуктивных электромагнитных помех (ЭМП). При соблюдении указанных норм обеспечивается ЭМС электрических сетей систем общего назначения и электрических сетей потребителей электрической энергии, в том числе и электрифицированных железных дорог. Величина возможных штрафных санкций за нарушение показателей качества энергии вынуждает ставить вопрос о необходимости контроля и управлением качеством электроэнергии на всей сети электрифицированных железных дорог как переменного, так и постоянного тока.

Электрифицированная железная дорога имеет следующие источники электромагнитного влияния: линии внешнего электроснабжения, элементы тяговой сети, распределительные линии продольного электроснабжения, автоблокировки и ДПР, электроподвижной и подвижной состав с импульсными преобразователями. Возникающие в процессе преобразования и потребления электрической энергии ЭМП распространяются по проводникам и в пространстве, изменяются во времени случайным образом и могут приводить к опасным и мешающим влияниям. К настоящему времени существующие нормативные документы (НД), регламентирующие уровни ЭМС системы тягового электроснабжения, не соответствуют современным требованиям по условиям энергосбережения, элементной базы, экологии. Для решения этой проблемы необходимо провести экспериментальные исследования на действующих линиях электрифицированных дорог, разработать новые методики расчета ЭМС, нормативную базу, устройства управления электромагнитной обстановкой, снижения ЭМП, контроля и диагностики. Следует отметить, что уже на первом этапе, при экспериментальном подтверждении обеспечения достаточного уровня ЭМС, возможно достичь экономии электроэнергии, в первую очередь, за счет рационального использования имеющегося оборудования. Разработка новых НД, учитывающих современный уровень развития техники, позволит законодательно урегулировать вопросы обеспечения ЭМС электрифицированных железных дорог и проводить сертификацию дистанций

электроснабжения по показателям качества электроэнергии и уровням ЭМС, что в свою очередь, приведет к улучшению технико-экономических показателей их работы.

Проведение этой работы целесообразно рассматривать в контексте реализации Программы энергосбережения на железнодорожном транспорте при разработке энергопаспортов дистанций электроснабжения.

Улучшение показателей качества электроэнергии в системе электрической тяги переменного тока 27,5 кВ применением регулируемой компенсации реактивной мощности

Сыченко В.Г., Босый Д.А. (ДИИТ), Попов О.Г. (Одесская ж.д.)

Система тягового электроснабжения переменного тока, имея преимущества по ряду энергоэкономических показателей над системой тяги постоянного тока, в то же время требует доработки в обеспечении электромагнитной совместимости и необходимого качества электрической энергии.

Источниками ухудшения качества энергии в тяговом электроснабжении являются: работа выпрямительно-инверторных агрегатов электропоездов, неравномерное потребление нагрузки электропоездами, отрывы токоприемников от поверхности контактного провода под нагрузкой.

Одним из способов улучшения показателей качества электроэнергии является применение устройств компенсации реактивной мощности.

Статические компенсаторы реактивной мощности, которые внедрялись в системах тягового электроснабжения на заре электрификации, практически отработали свой физический и моральный ресурс. При снижении грузопотока их стали выводить из работы, чтобы избежать перекомпенсации реактивной мощности и, как следствие, дополнительных штрафных санкций.

Развитие полупроводниковой микропроцессорной техники в современных условиях позволяет создать устройства, которые одновременно генерируют необходимую величину реактивной мощности и подавляют некоторые гармонические составляющие напряжения сети. Эти установки имеют возможность автоматического регулирования генерации реактивной мощности, что позволяет избежать штрафных санкций при ее перекомпенсации. Современные ФКУ изготавливаются с несколькими ступенями регулирования или имеют плавное регулирование.

Перед установкой таких устройств на участке железной дороги необходимо проводить анализ показателей качества электроэнергии, для определения гармонических составляющих сети и их мощности для расчета необходимой мощности и конфигурации ФКУ.

Открытым остается также вопрос размещения таких фильтрокомпенсирующих устройств. Известно, что наиболее эффективно их применение непосредственно вблизи источника ухудшения качества электроэнергии, т.е. на электроподвижном составе. Теоретически такие разработки ведутся, но практическое применение на территории Украины отсутствует.

В докладе авторами более детально рассматриваются вопросы внедрения ФКУ на действующей подстанции Одесской железной дороги.

Опыт внедрения и эксплуатации новой техники

Суглобов А. И. (Служба электроснабжения Одесской ж.д.)

Перед Главным управлением электрификации и электроснабжения, разработчиками новых технических средств, отраслевыми ВУЗами в рамках реализации стратегической программы обновления производственной базы стоит задача развития и обновления инфраструктуры, создания новых высоконадежных, малообслуживаемых устройств электроснабжения, предусматривающих существенное снижение эксплуатационных затрат и повышение производительности труда в хозяйстве. Без технического перевооружения отрасли, применения ресурсосберегающих технологий технических средств и технологий, повышения общего уровня подготовки специалистов невозможно повышение эффективности работы отрасли, на безотказной работе которой базируется безопасность движения поездов и безопасная эксплуатация объектов. На сегодня износ основных средств достигает 60-70% в абсолютном исчислении. Темпы обновления устройств электроснабжения явно недостаточны. В большей степени должно находить применение механизированных комплексов на железнодорожном ходу, в первую очередь для ремонта контактной сети, так как контактная сеть не имеет резерва и на нее приходится большее количество браков и отказов. Эксплуатация же устройств электроснабжения без повреждений и сбоев – это не лозунг, а каждодневный напряженный труд. И служба электроснабжения вместе с Главным управлением электрификации и электроснабжения работают в этом направлении. Теперь хотелось бы поделиться информацией по новой технике, которая сегодня эксплуатируется в нашем хозяйстве.

Аппаратно-программный комплекс для диагностики устройств системы тягового электроснабжения (УФ Камера)

УФ Камера используется для диагностики изоляции устройств системы тягового электроснабжения, состоит из ультрафиолетовой камеры и двух вычислительных машин. Предусмотрена возможность использования для диагностики как оборудования тяговых подстанций, так и оборудования контактной сети в условиях движения вагона-лаборатории со скоростью до 100 км/час. Специализированное программное обеспечение позволяет выполнять анализ полученных измерений и формировать отчеты. При опробовании камеры на лаборатории ВИКС был обнаружен дефектный изолятор на шинном мосту токоприемника. При высоковольтном испытании данного изолятора он не выдерживал напряжение 20 кВ. Однако выяснился момент, что для работы камеры «на ходу» необходимо выполнить остекление вышки ВИКСа кварцевым стеклом, чтобы камера могла воспринимать ультрафиолетовое излучение. На заводах Украины такое стекло не производится.

Установки по регенерации трансформаторного масла «Мастер Ойл 450» и «ПиРС 200».

Универсальная установка вакуумирования трансформаторных масел УВМ-1.

Передвижная установка по регенерации трансформаторного масла «Мастер Ойл 450» предназначена для фильтрации, нагрева, глубокой осушки и регенерации трансформаторного и других видов минеральных масел на принципах динамической адсорбции с применением натуральных или искусственных сорбентов. Установка «Пирс-200» предназначена для фильтрации и сушки сорбентов в установке «Мастер Ойл 450». Работниками масляного хозяйства ремонтно-ревизионного участка Долинской дистанции электроснабжения выполнено удлинение входных и выходных рукавов установки «Мастер Ойл 450», что дает возможность подключения установки «Пирс 200» в процесс фильтрации трансформаторного масла и позволяет использовать установленные патроны

адсорберов 3-4 цикла без перестановки. Этим достигается увеличение времени нахождения установки в работе и исключает применение крановой установки на линии.

Установка УВМ-1 предназначена для фильтрации, нагрева, осушки и дегазации трансформаторного и других видов минеральных и синтетических масел. Принцип работы установки основан на термовакуумной обработке масла в герметически закрытой камере с целью уменьшения количества влаги и газа. Установка также производит очистку масла от механических примесей с помощью фильтров грубой и тонкой очистки. Малые габаритные размеры и небольшой вес позволяют легко транспортировать их к месту проведения работ. Данная установка на сегодня обслуживает все дистанции электроснабжения дороги.

***Автоматизированная система управления устройствами электроснабжения
железнодорожного транспорта «ЛЮЗА» разработки ПКФ «Автоматика-Сервис»
г. Днепрпетровск***

АСУ «ЛЮЗА» - это недорогая высокоэффективная система, разработанная для управления устройствами электроснабжения железнодорожного транспорта. Техническая база системы – микропроцессоры и микроэлектронные компоненты ведущих фирм мира. В состав АСУ входит система телемеханики и АРМ енергодиспетчера. Данная система телемеханики в настоящее время установлена на 2-х енергодиспетчерских кругах Одесской дистанции электроснабжения, на енергодиспетчерском пункте Помошнянской дистанции электроснабжения взамен морально и физически устаревшей системы телемеханики типа «ЭСТ-62». 5 линейных комплектов аппаратуры телемеханики установлены и работают по Долинской дистанции электроснабжения на базе системы телемеханики типа «Лисна». Аппаратура диспетчерского пункта включает адаптер связи диспетчерского пункта, щит телесигнализации на базе ТФГ-мониторов, персональный компьютер. Щит может быть организован в однорядном или двухрядном исполнении. Схема содержит все телемеханизированное оборудование ЭЦЦ, а также наиболее важные объекты ручного управления. Адаптер связи обеспечивает прием ТС и передачу команд ТУ в каналы связи телемеханики, передачу ТС и прием команд ТУ от персонального комп'ютера. Сбоев в работе устройств по вине системы телемеханики не выявлено за этот период эксплуатации.

Тепловизор Thermo Tracer TH9100MV/WV

Прибор Тепловизор Thermo Tracer TH9100MV/WV представляет собой бесконтактную высокочувствительную инфракрасную камеру. Инфракрасное излучение от измеряемого объекта распознается и преобразуется в электрический сигнал двумерной неохлаждаемой матрицей чувствительных элементов в фокальной плоскости. Затем усиленный аналоговый температурный сигнал преобразуется в цифровой сигнал. Цифровой сигнал отображается в виде цветной или черно-белой термограммы. Данные изображений сохраняются на карте памяти и могут быть загружены в ПК для последующего анализа. В процессе проверки и на контактной сети, и на устройствах тяговых подстанций выявлялись дефекты, которые различаются по степени тяжести: начальная ступень неисправности, развитой дефект, аварийный дефект. В результате проверки удалось избежать серьезных отказов в работе устройств электроснабжения.

Элегазовые выключатели типа 3AP1 FG концерна SIEMENS

Выключатели типа 3AP1 FG являются трехполюсными автоматическими компрессорными выключателями в исполнении для наружной установки, где в качестве изолирующего и дугогасящего средства применяется элегаз. Выключатель имеет один пружинный привод на все фазы, что позволяет ему выполнять операцию АПВ в 3-х фазах. В течении всего времени работы выключатели показали себя надежными в эксплуатации, при этом значительно сокращается объем работ по обслуживанию и увеличиваются межремонтные периоды. Элегазовые выключатели, установленные на Т-1 и Т-2 участвуют

в переводе схемы питания с одного тягового трансформатора на другой, в среднем 2 раза в месяц. При этом отказов в работе устройств, замечаний и нареканий со стороны эксплуатационного персонала не было. Выключатель М-1 реже участвует в процессе включения – отключения, только в зависимости от схемы перевода питания I и II системы шин.

Устройство для слежения за параметрами контактного провода (УСП КП)

Устройство, установленное на автомотрисе АДМ-1093 ЭЧК-5 ст. Знаменка, с высокой точностью позволяет определять параметры контактного провода в местах фиксации с указанием величины зигзага и высоты подвеса. Для облегчения обработки данных измеренных устройством и возможности производить распечатку, на персональный компьютер было установлено программное обеспечение. Регистрация величин измерения устройством производится отсчетом по точкам фиксации контактного провода. При выполнении объезда оператором задается маршрут следования автомотрисы. За время эксплуатации отказов в работе устройств не зафиксировано.

Диагностирование вводов силовых трансформаторов тяговых подстанций

Тутик В.Л., Панов А.В. МЧП «Анигер»

Надежность, безопасность и экономичность работы современных железных дорог зависит непосредственно от качественного и бесперебойного снабжения их электрической энергией. Работа электрического оборудования сети электроснабжения должна находиться под постоянным контролем обслуживающего персонала, систем противоаварийной автоматики и релейной защиты. На современном уровне актуальным становится отслеживание естественного накопления вредных факторов, которые негативно влияют на работу силового электрооборудования. Это касается в первую очередь контроля изоляционных параметров высоковольтных вводов силовых трансформаторов тяговых подстанций, поскольку для их большинства срок службы превысил 25 лет, что привело к ухудшению диэлектрических характеристик изоляции и соответственно к возможности возникновения аварии.

Разработка системы непрерывной диагностики высоковольтных вводов трансформаторов, которая в настоящее время выполняется силами сотрудников Института электродинамики НАН Украины и МЧП «Анигер», позволит измерять под рабочим напряжением во время эксплуатации наиболее важные характеристики изоляции, такие, как тангенс угла диэлектрических потерь, емкость и проводимость. Система позволит отслеживать их изменение и своевременно выявлять возможность повреждения высоковольтных вводов и предупреждать об этом обслуживающий персонал.

Чаще всего ухудшения изоляционных качеств энергооборудования выявляют по изменению тока через изоляцию под действием фазного напряжения. На этом принципе построены методы измерения диэлектрических характеристик. Их разделяют на три группы. К первой группе относятся методы прямого измерения контролируемой величины, ко второй - методы сравнения между собой характеристик разных объектов данного распределительного устройства. Методы третьей группы основываются на сравнении измеряемого объекта с известным, который берется как образцовый. Посредством этих методов измеряют такие диэлектрические параметры, как комплексную проводимость, тангенс угла диэлектрических потерь и емкость. Неравновесно-компенсационный метод, который считается основным в первой группе, построен на принципе предыдущей компенсации тока, который протекает через неповрежденную изоляцию данного объекта. При этом дальше есть возможность измерять лишь прирост

тока, связанный с изменением диэлектрических характеристик изоляции. Этот метод измерения не ставит высоких требований к точности измерительного прибора и может быть применен в условиях эксплуатации. К методам второй группы можно отнести сравнение емкости объектов одного типа одноименных фаз. Сравнение проводится посредством мостовой схемы, в основном мостом Шеринга. При этом измеряется разница углов диэлектрических потерь двух объектов. К схемам, которые реализуют методы третьей группы, принадлежат мостовые, ваттметровая и компенсационная. За образцовую величину – базовое напряжение – берется, как правило, напряжение вторичной обмотки трансформатора напряжения (ТН) той фазы системы шин, к которой присоединяется контролируемый объект. Все эти методы реализованы в разрабатываемой системе непрерывной диагностики изоляции высоковольтных вводов силовых трансформаторов. В качестве технических средств реализации указанных методов выбран информационно-диагностический комплекс «Регина», в котором, единственном из всех устройств такого класса, имеется возможность измерять токи утечки через изоляцию порядка 10-15 миллиампер с достаточно высокой точностью.

Опыт производства арматуры контактной сети с улучшенными характеристиками

Шеремет А. П., ЛМЗ Веста

На сегодняшний же день внедрение скоростного движения поездов требует разработки принципиально новых деталей, которые имеют меньший вес, большие механические свойства и срок службы. Обеспечение выполнения этих требований возможно только на специализированных предприятиях за счет внедрения прогрессивных технологий и материалов, а также проведения масштабных эксплуатационных исследований [1]. Главным направлением в разработке новых и выпуске старых изделий является надежность и долговечность арматуры для контактной сети электрифицированных железных дорог.

Долговечность и надежность арматуры контактной сети [2] определяется стабильностью в течении эксплуатации первоначальных параметров механической и электрической прочности, а также минимализацией электромеханического изнашивания, коррозионных и прочих деструкций материалов, из которого она изготовлена.

Для изготовления арматуры для контактной сети железных дорог, применяются материалы как в чистом, так и легированные различными присадками (медь, латунь, бронза, алюминий и его сплавы) за основу, как правило, берется проводимость чистой меди. Так как в основном арматура подвергается механическим напряжениям, которые связаны напрямую с такими показателями как: коэффициент линейного расширения, модуля упругости, плотности, временного сопротивления разрыву, пределу пропорциональности, электрическое сопротивление, используемого сырья и материалов. Из них и определяется затем стойкость изделий на растяжение, сжатие, изгиб, срез, смятие, кручение, хладноломкость при низких температурах и перегрев от плохой проводимости. Применение чистой меди с хорошими показателями электропроводимости, ограничена ее высокой стоимостью и невысокой механической прочностью. Поэтому различные добавки - улучшая механические свойства, в большинстве случаев понижают свойства проводимости.

Учитывая, что арматура контактной сети железных дорог, находится под воздействием механических и электрических нагрузок, а также того фактора, что она должна работать в любых атмосферных условиях, то при ее проектировании необходимо учитывать наиболее опасные сочетания нагрузок и климатических факторов. [2]

Как правило нагрузки, воздействующие на арматуру разбивают на:
постоянные,
возникающие от веса подвески, натяжения проводов;
временные,
возникающие при прохождении токоприемника, ветровых нагрузках, гололеда, снежных образований, а также нагрузок при монтаже самой контактной подвески;
особые,
возникающие при обрыве провода.

Обычно для всей арматуры контактной сети все допустимые нагрузки, которым она будет подвержена в ходе эксплуатации, установлены действующими нормами и правилами.

Рассмотрим некоторые аспекты, оказывающие влияние на качество и долговечность арматуры контактной сети:

1. Выбор применяемых материалов.

При выборе применяемого материала проектировщики учитывают их механические и физические свойства, которые могут существенно повлиять на их стойкость при воздействии в ходе эксплуатации допустимых нагрузок, это такие как определяющие [4]:

механические свойства:

НВ – твердость по Брюнелю

σ_B - временное сопротивление (предел прочности при разрыве)

$\sigma_{0,2}$ – предел текучести условный с допуском на величину пластической деформации при нагружении 0,2%

δ - относительное удлинение после разрыва в %

KCU – ударная вязкость, определенная на образцах с концентратором вида U.

Ψ – относительное сужение после разрыва.

физические свойства:

ρ - удельное электрическое сопротивление

γ - плотность

λ - теплопроводность

Ср – удельная теплоемкость при постоянном давлении

α - температурный коэффициент линейного расширения

В настоящее время при изготовлении арматуры из цветных металлов, производителями в основном используются такие материалы, как: [3]

Алюминиевая бронза, марки БрАЖ9-4 по ГОСТ 4748-92

Кремнистая бронза, марки БрКН1-3 по ГОСТ 18175-78

Кремнистая латунь, марки ЛЦ16К4 по ГОСТ 17711-93

Перечисленные материалы, представляют собой сплав меди с различными материалами, количественный состав которых и определяет механические и физические свойства сплава. Хотя состав сплавов строго определен технической документацией и ГОСТами, изменение их количественного состава даже в пределах ГОСТа приводит к значительным изменениям физических и механических свойств.

При выборе сплавов для арматуры контактной сети необходимо учитывать то, что некоторые элементы сплавов могут быть полезными, то есть повышать механические и улучшать физические свойства сплава и вредными, то есть ухудшать названные свойства.

Алюминиевая бронза БрАЖ9-4 по ГОСТ 4748-92 (Al -8,0...10,0%, Fe-2,0-4,0%, примеси не более 1,7%)

Механические свойства [4]

Таблица 1

Состояние	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$ МПа	δ , %	НВ	КСУ, МДж/м ²
Мягкое	400-500	220	35-45	100-120	-
Твердое	500-700	350	4...6	100-120	0,8
Прессованное	600	300	20	140	

Физические свойства [4]

Таблица 2

Тпл С,	γ , кг/м ³	ρ , мкОм*м	λ , Вт/(м*К)	C_p , Дж/(кг*К)	$\alpha \cdot 10^4$, К ⁻¹
1040	7500	0,123	75,0	418	17,0

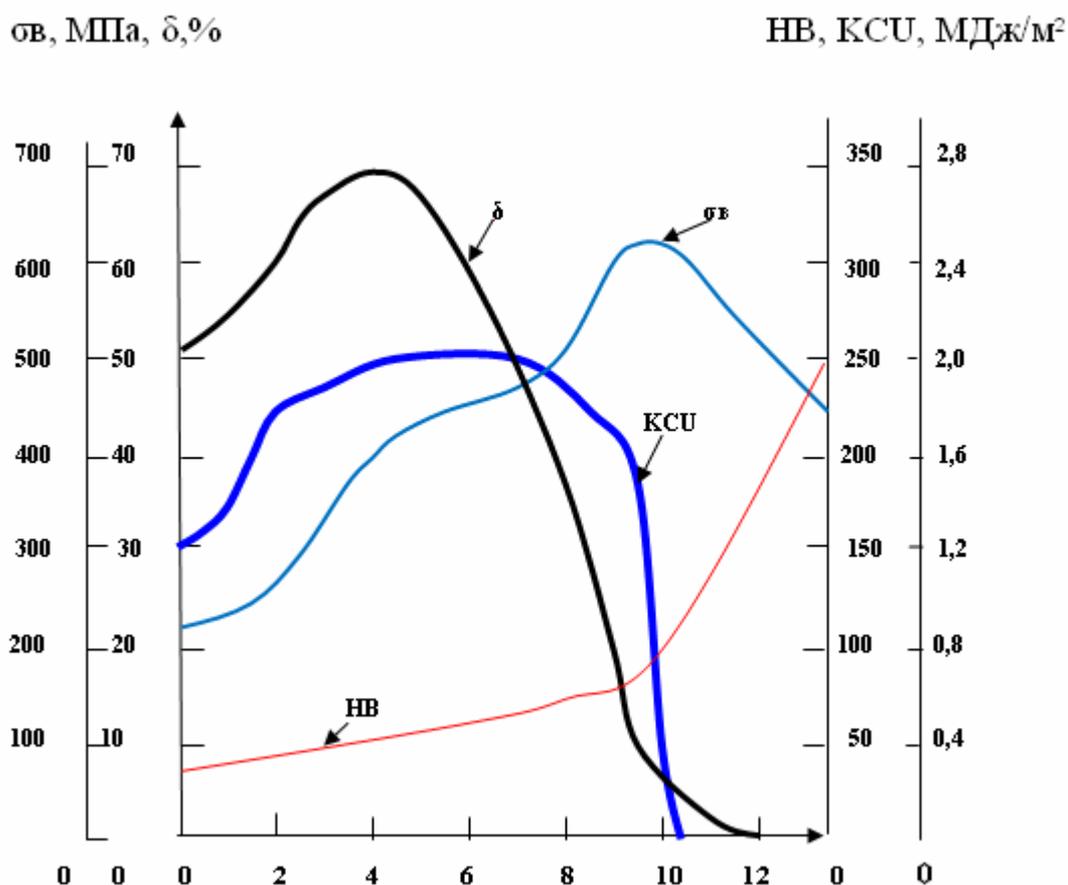


Рис. 1 Влияние содержания алюминия на механические свойства отожженных алюминиевых бронз [5]

Как видим алюминий, оказывает существенное влияние на физические и механические свойства бронз. При содержании в сплаве алюминия до 10..11% повышаются прочностные свойства бронзы, а затем резко происходит их снижение. Повышение количества алюминия в сплавах снижает его плотность и очень резко

теплопроводность. Содержание железа повышает механические свойства бронзы. Бронза БрАЖ9-4 хорошо обрабатывается давлением в горячем состоянии.

Кремниевая бронза БрКН1-3 по ГОСТ 18175-78

Механические свойства [6]

Таблица 3

Состояние	$\sigma_{в}$, МПа	$\sigma_{0,2}$ МПа	δ , %	НВ	КСУ, МДж/м ²
Закаленное	350	150	30	(75)	-
Состаренное	700	550	8	(180)	-
Состаренное после закалки и деформации	850	800	10	(220)	0,4...1,0

Физические свойства [6]

Таблица 4

Тпл С,	γ , кг/м ³	ρ , мкОм*м	λ , Вт/(м*К)	C_p , Дж/(кг*К)	$\alpha*10$, К ⁻¹
1050	8600	0,046	140	377	18,0

Кремнистая бронза БрКН1-3 с содержанием никеля до 1% и кремния до 3% обладает хорошими механическими и физическими свойствами. Хорошо обрабатывается давлением в холодном и горячем состоянии.

Кремнистая латунь, марки ЛЦ16К4 по ГОСТ 17711-93

Механические свойства [4]

Таблица 5

Способ литья	$\sigma_{в}$, МПа	$\sigma_{0,2}$ МПа	δ , %	НВ	КСУ, МДж/м ²
Песчаная форма	300-350	120-200	15	110	-
Кокиль	350-500	-	15..20	100-110	1,2
Центробежное	300-500	-	-	-	--

Физические свойства [4]

Таблица 6

Тпл С,	γ , кг/м ³	ρ , мкОм*м	λ , Вт/(м*К)	C_p , Дж/(кг*К)	$\alpha*10$, К ⁻¹
900	8500	0,2	83,7	-	17,0

Основным элементом латуни является медь не менее 80% и цинк не более 16%, остальное кремний не более 4,5% и др. допустимые элементы. Каждый элемент по своему определяет механические и физические свойства сплава.

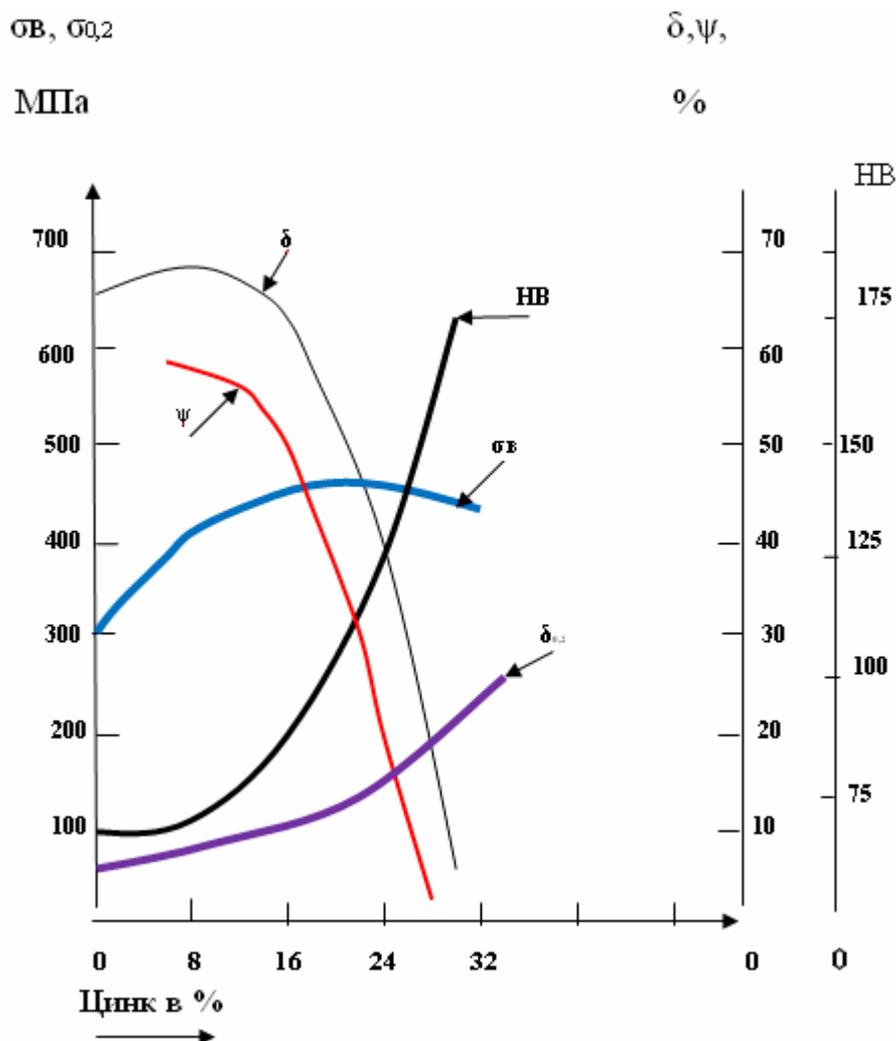


Рис. 2 Влияние содержания цинка на механические свойства кремнистой латуни, при содержании кремния 3,0%. [6]

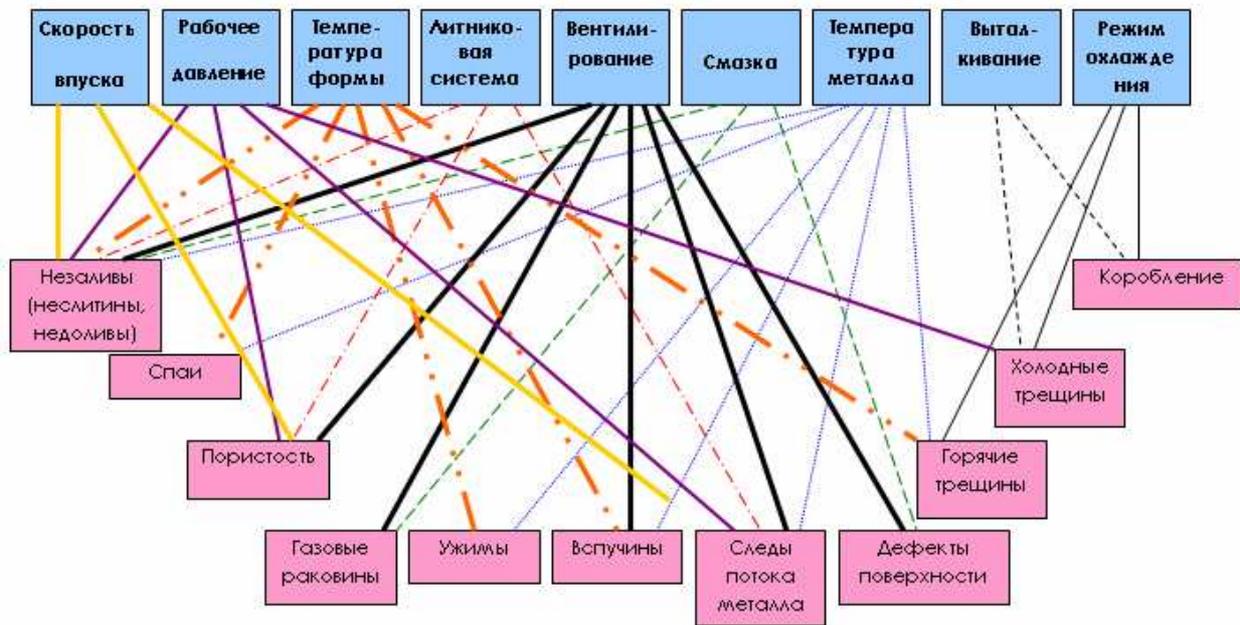
Заметно, что при содержании цинка более 20% происходит снижение механических свойств латуни, хотя и увеличивается твердость, уменьшается предел прочности при разрыве, ухудшаются электрические свойства. При содержании цинка более 16% резко снижается коэффициент относительного сужения после разрыва. Кремнистая латунь обладает стойкостью к коррозионному растрескиванию, для полного избегания, которого рекомендуется проводить низкотемпературный отжиг.

2. Влияние технологического процесса литья на качество арматуры контактной сети

Анализ зависимости дефектов литья арматуры контактной сети и их причин приведены на рисунке 3.

Рисунок 3

Взаимозависимость дефектов отливок и их причин при литье



3. Основные направления повышения долговечности арматуры контактной сети

На железных дорогах до настоящего времени применяется арматура контактной сети, которая в основном представляет собой конструкции разработок 1960-80 г.г., при этом многие изделия, имеют значительную массу и завышенные прочностные характеристики. Проведенные на предприятии испытания на механическую прочность приведены в таблице 7.

Таблица 7.

№ п.п.	Наименование изделия	Показатели нагрузок				
		Масса, кг	Усилие Р проскальзывания, кН		Усилие вырыва, кН	
			Разрушение	Факт	Разрушение	Факт
1.	Зажим струновой 046	0,220	3,6	7,4	4,5	14,8
2.	Зажим фиксирующий 049	0,365	4,5	15,5	7,5	16,2

Полученные данные красноречиво говорят о возможности проектирования и изготовления новых видов изделия с меньшим весом и нужными техническими характеристиками.

Отдельно необходимо подчеркнуть возможности применения метизов с меньшей массой материалов, так как их масса занимает до 30% от всей массы арматуры. Применение без болтовых соединений арматуры контактной сети можно считать самым перспективным направлением, так как отсутствие метизов позволяет монтировать

изделия без применения смазок для обеспечения раскручиваемости болтовых соединений при демонтаже изделий, тем самым увеличивается коррозионная стойкость, что приводит к значительному повышению срока службы изделия.

Так на железных дорогах России были успешно применены изделия арматуры с меньшим весом (046,048-2,053-5,055-5) [3] и без применения контргайки (завод УКС зажим стыковой 059), а на железных дорогах Украины новые без болтовые зажимы (ЛМЗ «Веста»), такие как



Рис. 5 Зажим струновой для контактного провода, 046-8 Вес изделия – 0,094кГ.



Рис. 6 Зажим струновой для несущего троса сечением 95мм² , 046-9 Вес изделия – 0,120кГ.



Рис. 7 Зажим струновой для несущего троса сечением 120мм², 046-10
Вес изделия – 0,125кг.

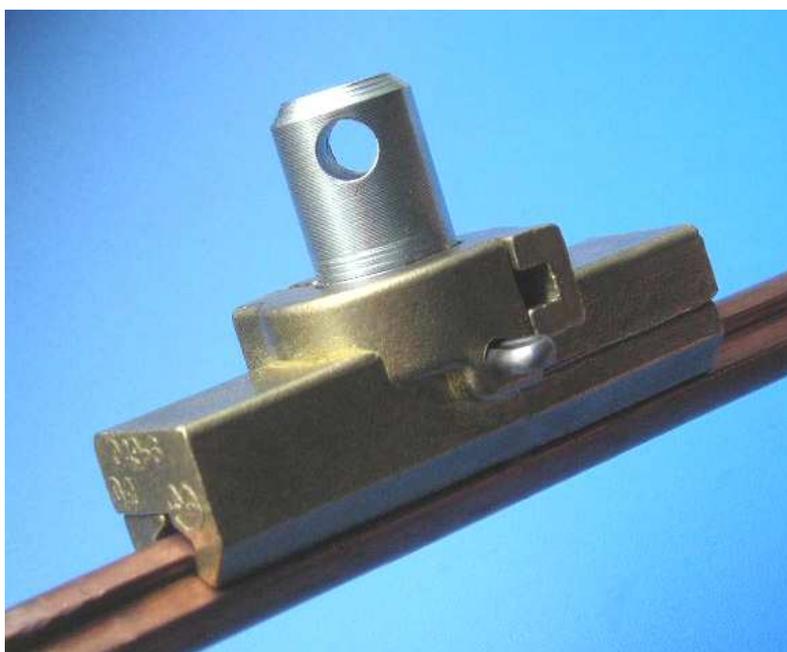


Рис. 8 Фиксирующий зажим, 049-6
Вес изделия – 0,220кг.

С 2000г. по 2007г. ЛМЗ «Веста» изготовил и поставил для железных дорог около 400 тыс. комплектов без болтовых зажимов.

Строители и эксплуатационники, отметили - легкость и удобство монтажа новых без болтовых зажимов.

Так монтаж и демонтаж указанного изделия на контактном проводе осуществляется очень быстро, время в основном тратится на установку специального универсального устройства ПДМ-У1

Конструктивная надежность без болтовых изделий, позволяет использовать принцип «установил-забыл».

Практически были выполнены требования:

- высокая надежность и безопасная работа – в ходе эксплуатации, которая обеспечивается динамическое взаимодействие детали с контактным проводом, влияющее на бесперебойное электроснабжение тягового подвижного состава;
- экономичности - деталь недорога, удобна в монтаже, требует малых затрат при эксплуатации и техническом обслуживании;
- долговечности - имеет высокую механическую и электрическую прочность, коррозионную стойкость и другим факторам окружающей среды, срок службы зажима гарантируется на уровне не менее 50 лет;
- легко демонтируется и подвергается утилизации.

Применение разработанной арматуры на скоростных участках электрифицированных дорог позволит обеспечить реализацию мероприятий, направленных на обеспечение качественного токосъема и повысит технологичность обслуживания контактной подвески.

Литература.

1. Сиченко В.Г. Підтвердження відповідності контактної мережі: проблеми та досвід. // Залізничний транспорт України. – 2004. – № 4. – С. 36–38.
2. Михеев В.П. Контактные сети и линии электропередачи.- М.: Маршрут, 2003.- 6-12 с.
3. Контактная сеть и воздушные линии // МПС РФ департамент электрификации и электроснабжения. Справочник 2004.
4. Осинцев О.Е. «Медь и медные сплавы» М. Машиностроение – 2004 с.49-74, 87-92,112, 153
5. Бобылев А.В. Механические и технологические свойства металлов // Справочник М. Металлургия, 1973, 424с.
6. Николаев А.К., Пружинин И.Ф., Розенберг В.М. Ревина Н.И. Влияние состава на структуру с свойства сплавов системы медь-никель-кремний. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов М.Металлургия 1980 №64 с30-36.

Защитное отключение при обрыве контактного провода в системе электроснабжения железнодорожного транспорта

Шкрабец Ф. П., д-р техн. наук, Остапчук А.В., к.т.н., Гребенюк А. Н.
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

Обрыв контактного провода тяговой сети электрического транспорта является одной из причин возникновения аварийных режимов, представляющих большую опасность для людей в результате действия напряжения прикосновения и шага. В системах электроснабжения железнодорожного транспорта наиболее ответственным элементом является контактная сеть. В условиях эксплуатации хотя и редко, но все же бывают случаи перекрытия нейтральных вставок. При этом образуется мощная электрическая дуга, происходит пережог проводов контактной сети, а в ряде случаев и более тяжелые повреждения. Токи в сети, обусловленные перекрытием, сравнительно невелики (400-600 А), что ниже токов нагрузки. Релейная защита на тяговых подстанциях и постах секционирования отстроена от токов нагрузки и к указанному аварийному режиму также не чувствительна. В случае обрыва провода (по любой причине) и падения его на сухую землю или шпальную решетку переходное сопротивление может достигать

20 Ом и более. Большие сопротивления дуги осложняют работу защиты, особенно тех ее ступеней, которые реагируют на фазовый угол тока короткого замыкания.

Анализ работоспособности средств защиты показал, что возможны аварийные режимы, при которых вероятно несрабатывание штатных средств защиты от аварийных режимов в тяговой сети. Если учесть переходное сопротивление в точке замыкания и сложность определения, где произошло замыкание (произошел обрыв контактного провода или произошло перекрытие изолятора на подвижном составе), то вероятность несрабатывания устройств защиты резко возрастает. Для исключения указанных недостатков предлагается иметь защиту от обрыва контактного провода. При этом такая защита при соответствующей ее реализации способна предотвратить режим замыкания на землю при обрыве контактного провода за счет отключения аварийной секции контактной сети до момента касания оборванного провода земли. Расчеты показали, что существует реальная возможность с помощью данного устройства предотвратить режим замыкания на землю, так как интервал времени от обрыва провода до касания его земли равен 1,2-1,3 с, а время отключения составит менее 0,3 с.

Защита от обрыва контактного провода должна срабатывать при исчезновении тока в контактом проводе. Однако в секционированной контактной сети возможно отсутствие тока при переходе электровоза на другую секцию и временном отрыве пантографа. Поэтому указанный признак не может использоваться для пуска устройства защитного отключения. Для контроля целостности контактного провода тяговой сети рекомендуется использовать оперативный синусоидальный ток промышленной частоты. Для трехфазных воздушных линий электропередачи системы внешнего электроснабжения тяговой системы для защиты при обрыве фазного провода можно использовать метод, основанный на контроле исчезновения тока в одной фазе.

Выводы.

1. Существует реальная возможность с помощью устройства защитного отключения предотвратить режим замыкания на землю в результате обрыва контактного провода

2. Устройство защитного отключения при обрыве провода питающей или тяговой сети позволяет при определенных условиях отключить источник до появления замыкания на землю, что резко уменьшает вероятность развития аварии и улучшает условия безопасности.

Подавление неканонических гармоник входных токов выпрямителей входным гармоническим воздействием

Ягуп Е. В. Украинская государственная академия железнодорожного транспорта
кафедра системы тяги

На тяговых подстанциях постоянного тока широкое применение получили выпрямительные установки, мощность которых соизмерима с мощностью электрической сети. Такие устройства искажают форму входных токов и генерируют в сеть канонические гармоники, номера которых зависят от пульсности выпрямителя, что негативно влияют на качество электрической энергии. Воздействие несимметрии сети еще более усугубляет ситуацию тем, что выпрямители при таких условиях работы генерируют в сеть неканонические гармоники, а именно четные и кратные трем.

Проведено исследование механизма подавления неканонических гармоник входных токов в замкнутой структуре. Для реализации такого механизма в состав неуправляемого выпрямителя был введен специальный вольтодобавочный преобразователь, представляющий собой тиристорный выпрямитель. Регулирование уровнем заданных

неканонических гармоник осуществляется корректирующим гармоническим воздействием с частотой 100 Гц, подаваемым на вход тиристорного выпрямителя. Структурно такая схема представляет собой замкнутую систему автоматического регулирования по отклонению. Изменение амплитуды или фазового сдвига гармонического воздействия вызывает изменение гармонического состава входных токов выпрямителя. Возможность найти такую комбинацию этих параметров, при которой максимально подавляется заданная гармоника, позволяет рассматривать данную установку как систему экстремального регулирования с переменной структурой, в состав которой входит регулируемый усилитель, изменяющий амплитуду гармонического воздействия и регулируемый фазовращатель, варьирующий фазовый сдвиг компенсирующего воздействия.

В работе приведены структурные схемы, позволяющие в полной мере исследовать систему «Выпрямитель-сеть» и исследованы ее динамические характеристики. Исследована реакция регулируемого фазовращателя на входное воздействие напряжения, при этом установлено, что изменение входного напряжения влияет только на фазу выходного сигнала.

Исследован эффект компенсации неканонической гармоники, показателем чего является коэффициент подавления, для вычисления которого получено специальное аналитическое выражение. Для вывода аналитического выражения был задействован математический аппарат модифицированного Z-преобразования. При исследовании зависимостей коэффициента подавления было установлено, что его величина практически не зависит от номера подавляемой гармоники. Показано, что при увеличении коэффициента демпфирования величина коэффициента подавления снижается.

Изложенные теоретические предположения были подтверждены экспериментально с помощью компьютерной модели выпрямителя с вольтодобавочной установкой, созданной с помощью пакета MATLAB. Для реализации оптимизации параметров входного гармонического воздействия был задействован симплекс-метод Нелдера-Мида.

Діагностування пристроїв електропостачання

Бітюков С. Д. (Служба електропостачання Донецької залізниці)

1. Досвід застосування сучасних діагностично – випробувальних засобів у господарстві електропостачання Донецької залізниці:
 - досвід експлуатації в Краснолиманській дистанції електропостачання лабораторії по випробуванням трансформаторів „Себа – КМТ”;
 - досвід експлуатації в Краснолиманській та Іловайській дистанціях кабельних електролабораторій „Себа”;
 - вагона = лабораторії контактної мережі „НДІЕФА Санкт- Петербург”
 - приладів діагностування:
 - a) „Інтроскоп – 9S.1”
 - b) „Метакон-експрес – 110 кВ”
 - c) „Ультраскан”
 - d) А – 1220 для діагностування ізоляторів та анкерних болтів;
 - високовольтного вимірювального мосту СА 7100 та ін.
 - досвід експлуатації газового хроматографа, об’єми річних випробувань та результати – попередження аварій трансформаторів (по ЕЧ – 1,6,8);
 - механічні випробування опорних ізоляторів у роз’єднувачах 110 кВ;
 - нові прилади діагностування залізобетонних стоек контактної мережі та корозійних параметрів.

2. Плани впровадження нових технічних засобів та методів діагностування.
 - методика діагностування контурів заземлення тягових підстанцій по методикам та з приладами НПКІ „Молнія” м.Харків;
 - впровадження тепловізійного контролю на контактній мережі та тягових підстанціях, результати дослідного застосування;
 - випробувальної лабораторії ЕТЛ – 35к (закупівля 2007р);
 - випробувально – вимірювального пересувного кабельного комплексу Surgeflex (закупівля 2007р);
 - діагностичні комплекси контактної мережі на автомотрисах;
 - комплекси випробувань релейного захисту та мікропроцесорного захисту;
 - переносні прилади вимірювання положення контактного проводу.
3. Проблемні питання:
 - діагностування фарфорових ізоляторів контактної мережі постійного струму.

Информация о деятельности предприятия ООО ПКФ «Автоматика-сервис»

Научно-производственное предприятие «Автоматика - Сервис» создано в 1993 г. в городе Днепропетровске. Основное направление работ - разработка и внедрение систем реального времени для управления технологическими процессами.

Среди работ, выполненных специалистами предприятия, можно отметить следующие:

- более 150 автоматизированных рабочих мест диспетчеров различных служб на Куйбышевской, Северо-Кавказской, Северной, Московской, Октябрьской, Юго-западной, Одесской, Донецкой железных дорогах, Московском и Киевском метрополитенах, в Днепропетровском и Пензенском трамвайно-троллейбусных управлениях;
- центральные энергодиспетчерские пункты на Московской, Западно-Сибирской, Горьковской, Красноярской, Куйбышевской железных дорогах;
- разработка информационно-измерительного комплекса по тягово-энергетическим испытаниям электровозов для динамометрических вагон-лабораторий Юго-Западной, Южной, Приднепровской ЖД.
- система учета выработки и контроля качества продукции для АО «Днепрошина».
- разработка и изготовление устройства управления и диагностики для устройства зарядного. Заказчик, государственное предприятие **«Особое проектно-конструкторское и технологическое бюро источников питания»;**
- разработка конструкторской документации та изготовления экспериментального образца информационно-измерительного комплекса контроля основного и резервного электропитания постов ЕЦ. Заказчик, **Государственная администрация железнодорожного транспорта Украины, Главное управление развития та инвестиций.**

- разработка комплекса программ для автоматизации документооборота и учета расходов электроэнергии. Заказчик, городское коммунальное предприятие «Днепропетровский электротранспорт».

Как правило, разрабатываемые системы включают специализированные микроконтроллеры и персональные компьютеры с установленным на них технологическим программным обеспечением. Микроконтроллеры осуществляют сбор и первичную обработку информации с объектов управления. Персональные компьютеры обеспечивают управление технологическим процессом. Разработка и изготовление микроконтроллеров осуществляется специалистами ПКФ «Автоматика - Сервис». Основу микроконтроллеров составляют процессоры фирм «Intel», «Atmel», сигнальные процессоры фирмы «Analog Device».

N	Наименование	Примечание
1	Адаптер Топаз-2001МСТ	Адаптер сопряжения персонального компьютера с диспетчерской частью системы телемеханики МСТ-95.
	Топаз-2001МСТ-Т	(для трамвайной телемеханики)
2	Адаптер Топаз-2000	Адаптер сопряжения персонального компьютера с линейной частью системы телемеханики ЭСТ-62, Лисна, МРК-85 (частотная подсистема), МСТ-95. Подключается непосредственно к 2 линиям связи ТУ и 2 линиям связи ТС.
3	Адаптер Топаз-2002	Стойка переприема (используется на длинных зашумленных линиях) системы телемеханики ЭСТ-62, Лисна, МРК-85 (частотная подсистема), МСТ-95.
4	Адаптер ТМ-320	Адаптер сопряжения персонального компьютера с линейной частью системы телемеханики ТМ-320. Содержит 16 каналов ТУ-ТС, подключается непосредственно к линиям связи ТУ-ТС.
5	Адаптер Гранит	Адаптер сопряжения персонального компьютера с линиями связи системы телемеханики Гранит. Содержит 16 каналов ТУ-ТС, подключается непосредственно к линиям связи ТУ-ТС.
6	Ведущий модуль ТМSS-3	Содержит каналообразующую аппаратуру (приемник и передатчик), блок питания для всех ведомых модулей и промежуточных реле). Предназначен для организации связи по низкочастотным каналам связи, и управления подчиненными модулями ТМSS.
7	Ведомый модуль ТМSS-3	Модуль контроля и управления объектами. Для двухрелейной схемы цепей ТУ - 7 объектов ТУ, однорелейной схемы - 12 объектов ТУ для первого модуля и 14 для последующих. Выполняет опрос 22-х объектов ТС.

8	Модуль защиты PROT-TLM	Двухканальный блок защиты линий связи от перенапряжений и грозовых разрядов. (Грозоразрядники, варисторы, дросселя, самовостанавливающиеся предохранители)
9	Малогобаритная панель индикации МПИ-1М	Предназначена для отображения состояния 96 объектов телесигнализации на энергодиспетчерском пункте. Размер одной панели - 270 x 400 мм.
10	Малогобаритная панель индикации ПУИ-1	Предназначена для отображения состояния 96 объектов телесигнализации при создании щитов сигнализации коллективного пользования произвольного размера при проектировании Центрального энергодиспетчерского пункта.
11	Преобразователь сигналов интерфейса RS-232/485	Предназначен для электрического преобразования сигналов интерфейса RS-232 в сигналы интерфейса RS-485 и наоборот.
12	Модуль TriO-2	Предназначен для создания систем оперативной радиосвязи энергодиспетчера с работающими бригадами. Устройство обеспечивает передачу речевых и информационных сигналов в общую линию связи с последующей трансляцией в эфир с помощью радиостанции.
13	Одноканальный приемопередатчик частотно-модулированных сигналов PTR-98.	Предназначен для приема и передачи данных в цифровом виде по каналам связи телемеханики БСТ-59, ЭСТ-62, Лисна, МСТ-95.
14	Автономный электронный прибор МС260	Двухканальный программируемый электронный счетчик импульсов.
15	АРМ ДТТУ	
16	АРМ ЭЧЦ	
17	АРМ ЦЭДП	До 25-и АРМ установленных ЭЧЦ. Включает 2 места ЦЭДП.
18	Блок управления устройством раздела питания для поста секционирования.	Предназначен для автоматического управления вакуумным контактором, выполняющим шунтирование открытых воздушных промежутков постов секционирования 27,5 кВ со встречно-консольным питанием при проходе по ним токоприемников электроподвижного состава
19	АС0201	Импульсный блок питания (24В) совмещенный с преобразователем интерфейсов 232-485

49106 г. Днепропетровск ул. Набережная Победы 134 корпус 3, офис89.

Тел./факс 80562 – 34-02-51, 32-40-21

Директор Сирота Сергей Александрович

Гл. инженер Назаренко Вадим Сергеевич

www.avserv.dp.ua

СОДЕРЖАНИЕ

1. Диодные выпрямители нового поколения на ток 3150 А напряжение 3300 В для магистральных железных дорог <i>Андриенко П.Д., Ильин А.Г., Наконечный В.Ф.</i>	2
2. Результаты моделирования различных режимов работы тяговых подстанций постоянного тока <i>Андриенко П.Д., Каплиенко А.О.</i>	3
3. Повышение качества электрической энергии совершенствованием выпрямительно-инверторных агрегатов <i>Бадер М.П.</i>	4
4. Оптимизация потребления электроэнергии на железной дороге посредством использования систем активных фильтров и компенсации реактивной мощности <i>Бернацк В., Кухарек М., Тюрютиков А.И., Тодоренко В.А.</i>	5
5. Підвищення ефективності експлуатації джерел живлення з генераторами постійного струму електрорухомого складу <i>Білухін Д. С.</i>	6
6. Сучасне обладнання для тягових підстанцій, застосовуване в практиці проектування. <i>Бойко А. М., Малишко І. В., Лагута І. І.</i>	7
7. К вопросу о токоемее и износе контактного провода <i>Большаков Ю.Л., Гершман И.С., Сыченко В.Г.</i>	8
8. Застосування сучасних методів програмування при імітаційному моделюванні систем тягового електропостачання з врахуванням якості електричної енергії <i>Босий Д.О.</i>	12
9. Определения уровней опасного и мешающего влияния подвижного состава на работу рельсовых цепей <i>Гаврилюк В.И.</i>	13
10. Анализ специфических требований к разработке магистральных светофоров железнодорожного транспорта на светодиодах <i>Гаврилюк В.И., Воронов В.О.</i>	14
11. Вероятностный подход к оценке влияния электромагнитных помех тягового тока на работу рельсовых цепей <i>Гаврилюк В.И., Завгородний А.В.</i>	15
12. Методика испытания новых типов подвижного состава на электромагнитную совместимость с устройствами железнодорожной автоматики <i>Гаврилюк В.И., Сыченко В.Г., Миргородская А.И.</i>	16
13. Швидкісний рух і проблеми струмознімання <i>Гілевич О.І., Дьяков В.О., Сиченко В.Г.</i>	17
14. Противокоррозионная защита железобетонных опор контактной сети в зоне станций стыкования <i>Дьяков В.А., Сыченко В.Г., Гилевич О.И., Дзюман В. Г., Дьяков А.В.</i>	18
15. Система электроснабжения контактной сети постоянного тока с продольной линией повышенного напряжения <i>Гончаров Ю.П., Панасенко Н.В., Замаруев В.В., Ивахно В.В., Семененко А.И.</i>	19
16. Енергоефективний перетворювальний агрегат з функціями інвертування енергії для тягової підстанції системи електропостачання постійного струму напруги 3 кВ. <i>Довгалюк О.П., Панасенко М.В., Панасенко В.М.</i>	20
17. Новая продукция ООО «ИЗОПЛАСТ» для железных дорог и железнодорожного транспорта <i>Злаказов А. Б., Оводов А. В.</i>	21

18. Математическая модель электромагнитной совместимости <i>Инсепов Д.Г.</i>	35
19. Исследование электрического поля полимерных изоляторов с внутренним электрическим дефектом <i>Ким Ен Дар, Сыченко В. Г., Калмыков В.А.</i>	36
20. Применение приборов учета и анализа качества электроэнергии SATEC в АСКУЭ железнодорожного транспорта <i>Кричевский М. (Израиль), Перекрест В.В., Тодоренко В.В., Тюрютиков А.И.</i>	41
21. Нормування витрат електроенергії на власні потреби тягових підстанцій залізниць України <i>Кузнєцов В.Г.</i>	42
22. Захист залізобетонних стояків від корозії та методи збільшення нормативного терміну експлуатації за рахунок гідрофобізуючих силосанових сумішей <i>Кучмій О.С.</i>	43
23. Перетворювальний агрегат з коефіцієнтом потужності близьким до 1 для тягової підстанції системи електропостачання постійного струму напруги 3 кВ <i>Лагута І.І., Панасенко М.В., Хворост М.В.</i>	44
24. Оценка состояния изоляции силовых трансформаторов методом измерения величины возвратного напряжения <i>Ляшук В. М.</i>	45
25. Енергетичні канали тягових підстанцій системи електропостачання постійного струму напруги 3 кВ підвищеної ефективності <i>Малишко І.В., Панасенко М.В.</i>	46
26. Модель системы информационной безопасности АСУ тягового электроснабжения <i>Матусевич А.А.</i>	47
27. Исследование влияния тягового тока на тональные рельсовые цепи на участках с электротягой постоянного тока <i>Меняйленко А.А.</i>	48
28. Устройства секционирования контактной сети постоянного и переменного тока ПСК-3,3 кВ; ПСК-27,5 кВ; ППС-3,3 кВ. <i>Наследов Ю. Н.</i>	49
29. Устройство контроля хищений электроэнергии <i>Остапчук А.В., Красовский П.Ю.</i>	51
30. Енергоефективний перетворювальний агрегат з функціями захисту від аварійних струмів тягової підстанції системи електропостачання постійного струму напруги 3 кВ <i>Панасенко М.В., Фітін В.О., Божко В.В.</i>	52
31. Визначення факторів, що впливають на довговічність стійок залізобетонних опор контактної мережі <i>Полях О.М., Кузнєцов В.Г.</i>	53
32. Защита рельсовых цепей на участках электротяги переменного тока от влияния постоянных токов в зоне станции стыкования <i>Разгонов А.П., Дьяков В.А., Журавлев А.Ю.</i>	54
33. Метод расчета рельсовых цепей при использовании динамической петли гистерезиса ферромагнитных элементов <i>Разгонов А.П., Журавлев А.Ю., Разгонов С.А.</i>	55
34. Убытки от нарушения качества электроэнергии. <i>Саенко Ю.Л., Горпинич А.В.</i>	56
35. Енергоефективний перетворювальний агрегат з функціями фільтрації гармонік вихідної напруги тягової підстанції системи електропостачання постійного струму напруги 3 кВ. <i>Самсонкін В.М., Панасенко М.В., Гончаров Ю.П.</i>	57

36. Активний фільтр для тягової підстанції постійного струму <i>Сиченко В.Г., Зубенко В.А.</i>	58
37. Сертификация систем тягового электроснабжения по уровням электромагнитной совместимости <i>Сыченко В.Г.</i>	59
38. Улучшение показателей качества электроэнергии в системе электрической тяги переменного тока 27,5 кВ применением регулируемой компенсации реактивной мощности <i>Сыченко В.Г., Босый Д.А., Попов О.Г.</i>	60
39. Опыт внедрения и эксплуатации новой техники <i>Суглобов А. И.</i>	61
40. Диагностирование вводов силовых трансформаторов тяговых подстанций <i>Туттик В.Л., Панов А.В.</i>	63
41. Опыт производства арматуры контактной сети с улучшенными характеристиками <i>Шеремет А. П.</i>	64
42. Защитное отключение при обрыве контактного провода в системе электроснабжения железнодорожного транспорта <i>Шкрабец Ф. П., Остапчук А.В., Гребенюк А. Н.</i>	72
43. Подавление неканонических гармоник входных токов выпрямителей входным гармоническим воздействием <i>Ягуп Е. В.</i>	73
44. Діагностування пристроїв електропостачання <i>Бітюков С. Д.</i>	74
Информация о деятельности предприятия ООО ПКФ «Автоматика-сервис»	75



ИНСТИТУТ

ИНЖЕНЕРОВ

ТРАНСПОРТА