

МИНИСТЕРСТВО ИНФРАСТРУКТУРЫ УКРАИНЫ

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ИМЕНИ АКАДЕМИКА
В. ЛАЗАРЯНА

ВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ТРАНСПОРТНОЙ АКАДЕМИИ УКРАИНЫ



Материалы

**V Международной научно-практической конференции
ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТА
«ТРАНСЭЛЕКТРО-2011»
(технические и экономические науки)**

Матеріали

**V Міжнародної науково-практичної конференції
ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТРАНСПОРТУ
«ТРАНСЕЛЕКТРО-2011»
(технічні та економічні науки)**

Proceedings

**of the V International Scientific Conference
ELECTRIFICATION ON TRANSPORT
«TRANSELECTRO - 2011»
(technical and economic sciences)**

19 – 21 декабря 2011 г.

Днепропетровск
2011

УДК 621.331

Электрификация транспорта «ТРАНСЭЛЕКТРО-2011»: Материалы V Международной научно-практической конференции (Днепропетровск, 19-21 декабря 2011 г.) – Д.: ДНУЖТ, 2011. – 72 с.

В сборнике представлены материалы V Международной научно-практической конференции «Электрификация транспорта ТРАНСЭЛЕКТРО-2011», которая состоялась 19 – 21 декабря 2011 г. в г. Днепропетровск, Украина.

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Мямлин С. В. - д.т.н., профессор (ДИИТ, Украина) - председатель
Гетьман Г. К. - д.т.н., профессор (ДИИТ, Украина) - заместитель председателя
Сыченко В.Г. - к.т.н., доцент (ДИИТ, Украина) - заместитель председателя
Михайленко Ю.В. – к.т.н., доцент (ДИИТ, Украина)
Матусевич А.А. – к.т.н., доцент (ДИИТ, Украина)
Босый Д.А. – к.т.н., доцент (ДИИТ, Украина)

Адрес редакционной коллегии:

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

Материалы в сборнике печатаются на языке оригинала в редакции авторов.

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОЙ СОСТАВ»

Универсальные характеристики магнитных потерь в тяговых электрических машинах

Афанасов А. М. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

К магнитным потерям в тяговых электрических машинах относятся потери в ярме и зубцах сердечника якоря, а также потери в стали полюсных наконечников главных полюсов, обусловленные зубчатым строением якоря и самого полюсного наконечника.

Наиболее широко известна формула для определения магнитных потерь по удельным потерям в стальных участках якоря электромашин и массам соответствующих участков. Использование данной формулы в практических расчётах затруднено необходимостью использования конструктивных геометрических параметров якоря и значений магнитных индукций в отдельных сечениях магнитной цепи.

Необходимость в упрощенных расчетах магнитных потерь в якорях тяговых электродвигателей требует определения универсальной зависимости этого вида потерь от типовых параметров электромашин. Такая характеристика может быть получена путем исключения из упомянутой выше формулы конструктивных параметров стального пакета якоря. В результате теоретического анализа получено выражение, описывающее зависимость относительных магнитных потерь (приведенных к частоте 50 Гц) от частоты перемагничивания якоря в герцах.

Полученная универсальная зависимость является общей для всех тяговых электромашин постоянного тока вне зависимости от способа их возбуждения (последовательное, параллельное, смешанное). Она может использоваться как для двигательного, так и генераторного режима работы электромашин.

Выражение может быть преобразовано к виду, удобному для проведения расчетов магнитных потерь тяговых электродвигателей с известным количеством пар полюсов через частоту вращения в оборотах в минуту.

Для проверки адекватности полученной характеристики произведен расчет зависимости магнитных потерь двигателя ДТК-820 от частоты вращения его якоря при номинальном напряжении. В качестве исходных данных были использованы значения магнитных потерь, полученные для часовой частоты вращения якоря при проведении квалификационных испытаний данного тягового электродвигателя.

Из результатов расчета видно, что магнитные потери при постоянном напряжении практически не зависят от степени ослабления поля тягового двигателя. Совпадение данных эксперимента (протоколы квалификационных испытаний) с результатами расчетов в диапазоне рабочих частот вращения практически полное. Относительные отклонения не превышают 5 %.

Проведенный анализ позволяет сделать выводы о том, что при постоянном напряжении на зажимах тягового электродвигателя потери от вихревых токов не зависят от частоты вращения якоря, а потери от гистерезиса – обратно пропорциональны частоте его вращения. При этом потери на вихревые токи пропорциональны квадрату напряжения и не зависят от частоты вращения якоря, а потери на гистерезис пропорциональны квадрату напряжения при фиксированной частоте вращения якоря.

Данные выводы справедливы как для двигательного, так и генераторного режима работы тяговых электромашин при любом режиме их возбуждения.

Результаты проведенного анализа могут быть использованы для определения магнитных потерь в тяговых электрических машинах при любых режимах их эксплуатации или испытаний.

Влияние условий сцепления на фактор износа гребней колесных пар локомотивов

Афанасов А. М., Кийко А. И., Арпуль С. В. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Проблема изнашивания гребней колес подвижного состава и рельсов железных дорог появилась вместе с зарождением железнодорожного транспорта. Анализ существующих вариантов возможного решения данной проблемы показывает, что одним из важных факторов, каким являются условия сцепления, до сих пор рассматривался как безусловно влияющий на износ бандажа и рельсов, но не лимитирующий. Такой подход был обусловлен общей тенденцией наращивания мощности тягового подвижного состава и увеличением массы поездов. При этом не принималось во внимание, при каком физико-химическом состоянии поверхностей рельсов и каким методом достигается увеличение реализуемого коэффициента сцепления.

Существенное ухудшение сцепления наблюдается на кривых участках пути с малыми значениями радиуса кривых. То есть именно при тех условиях, которые являются наиболее неблагоприятными с точки зрения износа гребней из-за наличия больших значений направляющего усилия и угла набегания колеса на рельс. Применение песка в кривых в режиме реализации предельных сил сцепления, характеризующемся увеличенным проскальзыванием, в сочетании с перечисленными выше факторами приводит к многократному возрастанию показателя износа.

Существующей практикой вождения поездов использование песка никак не лимитируется, а сам расход песка не контролируется. Зачастую подача песка используется машинистами, как превентивная мера, еще до появления боксования. Сами правила определения весовых норм предусматривают применение песка. Следовательно, преодоление расчетных подъемов с поездами нормированной массы в метеоусловиях, отличных от нормальных, всегда сопровождается подсыпкой песка.

Одним из наиболее негативных последствий применения песка является сведение практически до нуля эффективности смазывания гребней колес подвижного состава и рельсов. Как практика, так и расчеты показывают, что использование смазки гребней и боковых граней головки рельсов несколько ухудшают условия сцепления. Таким образом, существует противоречие, заключающееся в том, что преодоление участков со сложным профилем и, как правило, планом пути с использованием смазки гребней требует дополнительных мер улучшения сцепления, а именно – подачи песка.

Влияние условий сцепления на износ гребней было проанализировано с помощью наиболее часто используемого энергетического критерия. В качестве фактора износа принято работу сил трения, приходящуюся на единицу пройденного пути.

Анализ влияния условий сцепления на износ гребней показал, что наибольшая степень возрастания фактора износа гребня при переходе от выбега на режим тяги соответствует минимальному углу набегания, равному нулю. То есть – тому условию, при котором абсолютное значение фактора износа минимальное.

При больших углах набегания, при которых абсолютное значение фактора износа максимально, увеличение проскальзывания от нуля до наибольшего значения 0,02 приводит к увеличению фактора износа всего лишь на 15 %.

Таким образом, само по себе высокое тяговое усилие, реализуемое локомотивом без боксования не может быть причиной сверхнормативного износа гребней колесных пар, которое наблюдается на участках сети железных дорог со сложным планом и профилем пути.

Как показали исследования, к многократному увеличению фактора износа гребней колесной пары приводит её боксование при подаче песка, как превентивная мера.

Доцільність використання відновлювальних технологій у ремонтному виробництві залізниць

Артемчук В.В. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ), Хитрий О.В. (Придніпровська залізниця)

Застосування в ремонтному виробництві залізниць сучасних ресурсозберігаючих технологій є актуальною та важливою задачею. Ефективне використання матеріально-технічних ресурсів передбачає максимальне повторне використання деталей, а значить виникає необхідність застосування раціональних технологій відновлення деталей. Науковцями доведено, що повторному використанню можна піддавати до 75 % деталей, а враховуючи, що вартість відновлення деталі складає 20...50 % від вартості виготовлення нової, то не виникає сумнівів у необхідності відновлення зношених деталей. Оцінювати ефективність використання тієї або іншої відновлювальної технології можна за різними показниками; найбільш доцільними, на наш погляд, є ресурс відновлених деталей та вартість їх відновлення. Логічним є намагання збільшувати ресурс деталі та зменшення вартості процесу відновлення. Досягти поставленої мети можна лише при вивченні, поєднанні та використанні наукових досягнень в області трибології, матеріалознавства, технологічних особливостей нанесення відновлювальних покриттів.

На даний час найбільш поширеними технологіями відновлення деталей в ремонтному виробництві залізниць є наплавлення, газотермічне напилення та електролітичні методи. Серед методів наплавлення розповсюджені автоматична під шаром флюсу, полуавтоматична у середовищі вуглецевого газу, полуавтоматична з використанням порошкових дротів та ручна дугова. Інші методи наплавлення широкого розповсюдження не отримали, хоча і точково використовуються на окремих ремонтних підприємствах. Використовуючи накопичений досвід ремонтних виробництв, можна зробити висновок, що у розпорядженні локомотиворемонтних заводів та депо (які виконують об'єм ремонту ТРЗ) повинні бути всі перераховані вище засоби. Наприклад, наплавлення крупногабаритних деталей проводити автоматично під шаром флюсу або у середовищі вуглецевого газу. Полуавтоматичне наплавлення проводити для різних груп деталей, у тому рахунку і крупногабаритних, наприклад, корпусу автотягача, як стаціонарно, так і мобільно, на «місці». Крім того, полуавтомати використовувати і для проведення зварювальних робіт. Порошкові дроти використовувати при умові неможливості отримання необхідних властивостей з суцільного дроту. Також прагнути до зменшення використання ручного дугового наплавлення та зварювання.

Широкими можливостями володіють газотермічні методи нанесення відновлювальних покриттів. Недоліком зазначеної технології є невисока адгезія, тому розробка технологічних прийомів по збільшенню міцності зчеплення покриття з основою залишається і буде актуальною. Одним із шляхів збільшення міцності зчеплення напилених шарів є нанесення на деталь шару з відносно м'якого металу, наприклад, цинку, кадмію або олова. Використання «м'яких» шарів веде до зниження пористості в перехідній зоні між основним металом та прошарком, а також в самому покритті в 2 – 3 рази. Це пов'язано з проплавленням і створюванням рідкої фази прошарку, а також із його взаємодією з приграничними зонами відновлюючого покриття. Технологія газотермічного напилення дозволяє регулювати в широких межах геометричні та механічні властивості шарів покриття.

Значний науковий розвиток набули електролітичні методи відновлення деталей. Відновлювальні багатшарові електролітичні покриття, отримані програмно мають високі механічні властивості та відносно невисоку вартість відновлення.

Таким чином, в умовах існуючого економічного положення необхідно вирішувати задачі, пов'язані з широким впровадженням у ремонтне виробництво раціональних технологій відновлення деталей рухомого складу.

Шляхи підвищення енергоефективності перетворювачів тягових електроприводів рухомого складу

Балійчук О. Ю. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Варто сказати, що питання підвищення енергоефективності споживачів не є новим. Шляхи його вирішення шукають вже протягом багатьох років. Особливо це стосується таких потужних споживачів, якими є енергоємні перетворювачі на рухомому складі. Для того аби створити конкурентоспроможний на сучасному ринку локомотив необхідно синтезувати його таким, щоб при відносно малих затратах на його створення і утримання він давав якомога більший економічний і енергетичний ефект.

Деякі технічні прийоми і рішення, більш досконала матеріальна база, якою зараз користуються розробники, дає змогу підвищувати енергетичну ефективність, а разом із тим електромагнітну сумісність великих за потужністю перетворювальних структур, які входять до складу перспективних електровозів і електропоїздів.

Нові можливості перетворення електричного струму, що надаються наразі досягненнями в сучасній силовій електроніці, відкривають перспективний напрям в тяговому електроприводі на основі застосування більш надійних і економічних безколекторних електродвигунів трифазного струму - асинхронних і синхронних машин. Для живлення тягових двигунів трифазного струму необхідне підведення енергії трифазного струму з плавним регулюванням частоти і рівня напруги для пуску і плавного регулювання швидкості руху поїзда.

Усі вище перераховані функції з успіхом виконують статичні напівпровідникові перетворювачі, які є серцем сучасних локомотивів. Використання таких перетворювачів на рухомому складі достатньо негативно позначається на роботі енергетичної системи залізниці. Це явище обумовлюється тим, що будь-який імпульсний перетворювач виступає для системи енергопостачання генератором високочастотних перешкод, які впливають на форму тягового струму знижуючи коефіцієнт потужності. Змінюючи режими роботи ланок перетворювача можна досягати зміни енергетичних показників таких систем в широкому діапазоні, як від достатньо високих значень ККД і коефіцієнта потужності, так і до низьких і недоцільних для використання.

Для визначення оптимальних параметрів робочих ланок перетворювача необхідно провести дослідження його роботи в усіх можливих режимах. На сьогодні найбільш зручним способом проведення таких досліджень є створення моделі. Головними вимогами до неї є її спроможність врахувати всі можливі режими роботи перетворювача, а також зміну енергетичних показників перетворювача, його елементів і тягового приводу в цілому в залежності від зміни режиму його роботи.

Існуюча база прикладного комп'ютерного програмного забезпечення дозволяє з високою точністю обробити створену модель з метою визначення оптимальних параметрів і режимів роботи, а також розробки рекомендацій щодо шляхів підвищення енергоефективності перетворювача та тягового електроприводу.

Обладнання електровоза ВЛ80т пристроями опалення пасажирських поїздів

Білухін Д. С. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Знос рухомого складу термін експлуатації якого складає 25-30 років досягає 70%. Це призводить до збільшення на витрати по його ремонту проти нормативних більше ніж у 2 рази. Для часткового вирішення цієї проблеми на залізницях запроваджено обстеження кожної одиниці рухомого складу, яка відпрацювала нормативний встановлений термін служби і після відповідного висновку наукових установ здійснюється проведення капітально-відновлювального ремонту з подовженням терміну експлуатації на 10 – 15 років.

Новий рівень транспортного забезпечення вимагає впровадження рухомого складу нового покоління з більш високим рівнем якісних, технічних та економічних показників експлуатації, збільшеними термінами служби, з його відповідністю новим сучасним вимогам, в тому числі і світовим. Однак виконати швидку заміну застарілих електровозів на нові не можливо одночасно. Складна ситуація складається як з пасажирським парком електровозів так і вантажним.

Наприклад, парк пасажирських електровозів складає біля 450 одиниць. В пік літніх пасажирських перевезень в пасажирському русі додається більше 100 вантажних електровозів. За межами нормативного терміну експлуатуються усі електровози ЧС-2 та ЧС-4 (67 % парку). Дійсно, залучення до пасажирського руху вантажних електровозів це тимчасовий вихід з ситуації. Але ж, при використанні вантажних електровозів в пасажирському русі крім традиційних недоліків, таких як не повне використання потужності електровоза додається ще й відсутність системи опалення пасажирських вагонів від контактної мережі, що є в усіх пасажирських електровозів. На цей час можливо було б вважати питання не суттєвим – є система опалення вугіллям, вантажні електровози залучаються лише влітку. Однак до експлуатації надходять нові пасажирські вагони зі статичними перетворювачами, які вимагають обов'язкового живлення від високовольтної мережі електровоза. А відсутність живлення від мережі статичного перетворювача – це відсутність комфорту пасажирів та, в подальшому, зменшення іміджу залізниці.

Одним з можливих варіантів рішення проблеми живлення високовольтної мережі вагонів є дообладнання вантажних електровозів системою опалення пасажирських вагонів. На електрорухомому складі постійного складу – це додавання необхідної захисної автоматики та контактора приєднання напруги контактної мережі до вагонної мережі. Для електровозів змінного струму вирішенням проблеми є переобладнання двохсекційних електровозів серії ВЛ80Т, які найчастіше залучаються для пасажирських перевезень, пристроями для опалення пасажирських поїздів.

Маса пасажирських поїздів в 4 – 5 разів менша маси вантажних поїздів, тому частина потужності, близько 1200 кВт, що споживається від тягового трансформатора ОДЦЭ-5000/25Б, практично не обмежує потужність на тягу пасажирських поїздів. Живлення виконується від послідовно з'єднаних тягових обмоток трансформатора однієї секції, а тягу поїзда здійснювати двигунами другої секції, що дає більш високе використання потужності електровоза.

Питання електромагнітної сумісності перетворювача багатосистемного електровоза

Бондаренко Ю.С. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

На сьогоднішній день питання електромагнітної сумісності електрообладнання є досить актуальним. В процесі роботи останнього неодмінно виникають різноманітні електромагнітні перешкоди, що призводять до порушення нормального функціонування суміжного обладнання. При цьому частотний спектр та рівні цих перешкод досить великі, що значно ускладнює боротьбу з ними.

Особливо гостро питання електромагнітної сумісності постає на залізничному транспорті де процес перевезення забезпечується саме безперервною сумісною роботою всіх функціональних систем – тягової мережі, сигнальної мережі у вигляді кіл СЦБ та зв'язку та мережами електрорухомого складу.

Загалом всі перешкоди, що виникають в процесі експлуатації систем та обладнання електрифікованих залізниць прийнято розділяти на перешкоди електричного характеру, що обумовлюються наявністю у суміжних системах вищих гармонійних складових струму, та магнітного характеру – обумовлені впливом магнітних полів ліній суміжних систем.

Як відомо, одним з основних джерел електричних перешкод на електрифікованих залізницях як постійного струму, напругою 3 кВ так і змінного, напругою 25 кВ є статичні перетворювачі тягових підстанцій та електрорухомого складу. Саме ці елементи визначають спектральний склад гармонік тягового струму. При цьому амплітудні значення гармонійних складових також визначаються рядом факторів, одним з яких є напруга контактної мережі.

На сьогоднішній день перспективним питанням на залізницях України є впровадження багатосистемного рухомого складу, основою якого є розроблена модель статичного перетворювача підвищеної частоти, з діапазоном робочих частот 600-2000 Гц. Крім того, таке обладнання дозволяє працювати не лише при встановлених на сьогоднішній день системах живлення 3 кВ та 25 кВ, а й при перспективних рівнях напруг 6 кВ, 12 кВ та 24 кВ. У сукупності такі фактори можуть призвести до зміни звичного гармонійного складу тягового струму та порушення функціонування суміжних систем.

Враховуючи все це можна підсумувати що на сьогоднішній день одним з актуальних питань, направлених на розвиток багатосистемного рухомого складу в Україні є дослідження електромагнітної сумісності статичного перетворювача багатосистемного електровозу з іншими складовими ланками систем електрифікованих залізниць.

Сумісне використання тягових двигунів різних типів в тягових агрегатах

Васильєв В.Є. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Підтримка тягових електродвигунів у справному, працездатному стані - одна з обов'язкових умов для забезпечення безпечного руху кар'єрних поїздів.

Робота рухомого складу неминуче пов'язана зі зношуванням окремих деталей. Зміна розмірів та ослаблення кріплення деталей приводять до порушення нормальної роботи механізмів і апаратів або до їхніх поломок. При ремонті рухомого складу велику увагу приділяють ремонту електричних машин, це один з найбільш уразливих вузлів на рухомому складі. Тягові двигуни працюють в важких умовах підвищеного нагріву, вологості, вібрації, забрудненості, обмеженого простору на їх розміщення. Крім того, для цих двигунів частими є перехідні режими роботи. В останній час на промисловому транспорті склалась така тенденція, що пошкодження тягових електродвигунів (ТЕД) в

експлуатації складають близько 20% в наслідок порч та 30% по кількості заходів на позаплановий ремонт відносно загальній кількості. Використання резервів підвищення експлуатаційної надійності вузлів ТЕД залишається актуальним, як для проектування нових двигунів перспективних локомотивів, так і розробці конструктивно-технічних рішень для експлуатаційного парку локомотивів.

Залізничний кар'єрний транспорт є найекономічнішим зі всіх, але вимагає значних капітальних витрат. Найбільший розвиток і широке вживання цей вигляд транспорту отримав в СРСР і дістався в спадок гірничодобувним підприємствам СНД. За кордоном залізнична відкатка не отримала настільки значимого розвитку в першу чергу із-за великих капітальних витрат.

Головним недоліком залізничного транспорту є порівняно невисокий середній подовжній ухил траси (у 1,8 і 6 разів менше в порівнянні з автомобільним і конвеєрним відповідно). В цей же час основним напрямком розвитку кар'єрів вважається збільшення уклонів колії до 60-80‰, що дозволить збільшити глибину вводу залізничного транспорту в кар'єри до глибини 350...450 метрів. Це безумовно збільшить навантаження на тягові двигуни електровозів при транспортування гірничої маси.

Особливу увагу необхідно звернути на важкість (а іноді неможливість) проведення якісного підбора параметрів колісно-моторних блоків в умовах депо через відсутність достатньої кількості перехідних комплектів при агрегатному способі ремонту.

В якості тягових двигунів в тягових агрегатах ПЕ2 і ПЕ2М використовувались колекторні машини пульсуючого струму ДТ9Н. Пізніше для тягових агрегатів з'явилися більш сучасні двигуни НБ511. Сьогодні ДП завод «Електротяжмаш» (м. Харків) випускає тягові двигуни постійного струму ЕД-140, Смілянський електромеханічний завод випускає тягові двигуни пульсуючого струму СТК-520 (аналог тягового двигуна НБ511), які призначені для тягових агрегатів відкритих гірничих розробок ОПЕ 1АМ, ПЕ2У.

Виникає питання про можливість сумісного використання аналогічних за характеристиками тягових двигунів в одному тяговому агрегаті. Порівняння тягових двигунів ДТ9Н і НБ511 показали, що їх електромеханічні (електротягові і швидкісні) характеристик збігаються практично повністю – розбіжність не перевищує 3%.

Для остаточної відповіді на питання про можливість сумісної роботи в силовому колі одного тягового агрегату різних типів тягових двигунів необхідно розглянути процеси струморозподілення в процесі експлуатації, причому не тільки в моторному, але і в режимі гальмування. Відомо, що в режимі електричного гальмування різниця струмів збільшується і для окремих локомотивів може сягати 12% при навантаженні в два рази нижче номінального.

Для виконання повноцінних тягових розрахунків при використанні різнотипних тягових двигунів в складі одного тягового агрегата необхідні наступні вихідні дані:

- основні параметри і електромеханічні характеристики тягових двигунів, тягові характеристики тягових агрегатів;
- подовжній профіль основних маршрутів для руху кар'єрних поїздів.

Після виконання розрахунків необхідно проведення дослідних поїздок з метою експериментальної перевірки рівномірності розподілу струму в паралельних колах та нагріву при сумісному використанні тягових двигунів різних типів.

Підвищення електромагнітної сумісності рейкових кіл з електрорухомим складом подвійного живлення з асинхронними тяговими двигунами

Вісін М. Г., Забарилко Д.О. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Останнім часом на залізниці України вводиться в експлуатацію електрорухомий склад нового покоління. Сучасний рухомий склад виготовляється з асинхронним тяговим приводом, що має значні переваги над приводом з колекторними двигунами. Електрорухомий склад нового покоління обладнаний чотирьохквADRантними перетворювачами та автономними інверторами виконаними на силових транзисторах та тиристорах. Впровадження нового рухомого складу повинно бути узгоджено з системами електропостачання, зв'язку та автоматики, тобто відповідати нормам електромагнітної сумісності з усіма системами. Проте головну увагу впливу сучасного рухомого складу необхідно звернути на пристрої автоматики, оскільки саме вони є ключовими в забезпеченні безпеки руху поїздів.

Небезпечним впливом на роботу РК з боку тягового струму є такий вплив, коли він може привести до хибного контролю вільності РК при її фактичній зайнятості або хибна зайнятість ділянок при вільній блок-ділянці, що приводить до невиправданих затримок поїзда.

Завади залежать від співпадіння частот гармонічних складових зворотного струму з робочими частотами окремих рейкових кіл і від частоти селективності рейкових кіл.

Згідно дослідних даних до 10 % збоїв в роботі рейкового кола припадає на електромагнітні завади. Основними джерелами електромагнітних завад на електрифікованих залізницях є завади, що генеруються силовим та допоміжним електроустаткуванням ЕРС.

При роботі імпульсних перетворювачів створюються завади в широкому діапазоні частот, внаслідок чого можливе збільшення збоїв в роботі як кодових рейкових кіл, так і тональних рейкових кіл.

Для усунення зазначених недоліків запропонована нова перспективна схема силового кола з АТД.

Напруга, яка поступає від контактної мережі спочатку випрямляється перетворювачем 4QS за допомогою LC фільтра згладжується і поступає в блок інвертора, де вона перетворюється знову в змінну напругу, але більш високої частоти 400 Гц.

Блок інвертора складається з перетворювача високої частоти і трансформатора. Блок інвертора перетворює випрямлену напругу 22,5 кВ в змінну напругу 3750 В частоти 400 Гц, замість 50 Гц тягової мережі. Далі напруга знову випрямляється до 3000 В і подається на ланку постійної напруги, а потім на автономний інвертор напруги який живить тягові асинхронні двигуни.

У перетворювачі запропонованої схеми система керування роботою модулів виконана на базі мікропроцесора і дає змогу регулювання потоків потужності в двох напрямках, тобто реалізацію режимів тяги і рекуперативного гальмування.

Розроблена нова перспективна схема силового кола ЕРС подвійного живлення з АТД в порівнянні з існуючими схемами має наступні переваги:

- через відсутність імпульсного відбору енергії перетворювачем від джерел живлення зворотні імпульси струмів в РК, тягової мережі і на ЕРС значно знижуються і відповідно знижується вплив на пристрої СЦБ і зв'язку до допустимого рівня, завдяки цьому безпека руху поїздів підвищується;

- завдяки високій частоті подачі вхідної напруги (400 Гц замість 50 Гц) на проміжний високочастотний трансформатор маса його знижується в 2 рази.

Модернизация электропоезда ЭР2 на рекуперативно-реостатное торможение

Висин Н.Г., Власенко Б.Т., Чорна Д.В., Лукомская Ю.В. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

На современных электропоездах постоянного тока ЭР2Т и ЕПЛ2Т кроме электропневматического торможения применяется рекуперативно-реостатное. На электропоездах же ЭР2 применяется только электропневматическое торможение.

Так как срок службы электропоездов ЭР2 продлен для работы на железных дорогах Украины, то для снижения расхода электрической энергии на тягу электропоездов необходимо произвести модернизацию схемы силовых цепей моторных вагонов, осуществив рекуперативно-реостатное торможение с минимальными переделками.

В работе авторами разработана схема силовой цепи моторного вагона электропоезда ЭР2, так что позволило применить рекуперативно-реостатное торможение на последовательном соединении тяговых двигателей, как и на электропоезде ЕПЛ2Т, сохранив существующие пусковые реостаты, ту же разбивку на секции резисторов, силовой контроллер, КСП-1А и алгоритм его работы на соединениях «С» и «СП».

Дополнительно введены семь индивидуальных электропневматических контакторов, тормозной переключатель на четыре контактора, которые замкнуты только в тормозном режиме. Все дополнительное контакторное оборудование размещается в специальном ящике под моторным вагоном. Для питания четырех обмоток возбуждения тяговых двигателей в режиме рекуперации устанавливается статический преобразователь на напряжение 3000 В

Рекуперативно-реостатное торможение по предложенной схеме можно эффективно применять от 90 до 10 км/ч при токе уставки реле торможения 160 А посредством автоматического вывода пуско-тормозных резисторов до 9-ой позиции.

Произведен расчет и построение скоростных и тормозных характеристик при рекуперативно-реостатном торможении модернизированного электропоезда. Предусмотрена защита тяговых двигателей от внешних и внутренних коротких замыканий по схеме Мацнева. Разработана схема цепей управления электропоездом ЭР2 с внесенными изменениями.

Произведенная модернизация ЭР2 позволит получить экономию электрической энергии около 10%, уменьшить износ тормозных колодок, бандажей и загрязнение подвагонного оборудования и верхнего строения пути.

Расчет характеристик управляемых частотой асинхронных тяговых двигателей

Гетьман Г.К., Сухопар В.И. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Анализируются существующие способы представления характеристик управляемых частотой асинхронных тяговых двигателей.

Приведены алгоритм расчета характеристик с учетом зависимости степени насыщения магнитной цепи от параметров нагружения тяговых двигателей электроподвижного состава.

Определение экономической целесообразности ввода в эксплуатацию электровозов 2ЭС6 и 2ЭС10 на Львовской ж.д.

Гетьман Г. К., Арпуль С. В. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

В настоящее время грузовые перевозки на направлении Львов – Мукачево Львовской железной дороги осуществляются электровозами постоянного тока ВЛ10 и ВЛ11^М.

На наиболее тяжелых с точки зрения тяги участках, с уклонами 29 – 32 ‰ и кривыми малого радиуса 250 – 300 м, при норме массы состава до 4600 т, используется кратная тяга (до 4-х электровозов ВЛ11^М).

С целью снижения кратности тяги при сохранении установленных весовых норм на данном направлении и повышения экономической эффективности грузовых перевозок Укрзализницею рассматривается задача о целесообразности ввода в эксплуатацию грузовых электровозов постоянного тока 2ЭС6 и 2ЭС10.

Ряд их преимуществ обусловлен высокой степенью автоматизации управления.

По данным Свердловской железной дороги для электровозов 2ЭС6 и 2ЭС10 критическая масса состава превышает этот показатель для электровозов ВЛ11 примерно на 10% и 40% соответственно.

Электровозы обеспечивают снижение трудоемкости ремонтных работ на 15%. Межремонтные пробеги увеличены на 50%. Улучшены тяговые и тормозные характеристики электровозов и условия работы локомотивных бригад.

Опыт эксплуатации данных электровозов на Свердловской железной дороге показал существенное снижение удельного расхода электроэнергии на тягу.

Для определения целесообразности ввода в эксплуатацию электровозов 2ЭС6 и 2ЭС10 на 2012 год запланированы опытные поездки с этими электровозами на Львовской железной дороге.

Визначення витрат електроенергії на тягу поїздів в задачах тягового забезпечення

Голік С.М. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Для визначення витрат електроенергії на тягу поїздів в задачах тягового забезпечення, найбільш прийнятним є метод, що ґрунтується на визначенні роботи сили тяги з врахуванням поточного значення коефіцієнта корисної дії тягового засобу.

Аналіз показав, що коефіцієнт корисної дії тягових засобів електричного транспорту визначається параметрами режиму їх навантаження. Зокрема, коефіцієнт корисної дії вантажних та пасажирських електровозів, для практичних задач, можна вважати функцією швидкості руху та сили тяги і використовувати аналітичний вираз тягово-енергетичної характеристики

$$\eta^* = a_0 - \frac{a_1}{F_k^*} - \frac{a_2}{V^*},$$

де η^* – коефіцієнт корисної дії електровоза у відносних одиницях;

F_k^* – сила тяги електровоза у відносних одиницях;

V^* – швидкість електровоза у відносних одиницях;

a_0, a_1, a_2 – постійні коефіцієнти.

На основі експериментальних даних отримано тягово-енергетичні характеристики вантажних та пасажирських електровозів постійного струму, що експлуатуються на залізницях України.

Дослідження теплових параметрів тягових електроприводів в залежності від кількості охолоджуючого повітря

Гарцев Б.О., Безрученко В.М. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Основою сучасних технологій є енергозбереження та забезпечення мінімального споживання енергії промисловим обладнанням, поряд із збереженням усіх його основних характеристик та робочих параметрів необхідних для дотримання оптимального технологічного процесу. Одним із напрямків підвищення енергоефективності на залізничному транспорті – є удосконалення систем живлення тягових та допоміжних електроприводів з метою зменшення витрат електричної енергії.

На ряді ГЗК України працюють тягові агрегати постійного та змінного струму, що оснащені тяговими двигунами НБ-511 або аналогічні їм за габаритними параметрами та характеристиками СТК-520, струм тривалого режиму яких дорівнює 345 А, що мають примусове повітряне охолодження.

Було проведено дослідження цілого ряду випробувань тягових електродвигунів з якого було встановлено та побудовано залежність зміни загальної тепловіддачі “А” від кількості охолоджуючого повітря “Q”, і як відомо усталений перегрів – є відношенням сумарних втрат потужності до тепловіддачі $\tau_{уст.} = \frac{\sum P}{A}$, коли тяговий двигун приймають, як однорідне тверде тіло.

Не відмовляючись повністю від примусової вентиляції, провівши аналітичні розрахунки та після отримання підтвердження отриманих висновків ми запропонували зменшити подачу охолоджуючого повітря з $65 \frac{m^3}{\text{год}}$ до $21 \frac{m^3}{\text{год}}$, що буде відповідати новому струму тривалого режиму $I = 290 \text{ А}$ і це, як бачимо є допустимим, адже на основі методу еквівалентних величин, раніше було визначили еквівалентний за нагрівом струм і він склав $I_e = 200 \text{ А}$.

Для такого зменшення подачі охолоджуючого повітря, зменшуємо кутову швидкість обертання двигунів вентиляторів, що, як відомо, має такий вигляд взаємозв'язку з потужністю двигуна $P \sim n^3$. На базі вищевикладеного матеріалу ми отримуємо, що - у зв'язку з дещо зменшеним ККД та з інших причин, спожита потужність зменшиться не у 27 разів, а приблизно, у 21...23 рази, але навіть такий запас має несуттєвий вплив на економічну вигоду.

Наприклад, за усереднену ціну для ряду ГЗК'ів приймаємо 0,604 грн. за 1кВт×год. Підрахуємо необхідні кошти на оплату витраченої електроенергії для одного двигуна, з номінальною потужністю $P_{iii} = 55 \text{ кВт}$, що працює один цикл, час якого становить $t_o \approx 3 \text{ год}$, тоді ціна спожитої електроенергії складе: $C_{iii} = P_{iii} \cdot t_o \cdot 0,604 = 99,7 \approx 100 \text{ грн}$. Ціна ж одного циклу роботи для того самого двигуна, але при зменшеній потужності матиме значення $C^* = P^* \cdot t_u \cdot 0,604 = 3,7 \approx 4 \text{ грн}$. Тобто економія для одного двигуна складе 96 грн.

Можливо зробити висновок, що при циклічній роботі тягових двигунів, встановлених на тягових агрегатах, можливе зменшення витрат охолоджуючого повітря і отримання економії електроенергії по електродвигунам вентиляторів, заощадження коштів при цьому в рік складе приблизно 705024 грн. на один тяговий агрегат. Очевидно, загальна економія коштів на різних ГЗК'ах залежить від кількості тягових агрегатів, що коливається від 10 до 30 одиниць та кількості встановлених на них приводів охолодження тягових двигунів, отже загалом для більшості підприємств загальна сума заощаджень матиме значні суми.

Использование типовых профилей пути в задачах тягового обеспечения для железных дорог Украины

Демчук Р.Н. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Решение широкого круга задач теории электрической тяги базируется на проведении многовариантных тяговых расчетов. Сократить их количество позволяет использование классификации продольного профиля железнодорожного пути. Она дает возможность на основании классификационных признаков отнести реальные железнодорожные линии к определенному классу и использовать применительно к конкретной линии результаты тяговых расчетов, выполненных для типовых профилей. Наиболее точной считается классификация профилей пути ВНИИЖТа.

Выполнена классификация продольного профиля пути наиболее грузонапряженных участков Украины, на которых осуществляется 80% грузовых и пассажирских перевозок.

Для проверки возможности использования типовых профилей в задачах тягового обеспечения для Укрзализныци проведены многовариантные тяговые расчеты на ЭВМ с оптимизацией управления поездом по минимуму расхода электроэнергии.

Результаты расчетов подтвердили возможность использования типовых профилей по ВНИИЖТу при решении задач тягового обеспечения для железных дорог Украины.

Модернізація пасажирського електровозу постійного струму

Злотий А.А., Васильєв В.Є. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Головними причинами більшості несправностей рухомого складу є: спрацювання понад припустимих значень деталей, старіння електричної ізоляції апаратури і електричних машини, порушення контактних з'єднань в електричних ланцюгах. Особливо гостро постає питання з пасажирськими електровозами постійного струму, які в Україні не будуються взагалі.

Найбільш економічним способом вирішення проблеми переоснащення парку електровозів є програма проведення капітально – відновлювального ремонту з подовженням терміну служби (КРП) магістральних пасажирських електровозів серії ЧС2. Повинно бути забезпечено: подовження терміну служби на 20 років; експлуатація з швидкостями руху до 160 км/ч; відновлення міцності кузова і візків; підвищення експлуатаційної надійності; заміна імпорتنих комплектуючих і удосконалення вузлів електровоза; максимальне оновлення деталей і обладнання. Зокрема в ході проведення робіт до силової схеми електровоза ЧС2 повинні бути внесені істотні зміни.

Разом із зміною електричного і механічного обладнання при КРП необхідно встановити мікропроцесорну систему управління (МПСУ) з новими алгоритмами і програмами управління.

При модернізації електровозів ЧС2 пропонується головний перемикач замінити індивідуальними електропневматичними контакторами з управлінням від бортової мікропроцесорної системи управління локомотиву. Також запропоновано повністю змінити компонування і величини пускових опорів. При такій зміні в силовій схемі модернізований електровоз вигідно відрізняється від прототипу: з'являється можливість незалежного управління контакторами, що приводить в можливість побудови схем резервування, тобто складання обхідних контурів при виході з ладу одного з контакторів, таким чином, підвищується надійність системи (при цьому загальна кількість силових контакторів зменшується). Зміна способу перегрупувань тягових двигунів (з мостового

переходу на вентильний перехід) дозволить покращити процеси комутації, що виникають при зміні способу з'єднань тягових двигунів. Пускові резистори включені за новою схемою, при розробці якої прийняті заходи по підвищенню їх теплової потужності, зменшенню кількості контакторів для перемикання секцій на пускових позиціях і зниженню перегрівання.

В роботі розглядається система управління з регулятором швидкості і системою автоведення, яка задає інтервал швидкостей руху по ділянці відповідно до розкладу, профілю колії і раціонального енергоспоживання. Для аналізу процесів, що проходять в силових колах електровозу, використовується метод імітаційного моделювання електромагнітних процесів в силовому колі електровоза постійного струму ЧС2К за допомогою програмного пакету MatLab. Розроблена модель дозволяє виконувати побудову пускових діаграм і інші необхідні процедури дослідження.

Виконано моделювання роботи силової схеми з урахуванням реальних термінів вмикання і розмикання контакторів. У результаті таких розрахунків визначені характеристики випадкових величин струмів і напруг і визначені тривалості цих величин. Для цього виконано статистичне моделювання розкиду тривалості вмикання і розмикання в припущенні про те, що ці тривалості розподілені за законом Гауса. Результати розрахунків по впливу розкиду термінів включення електропневматичних контакторів показують, що при діапазоні від 0,050 до 0,150 с, значно зменшуються імпульси струму і їх тривалості практично на всіх з'єднаннях тягових електродвигунів, що підвищує працездатність цих контакторів.

Вид розрахункових електромагнітних процесів, отриманих при моделюванні, відповідає класичним експериментальним даним, що свідчить про адекватність розробленої моделі.

Застосування пакету MatLab дозволило врахувати характерні особливості релейно-контакторної системи управління. Розроблена методика моделювання електромагнітних процесів в силових ланцюгах може бути використана при дослідженні інших електровозів постійного струму.

Зниження пульсацій в колах тягових двигунів електровозів однофазно-постійного струму

Козоріз О.О., Васильєв В.Є. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Підвищення енергетичної ефективності тягового рухомого складу є одним з пріоритетних напрямлень стратегії залізничного транспорту. Відповідно до програми Укрзалізниці "Енергетична стратегія залізничного транспорту на період до 2010 року і на перспективу до 2020 року» передбачається економія електроенергії до 3% за рахунок поліпшення її якості та зниження до 2% енергоресурсів за рахунок збільшення швидкості руху поїздів.

Відомо, що пульсації випрямленого струму впливають на енергетичні показники електровоза: коефіцієнт потужності і споживаний струм. При зменшенні пульсацій випрямленого струму збільшується коефіцієнт потужності і зменшується споживаний струм електровоза. Зменшення споживаного струму викликає зменшення втрат напруги в активних опорах ланцюга, за рахунок чого досягається збільшення напруги на струмоприймачі електровоза, яка впливає на швидкість електровоза.

В даний час для згладжування пульсацій випрямленого струму на рухомому складі використовують згладжуючі реактори. Однак габарити, маса та вартість реактора швидко зростають з ростом коефіцієнта згладжування. Зважаючи на те, що розміри і вартість

реактора залежать від періоду пульсацій, досягти зниження пульсацій нижче 25% на практиці не вдається.

Крім згладжуючого реактора для зменшення пульсацій магнітного потоку в тяговому двигуні на електровозах однофазно-постійного струму використовують шунтуючі резистори, які включають паралельно обмотці збудження двигуна. Однак включення шунтуючого резистора не забезпечує значного зменшення пульсацій.

В роботі пропонується з метою підвищення енергетичних показників електровозів однофазно-постійного струму за рахунок зменшення пульсацій випрямленого струму використовувати магнітозв'язанні згладжуючі реактори, які представляють собою сукупність двох обмоток, розміщених на загальному осердді. Відомо, що індуктивність реактора зменшується зі збільшенням струму підмагнічування, тобто зменшується змінна складова випрямленого струму. При магнітному зв'язуванні згладжуючих реакторів в кожній з його обмоток наводиться е.р.с. взаємодукції, яка з'єднується з е.р.с. самоіндукції обмотки і зменшує інтенсивність зміни випрямленого струму, відповідно зменшує величину його пульсацій.

При моделюванні роботи електровоза однофазно-постійного струму контактна мережа розглянута як коло з розподіленими параметрами.

Рішення систем диференціальних рівнянь, отриманих при описі електромагнітних процесів в системі "Тягова підстанція - контактна мережа - електровоз", виконувалося числовими методами із застосуванням ЕОМ. Для моделювання цих процесів використовувався пакет прикладних програм для моделювання електричних схем OrCAD. Моделювання здійснюється для трьох варіантів роботи електровоза : штатна схема, схема з магнітозв'язаними згладжуючими реакторами, а також при установці компенсатора змінної складової випрямленого струму.

Аналіз результатів моделювання показав, що коефіцієнт пульсацій склав 26 % для штатної схеми електровоза і 0,023% - для схеми з магнітозв'язаними згладжуючими реакторами при підключенні компенсатора змінної складової випрямленого струму. Коефіцієнт потужності при установці компенсатора змінної складової випрямленого струму в схемі з магнітозв'язаними згладжуючими реакторами збільшився на 1,2% по відношенню до коефіцієнта потужності штатної схеми електровоза. З гармонійного аналізу струму видно, що за рахунок зменшення пульсацій випрямленого струму так само зменшується струм первинної обмотки трансформатора, як і при магнітозв'язаних згладжуючих реакторах.

З аналізу гармонійного складу первинної обмотки трансформатора отримано, що при штатній схемі електровоза при частоті напруги живлення 50 Гц споживаний струм більше на 4.93% ніж в схемі з магнітозв'язаними згладжуючими реакторами при підключенні компенсатора змінної складової випрямленого струму.

Тяговий двигун зі збудженням від постійних магнітів

Краснов Р. В., Єрмоєнко О. І. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Тягові двигуни, які збуджуються постійними магнітами і мають велике число пар полюсів, дозволяють реалізувати безредукторний електричний тяговий привод. У цьому випадку досягається значне підвищення ККД і зниження маси порівняно з редукторним приводом.

Поява потужних напівпровідникових приладів, розрахованих на великі струмові навантаження і високу частоту перемикання (наприклад, біполярних транзисторів з ізолюваним затвором, IGBT), створило умови для розробки тягового двигуна на постійних магнітах, що має велике число пар полюсів.

Нові магнітні матеріали і транзистори IGBT дозволили приступити до робіт зі створення потужного тягового двигуна, збуджуваного постійними магнітами. Перші теоретичні дослідження показали значні переваги такого тягового приводу в порівнянні з широко застосовуваним трифазним асинхронним:

- двигун на постійних магнітах може мати набагато більше число пар полюсів, ніж трифазний асинхронний. Цим забезпечується настільки високий обертаючий момент, що стає можливим використання такого двигуна без редуктора, тобто реалізується безредукторний тяговий привод;
- оскільки двигун вже має магнітне поле збудження, а редуктор відсутній, тяговий тракт має підвищений ККД. У свою чергу, транзистори IGBT забезпечують подальше підвищення загального ККД всієї системи тягового приводу;
- двигун на постійних магнітах, що забезпечує підвищену потужність і обертовий момент, має меншу масу і об'єм, ніж асинхронний двигун з редуктором;
- мала маса і високий ККД дозволяють економити енергію, витрачену на тягу, і покращувати енерго- і екобаланс тягового рухомого складу;
- мала невіднесена маса знижує навантаження на верхню будову колії;
- розподілений тяговий привод дозволяє реалізувати простішу концепцію електропоїздів. При цьому зменшується маса тягового приводу і одночасно підвищується його встановлена потужність. Це дозволяє створювати рухомий склад з пониженим рівнем підлоги, в якому осьові навантаження можуть розподілятися більш рівномірно.

Особливості застосування IGBT транзисторів в силових колах електроприводу

Карзова О.О., Сиротенко В.В. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

IGBT (англ. Insulated Gate Bipolar Transistor) — силовий електронний пристрій, біполярний транзистор з ізолюваним переходом. Застосовується для управління електричними приводами. Існують як окремі IGBT, так і силові збірки (модулі) для управління мережами трифазного електричного струму.

Даний тип приладів створений на початку 1980-х рр., запатентований International Rectifier в 1983 році. Перші IGBT не набули поширення через вроджені вади - повільного перемикання і низької надійності. Друге (1990-і рр.) і третє (сучасне) покоління IGBT в цілому позбулися цих пороків. IGBT поєднує переваги двох основних видів транзисторів:

- високий вхідний опір, низький рівень керуючої потужності - від транзисторів з ізолюваним затвором
- низьке значення залишкової напруги у включеному стані - від біполярних транзисторів.

Діапазон використання - від 10 А до 1200 А по струму, від сотень вольт до 10 кВ по напрузі. У діапазоні струмів до десятків А і напруги до 500 В доцільно застосування звичайних МДП-(MOSFET-) транзисторів, а не IGBT, так як при низьких напругах польові транзистори володіють малим опором.

Основне застосування IGBT - це інвертори, імпульсні регулятори струму, частотно-регульовані приводи.

Широке застосування IGBT знайшли в джерелах зварювального струму, в управлінні силовим електроприводом, зокрема на міському електричному транспорті.

Застосування IGBT-модулів в системах управління тяговими двигунами дозволяє (в порівнянні з тиристорними пристроями) забезпечити високий ККД, високу плавність ходу машини і можливість застосування рекуперативного гальмування практично на будь-якій швидкості.

Диагностирование состояние изоляции якоря электрической машины

Ляшук В.М. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

В настоящее время существует оборудование, позволяющее определять межвитковое короткое замыкание в обмотках якорей тяговых двигателей. Но диагностирование состояния изоляции вызывает определенные трудности.

Предлагается еще один вариант проведения тестирования, основанный на измерении диэлектрических потерь в изоляции обмоток якоря путем подачи измерительного напряжения высокой частоты. На измерения в большой степени оказывает влияние влажность изоляции, поэтому необходимо перед проведением тестирования измерить ее известными методами.

Предварительно производится общая оценка состояния изоляции обмотки по методике измерения уровня возвратного напряжения. Измеряется сопротивление изоляции (при сопротивлении менее 40 МОм дальнейшие измерения не проводятся). Анализ состояния изоляции проводится по углу наклона касательной к началу кривой изменения уровня возвратного напряжения и его величине.

Дальнейшее диагностирование производится путем подачи переменного напряжения высокой частоты. Величина напряжения на порядок меньше рабочего.

Чтобы уровень испытательного напряжения не оказывал влияния на измерения, используется мостовая схема измерения. Применяется емкостной датчик уровня напряжения, который перемещается по окружности в непосредственной близости от пазов якоря. Для локализации места, где изоляция имеет существенные отличия, подача измерительного напряжения на диагностируемый объект производится по определенному алгоритму.

Таким образом, производится неразрушающий контроль состояния изоляции, предотвращающий возникновение короткого замыкания при эксплуатации оборудования.

Вплив принципів керування на енергетичну ефективність тягового статичного перетворювача

Муха А.М. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Коефіцієнт корисної дії (ККД) будь-якої електротехнічної системи, у тому числі тягових статичних перетворювачів, є величиною непостійною, та такою, що залежить у першу від адекватності режиму роботи системи керування, тобто принципу (алгоритму) керування. Під алгоритмом керування статичного перетворювача розуміємо послідовність: по-перше обробка сигналів з датчиків величин, які характеризують текучий стан навантаження; по-друге – визначення раціональної послідовності керуючих сигналів на ключові елементи перетворювача і по-третє – перевірка результативності керуючих дій.

В традиційних системах з зоно-фазовим (імпульсно-фазовим) керуванням, результуючий ККД тягового перетворювача досить суттєво залежить від збільшення кута керування, оскільки це погіршує коефіцієнт форми електричного струму, що призведе до зростання динамічних втрат у ключовому елементі. Для зменшення цих втрат є доцільним використовувати принцип керування, який би забезпечував стабільність, у допустимих межах, коефіцієнту струму перетворювача, при регулюванні вихідної напруги (струму) перетворювача за допомогою зміни робочих частот, при збереженні форми струму. Але у цьому випадку динамічні втрати у вентилях перетворювача будуть збільшуватися разом зі збільшенням робочих частот. Таким чином, необхідно провести дослідження які б дозволили визначити раціональний принцип керування перетворювача з точки зору мінімізації втрат електричної у елементах статичного перетворювача та інших складових (наприклад, трансформатор), які приймають участь у перетворенні потоку електричної енергії.

Аналіз надійності електричних двигунів компресорів на предмет теплових процесів

Мазур А.В., Устименко Д.В. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

На електропоїздах ЭР1 та ЭР2 застосовуються мотор-компресори ЕК–7Б з приводними електродвигунами постійного струму типу

ДК–406(409), які забезпечують стислим повітрям гальмівні та пневматичні мережі поїзда, допоміжних апаратів: електропневматичних контакторів, пісочниць, сигналів, склоочисників, а отже забезпечують безпеку руху.

В процесі аналізу виявлено, що електродвигун кожні 3...4 роки відправляється на капітальний ремонт, при нормальному терміні служби 8...10 років. Чинниками які призводять до передчасного виходу з ладу є тепловий пробій ізоляції якірних обмоток (до 50% від загальної кількості двигунів, що вийшли з ладу). Ймовірною причиною є недосконалий захист машини при роботі з перевантаженням по струму та робота в неномінальному режимі з ТВ в діапазоні 50...80%, при відповідно номінальному повторно–короткочасному (ТВ=50%). Ці обставини призводять до інтенсивного перегріву ізоляції та передчасного виходу її з ладу.

Для вирішення поставленої задачі використані математичні моделі, які описують теплові та електромеханічні процеси. З їх допомогою були проведені дослідження впливу зміни напруги живлення та тривалості вмикання на тепловий стан ізоляції якірної обмотки електродвигуна ДК–406(409).

По результатам моделювання отримані такі дані:

- при напрузі контактної мережі 2,4 кВ, в межах ТВ=50...80% значення перегріву сягає $\Delta t_{\text{перегр.}} = 39...45$ °С відповідно;

- при напрузі 3 кВ, в межах ТВ=50...80% перегрів має значення $\Delta t_{\text{перегр.}} = 61,5...71$ °С відповідно;

- при напрузі 4 кВ, в межах ТВ=50...80% значення перегріву складає $\Delta t_{\text{перегр.}} = 127...147$ °С відповідно.

Перевищення температури ізоляції якоря над допустимою ($t_{\text{доп}} = 120^\circ\text{C}$), призводить до передчасного її старіння та різкого скорочення терміну служби електродвигунів, що в свою чергу призводить до позапланових капітальних ремонтів і витрачання великих коштів. Тому задача являється актуальною і вимагає рішення.

Одними із основних рекомендованих шляхів вирішення проблеми термічного перегріву ізоляції можуть бути:

- впровадження удосконаленої системи захисту від перегрівань та перевантажень на сучасній напівпровідниковій елементній базі, який значно збільшує швидкодію захисту;

- заміна ізоляції класу В на ізоляцію з вищим класом нагрівостійкості F, або H, при виконанні капітальних ремонтів.

Энергосбережение путем применения продольной емкостной компенсации реактивной мощности на электровозах ВЛ80^к

Напара Ю.Б. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Компенсация реактивной мощности на ЭПС может быть достигнута посредством последовательного включения емкости в цепь вторичной обмотки тягового трансформатора при мостовой схеме выпрямления. Это автоматически создаст опережение открытия вентилей, а значит и уменьшит угол сдвига между первыми гармониками тока и напряжения вплоть до работы с опережающим $\cos\phi$. Угол опережения

открытия вентилей тем больше, чем больше нагрузка и ниже вторичное напряжение трансформатора.

Разгрузка контактной сети от реактивных токов способствует уменьшению потерь в этой сети и тем самым повышению напряжения на токоприемнике. А это позволяет уменьшить напряжение на шинах тяговой подстанции и уменьшить потери в стали трансформаторов тяговых подстанций. Возможно увеличение $\cos\varphi$ на шинах тяговой подстанции до 0,96-0,98.

На участке с двухсторонним питанием длиной 60 км и 72 парах поездов в сутки напряжение на токоприемнике может быть повышено на 6-9%, а выпрямленное на 20-26% за счет уменьшения потребления тока от его реактивной составляющей.

На участке длиной 45 км с односторонним питанием соответственно на 11-15% и 30-40%.

Продольная емкостная компенсация позволяет повысить техническую скорость и снизить потери электроэнергии на грузонапряженных участках до 15-25%, а значит повысить КПД электрической тяги на переменном токе.

Дослідження роботи електропривода компресорної станції ДЕВ3а та його модернізація

Пушкар В.О., Безрученко В.М. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

В сучасних електроприводах компресорних установок, найбільш розповсюдженим видом привода в результаті своєї простоти, надійності і невеликих капітальних затрат являється короткозамкнений асинхронний двигун. Але вони мають такий серйозний недолік, як великий пусковий струм і малий пусковий момент. При потужностях більше 300 кВт наряду з короткозамкненим двигуном все частіше застосовують синхронні двигуни. Вони мають постійну частоту обертання (в межах допустимих моментів навантаження), високий коефіцієнт потужності ($\cos\varphi$ при деяких перезбудженнях синхронних двигунів можуть працювати з випереджаючим струмом).

Для правильної модернізації необхідно вивчити реальні режими роботи електропривода, рівень шуму і вібрації. Визначити, які перехідні процеси, струми короткого замикання виникають у сучасних електроприводів з асинхронним двигуном.

За параметрами асинхронного двигуна вибираємо синхронний електропривод. Переваги синхронного двигуна можуть бути повністю реалізовані лише при умові правильного вибору і застосування електродвигуна. Від правильності вибору залежить надійність його роботи і енергетичні показники в процесі експлуатації. Визначаємо так же для нього перехідні процеси і конструктивне виконання.

Дана заміна асинхронного двигуна, на синхронний електропривод, дозволить з економити електроенергію, підвищити продуктивність компресора, а в свою чергу і продуктивність підприємства.

Безіндуктивний напівпровідниковий шунт в колах ослаблення збудження тягових двигунів

Філіпських Д.О., Васильєв В.Є. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

В даний час на вітчизняному електрорухомому складі найбільшого поширення набули тягові двигуни постійного струму послідовного збудження, що мають хороші регульовальні властивості. Збільшення потужності електровозів і наближення до граничного

використання зчіпної ваги підвищує актуальність проблеми індивідуального регулювання тягових двигунів. Причини, які підтверджують необхідність такого регулювання, полягають в розбіжності швидкісних характеристик, діаметрів коліс, омичного опору обмоток тягових двигунів і резисторів, які шунтують обмотки збудження.

Опір ланцюгу шунтування, як правило, змінюється ступінчасто. Вибір числа ступенів ослаблення збудження визначається допустимими коливаннями струму тягового двигуна і тягового зусилля при переході з однієї позиції на іншу.

При шунтуванні обмоток збудження тільки активним опором різке підвищення напруги мережі може привести до істотного зменшення коефіцієнта ослаблення збудження в перехідному режимі. Збільшення струму якоря при відносно малій зміні струму збудження погіршує умови комутації тягових двигунів. Це особливо небезпечно при відновленні повної напруги після його зняття (наприклад, в результаті відриву струмоприймача від контактної дроту і подальшого відновлення контакту).

Для усунення цих явищ в сучасному електрорухомому складі використовується індуктивний шунт. Розгалуження струму якоря між обмоткою збудження і шунтуючим колом при перехідних процесах забезпечується певним співвідношенням індуктивностей цих кіл.

В роботі розглянуті схеми напівпровідникових безіндуктивних шунтів, які виконані на тиристорних ключах і IGBT транзисторах, виконано оцінку впливу напівпровідникового приладу в схемі безіндуктивного шунта на характеристики тягових двигунів. Дослідження схеми електронного шунта, впливу характеристик напівпровідникових приладів в електронних системах ослаблення збудження тягових двигунів електрорухомого складу на показники якості функціонування виконаний методами теорії електричних ланцюгів виконувалося за допомогою програм математичного моделювання MatLab, Multisim (EWB).

При розробці електронних шунтів необхідно враховувати наступні обмеження, що накладаються відсутністю індуктивності в шунтуючому колі: при швидкому наростанні струму двигуна викликаному збільшенням напруги контактної мережі або в процесі регулювання, коефіцієнт ослаблення збудження зменшуватиметься, що означає додаткове ослаблення збудження двигуна. При перехідних процесах опір електронного шунта повинен змінюватися по експоненціальному закону аналогічно закону зміни струму в індуктивному шунті.

В роботі запропонована функціональна схема інтегрованого блоку управління тяговим двигуном, що передбачає плавні реостатний пуск і ослаблення збудження тягового двигуна. Для реалізації режимів реостатного пуску і ослаблення збудження в пропонованому пристрої використовуються одні і ті ж елементи: резистори і силові напівпровідникові прилади, які спочатку пуску включаються послідовно з обмотками тягових електродвигунів і обмежують пусковий струм, а потім підключаються паралельно обмоткам збудження для регулювання ослаблення збудження.

Отримані дослідні дані за допомогою програми математичного моделювання MatLab показують, що характер зміни струмів і напруги в схемах ослаблення збудження відповідають стандартним трафаретам перехідного процесу накиду напруги і відновленні напруги при двигуні, що обертається.

Розроблені математичні моделі електронних шунтів для тягових двигунів електрорухомого складу постійного струму в режимах тяги і реостатного гальмування дозволяють оцінити лінійність зміни коефіцієнта ослаблення збудження від дискретності зміни резистора і коефіцієнта заповнення відповідно.

Розробка моделі тягового електричного привода для дослідження динамічних режимів роботи

Хлебутін В.О., Кедря М.М. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Електровоз ДЕ-1 є одним з сучасних вантажних електровозів на залізниці України. На даному електровозі використовують тяговий двигун ЕД 141 У1. Як відомо, експлуатація будь яких технічних систем у галузі промисловості (транспорту) супроводжується виникненням різноманітних перехідних процесів, які можуть нести негативну дію. Дослідження подібних процесів в електромеханічних системах забезпечує якісні та кількісні показники їх функціонування і дозволяє подальше удосконалення і розробки нових систем. Таким чином, задача дослідження динамічних процесів в електромеханічних системах є актуальною прикладною задачею.

Виходячи з вже існуючих досліджень подібних систем приймаємо, як найбільш ефективний - метод дослідження за допомогою комп'ютерного моделювання. Моделювання виконується на підставі математичної моделі, яка складається з диференціальних рівнянь, передатних функцій та структурної схеми тягового привода електровоза.

Метою проекту є складання необхідної математичної моделі тягового привода електровоза ДЕ-1 і отримання результатів дослідження перехідних процесів при пуску електровоза.

Лінійні електродвигуни

Шаповалов А.В., Кривулько Д.В. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Лінійний двигун є електричною машиною, принцип роботи якої заснований на використанні енергії магнітного поля, що переміщується у просторі. Основна перевага таких двигунів полягає у відсутності кінематичних кіл для перетворення обертального руху в лінійний, що істотно спрощує конструкцію механізму, який приводиться в рух і підвищує його ККД. Існує велика різноманітність лінійних двигунів, вони можуть бути асинхронними, синхронними і постійного струму, повторюючи за принципом своєї дії відповідні двигуни обертового руху.

Ці двигуни можна представити як розрізану по твірній і розгорнуту в площину звичайну асинхронну машину обертового руху. Розгорнутий у площину статор асинхронного двигуна є первинним елементом, а розгорнутий ротор вторинним елементом лінійного двигуна. Сталеve осердя первинного елемента виконується шихтованим, а в його пазах укладається багатофазна (зазвичай трифазна) обмотка. Вторинний елемент виконується з короткозамкненою обмоткою, укладену в пази сталевго осердя, або являє собою суцільну струмопровідну пластину. Пластина виготовляється з міді, алюмінію або феромагнітної сталі. При включенні обмотки первинного елемента в багатофазну мережу утворюється магнітне поле, яке переміщається уздовж магнітопровода з певною швидкістю.

При своєму переміщенні магнітне поле індукується у вторинному елементі машини ЕРС. Ця ЕРС викликає струми, від взаємодії яких з магнітним полем утворюється механічна сила (тягове зусилля), яка прагне зрушити елементи відносно один одного. У лінійному двигуні в залежності від його конструкції і призначення можливе відносне переміщення як первинного, так і вторинного елемента. Як і в звичайному асинхронному двигуні, переміщення елемента відбувається з деяким ковзанням щодо поля. Номінальне ковзання лінійного двигуна складає 2-6%.

На роботу лінійного двигуна впливають крайові ефекти, що виникають через кінцеві розміри розімкнутих магнітопроводів елементів. Це призводить до погіршення таких характеристик, як тягове зусилля, коефіцієнт потужності і ККД.

Лінійні двигуни можуть бути успішно застосовані на стрічкових і візкових конвеєрах, в приводах ескалаторів і рухомих тротуарів, у металорізальних і ткацьких верстатах, де робочі органи здійснюють зворотно-поступальний рух. Великі перспективи має застосування лінійних двигунів для електричного транспорту. Основною перевагою лінійного двигуна в цьому випадку є можливість отримання високих швидкостей руху до 400-500 км/год.

Використання сучасних синхронних тягових двигунів з постійними магнітами на електротранспорті

Шаповалов А.В., Бережний О.О. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Відомо, що електроприводи постійного струму з релейно-контакторною системою керування по багатьом параметрам не задовольняють сучасні вимоги експлуатації. Імпульсно-фазова система керування дозволяє виключити теплові втрати в пускових опорах, підвищити ККД, досягти плавного розгону транспортного засобу та підвищити надійність за рахунок відсутності складних електромеханічних пристроїв комутації. Проте, головним недоліком такої системи є колекторний тяговий двигун постійного струму, який потребує додаткових експлуатаційних витрат. Також широко використовується електропривод з асинхронними двигунами, який має достатньо високі експлуатаційні показники.

В теперішній час є доцільним використання тягового та допоміжного приводу з синхронними двигунами з постійними магнітами. Завдяки своїм високим експлуатаційним характеристикам, такі електроприводи є досить перспективними в діапазоні малих та середніх потужностей. Вдосконалення апаратної бази керування та зменшення вартості магнітних матеріалів на протязі останніх років, дають можливість використовувати даний тип електроприводу замість електроприводу з двигунами постійного струму та електроприводу з асинхронними двигунами.

Синхронний двигун з постійними магнітами на роторі живиться від джерела змінного струму чи напруги, що формується з допомогою широтно-імпульсної модуляції. Даний вид сучасних електричних машин має переваги перед асинхронними двигунами, які досить широко використовуються на даний момент, а саме: більша потужність на 20%, майже в два рази менші габарити, майже в два рази менша маса, ККД більший на 2-5%, питома потужність більша у 2-2,5 рази, вартість одиниці продукції менша у 1,5-2 рази.

Пропонується провести дослідження, що направлені на доцільність використання електроприводів з постійними магнітами на електротранспорті з точки зору експлуатаційних, енергетичних та економічних показників.

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»

Проблеми розрахунку повітряних ліній надвисокої напруги

Бондар І.Л., Бондар О.І. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Як відомо, до повітряних ліній надвисокої напруги (ПЛ) відносять ПЛ з напругою 400 кВ та вище. Першою на Україні лінією надвисокої напруги (750 кВ) стала лінія Донбас – Дніпро – Західна Україна – Угорщина загальною довжиною 1329 км. На початок 2011 року в експлуатаційному обслуговуванні НЕК Укренерго знаходилося 338,95 км ПЛ напругою 400 кВ, 374,76 км ПЛ напругою 500 кВ, 4120,541 км ПЛ напругою 750 кВ та 98,54 км ПЛ напругою 800 кВ.

Міністерством енергетики та вугільної промисловості України підготовано проект розвитку магістральних та міждержавних електричних мереж на період 2012 – 2016 роки, яким зокрема передбачено побудову 677,2 км ліній електропередачі напругою 750 кВ. Відзначимо основні особливості розрахунків при створенні таких ліній.

Оскільки ПЛ надвисокої напруги застосовують в основному для зв'язку між енергосистемами та передачі електроенергії на відстані 500 – 1000 км і вище, при їх розрахунках слід враховувати хвильові процеси. Відомо, що поширення електромагнітних хвиль визначається вторинними параметрами лінії, які в свою чергу залежать від первинних параметрів.

Слід також відзначити, що в таких лініях площі перерізу проводів можуть сягати кількох сотень і навіть понад 1000 мм². При цьому значний вплив на активний опір лінії виявляє явище поверхневого ефекту. Для зменшення зазначеного впливу застосовують розщеплення фаз лінії на 4, 5 та більше проводів.

Для ПЛ надвисокої напруги суттєве значення мають, як правило, і поперечні параметри лінії. Також необхідно враховувати втрати електроенергії на корону. При цьому використовують поняття «критичної напруги», при перевищенні якого втрати на корону враховують обов'язково.

Надзвичайне значення має ємність такої лінії, наявність якої призводить до великої зарядної потужності, співрозмірної з передаваною по лінії реактивною потужністю. Режим роботи зазначених ліній, як правило, навантажувальний, але можливі коливання перетоків реактивної електроенергії, для згладжування яких слід застосовувати компенсацію реактивної потужності за допомогою реакторів, розташованих уздовж лінії.

Розрахунки ПЛ надвисокої напруги виконують на базі теорії ліній з розподіленими параметрами. Окремі ділянки ліній подаються симетричними чотириполюсниками, які з'єднано між собою касадно. Від точності розрахунків параметрів, розподілу напруг та струмів у таких лініях значною мірою залежить енергоефективність при їх експлуатації, тому питання вдосконалення методів розрахунку ПЛ надвисокої напруги є актуальним.

Розробка системи тягового електропостачання змінного струму з ланкою постійного струму

Броварніцька О. В. (Львівська залізниця)

На протязі ХХ-го століття електрична тяга довела свою надійність і життєздатність. За абсолютною довжиною електрифікованих залізниць Україна займає 10-е місце у світі і 6-е – серед Європейських країн. На сьогодні, загальна довжина електрифікованих колій на залізницях України складає 9854 км, що у відсотковому співвідношенні до всієї довжини головних колій складає 45 %. При цьому, на постійному струмі електрифіковано 4746 км або 48,2 % від загальної довжини електрифікованих залізниць, а на змінному – 5108 км або 51,8 %. У той же час питома вага електротяги в експлуатаційній роботі складає близько 89,7 %.

Тож трохи більше половини електрифікованих залізниць України живляться однофазним змінним струмом з амплітудою напруги 25 кВ, частотою 50 Гц. Типова структура системи електропостачання змінного струму складається з двох віток контактної мережі, які підключаються до двох фаз трифазної живлячої мережі через живлячий трансформатор, а на навантаженні – тяговий трансформатор, асинхронні двигуни та напівпровідниковий перетворювач, який розглядається як вставка постійного струму між двома ланками змінного струму. Вставка постійного струму складається з чорирьохквadrантного вхідного перетворювача з широтно-імпульсною модуляцією.

Перехід до такої структури дозволив покращити характеристики електрообладнання зі сторони навантаження. Зі сторони живлення ця структура має два суттєві недоліки – нерівномірне навантаження фаз живлячої мережі, яке призводить до недовикористання трансформатора по потужності, та зрівнюючі струми, які можуть циркулювати між живлячою і контактною мережами при двосторонньому живленні контактної мережі. На основі досліджень Доманської Г. А. під керівництвом Корнієнко В. В. був зроблений висновок про доцільність застосування вставки постійного струму також і зі сторони джерела живлення.

Загальна структура системи електропостачання змінного струму з ланкою постійного складається з живлячого трансформатора, який на виході дає напругу синусоїдальної форми, енергонакопичувача, який перетворює змінний стум на постійний, та вхідної вставки, яка постійний струм та напругу перетворює на прямокутний меандр. Перевага меандра полягає в тому, що у нього співвідношення між амплітудою, яка визначає навантаження на силові елементи, та діючим значенням, яке визначає потужність, яка передається, дорівнює одиниці.

Завдяки переходу до меандру покращується використання контактної мережі і прилеглих до неї перетворювальних ланок. Однак ідеальний меандр неможливий з двох причин: послідовні індуктивності та паралельні ємності будуть приводити до «завалів» фронтів; ідеальний меандр містить нескінченний спектр гармонік, які негативно впливають на провідні лінії зв'язку. При збереженні синусоїдальної форми фронтів, вводиться достатньо довга вершина, яка наближає меандр до ідеального.

На електровозі система електропостачання має дещо інший вигляд. Тяговий трансформатор отримує живлення від контактної мережі (форма напруги меандр), далі вставка постійного струму (енергонакопичувач) та перетворювач постійного струму на змінний, а далі асинхронний двигун.

Застосування вставки постійного струму на тяговій підстанції дозволяє забезпечити симетрування фазних струмів живлячої мережі, контроль зрівнюючих струмів в контактній мережі, обмеження аварійних струмів і повне виключення або скорочення кількості нейтральних вставок.

Оценка состояния арматуры железобетонных опор

Васильев И.Л., Павличенко М.Е. (УрГУПС, Россия)

В настоящее время считается, что часть тягового тока, стекающего с рельса, через заземлитель, через неисправный искровой промежуток, через контакт консоль-арматура попадает на арматуру опоры, с которой стекает, вызывая коррозионные разрушения напряженной арматуры и снижая механическую прочность опоры.

В УрГУПСе (Екатеринбург, Россия) был проведен ряд экспериментов с целью уточнения характера и параметров электрических процессов, происходящих в арматуре железобетонных стоек опор контактной сети постоянного тока. Для обследования выбирались опоры, которые находились в анодной зоне, имели диагностический вывод арматуры и находились в характерных точках перегона. Были проанализированы имеющиеся данные о потенциале рельс-земля, сопротивлении опор и расчетными значениями тока утечки. В процессе анализа данных было обнаружено, что в подавляющем большинстве случаев опоры с низким уровнем сопротивления находятся рядом с опорами, на которых расположены разрядные устройства, и опоры, находящиеся в конце Г-образных и Т-образных тросов группового заземления.

Потенциал «рельс-земля» достигает значения от -5 В до +29 В, и очевидно связан с величиной тягового тока, расположением и прохождением поездов по рассматриваемому участку. По данным ЭЧ, расчетный потенциал составляет 6 В. Необходимо отметить, что значения потенциала арматуры меняются, хотя и незначительно при резком изменении потенциала рельса. Данные измерения не подтверждают зависимость между величиной потенциала в рельсе и током утечки. Более того, характер изменения потенциала арматуры указывают не на активный, а на активно-емкостной характер опоры, как электрического элемента.

Таким образом, можно рассматривать железобетонную стойку опоры контактной сети постоянного тока, как некий конденсатор, и соответственно измерение только активного сопротивления не в полной мере могут характеризовать коррозионную стойкость опоры.

Характерно, что значения потенциала арматуры опоры не зависят от величины потенциала рельса, а изменения происходят только при резких изменениях потенциала рельса, что указывает на наличие емкостной составляющей сопротивления арматур-земля.

Можно предположить, что величина потенциала рельс-земля и особенности его изменения в зависимости от значения и изменения потенциала рельса могут нести полезную информацию о коррозионном состоянии железобетонной опоры.

Выводы:

1. Методика составления потенциальных диаграмм может быть усовершенствована.
2. Ток утечки с арматуры опоры не зависит от потенциала в рельсе.
3. С электрической точки зрения железобетонная опора является активно-емкостным нелинейным элементом.

Аналіз та порівняння мікропроцесорних захистів фідерів контактної мережі постійного струму

Данилов О.А., Рябокін Б.А. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Сьогодні все більш широке поширення одержують мікропроцесорні захисти. Поява високопродуктивних мікропроцесорів з низьким енергоспоживанням дозволило створювати повнофункціональні модулі захистів. Мікропроцесорні модулі з перепрограмовувальною пам'яттю дозволяють застосовувати типові апаратні модулі для захисту різних приєднань і електричних апаратів. На сьогоднішній день комплекти мікропроцесорних релейних захистів (МРЗ) випускають багато закордонних і вітчизняних фірм.

Оскільки нормальні й аварійні режими роботи фідерів контактної мережі постійного струму сильно відрізняються від роботи не тільки високовольтних ліній, але навіть від фідерів контактної мережі змінного струму, то очевидно що для їхнього комплексного захисту необхідні спеціалізовані мікропроцесорні комплекти. Такі спеціалізовані комплекти випускають ПО "Київприлад" (МРЗС-05А-02) і ТОВ «НИИЭФА-ЭНЕРГО» (ЦЗАФ-3,3). Ці багатофункціональні мікропроцесорні захисти незважаючи на однакові вимоги мають ряд відмінностей.

Це насамперед обумовлено тим, що комплект ЦЗАФ-3,3 відразу проектувався для захисту контактної мережі постійного струму з урахуванням специфіки режимів роботи тягового електропостачання. Конструктори намагалися не тільки реалізувати в одному пристрої відомі захисти фідерів постійного струму, але і поліпшити їхні характеристики.

Комплект МРЗС-05А-02 створювався пізніше на базі багатофункціонального програмувального мікропроцесорного захисту МРЗС-05. Комплекс МРЗС-05 має гнучку архітектуру внутрішніх зв'язків. Є можливість активувати з набору необхідні захисти і потім програмувати логіку їхньої взаємодії, можна призначати входам і виходам різні функції.

Обидва пристрої дозволяють керувати вимикачем і роз'єднувачами як дистанційно, так і в режимі місцевого керування безпосередньо з пульта з блокуванням від неправильних дій. Розглянуті мікропроцесорні комплекти мають майже однакові технічні характеристики і набори захистів. Є невелика відмінність у роботі захистів, що спрацьовують від збільшення струму (МИТЗ і ЗПТ). Комплект ЦЗАФ-3,3 містить у собі тепловий захист, а МРЗС-05А-02 підтримує обробку сигналів від зовнішнього теплового захисту. МРЗС-05А-02 дозволяє змінювати логікові взаємодії різних захистів, але це зможе грамотно зробити тільки висококваліфікований фахівець, що пройшов спеціальне навчання.

При ознайомленні та дослідженні існуючих мікропроцесорних захистів, можна зробити певні висновки:

- сучасний розвиток силових електронних елементів та мікропроцесорів дає можливість вдосконалити елементну базу, з якої складаються модулі захистів, що в результаті дозволить створити нові блоки захисту, що будуть «розумними», швидшими, менш енергоємними та з можливістю запису більшої кількості та якості значень вимірюваних величин;

- сучасні блоки захисту повинні мати більш гнучкішу архітектуру внутрішніх зв'язків і в той же час володіти простотою керування та завдання необхідних параметрів (уставок), а також вдосконалених алгоритмів розрахунку величин;

- в умовах переходу на загальнопідстанційне керування тяговими підстанціями, такі блоки захистів повинні мати достатньо простий та зрозумілий інтерфейс для оперативних працівників.

Таким чином, враховуючи вищезгадане, можна сказати, що питання розробки нових типів мікропроцесорних комплексів є досить актуальним та відкритим в даний час.

Повышение эффективности противокоррозионной защиты подземных металлических сооружений

Дьяков В. А., Кулик А. А. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

По территории Украины проложено большое количество протяженных подземных металлических сооружений различного назначения (трубопроводы, силовые и связевые кабели). Срок эксплуатации большинства из вышеперечисленных сооружений составляет более 30 лет. В этой связи для них актуальной является противокоррозионная защита.

Коррозионные разрушения металлических подземных сооружений обусловлено воздействием на них агрессивной окружающей среды и блуждающих токов рельсового электротранспорта (рис. 1). В настоящее время наиболее эффективным средством противокоррозионной защиты подземных металлических сооружений, расположенных в зоне влияния блуждающих токов рельсового транспорта постоянного тока, являются поляризованные, унифицированные и усиленные дренажи. Их применение регламентируется действующими нормативными документами. Подключение поляризованных и унифицированных дренажей к рельсовой сети должно производиться через последовательно включенный в цепь дренажа защитный дроссель, сопротивление которого переменному току частотой 50 Гц должно быть не менее 5 Ом. Усиленные дренажи должны подключаться к рельсовым сетям магистральных железных дорог таким образом, чтобы не нарушать устойчивую работу рельсовых цепей СЦБ. Для этих целей в цепь усиленных дренажей включают сглаживающие устройства, которые снижают уровень пульсаций в выпрямленном токе, обеспечивая допустимый уровень помех на работу рельсовых цепей СЦБ.

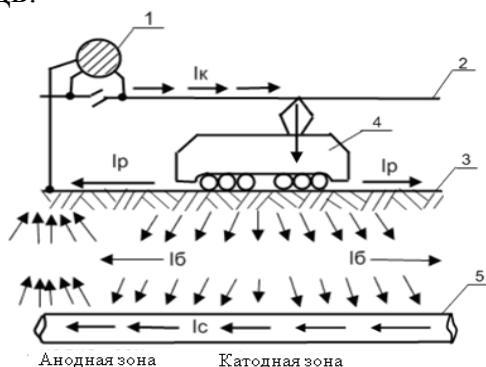


Рис. 1. Схема протекания тяговых токов и размещения потенциальных зон на подземном металлическом сооружении:

1 – тяговая подстанция; 2 – контактная сеть; 3 – рельсовая сеть;
4 – электроподвижной состав; 5 – металлическое подземное сооружение

Особую роль в оценке эффективности противокоррозионной защиты подземных сооружений играет правильное определение потенциала подземного сооружения, величина которого нормируется. Для получения достоверных результатов необходимо использовать неполяризующиеся медно-сульфатные электроды сравнения.

В этой связи для оценки эффективности противокоррозионной защиты подземных сооружений и приобретения практических навыков измерения токов и потенциалов подземных сооружений желательно использовать физическое моделирование гальванического влияния тяговой сети постоянного тока на смежные сооружения. Для этих целей в лаборатории электромагнитной совместимости ДИИТа сооружена электролитическая модель, которая позволяет студентам в лабораторных условиях приобрести практические навыки противокоррозионной защиты подземных сооружений и научиться правильно измерять токи и потенциалы этих сооружений.

Система управления силовым активным фильтром постоянного тока с параллельным включением инвертора напряжения

Зубенко В.А. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

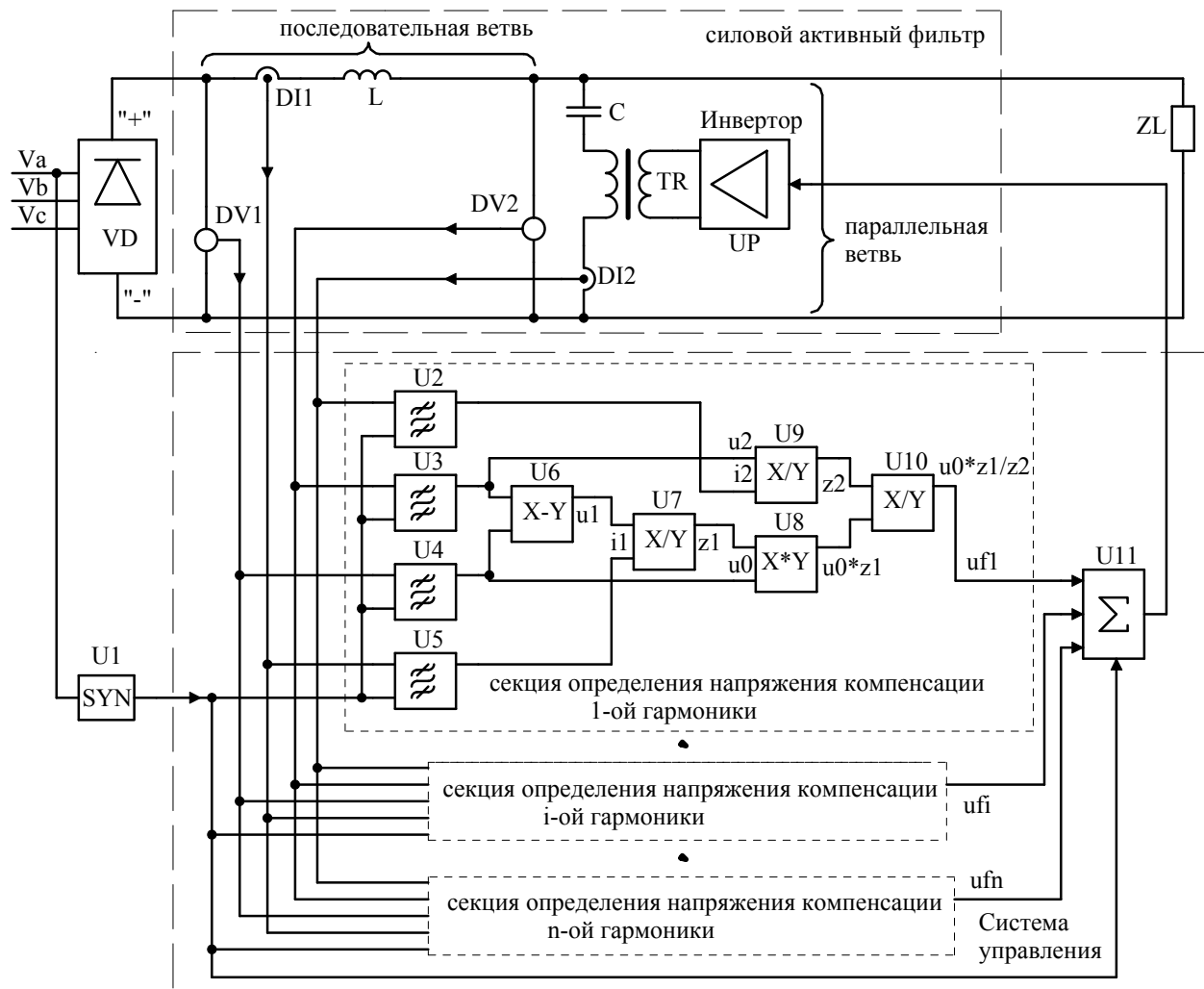
Разрабатываемые силовые активные фильтры (САФ) позволяют не только улучшить электромагнитную совместимость тяговых сетей с внешними устройствами, но и повышают энергоэффективность тяговых подстанций за счет уменьшения установленной мощности сглаживающих устройств и снижения потерь энергии.

В данном докладе рассматривается, предложенная кафедрой ЕПЗ университета, структура САФ постоянного тока, в которой для компенсации пульсаций выпрямленного напряжения, используется высокочастотный инвертор работающий в режиме источника напряжения. Для компенсации i -ой гармоники выпрямленного напряжения $u_d(i)$, инвертор должен формировать напряжение в соответствии с выражение:

$$u(i) = u_d(i) \cdot \frac{Z_R(i)}{Z_{SAF}(i)};$$

где $Z_R(i)$ и $Z_{SAF}(i)$ комплексные сопротивления ветвей сглаживающего реактора и САФ соответственно.

Структура системы управления, реализующая предложенный принцип, приведена ниже.



Выпрямленное напряжение тяговых подстанций постоянного тока имеет четко выраженный дискретный спектр с частотами кратными частоте питающей сети, что позволяет реализовать систему управления, в которой регулирование выполняется для каждой дискретной точки частотной области независимо, а это позволяет получить качественное управление в системе, элементы которой являются частотно зависимыми.

Система управления для такого фильтра состоит из следующих узлов:

- набор Фурье фильтров для выделения комплексных компонентов каждой гармоники синхронизированных при помощи системы ФАПЧ с питающим напряжением;
- вычисления комплексных сопротивлений последовательной и параллельной ветвей САФ на частоте соответствующей гармонике;
- вычисление и синтез результирующего компенсирующего напряжения САФ, также синхронизированного с напряжением сети.

При таком подходе, называемом в теории систем автоматического управления “компенсация по возмущающему воздействию” – возможна полная компенсация пульсаций, достигается максимальное быстродействие, и исключаются проявления неустойчивости, характерные для систем с обратными связями, при наличии в контуре управления колебательных звеньев.

В виду невысокой сложности алгоритма и невысоких требований к быстродействию предложенная структура системы управления реализована на базе цифрового сигнального процессора ADSP-BF552 с тактовой частотой 200 МГц и шестиканального 16-битного АЦП AD77630 с частотой дискретизации 16 кГц фирмы Analog Devices.

Концепция и результаты создания интеллектуальной интегрированной информационно – управляющей системы участкового энергодиспетчера

Иванов В.В. Научно-производственная фирма систем автоматизации и управления «ВИНК», г. Днепрпетровск, ivanov@urkvink.com

В создании многоуровневой информационно-управляющей системы железной дороги ключевую роль играет иерархический уровень участковых энергодиспетчеров.

Проведенный ранее анализ процесса оперативного управления участкового энергодиспетчера показал, что он включает два основных процесса: организационный - управление оперативно-ремонтным персоналом и технологический управление тяговым электроснабжением, т.е. изначально является интегрированным.

Функции системы управления в процессе оперативного управления выполняются энергодиспетчером, который принимает оперативные решения на основе знаний, директивных документов и умозаключения. Поэтому при автоматизации необходимо учитывать человеческий фактор и влияние на энергодиспетчера операционного напряжения, возникающего в процессе оперативного управления. Кроме того, актуальным становится решение режимных задач электроснабжения путем использования интегрированных технологий с системами управления движением поездов.

Предлагаемая концепция создания интеллектуальной информационно-управляющей системы участкового энергодиспетчера базируется на интегрированном подходе к использованию различных математических моделей, методов и системного анализа, которые являются основным методологическим принципом при исследованиях и создании системы. При этом, любая частная функция и задача процесса оперативного управления рассматривается с точки зрения влияния на критерий функционирования всей системы управления в целом.

На первом этапе создания интеллектуальной информационно-управляющей системы проводятся комплексные системные и операционные исследования процесса оперативного управления с использованием традиционных математических и алгоритмических методов с целью максимальной автоматизации детерминированных процессов оперативного управления, оптимизации оперативного обслуживания и принятия решений. На этом этапе выполняется декомпозиция функций и задач оперативного управления, производится их классификация и создается базовая концептуальная структурная модель системы. Решается вопрос использования средств микропроцессорной, вычислительной техники и выбор информационных технологий для решения поставленных задач и реализации необходимых функций. Закладывается эволюционный подход для создания и развития системы. Этап заканчивается созданием базовой системы.

На втором этапе создания интеллектуальной системы проводятся исследования современных методов и технологий искусственного интеллекта с целью применения их в энергодиспетчерском управлении для класса актуальных задач оперативного управления, которые не могут быть эффективно решены традиционными математическими и алгоритмическими методами. На этом этапе решается проблема оптимальной интеграции традиционных методов решения задач с методами и технологиями искусственного интеллекта.

В докладе кратко изложены концепция создания интеллектуальной интегрированной информационно-управляющей системы участкового энергодиспетчера, ее структурная схема, применяемые информационные технологии, вычислительная и микропроцессорная техника, основные направления интеллектуализации процесса оперативного управления, результаты внедрения и перспективы развития.

Тепловое старение фарфорового проходного изолятора

Ким Ен Дар (УИПА, г. Славянск)

Фарфоровые проходные изоляторы используются в качестве соединительного элемента высоковольтного оборудования, находящегося в закрытых помещениях, с открытыми распределительными устройствами или линиями электропередачи переменного напряжения от 6 до 35 кВ. С учетом условия эксплуатации проходные изоляторы нормируются не только по механической изгибающей прочности, но и на стойкость к термическим воздействиям.

По имеющимся сведениям нередко отмечаются случаи выхода со строя проходных изоляторов по причине разрушения фарфорового элемента, несмотря на то, что они эксплуатируются практически при пониженных механических нагрузках. В связи с этим возникает вопрос, не являются ли такого рода отказы изоляторов последствием воздействия температурного фактора.

Расчет теплового поля проходного изолятора ИПУ10/630-7,5М, обусловленного протеканием номинального тока $I_n = 630$ А по токопроводу, выполнялся численным методом с использованием в качестве граничных условий результаты натурного испытания на термоустойчивость этого изолятора.

В соответствии с полученными температурными градиентами было установлено, что внутренняя поверхность диэлектрика подвергается напряжению сжатия, а верхняя находится под воздействием растягивающих напряжений. Максимальные значения растягивающих напряжений по окружности фарфорового элемента и вдоль его достигают (~ 14 МПа) около 25% предельного для фарфора С-130 напряжения. При наличии

неоднородностей в виде микротрещин, согласно Инглиса, локальное напряжение может многократно превышать среднее напряжение в ее окрестности.

Согласно теории разрушения механическое повреждение твердого тела рассматривается как процесс возникновения хотя бы одной трещины и ее распространения, при котором образуются новые поверхности, разделяющие материала на части. Чтобы таким путем произвести в материале разрыв и образовать эти поверхности, потребуется определенное количество энергии, определяемое коэффициентом поверхностного натяжения материала. Для большинства твердых хрупких тел, используемых в технике, удельные энергии разрыва весьма близки между собой и не сильно отличаются от величины 1 Дж/м^2 .

Размеры микропор в керамических материалах, как правило, не превышают 10 мкм. Более крупные, протяженные дефекты могут возникать в материале как следствие слияния мелких пор в процессе изготовления, если имеет место отклонения от технологического регламента или под влиянием случайных внешних факторов. По Гриффитсу ускоренное разрушение хрупкого материала как фарфор при установленных выше температурных градиентах прогнозируется при образовании относительно крупных трещин порядка 100 и более микрон. Вместе с тем нельзя исключить процесс постепенного прорастания микротрещин в фарфоре до критических размеров под воздействием статических и кратковременных термоупругих растягивающих напряжений.

Практически интерес представляет возможность замены хрупких элементов изделия на эквивалентные, изготовленные из более пластического материала с существенно большей удельной энергией на разрыв. Например, у полиэфирных и эпоксидных смол, используемых при изготовлении стеклопластиковых труб эта энергия оценивается величиной 100 Дж/м^2 . Вследствие этого можно ожидать, что при замене в проходном изоляторе фарфорового диэлектрика аналогичным элементом, например, из стеклопластикового материала механическое разрушение, обусловленное нагревом токопровода, практически можно исключить.

Підвищення ефективності енергоспоживання на залізницях України

Кирилюк Т.І. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

В останній час спостерігається тенденція активного вступу залізниць України до оптового ринку електроенергії (ОРЕ). Купівля електроенергії безпосередньо з ОРЕ для задоволення власних потреб і потреб споживачів, підключених до мереж залізниць - стратегічний напрямок їхньої діяльності, який підтверджується, як досвідом роботи залізниць на ОРЕ, так і концепцією розвитку ОРЕ, яка схвалена Кабінетом Міністрів України.

Оптовий ринок електроенергії потребує нових підходів до організації та вдосконалення АСКОЕ. З огляду на це залізницям необхідно приділяти неабияку увагу контролю енергоспоживання та провести цілий ряд заходів, зокрема: здійснювати постійний аналіз рівня втрат в пристроях електропостачання і проводити заходи по приведенню їх до рівня нормативних; скласти фактичні баланси електроенергії з розподілом по окремих підстанціях, вузлах, мережах. В точках перевищення фактичних втрат електроенергії розробити і виконати технічні заходи по їх зменшенню; розробити та затвердити нормативні характеристики технологічних витрат електроенергії у власних електричних мережах.

Сутність задачі контролю енергоспоживання передбачає необхідність визначення як фактичних показників енергоефективності відповідних об'єктів, так і деяких нормативних

значень. Задача контролю енергоспоживання на Укрзалізниці вирішується за допомогою організаційно – методологічних, методологічних та інструментальних заходів (рис.1).

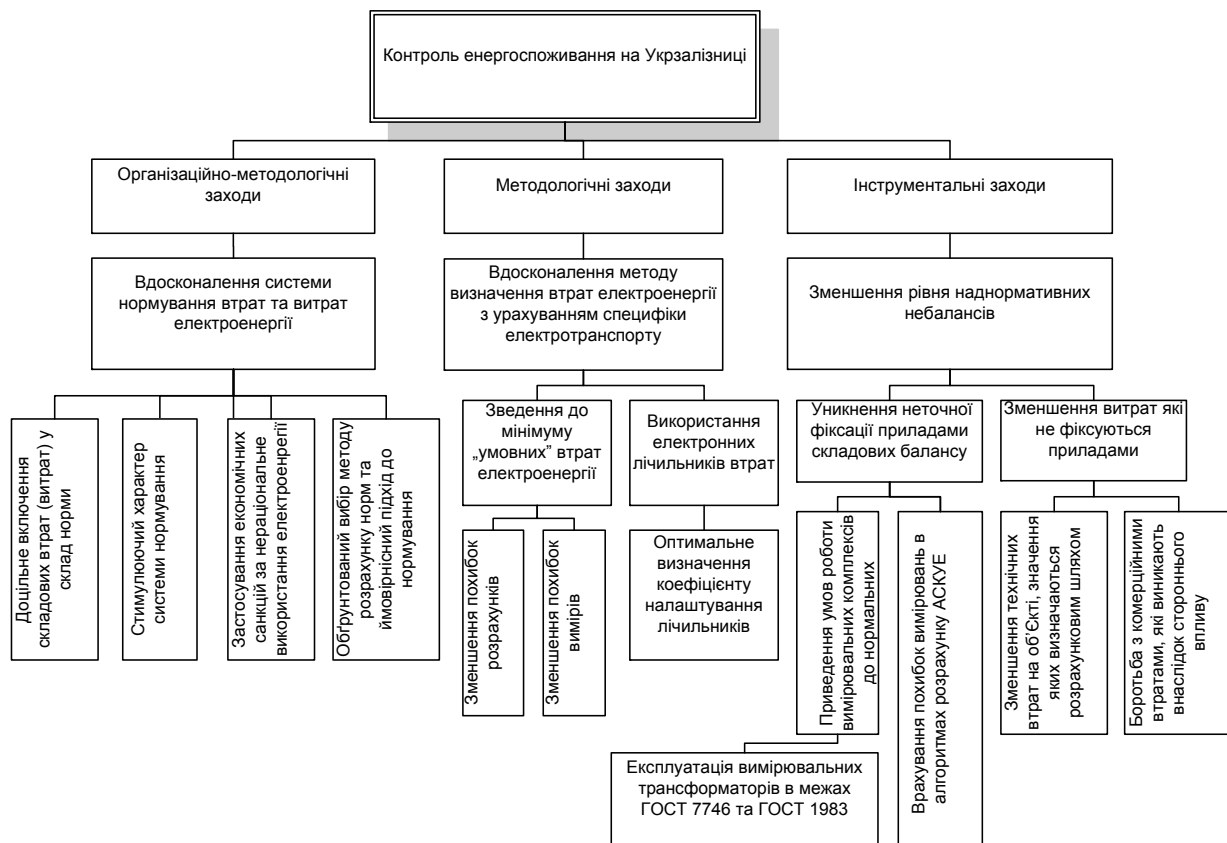


Рис. 1. Структурна схема задачі контролю енергоспоживання на Укрзалізниці

До *організаційно – методологічних заходів* відноситься вдосконалення системи нормування втрат та витрат електроенергії.

Включення складових втрат (витрат) у склад норми повинно бути економічно та технологічно обґрунтованим. Невід’ємною частиною системи нормування є застосування економічних санкцій за нераціональне використання енергетичних ресурсів та запровадження економічних механізмів стимулювання енергозбереження.

Система нормування повинна мати стимулюючий характер. Максимальний ефект від стимулюючого фактору отримаємо тоді, коли буде встановлена раціональна норма.

Важливим аспектом нормування являється обґрунтований вибір методу розрахунку норм та ймовірнісний підхід до нормування. Норми витрат електроенергії розробляються розрахунково – аналітичним, дослідним та розрахунково – статистичним методами.

До *методологічних заходів* відноситься вдосконалення методу визначення втрат електроенергії з урахуванням специфіки електротранспорту. Залізничний транспорт має ряд особливостей, зокрема таке поняття, як «умовні» втрати. «Умовні» втрати – різниця в електроенергії, відпущеній на тягу поїздів за лічильниками тягових підстанцій і лічильниками електрорухомого складу. Зведення до мінімуму «умовних» втрат поділяється на дві складові, а саме: зменшення похибок розрахунків та зменшення похибок вимірювань.

Інший шлях вдосконалення методу визначення втрат електроенергії з урахуванням специфіки електротранспорту – використання електронних лічильників втрат. Тут на перший план виступає питання про оптимальне визначення коефіцієнту налаштування лічильників, а саме: врахування параметрів системи тягового електропостачання, розмірів

руху, врахування зрівняльних струмів, визначення коефіцієнту на імітаційній моделі в режимі реального часу та ін.

До *інструментальних заходів* відноситься зменшення рівня наднормативних небалансів. Цього можна досягти за допомогою: уникнення неточної фіксації приладами складових балансу та зменшення витрат які не фіксуються приладами.

Для уникнення неточної фіксації приладами складових балансу можна врахувати похибки вимірювань в алгоритмах розрахунку АСКОЕ або привести умови роботи вимірювальних комплексів до нормальних, а саме експлуатувати вимірювальні трансформатори в межах ГОСТ 7746 та ГОСТ 1983. Для зменшення витрат які не фіксуються приладами потрібно зменшити технічні та комерційні втрати.

Для підвищення ефективності електроспоживання на залізницях України необхідно:

1. Вдосконалити систему нормування питомих витрат електроенергії таким чином, щоб вона враховувала специфіку конкретного підрозділу, вплив різних чинників і їх частковий внесок в зміну об'єму електроспоживання.

2. Для зменшення рівнів наднормативних небалансів електроенергії необхідно привести завантаження вимірювальних трансформаторів до вимог гостів ГОСТ 7746 та ГОСТ 1983. Дозавантаження трансформаторів напруги рекомендується виконати шляхом підключення в кола напруги релейного захисту (фаза - нуль) навантажувальних опорів.

3. Вдосконалити метод визначення втрат електроенергії за допомогою використання електронних лічильників втрат. Розрахувати діапазон зміни коефіцієнтів налаштування лічильників.

Режим «зняття відновлення» на струмоприймачі при пуску електровоза і наборі позицій до ходової на «С»-з'єднанні

Костін М.О., Михаліченко П.Є. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Як відомо, режим пуску електровоза постійного струму здійснюється при послідовному з'єднанні («С») тягових електродвигунів (ТЕД). Розрахуємо і проаналізуємо електромагнітні процеси в системі електротяги при знятті і наступному відновленні напруги на струмоприймачі в режимі пуску електровоза методом математичного моделювання.

Узагальнена електрична схема заміщення системи електричної тяги у режимі пуску електровоза при з'єднанні «С» ТЕД складається з декількох блоків: тягові підстанції (ТП), тягова мережа (ТМ), електровоз (ЕРС).

Режим повного зняття напруги включає в себе етапи горіння дуги, загасання дуги, відновлення живлення.

На першому етапі зняття напруги, тобто в процесі горіння дуги, сила струму електровоза під час свого протікання зменшується, отже, буде зменшуватися і основний магнітний потік $\Phi(t)$ ТЕД (рис. 1). Протягом етапу горіння дуги фідерні напруги і струми теж зменшуються, хоча і не значно.

На другому етапі повного зняття напруги (після загасання дуги), і після зникнення струму ($i_{el} = 0, R_{de} \rightarrow \Delta\infty, U = 0$) якраз електромагнітна енергія, що заощаджена в електромагнітному полі індуктивних елементів ТЕД, визначає зміну $\Phi(t)$ і інших величин. При цьому основний вплив на характер зміни основного магнітного потоку здійснює магнітний потік Φ_{exp} , створений вихровими струмами.

Після гасіння дуги (її розриву) напруга на струмоприймачі, як і струм електровоза різко зменшується до нуля і тому в етапі 2 $U = 0$. Дещо інакше «ведуть себе» фідерні

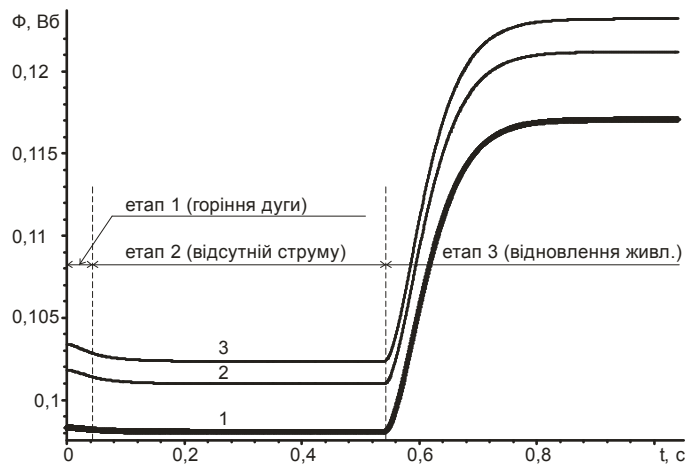


Рис. 1. Зміна магнітного потоку ТЕД в режимі зняття відновлення напруги на струмоприймачі

напруги і струми тягових підстанцій: напруга першої підстанції (ТП1) $U_1(t)$ після невеликого кидка приблизно у 20 В експоненціально зростає, в той же час фідерний струм цієї ТП1 експоненціально спадає. Напруга ТП2 $U_2(t)$ в момент гасіння дуги кидком збільшується, а потім, у етапі 2, експоненціально зменшується. Струм фідерів $i_1(t)$ цієї ТП2 після кидка експоненціально зменшується.

Розглянуті вище етапи (стадії) 1 і 2 являються дещо підготовчими до основного етапу відновлення напруги, під час якого і відбуваються основні

електромагнітні процеси режиму «відрив-піднімання» струмоприймача ЕРС.

Характер перехідного струму у стадії відновлення напруги визначається законом відновлення в часі основного магнітного потоку і параметрами ТЕД.

Якщо тривалість часу зняття $t_{\text{зн}}$ напруги живлення достатня для помітного загасання $\Phi(t)$, то перед відновленням напруги значення цього потоку складає невелику величину. Відповідно і проти-е.р.с. якоря ТЕД ($e(t) = C_2 \cdot \omega \cdot \Phi(t)$) теж буде малою. При миттєвому відновленні напруги на двигунах електровоза магнітні потоки $\Phi(t)$ починають зростати і досягають усталеного значення не миттєво, а поступово, сповільнено внаслідок демпферуючої протидії магнітного потоку $\Phi_{\text{exp}}(t)$. В результаті в початковий момент відновлення напруги живлення створюється значна різниця між цією напругою та проти-е.р.с. двигуна. Ця різниця при малому активному опорі обмоток ТЕД обумовлює значний кидок струму якоря кожного ТЕД, який погіршує не лише потенціальні умови на колекторах двигунів і може спричинити їх коловий вогонь, але, істотно, буде впливати і на елементи системи електропостачання.

В докладі виконано аналіз процесів у цій третій стадії, стадії відновлення напруги.

Імовірнісна залежність додаткових втрат електроенергії від реактивної потужності по Фризе

Костін М. О., Петров А. В., (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Як відомо, додаткові втрати потужності в елементах системи електричної тяги залежать від ряду важливих величин:

$$\Delta P_A = R_{\Sigma} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \Delta P_{ak} = R_{\Sigma} \frac{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N Q_{0k}^2}{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N u_k^2} = R_{\Sigma} \frac{Q_{0\tau}^2}{U_{\tau}^2} = R_{\Sigma} \frac{P_{\tau}^2 \text{tg}^2 \varphi}{U_{\tau}^2}. \quad (1)$$

У цьому виразі для додаткових втрат потужності ΔP_A величина еквівалентного опору R_Σ є детермінованою величиною, а величина діючого значення напруги U змінюється дуже слабо: наприклад, для підстанції Горяїново ця напруга знаходиться в межах 3323...3353 В, $\sigma_U = 5$ В, тобто діюче значення U можна вважати незмінним. Отже, тоді ΔP_A є функцією лише однієї випадкової величини, якою є реактивна потужність по Фризе Q_0 . Користуючись формулою (1), запишемо імовірнісні характеристики ΔP_A , а саме:

математичне сподівання

$$\begin{aligned} M[\Delta P_A] &= M\left[R_\Sigma \frac{Q_0^2}{U^2}\right] = \frac{R_\Sigma}{U^2} M[Q_0^2] = \frac{R_\Sigma}{U^2} \left((M[Q_0])^2 + D[Q_0] \right) = \\ &= \frac{R_\Sigma}{U^2} \left((M[Q_0])^2 + D[Q_0] \right) = \frac{R_\Sigma}{U^2} (m_{Q_0}^2 + \sigma_{Q_0}^2), \end{aligned} \quad (2)$$

дисперсію

$$\begin{aligned} D[\Delta P_A] &= \frac{R_\Sigma}{U^2} D[Q_0^2] = 2 \frac{R_\Sigma}{U^2} (M[Q_0])^2 \cdot D[Q_0] + D^2[Q_0] = \\ &= 2 \frac{R_\Sigma}{U^2} m_{Q_0}^2 \sigma_{Q_0}^2 + \sigma_{Q_0}^4, \end{aligned} \quad (3)$$

де $M[\dots]$ чи m – математичне сподівання;

$D[\dots]$ чи σ – дисперсія чи середньоквадратичне відхилення.

Якщо величина ΔP_A розподіляється за Гауссом, тоді її абсолютні значення знаходяться в інтервалі

$$m_{\Delta P_A} - 3 \sqrt{2 \frac{R_\Sigma}{U^2} m_{Q_0}^2 \sigma_{Q_0}^2 + \sigma_{Q_0}^4} \quad \dots \quad m_{\Delta P_A} + 3 \sqrt{2 \frac{R_\Sigma}{U^2} m_{Q_0}^2 \sigma_{Q_0}^2 + \sigma_{Q_0}^4}. \quad (4)$$

Отже, як впливає із цього виразу, абсолютні значення непродуктивних втрат електроенергії суттєво, у другому та четвертому ступенях, залежать від середньоквадратичного відхилення, тобто коливань, реактивної потужності по Фризе Q_0 , а остання збільшується при збільшенні коливань тягового струму.

Миттєва реактивна потужність пристроїв систем електричної тяги

Костін М. О., Петров А. В., Саблін О.І. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Тягові кола систем електричної тяги є колами несинусоїдних електричних величин і тому для їх аналізу важливим є зміст миттєвої реактивної потужності.

Поняття миттєвої реактивної потужності дозволяє розв'язати три основні задачі, які існують в тяговому електропостачанні. По-перше, встановити фактичні наявність чи відсутність обмінних енергетичних процесів між тяговою підстанцією (ТП) та ЕРС. Дійсно, наприклад, якщо судити за класичною ознакою, тобто за знаком миттєвої потужності $p(t)$, то у тяговій мережі обмінні процеси відсутні, оскільки $p(t) > 0$. Проте такий обмінний процес повинен бути, бо силові кола ЕРС мають потужні нелінійні реактивні елементи: індуктивності обмоток якоря, обмоток головних та додаткових полюсів тягових двигунів, індуктивних шунтів. Виявлена невідповідність знаку миттєвої потужності та наявності обмінних процесів ще раз підтверджує, що класичні судження про обмінні процеси не є застосовуваними для нелінійних кіл з несинусоїдними струмами та напругами. Тому необхідно погодитись з поглядом ряду дослідників, що для повного опису обмінних електромагнітних процесів необхідно розглядати миттєву реактивну

потужність $q(t)$. Змінний за напрямком характер поведінки $q(t)$ свідчить про обмінні електроенергетичні процеси між ТП (як джерелом) та ЕРС (як навантаженням). Обмінні процеси відсутні тільки у разі, якщо $q(t) = 0$ на протязі часу споживання електроенергії.

По-друге, знання $q(t)$ дозволяє оцінити втрати активної потужності від протікання реактивної потужності. Нарешті, поняття миттєвої реактивної потужності $q(t)$ дозволяє забезпечити оптимальну компенсацію реактивної потужності Q з точки зору мінімуму втрат потужності P у живлячій електричній мережі. Для повної компенсації Q потрібно, щоб миттєва реактивна потужність компенсуючого пристрою $q_k(t)$ точно відповідала миттєвій реактивній потужності навантаження $q(t)$ і знаходилася з нею у протифазі, тобто потрібно, щоб $q_k(t) = -q(t)$.

Нарешті, потужність $q(t)$ фізично характеризує швидкість обміну електромагнітної енергії $\frac{\partial W}{\partial t}$ між джерелом (ТП) і навантаженням (ЕРС), то в загальному випадку вона може бути також записана виходячи з основ теорії електромагнітного поля як:

$$q(t) = \frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \int_V \left[\frac{\epsilon_a E^2}{2} + \frac{\mu_a H^2}{2} \right] dV = - \oint_S \vec{\Pi} d\vec{S} - \int_V \gamma E^2 dV - \int_V \vec{J}_{\text{т\ddot{o}}} \vec{E} dV,$$

де V – об'єм середовища, яке обмежене замкненою поверхнею S і в якому існує електромагнітне поле;

ϵ_a, μ_a – абсолютні відповідно діелектрична та магнітна проникності зазначеного середовища;

E, H – напруженості відповідно електричного та магнітного полів;

$\vec{\Pi}$ – вектор Пойнтінга;

$\vec{J}_{\text{т\ddot{o}}}$ – густина струму переносу.

Перший інтеграл $\left(- \oint_S \vec{\Pi} d\vec{S} \right)$ у правій частині формули являє собою потужність, що чисельно дорівнює тій енергії, яка поступає в одиницю часу в об'єм V крізь замкнену поверхню S . Другий інтеграл $\left(\int_V \gamma E^2 dV \right)$ – це потужність теплових втрат від струму провідності в об'ємі V середовища, який володіє питомою провідністю γ . Нарешті, третій інтеграл $\left(\int_V \vec{J}_{\text{т\ddot{o}}} \vec{E} dV \right)$ – являє собою роботу, що витрачається в одиницю часу на прискорення заряджених частинок в об'ємі V , де існує струм переносу $\vec{J}_{\text{т\ddot{o}}}$. Якщо ці частинки зіштовхуються з молекулами речовини середовища поля, то цей інтеграл є потужністю теплових втрат від струму переносу.

Якість електроенергії, методи та засоби її забезпечення

Кравчик С.О. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Питання якості електроенергії включає в себе ряд складових. Однією важливою з них це є питання компенсації реактивної потужності. Правильне рішення цієї проблеми означає більшу економію грошових і матеріальних ресурсів. Тому для більшості

споживачів виявилась необхідність проведення ряду нових заходів, що вимагають установки додаткових пристроїв, що компенсують, і широкого впровадження їхньої автоматизації.

Основна частина споживачів електроенергії, а також засоби перетворення електроенергії через свої фізичні властивості вимагають для роботи окрім активної енергії, однонаправлено поступаючої з мережі в електроприймач, деякої реактивної потужності (РП), яка протягом половини періоду основної частоти мережі направлена у бік електроприймача, а в іншу половину періоду - у зворотний бік. Вироблення реактивної потужності не несе в собі затрат на сировину, але її передача по мережі викликає витрати активної енергії, які покриваються активною енергією генераторів (за рахунок додаткової витрати палива). Негативним фактором РП є завантаження електричних мереж і встановленого в них устаткування. Цим самим циркуляція РП віднімає деяку частину пропускної спроможності електромереж. В той же час реактивна енергія може вироблятися безпосередньо в місці споживання. Практика такого виробництва широко поширена у всьому світі і відома під терміном "компенсація реактивної потужності". Компенсація реактивної потужності (КРП) - один з найефективніших засобів раціонального використання електроенергії.

У загальному випадку, в енергосистемах для КРП застосовуються синхронні компенсатори і електродвигуни. Такі установки маю досить давній характер а також відносно невеликий КПД. Тому останнім часом широкого застосування набули конденсаторні батареї. Особливо їх переваги збільшуються при використанні автоматизованих систем управління, які автоматично регулюють необхідний ступінь компенсації. Звичайні релейні пристрої управління мають ряд недоліків, тому і відходять на задній план. Я пропоную застосування систем керування на транзисторних ключах. Їх перевагою є їх надійність та висока швидкодія. Ще однією позитивною стороною є те що такі ключі можуть як вмикати так і вимикати конденсаторні установки у будь-який момент часу.

Останнім часом, із зростанням виробництва, росте енергоспоживання, і гостро стоїть питання енергозбереження. Зважаючи на те, що перетоки реактивної потужності прибрати з мережі неможливо, саме тому їх потрібно мінімізувати. Конденсаторні установки для компенсації реактивної потужності - один з найефективніших способів рішення питання енергозбереження на підприємстві.

Для усунення перетоків РП пропонуються такі шляхи:

- застосування нових силових елементів керування.
- застосування нових статичних пристроїв компенсації.
- правильний вибір місця встановлення компенсаторів.
- застосування нових автоматичних пристроїв виміру перетоків РП.

Подходы к оценке потенциала энергосбережения в системах электроснабжения железных дорог

Кузнецов В.Г. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Для железных дорог Украины важной задачей является оценка потенциала энергосбережения. Данная задача важна как в теоретическом, так и практическом плане. Имея научно-обоснованный потенциал энергосбережения можно выявить рациональные направления инвестиций в энергосберегающие проекты, эффективно управлять потреблением топливно-энергетических ресурсов и в целом проводить политику энергосбережения на железнодорожном транспорте. При эксплуатации систем

электроснабжения железных дорог перспективной может оказаться возможность использования величины потенциала энергосбережения при стимулировании энергосбережения. На сегодняшний день не достаточно используется потенциал энергосбережения в хозяйствах электрификации и электроснабжения. В одних литературных источниках под понятием «потенциал энергосбережения» зачастую используется термин "резерв энергосбережения", в других публикациях под потенциалом энергосбережения понимают экономию топливно-энергетических ресурсов. В данной работе под потенциалом энергосбережения будем понимать способность объекта к энергосбережению. В различных задачах потенциал энергосбережения можно рассматривать в разных срезах в зависимости от специфики вопроса. Существующее большое множество классификационных признаков потенциалов энергосбережения затрудняет понимание проблемы. Представим потенциал энергосбережения железной дороги в виде морфологической матрицы (табл. 1).

Таблица 1

Классификация потенциалов энергосбережения железной дороги

Признак классификации		Вид потенциала энергосбережения железной дороги							
	Наименование	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Вид ТЭР	Электрический	Тепловой	Топливный	Энергетический	Общий			
2	Уровень реализации	Теоретический	Технологически доступный	Экономически целесообразный	Практический				
3	Уровень использований	Фактический	Экономически целесообразный	Оптимальный	Плановый				
4	Период времени	Годовой	Сезонный	Квартальный	Месячный	Суточный			
5	Объект	ЦЭ	Служба электрификации и электро-снабжения	Дистанция электро-снабжения	ЭЧК	ЭЧЭ	ЭЧС	РРЦ	Установки, агрегаты (аппараты)
6	Тип управляющих воздействий	Оптимизация оплаты за электроэнергию	Регулирование напряжения на шинах ТП	Включение трансформаторов на параллельную работу	Включение выпрямителей на параллельную работу	Оптимальное управление потоком поездов	Применение оптимальных схем конт. сети		
7	Единица измерения	Натуральная	Денежная	Относительная					
8	Эффект от энергосбережения	Технический	Экономический	Экологичный	Поведенческий				

При построении данной таблицы использованы следующие основные классификационные признаки: вид топливно-энергетического ресурса, уровень возможности реализации энергосберегающих технологий, уровень использования потенциала энергосбережения период времени, для которого рассчитывается потенциал энергосбережения, тип объекта, для которого определяется потенциал энергосбережения.

Пользуясь предложенной таблицей, можно формализовать потенциал энергосбережения практически для любого предприятия железнодорожного транспорта. Под оценкой технологически доступного потенциала энергосбережения системы электроснабжения электротранспорта будем понимать определение величины максимально возможной суммарной экономии ТЭР, которая может быть получена в течении заданного промежутка времени, при рациональном использовании силового

оборудования, а также требований к качеству электроэнергии, безопасности движения поездов и охране окружающей среды. Сформулируем общий процесс определения потенциала энергосбережения в системах электроснабжения электротранспорта, который отражает специфику электроснабжения железнодорожных потребителей.

В общем виде процесс оценки потенциала энергосбережения включает следующие этапы:

- а) формулирование целей оценки потенциала энергосбережения;
- б) разработка алгоритма оценки потенциала энергосбережения, который бы отражал специфику электроснабжения потребителей электротранспорта;
- в) сбор информации, декомпозиция системы электроснабжения электротранспорта;
- г) расчёт потенциала энергосбережения системы электроснабжения.

В научной литературе существуют различные методологические подходы и способы оценки потенциала энергосбережения промышленного предприятия. Можно выделить три группы способов оценки: оценка в натуральном, относительном и стоимостном выражении.

Повышение энергоэффективности электротранспорта постоянного тока путем оптимизации управления транспортным потоком

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

Основой энергетической политики железнодорожного транспорта Украины является стимулирование энергосбережения и повышение эффективности потребления энергии. В условиях постоянного роста цен на основные виды энергоресурсов и значительной внешнеэкономической зависимости от поставщиков энергоносителей становятся актуальными проблемы повышения энергоэффективности, энергосбережения и уменьшения потребления энергоресурсов на тягу поездов.

Поскольку транспортный поток поездов определяет нагрузку на систему электроснабжения, исследование его свойств является неотъемлемой частью задачи повышения энергоэффективности электротранспорта. Анализ потока поездов можно осуществить по принципу «поток-время» (в результате образуются поезд-часы, вагоно-часы) и «поток-расстояние» (поезд-километры, вагоно-километры). Временные параметры потока поездов – интервалы и пространственные – блок-участки – влияют на режимы движения и электропотребления: езда под зеленый на зеленый, под зеленый на желтый, под желтый на красный огни светофоров. С увеличением плотности потока поездов до некоторого уровня возникают неудовлетворительные режимы движения – езда под зеленый на желтый или под желтый на красный огни светофоров со снижением скорости продвижения потока. Интенсивность и плотность потока тесно связаны между собой: вначале с увеличением плотности режимы движения поездов не нарушаются, интенсивность возрастает, реализованная пропускная способность тоже растет. При дальнейшем возрастании плотности наступает максимум интенсивности. Если плотность продолжает возрастать и дальше, возникают неблагоприятные режимы продвижения потока, его интенсивность снижается, снижается и реализуемая пропускная способность линии. С возникновением отказов в связи с чрезвычайно высокой плотностью потока, поток периодически останавливается на некоторые отрезки времени реализуемая пропускная способность в течение этих отрезков времени равна нулю, с увеличением таких отрезков, уменьшается реализуемая пропускная способность за сутки и увеличиваются затраты электроэнергии на тягу поездов. Таким образом, возникает задача

определения такого значения плотности потока при котором реализуется максимальная интенсивность при минимальных затратах электроэнергии на тягу поездов.

По мнению авторов доклада, для решения данной задачи необходимо:

- исследовать зависимости энергетических показателей системы тягового электроснабжения от показателей транспортного потока;
- определить показатели потока поездов, соответствующие наличной пропускной способности участка по условиям электроснабжения;
- исследовать зависимости потерь электроэнергии в сетях тягового и внешнего электроснабжения от неравномерности транспортного потока;
- оптимизировать управление транспортным потоком по критерию минимума расхода электроэнергии на тягу поездов.

Авторы доклада проводили теоретические и экспериментальные исследования влияния показателей потока поездов на энергетические показатели системы тягового электроснабжения. Результаты исследований свидетельствуют о том, что существует возможность повышения энергоэффективности электротранспорта постоянного тока за счет оптимизации управления транспортным потоком поездов.

Встановлення закономірностей зміни показників якості електричної енергії кіл живлення залізничної автоматики

Куриленко О.Я. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

У сучасних умовах залізнична автоматики є основною складовою забезпечення безаварійної надійної роботи залізниць. Живлення пристроїв залізничної автоматики, що встановлені на станціях та віддалених постах, забезпечується від повздовжніх повітряних або кабельних ліній напругою 10 кВ. Зниження рівня напруг до робочих (0,23 кВ або 0,4 кВ) забезпечують комплектні трансформаторні підстанції. Резервування електроживлення забезпечується від автономних джерел (акумуляторні батареї, дизель-генератори) на термін часу, необхідний для усунення пошкоджень основних ліній.

Як показав аналіз літературних та інших джерел інформації, якість живлючої напруги залізничної автоматики є недостатньо високою, що обумовлено впливом на ці кола як тягових так і не тягових споживачів. Такі показники електричної енергії як відхилення напруги, коливання напруги та інші якісні та кількісні показники є різними у часі та є випадковими величинами. Тому для утворення цілісної «картини» необхідне проведення достатньої кількості вимірів не тільки напруги кіл живлення залізничної автоматики, але і суміжних з ними систем, з подальшою обробкою отриманих статистичних даних.

Саме тому, метою наукових досліджень автора є встановлення закономірностей у зміні основних показників якості електричної енергії кіл живлення залізничної автоматики, при врахуванні режимів роботи суміжних споживачів, як тягових так і не тягових. Отримані результати є основою для розробки рекомендацій та пристроїв, які призначені для підвищення якості напруги живлення кіл залізничної автоматики, що у цілому є важливою науково-технічною задачею, вирішення якої дозволить забезпечити надійну роботу цих систем.

Розробка методики раціонального діагностування контактної мережі

Кучмій О.С. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Основною метою системи ТО і за фактичним станом є підвищення надійності обладнання і зниження експлуатаційних витрат. Основою для такого виду ТО і Р являється технічне діагностування і прогнозування стану об'єкту.

Необхідними умовами для реалізації ефективного діагностування є:

1. визначення економічної доцільності;
2. наявність методики визначення несправностей і прогнозування працездатного стану обладнання;

3. наявність приладної бази та датчиків діагностування

Найважливішими параметрами діагностування будемо вважати:

- z - період проведення діагностування по наробітку;
- $\underline{x}$ - межа діагностування;
- $\bar{x}$ - максимально допустимий знос.

Перші два параметри призначаються для максимального зменшення збитків при діагностуванні, але при врахуванні надійності з'являється умова $\bar{\varphi}(z | \underline{x}) = \bar{x}$. Кількість

перевірок з інтервалу складатиме $n = \left\lfloor \frac{\bar{z} - \underline{z}}{z} \right\rfloor$, де береться ціле число. При визначенні

раціональних періодів діагностування до уваги необхідно брати до уваги кошти, які будуть витрачатися на сам процес, а також на простій пристроїв КМ протягом перевірки. Сумарні

витрати до початку ремонтування елементу протягом певного періоду визначаються як $C_d \cdot \left\lfloor \frac{\bar{z} - \underline{z}}{z} \right\rfloor$. При виконанні діагностування періодом z спостерігається недовикористання

повного ресурсу елементу та контактної мережі в цілому, що виражається величиною витрат повного відновлення $\frac{C}{\bar{z} - \underline{z}} \cdot z$.

Максимальне зниження сумарних витрат F по періоду діагностування можливе при умові $\bar{\varphi}(z | \underline{x}) \leq \bar{x}$. Для мінімізації витрат необхідно визначити поріг діагностування $\underline{x}_{opt}$

Оцінка оптимального періоду діагностування виконується за величиною, яка буде представляти собою раціональний та економічно підтверджений період діагностування

$z_9 = (\bar{z} - \underline{z}) \sqrt{\frac{C_d}{C}}$. Також розглядається визначення раціональних параметрів

діагностування, коли максимальна і мінімальна швидкості зносу знаходяться в лінійній залежності від зносу, тобто $\underline{V} = \underline{a}x + \underline{b}$, $\bar{V} = \bar{a}x + \bar{b}$,

де $\underline{a}$, $\underline{b}$, $\bar{a}$, $\bar{b}$ - параметри моделі зносу.

Визначення $\underline{z}$, $\bar{z}$ потребує розв'язання диференціальних рівнянь з початковими умовами $x(0) = y(0) = 0$ (коли мережа є новою). При виконанні відповідних перетворень

отримано, що $\underline{z} = \frac{1}{\underline{a}} \ln \frac{\bar{a}x + \bar{b}}{\underline{b}}$, $\bar{z} = \frac{1}{\bar{a}} \ln \frac{\underline{a}x + \underline{b}}{\underline{b}}$.

При проведенні діагностування витрати на усунення відмови та її наслідків не повинні перевищувати обмежень по ресурсах. У випадку, коли витрати на одне діагностування перевищує вартість самого елемента, то діагностування являється недоцільним і виникне

необхідність у переході на планово-попереджувальну систему утримання. Якщо ж витрати, пов'язані з усуненням відмови перевищують вартість проведення діагностування, то воно в даному випадку не виключене. Запропонована методика дає можливість визначити раціональні параметри діагностування з врахуванням мінімізації витрат.

Розробка та дослідження моделі зносу контактного проводу на залізниці змінного струму

Кучмій О.С., Рейх О.М. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Аналіз технічного стану контактної мережі показує, що найбільше (30%) пошкоджень припадає на проводи і троси. З цієї долі на пошкодження контактних проводів припадає 51,79 %. У розподілі причин виникнення відмов контактного проводу не останнє місце займає знос. Вивчення і дослідження фізичних процесів та факторів, що впливають на дане явище, вимагають спеціальних теоретичних основ. Для вирішення проблеми пропонується математична модель зносу контактного проводу.

Інтенсивність зносу контактного проводу визначається двома основними факторами:

- механічним зносом від тертя пантографа об контактний провід;
- електричним зносом при протіканні електричного струму через область контактного проводу і пантографа.

Механічний знос визначається силою натиску пантографа на контактний провід, а також швидкістю руху V і кількості поїздів n , що проходять в одиницю часу.

Що стосується електричної складової зносу, то визначається струмом J , що проходить через поверхню контакту.

Інтенсивність зносу в першому приближенні є функцією J, V, n , тобто $\lambda = \lambda(J, V, n)$.

Інженерний сенс зносу контактного проводу на відрізку $(x, x + \Delta x)$ демонструє вираз $\lambda(J, V, n) = (\alpha + \beta J)V_n$. Приймаючи долю пасажирських і вантажних потягів однаковими, інтенсивність зносу контактного проводу з координатою x на відрізку часу $(t, t + \Delta t)$ $\lambda(x, t) = a_n(t) \cdot \lambda_n(t) + a_{\Gamma}(t) \cdot \lambda_{\Gamma}(t)$. Виконавши тягові розрахунки для пасажирських та вантажних потягів, можна визначити місця найбільш інтенсивного зносу. Проте дані розрахунки є досить приблизними, оскільки не враховується багато факторів, що визначають знос (стан пантографа, нерівномірний розподіл поїздів на даній ділянці, стан погоди). Це веде до невизначеності зносу, який необхідно моделювати при кожному x деякого випадкового процесу $\xi(t, x)$.

За одиницю зносу приймається деяка мала величина Δ (наприклад, сота доля міліметра), тоді можна розглядати процес зносу, як процес «чистого розмноження» і ввести імовірність $P_k(t, x)$, що представляє собою імовірність того, що в момент часу t в місці x знос дорівнює $k \cdot \Delta$, тобто $P_k(t, x) = P\{\xi(t, x) = k \cdot \Delta\}$.

Нехай, $H(t, x)$ – середній знос контактного проводу за час t в місці x . Можна записати

$$H(t, x) = \sum_{k \geq 0} k \cdot P_k(t, x)$$

Середня швидкість зносу буде дорівнювати
$$\frac{dH(t, x)}{dt} = \sum_{k \geq 0} k \frac{dP_k(t, x)}{dt}.$$

Після елементарних перетворень
$$\frac{dH(t, x)}{dt} = \sum_{k \geq 0} \lambda_k \cdot P_k(t, x).$$

При постійному співвідношенні пасажирських та вантажних потягів, то середній знос можна визначити

$$H(x) = (a_n (\alpha_n + \beta_n J_n(x)) \cdot V_n(x) \cdot n_n + a_\Gamma (\alpha_\Gamma + \beta_\Gamma J_\Gamma(x)) \cdot V_\Gamma(x) \cdot n_\Gamma) \cdot T.$$

$\alpha_n, \beta_n, \alpha_\Gamma, \beta_\Gamma$ представляють собою істотні параметри математичної моделі зносу контактного проводу. При виконанні розрахунків параметри α, β будуть універсальними безрозмірними постійними, якими можна характеризувати процес зносу контактного проводу в залежності від виду поїздів, що рухаються. Для точного визначення констант необхідно дослідити взаємодію пантографа і контактної підвіски.

Приведені вирази дозволяють врахувати фактори, що впливають на процес зносу контактного проводу і визначити величину зносу в будь-якій точці і будь-який момент часу. Детальне дослідження таких процесів дасть можливість прогнозувати технічний стан, попереджувати відмови і підвищувати надійність роботи контактної мережі.

Фізична модель взаємодії контактної підвіски зі струмоприймачем електрорухомого складу

Мандич В.Г., Босий Д.О., Данилов О.А. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Стратегія розвитку прискореного та швидкісного руху вимагає підвищеної надійності елементів системи струмознімання. Задовільне струмознімання - це такий процес, при якому забезпечується висока надійність контактної мережі і струмоприймачів, тривалий термін служби контактуючих елементів – контактного проводу і вставок. Одним із основних напрямків створення задовільного струмознімання є конструктивне поліпшення взаємодіючих контактної мережі і струмоприймачів. Але не останнє місце займає і їх правильна експлуатація.

Для більш детального дослідження удосконалених конструкцій контактних проводів та струмоз'ємних елементів необхідна лабораторна база з фізичним моделюванням реальних процесів під час струмознімання.

Подібного роду випробувальна лабораторія створюється ДНУЗТ фахівцями кафедри «Електропостачання залізниць». Лабораторна база дозволить досліджувати та вивчати процеси струмознімання в умовах, максимально наближених до реальних. При цьому імітуватимуться різні типи підвісок, стріли прогину, зигзаги, коливання, удари в широкому швидкісному діапазоні.

Конструктивні особливості лабораторного комплексу дозволять проводити весь спектр струмових та динамічних досліджень пристроїв струмознімання в умовах, які відповідають реальним режимам експлуатації пристроїв. Методика випробувань включатиме варіювання наступних параметрів для кожної пари контактних матеріалів: контактний натиск; відносного положення контактуючих поверхонь; швидкості відносного руху елементів пари тертя; режимів руху; сили електричного струму і полярності (для постійного струму); параметрів навколишнього середовища (температури, вологості, запиленості) та ін.

В даний час існує велика кількість різноманітних конструкцій контактних підвісок, призначених для експлуатації в умовах швидкісного руху. Параметри і конструктивні особливості цих пристроїв варіюються в широких межах. Вплив цих параметрів на динаміку взаємодії контактної підвіски і струмоприймача виражено неявно і має безліч нюансів, що і спонукає до більш детального розгляду цього питання.

Для вивчення та дослідження такого складного процесу пропонується застосування фізичної моделі – кільцевого стенду.

Для визначення траєкторії розташування контактного проводу на кільцевому стенді необхідно виконати таке перетворення над рівнянням, яке описує його положення всередині прогону в лінійних декартових координатах, щоб отримати замкнену криву, деяке математичне місце точок відносно початку координат, кожна з точок якого відповідає конкретній точці всередині прогону. В декартових координатах вихідна функція має бути періодичною на інтервалі T , бо інакше, виконуючи описане перетворення, отримаємо незамкнену криву, застосування якої в якості траєкторії на кільцевому стенді не досить зручне. Нехай положення контактної проводу всередині прогону визначається рівнянням $y=1$. Тоді шукане математичне місце точок являє собою одиничне коло, яке в полярній системі координат описується рівнянням $\rho=1$. Звідси випливає, що перехід слід виконувати за допомогою заміни змінної $y \rightarrow \rho$. Крім того, слід зазначити, що в полярній системі координат аргумент φ набуває значень в межах $0..2\pi$, і при виконанні шуканого перетворення необхідно абсцисі x увести перевідний коефіцієнт $T/2\pi$, тобто для аргументу необхідно виконати заміну змінної вигляду $x \rightarrow \varphi \cdot T/2\pi$.

Інтелектуальні мережі Smart Grid – майбутнє електрифікованих залізниць України

Матусевич О.О. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Останні декілька років в середовищі українських фахівців в області енергетики стає все більш популярним термін Smart Grid. Його можна перевести як «інтелектуальні мережі».

У США, Європі даний термін має досить конкретне значення: це електричні мережі, оснащені в необхідній мірі сучасними засобами телекомунікації, що забезпечують двосторонні обміни в цифровому форматі всіх учасників виробництва, розподілу і споживання електроенергії.

З точки зору Міністерства енергетики США, інтелектуальним мережам (Smart Grid) властиві наступні положення:

- здатність до самовідновлення після збоїв в подачі електроенергії;
- можливість активної участі в роботі мережі споживачів;
- стійкість мережі до фізичного і кібернетичного втручання злоумисників;
- забезпечення необхідної якості електроенергії;
- забезпечення синхронної роботи джерел генерації і вузлів зберігання електроенергії;
- поява нових високотехнологічних продуктів і ринків;
- підвищення ефективності роботи енергосистеми в цілому тощо.

На думку Європейської Комісії, що займається питаннями розвитку технологічної платформи в області енергетики, Smart Grid можна описати наступними аспектами функціонування:

- гнучкість (мережа повинна підстроюватися під потреби споживачів електроенергії);
- доступність (мережа має бути доступна для нових користувачів, причому як нові підключення до глобальної мережі можуть виступати призначені для користувача генеруючі джерела з нульовим або зниженим викидом CO_2);
- надійність (мережа повинна гарантувати захищеність і якість постачання електроенергії відповідно до стандартів);
- економічність (найбільшу цінність повинні представляти інноваційні технології в побудові Smart Grid спільно з ефективним управлінням і регулюванням функціонування мережі).

На даному етапі електрифікації залізниць України в поняття Smart Grid у нас мабуть повинен вкладатися розширений сенс: комплексна модернізація і інноваційний розвиток всіх

суб'єктів електропостачання залізниць (і технологічних, і комунікаційних) на основі передових технологій. Причому Smart Grid для нас може включати не лише вміст мережевого функціонального оснащення, але навіть відмінності в архітектурі побудови. Для відносно надійного і якісного вирішення завдань електропостачання залізниць України ідея Smart Grid в даний час може виступати як концепція інтелектуальної активно-адаптивної мережі електропостачання залізниць, яку можна описати наступними ознаками:

- підвищення надійності електропостачання залізниць і безвідмовності роботи системи електропостачання;
- підвищення ефективності витрати енергоресурсів із збереженням необхідних параметрів якості електричної енергії;
- управління і моніторинг стану електротехнічного устаткування;
- перехід на технічне обслуговування і ремонт електротехнічного устаткування по стану;
- розвиток силової електроніки і пристроїв на їх основі;
- розширений облік енергоресурсів. Створення автоматизованих систем управління попитом на електроенергію;
- насиченість мережі активними елементами, що дозволяють змінювати топологічні параметри мережі;
- велика кількість датчиків, що вимірюють поточні режимні параметри для оцінки стану мережі в різних режимах роботи системи електропостачання;
- система збору і обробки даних (високоінтегровані комплекси оперативно-диспетчерського управління в режимі реального часу з експертно-розрахунковими системами ухвалення рішень), а також засоби управління активними елементами системи електропостачання і електроустановками споживачів;
- наявність необхідних виконавських приладів і механізмів, що дозволяють в режимі реального часу змінювати топологічні параметри системи електропостачання, а також взаємодіяти з суміжними енергетичними системами і об'єктами;
- засоби автоматичної оцінки поточної ситуації і побудови прогнозів роботи системи електропостачання;
- висока швидкодія автоматизованої системи керування електропостачання залізниць, інформаційного обміну;
- створення високонадійних магістральних каналів зв'язку між різними рівнями диспетчерського управління і дубльованих цифрових каналів обміну інформацією між об'єктами і центрами управління;
- поліпшення екологічної обстановки, завдяки збільшенню долі використання нетрадиційних джерел енергії (екологічно чистіший процес виробництва електричної енергії) тощо.

Концептуальні визначення інтелектуальної мережі вказують на важливу роль Smart Grid в подальшому технологічному, економічному і екологічному розвитку системи електропостачання залізниць України. Окрім вирішення завдань підвищення якості і надійності роботи електропостачання залізниць, зменшення енергетичного дефіциту за рахунок використання поновлюваних джерел енергії, зниження навантаження на довкілля, в концепціях Smart Grid просліджується ще один дуже важливий аспект: Smart Grid може стати каталізатором економічного підйому структурних підрозділів Головного управління електрифікації та електропостачання Укрзалізниці. Реалізація положень даної концепції матиме на увазі розвиток інноваційних технологій, розширення масштабів виробництва та впровадження високоінтелектуальної продукції, інтенсивніше вживання електричної енергії в транспортній інфраструктурі.

Завдяки реалізації концепції Smart Grid людство вступить в нову фазу існування, яка характеризуватиметься гармонійною взаємодією з довкіллям, поліпшенням якості життя і загальним економічним підйомом.

Особливості чисельного розрахунку під час моделювання системи електричної тяги в аварійних режимах

Михаліченко П.Є. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

При створенні ММ електричних кіл стає проблема врахування елементів з малими параметрами. Внаслідок цього електричним колам відповідають диференційні рівняння відносно високих порядків. Причому, як правило, при описанні розрахунків подібних рівнянь в інтервалі спостереження потрібне залучення двох видів функцій: швидких з великими значеннями похідних і повільних з малими похідними.

В схемі заміщення згладжуючого реактора для досконалого вивчення процесів, що в ньому відбуваються слід враховувати міжвиткову ємність. Розглянемо, наприклад, процес розряду ємності згладжуючого реактора на активно-індуктивне коло (рис. 1).

Залежність струму в колі від часу може бути отримана з розв'язання диференційного рівняння. Запишемо в загальному виді його рішення, що складається тільки з вільної складової $i_L = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t}$, де $\lambda_1 = -\frac{R}{L} \approx -1,475$, $\lambda_2 = -\frac{1}{RC} \approx -1,85 \cdot 10^9$ – корені характеристичного рівняння.

На рис. 2, виконаному, для наочності, із зміною масштабу по осі t виділимо дві ділянки.

Перша ділянка - ділянка прикордонного шару - $t \in [0, \tau_{nc}]$ характеризується швидкою зміною (великої похідної) струму. Тривалість цієї ділянки визначається мінімальною сталою часу

$\tau_{\min} = \tau_2 = \left| \frac{1}{\lambda_2} \right| = RC$. Можна прийняти, наприклад, $\tau_{nc} = (3...5) \tau_{\min}$. Друга ділянка, що лежить за

прикордонними шаром, характеризується повільною зміною струму. Тривалість цієї ділянки,

тобто тривалість спостереження, визначається максимальною сталою часу $\tau_{\max} = \tau_1 = \left| \frac{1}{\lambda_1} \right| = \frac{L}{R}$

(звичайно процес доцільно розглядати на інтервалі не більше $(3...5) \tau_{\max}$). Має місце явище жорсткості. Чисельне розв'язання жорстких диференційних систем пов'язане із значними труднощами, проаналізуємо їх. Як відомо з курсу математики вибір кроку, що забезпечує заданий тип стійкості рішення, повинен задовольняти певним умовам, що залежать від коренів характеристичного рівняння. Наприклад, при використанні явного методу Ейлера крок інтегрування, що забезпечує асимптотичну стійкість рішення, повинен задовольняти умові $|1 + h\lambda| < 1$. Для розглянутого прикладу, враховуючи цю умову, одержуємо наступні обмеження на крок: $h < 1,356$; $h < 1,081 \cdot 10^{-9}$. Отже, при інтегруванні даної системи рівнянь крок повинен бути обмежений значенням $h < 1,081 \cdot 10^{-9}$. Тривалість перехідного процесу залежить від максимальної сталої часу кола: $(3...5) \tau_{\max} = 2,034...3,39$ с. Таким чином, застосування явного методу Ейлера для інтегрування розглянутого рівняння на інтервалі $T = 3,39$ с. вимагає більше 6 млрд кроків і, відповідно, значних витрат комп'ютерного часу для рішення досить простого завдання.

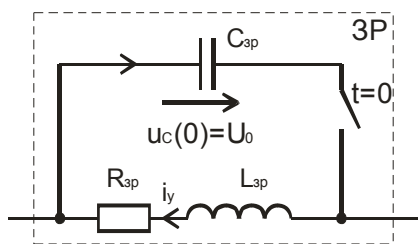


Рис. 1 – Процес розряду ємнісного елементу $C_{zp} = 0,06 \text{ мкФ}$ на резистор $R_{zp} = 9 \text{ МОм}$ та індуктивність $L_{zp} = 6,1 \text{ мГн}$

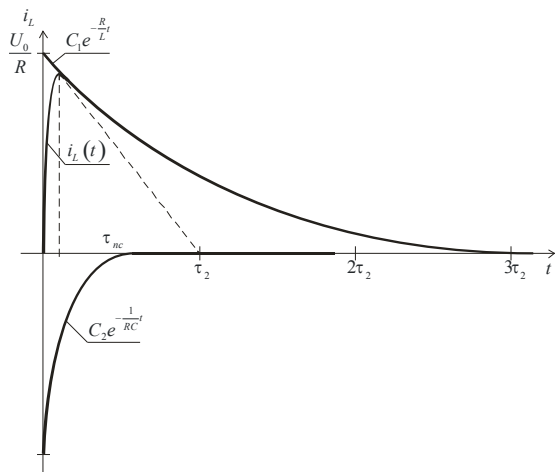


Рис. 2 – Графіки зміни перехідного струму про розряді конденсатора

Інтегрування жорстких диференціальних рівнянь можна здійснювати неявними методами, крок у яких вибирають в основному за умовами забезпечення заданої точності, і на ділянках плавної зміни рішення він може бути збільшений. Необхідно зауважити, що неявним методам властиві недоліки. До них відносяться, наприклад, необхідність рішення алгебраїчних, у загальному випадку нелінійних, систем рівнянь. При цьому виникають проблеми вибору чисельного методу рішення таких систем, визначення початкового наближення для ітераційного процесу, забезпечення збіжності такого процесу тощо. Специфічні властивості алгебраїчних систем, що виявляються при інтегруванні неявними методами жорстких рівнянь стану, наприклад, погана обумовленість систем, утруднює їхню чисельну обробку.

Відзначимо одну важливу особливість даного визначення, яке полягає в тому, що поняття жорсткості пов'язане з інтервалом спостереження рішення $t \in [0, T]$. Якщо жорстку на інтервалі $t \in [0, T]$ систему

розглядати лише на підінтервалі $t \in [0, \tau_{nc}]$, то її не можна вже вважати жорсткою, тому що тут вже не спостерігається того розходження в характері поведінки рішення, що покладено в основу поняття жорсткості.

Жорсткість розглядуваного вище рівняння обумовлена поєднанням процесів, які дуже різняться за своїм характером. Таким чином, одним з перспективних шляхів обробки жорстких систем рівнянь є коректування самих систем, що дозволяє розділити опис швидких і повільних процесів. Використання процедури коректування ММ, що виключає її жорсткість на окремих тимчасових інтервалах, дозволило б ефективно застосовувати найпростіші й тому найбільш надійні явні методи чисельного інтегрування. Розглядаючи жорсткі рівняння стану такої складної СЕТ, в якій фізика процесів заздалегідь не з'ясована, спрощення математичної моделі можна досягти вилученням (нехтуванням) деяких елементів, проте для розрахунку систем електромагнітного стану, авторами було прийнято рішення застосовувати чисельне інтегрування жорстких диференціальних рівнянь методом Адамса, весь розрахунок проводився в програмному забезпеченні Maple 11 при підключенні відповідних внутрішніх пакетів.

Особливості вимикання швидкодіючих вимикачів типу ВАБ-206

Михаліченко П.Є. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Дослідження спрацьовування швидкодіючих вимикачів (ШВ) типу ВАБ-206 на тяговій підстанції (ТП) А були виконані автором, разом із співробітниками дорожньої електротехнічної лабораторії на діючих ділянках ДП «Придніпровська залізниця» при двосторонньому живленні міжпідстанційної зони підстанцій А і Б. Відстань між ТП А та Б у даному дослідженні склала 18,1 км. Струм уставки ШВ типу ВАБ-206 складав $I_{уст} = 3000 \text{ А}$

Аналіз результатів дослідження короткого замикання (КЗ) було розпочато з покадрового перегляду відеозапису моменту торкання штанги до фіксатора. На кадрі, що отриманий через 0,04 с після моменту торкання, явно проглядається відкрита основна електрична дуга 1 (рис. 1), а також дугу, що виникла як наслідок не достатньо надійної фіксації струнового з'єднувача до фіксатора 2 (рис. 1).

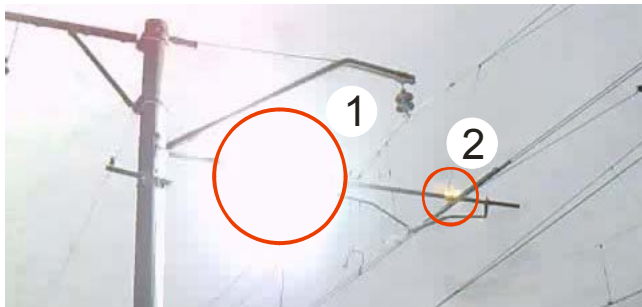


Рис. 1 – Дуга в місці КЗ через 0,04 с після моменту торкання штанги до фіксатора

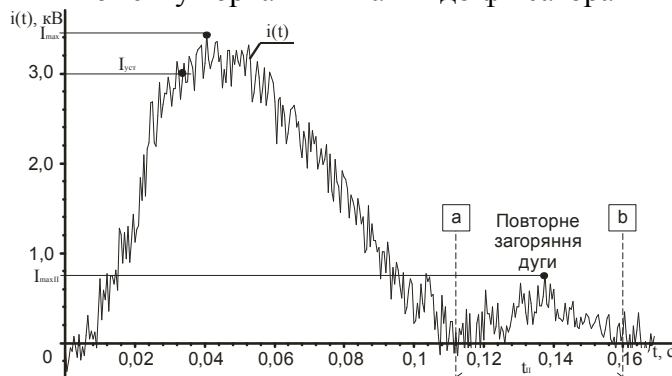


Рис. 2 – Осцилограма струму фідера $i(t)$ при вимиканні ВАБ-206 середнього КЗ ($l = 7,2 \text{ км}$).

Під час досліду дальнього КЗ (торкання поблизу ЕЧЕ-Б) фідерний автомат ВАБ-206 ЕЧЕ-А не спрацював. Проте ШВ ЕЧЕ-Б типу 2×ВАБ-43 з уставкою $I_{уст} = 2550 \text{ А}$ вимикався при всіх видах КЗ. Причиною цього, як видно, є відмінність значень струмів уставки ШВ сусідніх ТП.

На рис. 2 чітко спостерігається повторне загоряння дуги: ділянка $i(t)$ між точками а-б. Слід зазначити, що цей ефект неодноразово зустрічався автору при аналізі осцилограм струмів фідерів з поодинокими ШВ, наприклад UR-40-64S Secheron. Максимальне значення струму при повторному загорянні хоча і не велике $I_{max II} = 768,8 \text{ А}$, проте тривалість цього горіння достатньо велика і складає $t_{II} = 55 \text{ мс}$.

Ампер-секунд струму КЗ Q_k повторного горіння дуги дорівнює 13,67 А·с. В даному досліді ця величина склала $\sim 7,8 \%$ загальних ампер-секунд, що є достатньо великим значенням. Слід пам'ятати, що саме величина Q_k визначає імовірність перегорання проводу ТМ при виникненні дуги в місці КЗ.

Аналізуючи отримані результати автора вразило значення часу повного вимикання автомату, який досяг значення 160 мс. (за ГОСТ 2585-81 не повинно перевищувати 80 мс). Тривалий час горіння дуги в автоматі в режимі близького і середнього КЗ, а також велике значення Q_k відповідно підвищують імовірність пошкодження КМ в місці КЗ, а також зменшує ресурс самого фідерного автомата. Невелике значення коефіцієнту обмеження $K_{обм}$, який характеризує швидкість зростання напруги на дузі, свідчить про високоефективну роботу саме дугогасної камери з деіонізуючою решіткою.

Етапи і наслідки режиму «зняття-відновлення» напруги на струмоприймачі електровозів

Михаліченко П.Є., Костін М.О. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Режим короткочасного зняття напруги на струмоприймачі електрорухомого складу (ЕРС) з наступним її відновленням спостерігається у випадках: відриву струмоприймача від контактного проводу під час руху поїзда внаслідок вібрації та коливання струмоприймача; при вимиканні фідера швидкодіючим вимикачем і його вторинному вмиканні пристроями АПВ; при проїзді повітряних проміжків в місцях секціонування контактної мережі, при наявності ожеледі, тощо. Найчастіше при експлуатації зустрічається перший випадок, тобто «відрив-піднімання» струмоприймача під навантаженням; його загальна тривалість складає від декількох десятих мілісекунди до 1,5...2,0 с. Процес «зняття-відновлення» напруги на струмоприймачі складається з таких етапів: перша стадія – зняття напруги при наявності електричної дуги між струмоприймачем і контактним проводом (на початку відриву струмоприймача); друга стадія – повне вимикання струмоприймача ЕРС від контактного проводу (тобто з моменту досягнення струмом ЕРС нуля); третя стадія – відновлення напруги живлення (тобто з моменту доторкання струмоприймача до контактного проводу).

Дослідження режиму «зняття-відновлення» напруги, який відбувається в результаті процесу «відрив-піднімання» струмоприймача важливо досліджувати, виходячи із таких його наслідків: а) появою кидків тягового струму в силових ланцюгах ЕРС і фідерних струмів тягових підстанцій; б) небезпекою перегорання і перепалу контактного проводу відкритою електричною дугою між струмоприймачем і контактним проводом; в) електромагнітним впливом перехідних імпульсних напруг і струмів системи тяги на рейкові кола й ланцюги сигналізації; г) зниженням надійності контактної мережі.

Як показують дослідження, контактні проводи є найбільш пошкоджуваними пристроями контактної мережі (КМ). Число їхніх відмов у рік на 100 км у системі електротяги постійного струму України становить 16% (для порівняння, у Росії - 38%). Однією з головних причин цих відмов є перегорання контактних проводів. При цьому до перегорання та віджигу проводів за допомогою виникаючої електричної дуги веде неякісне струмознімання, що обумовлює зокрема відрив (з наступним відновленням) струмоприймача від проводів.

Контактний провід МФ-100 при струмах до 150...200 А нагрівається дугою, що виникла, деформується, розтягується й розривається через 4...2,5 с із утворенням довгої шийки. При більших струмах на проводі утворюються кратери, і час перегорання зменшується, при розриві утворюється коротка шийка.

Як відомо, імовірність і ступінь термічних ушкоджень проводів оцінюється ампер-секундами, тобто кількістю електрики (заряду) дуги. Для МФ-100 уже при 400 Ас можливі розриви проводів, а відносно допустимим значенням Ас є 250 Ас і менше.

Якщо час дії струму недостатньо для того, щоб провід розірвався, на поверхні проводу з'являються кратери; зі збільшенням числа ампер-секунд глибина проплавлення збільшується, а міцність при розтяганні знижується. Для проводу МФ-100 при 250 Ас і більше з'являються значні кратери й невеликі шийки; при 400 Ас можливі розриви проводу, які відбуваються через кілька секунд після зникнення дуги.

Особливо варто вказати на імовірність перегорання при опусканні струмоприймача під навантаженням; у середньому вона склала 0,39. Ця ймовірність залежить від робочого струму навантаження і становить: 0,13 - при струмах 300...350 А; 0,29 - при 750 - 950 А і 0,75 - при 1350...1550 А.

Частка перегорання контактних проводів над струмоприймачем у загальній кількості пошкоджень КМ на ділянках постійного струму становить близько 50%. При цьому кількість перегорання і обривів (внаслідок раніше утворених кратерів, і шийок) коливається від 0,24 до 0,46 випадків у рік на кожні 100 км розгорнутої довжини КМ. Для електрифікованих ділянок Придніпровської залізниці і усіх доріг Укрзалізниці аналогічні дані наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Перепали проводів, не включаючи нагрів під клемми (кількість/%)	Роки					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009
По Придніпровській залізниці	1/2,7	8/22,86	2/4,3	6/15	2/6,26	4/10,8
По всім залізницям України	24/10,08	23/12,23	20/10,81	13/7,3	22/10,23	13/7,07

% - від загальної кількості пошкоджень КМ.

При цьому зауважимо, що на відновлення перепаленого (і обірваного) контактного проводу необхідно 3,5...4,0 години і це коштує 15,2 тис. грн. І до цього треба додати, що з перепалом і обривом проводу, як правило, пошкоджується і струмоприймач ЕРС, який теж треба відновлювати, собівартість відновлення якого ~ 20 тис. грн..

Кількість перепалів проводів на повітряних проміжках і секційних ізоляторах теж достатньо велика; виникають вони не тільки внаслідок утворення дуги робочого струму, а й дуги короткого замикання.

Дослідження режиму «зняття-відновлення» напруги, який спостерігається при відриві-підніманні струмоприймача особливо важливо для швидкісного руху поїздів на Україні і загалом на створюваних з Україною Європейських Транспортних коридорів. Однак це питання мало досліджене навіть для ділянок не швидкісного руху. Для них треба відзначити лише декілька робіт, однак і в них проаналізовані процеси лише в ЕРС і без врахування системи тягового електропостачання.

Особливості визначення початкових умов при моделюванні електромагнітних процесів системи електричної тяги постійного струму

Михаліченко П.С., Михаліченко Т.В. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Дослідження аварійних режимів в нелінійній динамічній системі «ТП – ТС – ЕПС» можливе: експериментальним шляхом в реальних умовах експлуатації; фізичним моделюванням на лабораторних стендах; методами математичного моделювання. Вивчення аварійних перехідних процесів в умовах реальної експлуатації потребує значних матеріальних витрат, нерідко призводять до виходу з ладу елементів системи, тощо. Лабораторні стендові випробування також обмежені як матеріальними витратами, так і об'ємом и достовірністю отриманої інформації.

Тому найбільш доцільним шляхом дослідження аварійних, тим більше стахостичних, перехідних електромагнітних процесів в системі електричної тяги є метод математичного моделювання на ЕВМ. Використання цього методу не тільки дозволяє спростити и скоротити наступні натурні випробування, але і розширює можливості дослідження, оскільки допускає широку варіацію значень параметрів елементів силових електричних кіл без значних матеріальних витрат.

Від недавно, у зв'язку з широким впровадженням новітнього програмного забезпечення, наприклад MATLAB/Simulink/SimPowerSystems (SPS), можливе виконання імітаційного моделювання з використанням ПЕОМ на принципах візуально-орієнтованого

програмування. Модель створена у вигляді комбінацій компонентів-блоків з'єднаних між собою. При цьому математична модель, що описує поведінку досліджуваної системи формується та розраховується автоматично. Важливо відмітити, що після побудови функціональної моделі вилучається складний етап складання та розв'язання алгебричних диференціальних рівнянь.

Натомість, слід зауважити, поряд з перевагами моделювання в SPS має, на думку авторів, існує ряд недоліків, розглянемо деякі з них. За відносно доброю споглядовістю самої віртуальної моделі, відсутня можливість отримати чисельні значення, таких важливих з точки зору моделювання, понять як початкові умови (ПУ). Але саме вони визначають електромагнітний стан системи, що моделюється. В процесі моделювання режимів короткого замикання в SPS для задання ПУ авторам доводилося в блок ключа «Breaker», який імітував закоротку, вводити час спрацювання $\neq 0$. Проте, все одно не має можливість знати чи правильними є розраховані ПУ. MATLAB з пакетами Simulink/SPS головним чином є математичним програмним забезпеченням, натомість, алгоритм знаходження ПУ в теорії електричних кіл дещо різниться з класичним їх розумінням в математиці. Слід зазначити, що автори не зустрічали жодної навчальної книги по Simulink в якій було б зазначено за яким алгоритмом визначаються ПУ.

Зважаючи на попередній недолік, авторами було прийнято рішення про відмову застосовування MATLAB/Simulink в моделюванні електромагнітних процесів системи електричної тяги, на користь системи комп'ютерної математики «MAPLE». Це можна пояснити тим, що MAPLE з точки зору класичної електротехніки є більш зручним програмним забезпеченням при математичному моделюванні, адже алгоритм знаходження ПУ прописується самим користувачем.

Обоснование схемы замещения тяговой сети переменного тока.

Мищенко Т.Н. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Качество математического моделирования электромагнитных и электроэнергетических процессов в системе электрической тяги переменного тока во многом определяется точной адекватной схемой замещения контактной сети. Как известно из теоретической электротехники, любая линия, энергетическая или информационная, может рассматриваться как электрическая цепь либо со сосредоточенными либо с распределёнными параметрами, что определяется сравнением длины линии ℓ с длиной волны λ питающего напряжения. При соблюдении $\ell \gg \lambda$ линия представляет собой цепь с распределёнными параметрами и называется длинной линией. В такой линии необходимо рассчитывать и анализировать волновые процессы напряжения и тока.

В рассматриваемой задаче системы электротяги переменного тока длина линии, как межподстанционное расстояние, $\ell = 40 \dots 60$ км, а выходное напряжение тяговой подстанции является несинусоидальным и, согласно ряду исследований содержит гармоники (Гц): 50, 150, 250, 450, ..., 1950. Максимальную амплитуду содержит гармоника 250 Гц (кроме 50 Гц), и совсем незначительная амплитуда у гармоники 1950 Гц. Тогда длина волны, определяется по известной формуле $\lambda = c_0 / f = 3 \cdot 10^5 / f$ (км) для гармоник указанных частот соответственно составит (км): 6000, 3000, 1200, 857, ..., 153,85.

Таким образом, для всех гармоник $\ell \ll \lambda$, т.е. тяговая сеть переменного тока является электрической цепью с сосредоточенными параметрами, называемой ещё короткой линией, следовательно, и её схема замещения должна быть представлена сосредоточенными элементами.

Про ефективність передачі та використання електричної енергії, рекуперованої на електрифікованих ділянках постійного струму

Нікітенко А. В., Костін М. О. (ДНУЗТ)

Не дивлячись на те, що процес рекуперації вважається одним із ефективних шляхів зменшення витрат електроенергії на електротранспорті, реальна ефективність цього процесу, а точніше передачі та використання його електроенергії, в повній мірі для ділянок постійного струму не оцінена, що витікає з аналізу наступних факторів.

По-перше, і найголовніше, різко змінний і випадковий характер напруги і струму при рекуперації (як електрорухомого складу, так і тягової мережі) обумовлюють появу в системі неактивної потужності, а тому, як наслідок, і додаткових втрат в установках системи тяги. Про низьку, в зв'язку з цим, якість рекуперованої електроенергії свідчить низьке значення коефіцієнта потужності для трамваїв табл. 1.

Таблиця 1

			U , В	I , А	S , кВА	P , кВт	Q_{ϕ} , квар	λ , в. о.
Тип трамваю	З реостатним регулюванням	З вибігом	714	312	116,1	223,1	190,5	0,52
		Без вибігу	699	512	281,7	358,2	221,3	0,786
	З імпульсним регулюванням	З рекуперацією і вибігами	711	254	55,7	180,8	172,0	0,308
		Без рекуперації і з вибігами	706	269	106,7	190,5	157,8	0,56
		Без рекуперації і вибігів	697	345	174,3	241,0	166,4	0,723
		Без рекуперації	705	251	106,8	177,3	141,5	0,602
		З рекуперацією	710	226	58,9	161,0	126,2	0,336

По-друге, імовірність одночасного знаходження на фідерній зоні «тягового» і рекуперуємого електротранспорту мала, не більше 0,3...0,4. Як наслідок, відсутній споживач рекуперуємої енергії і тому вона поступає на тягову підстанцію для перетворення в інверторній установці.

По-третє, багато тягових підстанцій або не обладнані інверторами, або вони знаходяться в непрацюючому стані і тому електрична енергія «гаситься» в баластних резисторах, які до того ж необхідно охолоджувати.

І нарешті, якщо інверторна установка і працює в нормальному режимі, то електроенергія, що передається в лінію зовнішнього електропостачання, також являється енергією не високої якості, яка також обумовлює додаткові втрати.

Перелічене вище робить актуальним більш детальний енергетичний аналіз всіх стадій генерування, передачі і споживання рекуперованої електричної енергії.

Вплив режиму нейтралі мережі на працездатність засобів захисту від замикань на землю

Остапчук О.В. (НГУ, м. Дніпропетровськ), Павлусь В.М. (Львівська залізниця)

Мережі напругою 6 кВ, відносяться до мереж з підвищеною небезпекою, тому для захисту від однофазних замикань на землю, використовується двоступінчаста система захисту з дією на відключення. Перший щабель – струмова або спрямований захист ушкодженого приєднання, другий щабель - “земляна” (загальномережовий) захист установлена на підстанції й діюча на відключення ввідного вимикача.

Залежно від режиму нейтралі змінюються параметри мережі на які налаштовані обладнання захисту. Ємнісні струми приєднань, що відходять, змінюються в межах 0,21-1,15А, що набагато нижче робочих струмів. У цьому випадку забезпечити селективність щаблів спрацьовування особливо важко. Для таких мереж доцільно застосовувати захист спрямованої дії. На підстанції використовується захист від ОЗЗ типу РДЗ-2М. Основними елементами першого щабля цих захистів є реле спрямованої дії типу РЗД і трансформатор струму нульової послідовності типу ТЗЛ або ТНП-1М. Реле РЗД реагує на напрямок потужності нульової послідовності й може бути використане як при повністю ізольованій нейтралі мережі, так і при заземленні нейтралі через резистор. В останньому випадку виникає додаткова активна складова струму замикання на землю, значення якої необхідно вибирати з обліком можливих фазових викривлень і забезпечення працездатності спрямованого захисту.

Проблема забезпечення поздовжньої селективної дії захистів від однофазних замикань на землю підстанції збільшується взаємним гальванічним зв'язком зазначених підстанції й без поділу їх живлення не може бути забезпечена.

Обладнання спрямованого захисту від однофазних замикань на землю, що реагують на параметри режиму, що встановився, замикання, працюють на основі порівняння по фазі струму й напруги нульової послідовності. Зазначені обладнання рекомендовані тільки для мереж з повністю ізольованою нейтраллю. У мережах з компенсованою нейтраллю зазначений принцип виконання захистів не знайшов застосування, тому що в цих мережах кути між струмами й напругою нульової послідовності визначаються в основному режимом компенсації, а також залежать від параметрів ізоляції мережі й перехідного опору в точці замикання.

Основними причинами незадовільної роботи спрямованих обладнань захисту в мережах з ізольованою нейтраллю слід уважати наявність перехідних процесів, що супроводжують як виникнення замикання фази на землю, так і відключення ушкодженого приєднання. До причин, що викликають неправильну роботу існуючих обладнань спрямованого захисту, слід віднести також недосконалість схемних розв'язків.

Оцінка ефективності автоматизованого керування підстанцій і повітряних розподільних мереж із застосуванням реклоузерів з метою підвищення надійності електропостачання споживачів

Остапчук О.В. (НГУ, м. Дніпропетровськ), Жизняков Д.Я. (Львівська залізниця)

Розглядається й пропонується ряд заходів і способів підвищення надійності конкретної розподільної підстанції й мережі електропостачання.

Нові економічні умови в електроенергетиці поряд з незадовільним станом повітряних розподільних мереж середньої напруги виводять на якісно новий рівень завдання підвищення надійності електропостачання споживачів.

Автоматичне секціонування ліній є найважливішим напрямком підвищення надійності електропостачання споживачів у повітряних лініях електропередачі середньої напруги.

Перешкодою на шляху практичної реалізації концепції автоматичного керування підстанцій і секціонування у вітчизняних розподільних мережах стала неготовність первинного устаткування – комутаційних апаратів, релейного захисту й автоматики. Як наслідок у цей час у більшості випадків для керування аварійними режимами роботи мережі використовуються недосконалі принципи ручного місцевого й дистанційного автоматизованого керування лініями.

Аналіз закордонного досвіду виявив можливість практичної реалізації концепції автоматичного секціонування лінії у вигляді децентралізованої системи секціонування із застосуванням інтелектуальних автоматичних пунктів секціонування – вакуумних реклоузерів, із вбудованою системою вимірів і мікропроцесорними обладнаннями керування, релейним захистом і автоматикою, що принципово відрізняється від традиційних терміналів РЗА.

Основним ефектом від застосування децентралізованої системи секціонування є автоматичне селективне відключення й локалізація ушкодженої ділянки й автоматичне відновлення живлення неушкоджених споживачів. Як наслідок – значне скорочення часу відновлення електропостачання, зниження недовідпуску електричної енергії споживачам, підвищення надійності електропостачання.

Порівняльний аналіз ефективності різних варіантів автоматичного секціонування ліній на базі реклоузерів виявив кількісні показники основного ефекту. Залежно від варіанта секціонування в порівнянні з базовим варіантом (ручне-місцеве секціонування) недовідпуску електричної енергії, як основний показник надійності, знижується на 70%-87%. Результати розрахунків показують, що комбінуючи місця установки реклоузерів у мережі можна домагатися різного ступеня надійності електропостачання споживачів. Це дозволяє застосовувати концепцію автоматичного секціонування із застосуванням реклоузерів адресно, відносно найбільше відповідальних споживачів. Таким чином, децентралізована система секціонування повітряних розподільних мереж дозволяє суттєво впливати на надійність як усього фідера в цілому, так і його окремих споживачів.

Впровадження набору програмно-апаратних засобів SMART Grid у розподільних мережах. Принцип SMART Grid полягає в значній інтеграції й автоматизації процесів генерації, передачі й споживання. Завдання інтелектуальних мереж (SMART Grid) знизити втрати при передачі електроенергії, побільшати пропускну здатність ЛЕП, підвищити керованість і, як наслідок, надійність енергосистем.

Критерії ефективності електроенергетичних процесів тягового електропостачання

Петров А.В. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Існуюча на сьогоднішній день і яку найчастіше застосовують, в тому числі і в електричних колах систем тяги, традиційна класична система критеріїв ефективності електроенергетичних процесів включає в себе наступні показники якості енергопроцесів: коефіцієнт зсуву фаз основної гармоніки струму відносно основної гармоніки напруги ($\cos \varphi_{(1)}$); коефіцієнт спотворення форми струму по відношенню до форми напруги (γ); коефіцієнт несиметрії навантаження по фазах ($\hat{E}_{iN}$); коефіцієнт нерівномірності

споживання електроенергії ($\hat{E}_{iD}$). Ці коефіцієнти, як енергетичні показники, базуються на співвідношеннях відповідних потужностей (енергетичних характеристиках): активній P , реактивній $Q_{(1)}$, спотворення D , несиметрії H_N , нерівномірності H_D та повній S . Зазначені коефіцієнти визначають через ці потужності, як складові повної потужності S , таким чином:

$$\cos \varphi_{(1)} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_{(1)}^2}}, \quad v = \frac{\sqrt{P^2 + Q_{(1)}^2}}{\sqrt{P^2 + Q_{(1)}^2 + D^2}}, \quad K_{HC} = \frac{\sqrt{P^2 + Q_{(1)}^2 + D^2}}{\sqrt{P^2 + Q_{(1)}^2 + D^2 + H_C^2}},$$

$$K_{HP} = \frac{\sqrt{P^2 + Q_{(1)}^2 + D^2 + H_C^2}}{\sqrt{P^2 + Q_{(1)}^2 + D^2 + H_C^2 + H_P^2}} = \frac{\sqrt{P^2 + Q_{(1)}^2 + D^2 + H_C^2}}{S}.$$

Загальним показником в цій системі являється коефіцієнт потужності (пристрою, системи або просто кола) λ , який об'єднує всі локальні коефіцієнти за виразом:

$$\lambda = \frac{P}{S} = \cos \varphi_{(1)} v K_{HC} K_{HP},$$

де $P = U_{(1)} I_{(1)} \cos \varphi_{(1)}$; $S = UI$; $Q_{(1)} = U_{(1)} I_{(1)} \sin \varphi_{(1)}$.

Розглянуті вище показники змістовно тісно пов'язані з ПЯЕ згідно ГОСТ 13109-97 і тому в якості критеріїв нерідко обмежуються цими ПЯЕ. Однак останні, по-перше, вони «безлікі» відносні величини і не відображають економічної сторони протікання енергетичних процесів, зокрема втрат електроенергії. По-друге, вони нормалізують лише зміни напруги. І, нарешті, ПЯЕ не є обов'язковими між енергопостачальною організацією і споживачем. На нашу думку, найбільш важливим показником (критерієм) ефективності енергопроцесів електропостачання і електроспоживання в СЕТ можуть служити втрати активної електроенергії в пристроях системи, а саме: в живлячій ЛЕП, ТП, ТМ і ЕРС. Ці втрати – втрати на передачу (транспортування) і розподілення електроенергії, їх називають технологічними втратами і вони мають дві складові: основні і додаткові.

Основні втрати обумовлені передачею лише активної енергії в ЕРС і вони мають місце, коли система «ЛЕП-ТП-ТМ-ЕРС» працює в синусоїдному, симетричному та стабільному, за характером споживання (коли миттєва потужність є незмінною величиною), режимі.

Додаткові втрати пов'язані з неякісністю електроенергії, тобто вони мають місце, якщо в системі діє хоча б один із 4-х вищезазначених факторів неякісності електроенергії. А останні в СЕТ обов'язково є, бо вона працює практично завжди в несинусоїдному, часто несиметричному і різкозмінному тяговому режимі навантаження. Ці втрати електроенергії не є необхідними при її передачі по ЛЕП до ТП і від ТП до ЕРС і тому вони повинні бути зменшені до мінімуму. На нашу думку, ці втрати і повинні бути основним показником ефективності електроенергетичних процесів в тяговому електропостачанні.

Признаки потребления неактивной мощности силовыми тяговыми цепями

Петров А.В., Саблин О.И. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Одной из основных задач решения вопроса электропотребления и электросбережения для любой электротехнической системы, в том числе и системы электротяги, является задача анализа составляющих полной мощности системы и, прежде всего, оценки неактивной мощности, под которой в общем случае понимают сумму реактивной (обменной) мощности и мощности искажения.

Наиболее общими признаками потребления силовой тяговой электрической цепью неактивной мощности являются:

- неравенство активной P и полной S мощностей (значения коэффициента мощности меньше единицы);
- изменение во времени значения мгновенного полного сопротивления $z(t)$ (или проводимости $y(t)$) исследуемой системы;
- наличие режима возврата электроэнергии из нагрузки (ЭПС) в систему тягового электроснабжения (признак и следствие).

Первые два признака, понятны и очевидны. Третий признак – наличие режима возврата электроэнергии из нагрузки в источник – для линейных цепей синусоидального тока оценивают, как известно, по характеру изменения знака мгновенной мощности $p(t)$: если $p(t) > 0$, то возврат электроэнергии отсутствует. Многочисленными расчетами показано, что в тяговых электрических цепях необходимо рассмотрение собственно мгновенной реактивной мощности $q(t)$. Переменный по направлению характер изменения величины $q(t)$ свидетельствует о том, что между электровозом (как потребителем) и контактной сетью (как источником) существует обмен электромагнитной энергией. Это и загружает силовые тяговые цепи реактивным током, вследствие создавая дополнительные потери активной мощности в его активных элементах. Обменные процессы отсутствуют только в том случае, если $q(t) = 0$ в течение всего времени потребления электроэнергии.

Вообще говоря, нестационарные стохастические электроэнергетические процессы в системе электрической тяги постоянного тока сложные и во многом неопределенные, а поэтому описать их однозначно энергетическими, тем более интегральными характеристиками, невозможно. Мгновенная мощность $p(t) > 0$, то есть, как будто обменные энергопроцессы отсутствуют. Однако, как известно, в нелинейных цепях, какими являются тяговые цепи, тем более при стохастических режимах работы, неактивная мощность может также возникать и при $p(t) > 0$, а также при отсутствии накопителей электромагнитной энергии. Тем более что силовые цепи ЭПС постоянного тока имеют мощные нелинейные реактивные элементы тяговых двигателей: индуктивности обмоток якоря, главных и дополнительных полюсов тяговых двигателей, а также индуктивных шунтов. Обнаруженное несоответствие знака мгновенной мощности и наличие неактивной мощности в системе тяги постоянного тока свидетельствует о том, что такой подход (по знаку мгновенной мощности) к оценке обменных процессов в нелинейных цепях несинусоидального, тем более случайного, тока неправилен. Более того, в таких цепях даже известное классическое интегральное выражение реактивной мощности цепи несинусоидального тока уже не позволяет в полной мере описывать реальные энергетические процессы, протекающие между источником и потребителем, а в рассматриваемом случае нестационарного режима работы и стохастического изменения $u(t)$ и $i(t)$ она не применима. Очевидно, наиболее (если не единственно) возможны те методы, которые позволяют находить неактивную мощность исходя из мгновенных значений случайных функций напряжения $u(t)$ и тока $i(t)$.

Застосування гіроскопу на вагон - лабораторії для визначення відхилення залізобетонних опор контактної мережі від вертикальної вісі

Полях О.М. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

В експлуатації на Укрзалізниці перебуває 358 452 опори. Кількість опор контактної мережі з терміном експлуатації понад 40 років невідомо зростає. Станом на 01.01.2009 року їх кількість в порівнянні з 2007 роком збільшилась на 8 817 шт (в 2007 році на 3 597

шт) і становить 95 554 шт. це складає 25,6% від загальної кількості. Відсоток опор з терміном експлуатації понад 40 років був би значно вищий якби не проводилась електрифікація нових ділянок.

Замінено 2 598 опор але, не зважаючи на це, з такими темпами для заміни тільки опор, які вже експлуатуються понад усереднений термін, потрібно майже 37 років. В 2008 році було проведено діагностування стану 112 760 опор контактної мережі різних типів при цьому було виявлено 73 дефектних опори, які були замінені в першу чергу. Виконана оцінка стану (з відкопуванням) підземної частини опор, фундаментів та анкерів, що мають тріщини, або опір менше 100 Ом – 10 610 шт., що становить 119,7%. Обстежено металевих опор контактної мережі 4 955 шт. з оцінкою несучої здатності та об'ємів ремонту. Виявлено 25 дефектних опор, 38 дефектних фундаментів металевих опор контактної мережі.

В господарствах електропостачання продовжувались роботи по виправленню опор контактної мережі, що мають понаднормативний нахил і експлуатуються всупереч вимог п. 2.22.12 «Правил № ЦЕ – 0023». Виявлені при обстеженні нахилені опори виправлені, але роботи продовжуються в зв'язку з виявленням нових, які нахилені внаслідок переведення навантаження на них безпосередньо після установки, пливучих ґрунтів та з інших причин. Усього усунено 826 таких опор, але залишається в експлуатації ще 89 опор. Заміна дефектних опор типа ЖБК, УЖБК, ГК, СЖБК, СК, СКУ, СКЦ, СКЦо, С, СО проводиться на СС більш надійні та з більшим терміном експлуатації, які в наслідок руйнування, особливо від електрокорозії, не схильні до крихкого зламу а змінюють своє положення від вертикальної вісі. Якщо відхилення більше нормативних – таку опору замінюють. Коли причина відхилення опори від вертикальної вісі є ґрунт, в якому вона закріплена, а не сама опора, тоді її виправляють.

Необхідно вирішити наступні питання: - зменшити витрати на діагностику опор контактної мережі (перевірено опор 112 760 шт – дефектних 73 шт.); - зменшити час діагностування одної опор; - здійснювати контроль за усіма залізобетонними опорами особливо на постійному струмі (нахилені опори 915 шт.).

Для вирішення цих суперечливих питань пропонується вести контроль за усіма залізобетонними опорами контактної мережі з вагона лабораторії, установивши прилад спостереження за нахилом опори (робить по два виміри на одну опору, як вздовж рейкової колії так і під кутом 90 градусів до неї) на гіростабілізовану платформу. Таким чином буде відсутній вплив на виміри коливання самого вагона лабораторії. По результатам контролю з вагону лабораторії залізобетонних опор контактної мережі, які мають понад нормативне відхилення від вертикальної вісі, проводити діагностику по встановленню причини нахилу опори та усувати недолік (вирівнювати або замінити опору).

Необхідно вирішити наступні наукові завдання: - обґрунтувати доцільну кількість контрольних перевірок (число об'їздів за який термін); - сформулювати і обґрунтувати наукові положення методу діагностування.

Необхідність удосконалення системи діагностування ізоляторів контактної мережі

Рейх О.М. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Дослідження технічного стану контактної мережі електрифікованих залізниць показують, що найбільше пошкоджень припадає на проводи та троси – 29,75%, затискачі та деталі – 18,09 %, інші пристрої – 15,96 %, ізолятори – 9,04 %.

Ізолятори є одним із найвідповідальніших елементів, але разом із тим частка їх пошкоджень серед пристроїв контактної мережі досить значна. Близько 70 % випадків

пошкоджень припадає на ізолятори застарілих типів, усереднений термін яких складає більше 30 років. При тривалій експлуатації ізоляторів погіршуються їх діелектричні властивості, що веде до виникнення відмов.

Серед основних причин виникнення відмов ізоляторів у господарстві електропостачання станом на 2009 р. є:

- пробої, перекриття – 41,2 %;
- механічні руйнування – 17,6 %;
- знос та старіння – 11,76 %;
- дефекти монтажу – 5,88 %;
- вплив сторонніх предметів, механізмів – 5,88 %;
- інші – 5,88 %.

Особливості експлуатації ізоляторів на електрифікованих залізницях (вібрації, динамічні удари від струмоприймача електрорухомого складу, непостійність навантаження) сприяють їх швидкому старінню у порівнянні з ізоляторами ліній електропередач.

Перекриття та пробої ізоляції виникають через пошкодження їх ізоляційної частини, що викликані прихованими дефектами, наявністю забруднень, вологи.

Найбільша частка пошкоджень припадає на гірлянди тарільчастих ізоляторів через їх особливості застосування. Візуальні способи виявлення дефектів фарфорових ізоляторів виявляються значно меншими, ніж скляних, що пояснюється перш за все структурою матеріалу ізолятора. Тому кількість невиявлених пошкоджень постійно зростає.

Несвоєчасне виявлення несправностей ізоляторів у значній мірі пояснюється низькою ефективністю використання сучасних технічних засобів діагностування та недостатністю попереджувальних заходів зі сторони працівників дистанції електропостачання.

Методи діагностування ізоляції на залізницях є трудомісткими малоефективними і недосконалими, оскільки не враховують всі фізичні процеси, які є причиною втрати ізолюючих властивостей та орієнтовані на проведення ручних вимірювань. Існуючі прилади контролю, що ґрунтуються на методах візуального, теплового чи звукового контролю, використовуються, головним чином, на ділянках змінного струму, а на постійному струмі – вони малоефективні. Застосування електронно-оптичного дефектоскопу типу «Филин» не дав очікуваних результатів через низьку надійність виявлення дефектної гірлянди і використання в темний час доби, робоча напруга приладу 50-100 кВ і вище.

Вдосконалення системи діагностування ізоляторів контактної мережі електрифікованих залізниць – досить складне завдання, що потребує значних матеріальних та трудових ресурсів.

На основі проаналізованих методів контролю високовольтної ізоляції можна сказати, що перспективним напрямком вважається розробка альтернативної безконтактної методики діагностування ізоляторів. Підвищення ефективності дистанційного контролю ізоляторів і зниження виконання профілактичних робіт по виявленню дефектів досягається при УФ-методі. Доцільним кроком є застосування УФ-системи на базі вагону-лабораторії контактної мережі, що дозволить проводити комплексну оцінку технічного стану ізоляторів та скоротити час на пошук дефектів.

Удосконалення системи діагностування ізоляторів сприятиме підвищенню рівня надійності, ефективності і безпеки системи тягового електропостачання, скороченню витрат.

Удосконалення роботи розрядних пристроїв тягових підстанцій постійного струму

Рябокін Б.А., Зубенко В.А., (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Розрядний пристрій, як елемент системи тягового електропостачання, відіграє важливу роль у в надійності тягового електропостачання ділянок постійного струму.

На діючих тягових підстанціях постійного струму використовуються розрядні пристрої УР-2 та УР-3, які мають однаковий принцип роботи але дещо відрізняються принциповими схемами, кількістю силових елементів, а також реагують на різну величину зворотної напруги на реакторі при комутації струмів тягової мережі. Недоліком існуючих схем є можливість хибного спрацьовування розрядного пристрою, при різкому зменшенні струму в тяговій мережі. Підтвердженням цього явища є те, що розробники збільшили порогову напругу спрацьовування в пристрої УР-3.

Одним із шляхів усунення вищезгаданого недоліку авторами пропонується наступна можлива реалізація удосконаленого розрядного пристрою (рис. 1).

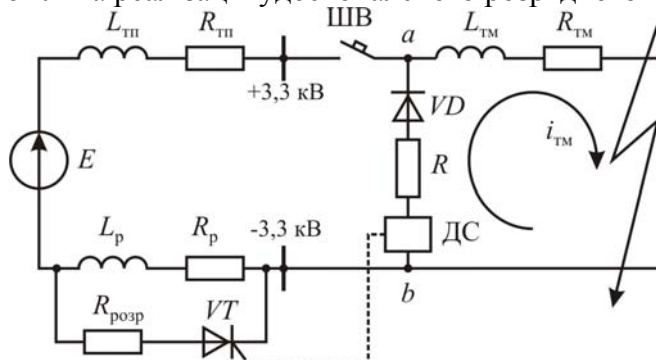


Рис. 1. Підключення розрядного пристрою до тягової мережі постійного струму

Робота даної схеми наступна: при короткому замиканні в тяговій мережі виникають аварійні струми, що повинні відключитись швидкодіючими вимикачами. Комутація швидкодіючим вимикачем струму короткого замикання приводить до появи е.р.с. самоіндукції на індуктивних елементах тягової мережі та підстанції. В певний момент часу потенціал точки *b* стане вище потенціалу точки *a*, що призведе до

відкриття діоду *D*. В такому випадку виникає струм $i_{тм}$ в контурі, що утворюється тяговою мережею та віткою *ab*. Такий струм є природно затухаючим за експоненціальним законом відповідно до виразу (1):

$$i_{тм} = i_{в} \exp \left(-t \frac{(R_{тм} + R)}{L_{тм}} \right). \quad (1)$$

В даному виразі струм $i_{в}$ – струм, що проходить через вимикач в момент часу, що відповідає початку роботи розрядного пристрою.

Струм $i_{тм}$, як уже зазначалося виникає тільки при ненормальних режимах, в інших випадках він відсутній, тому датчик струму (ДС), що ввімкнено послідовно з *R* і *VD*, буде реагувати на його появу при короткому замиканні при відключенні вимикача. Тому накопичена енергія в індуктивності тягової мережі поглинається в резистором *R*. В свою чергу ДС видає зовнішній сигнал на силову схему (відкриття *VT*), що шунтує реактор, і в результаті накопичена в індуктивність реактору енергія розсіюється в резисторі $R_{розр}$.

Робота даної схеми досліджувалась за допомогою моделювання в середовищі Simulink системи MatLab. Виконане моделювання показує, що при використанні даної схеми досягається відсутність хибних спрацьовувань, а також спостерігається зменшення майже вдвічі енергії, що розсіюється дугогасильними камерами вимикачів.

Таким чином забезпечується полегшене відключення швидкодіючого вимикача, зменшення зносу камери дугогасіння та відповідне збільшення міжремонтного інтервалу комутаційного апарату. Одночасно зменшується перенапруга на всіх елементах системи.

Модельно-ориентированное проектирование электротехнических систем железнодорожного транспорта

Словак А. Д. (ТОВ «СiСофт Україна», г. Днепропетровск)

Тема доклада касается почти всех направлений сегодняшней конференции. Ни одно новшество (перспективы развития, качество...) не может обойтись без грамотного подхода к проектированию. Так же неудачный подход к проектированию перспективного направления может на корню его загубить.

Более 20 лет прошло с момента появления систем автоматизированного проектирования. Но большинство проектировщиков так и продолжают использовать старые методы. Но инструменты для проектирования являются такими же необходимыми, как и любые инструменты труда. Заставив рабочих копать огромный котлован саперными лопатами, ничего хорошего руководство не добьется. Нужно четко понимать, где выгодно и правильно использовать бульдозер.

Использование САПР как электронного кульмана не может быть эффективным по определению. Мы привыкли к тому, что графическое отображение изделия или системы несет в себе лишь визуальную информацию и ничего более. Саму структуру системы проектировщик обычно держит у себя в голове, либо в записках. Лишь через некоторое время структура начинает проявляться в различных выходных документах. Процесс классического проектирования состоит в последовательном изменении выходных документов и постепенном приведении их к единому целому. При внесении изменений в проект этот процесс повторяется и занимает времени зачастую не меньше, чем разработка нового проекта с нуля. Но если присмотреться ближе, то каждый выходной документ является своеобразным отображением исходной системы, которое отображает определенный тип информации в определенном виде. Из этого можно сделать вывод, что все выходные документы можно получить из одной информационной модели, лишь применив к ней некоторые методы фильтрации.

Более эффективным методом разработки проектной документации является использование принципов модельно-ориентированного проектирования. При таком подходе проведение расчетов, принятие проектных решений и проверка жизнеспособности системы проводится в одной среде. После получения удовлетворительных результатов такой метод позволяет получить необходимую проектную документацию без лишнего ручного труда, ведь вся необходимая информация уже находится в информационной модели.

Применительно для системы электроснабжения, есть возможность создания трехмерной модели распределительного устройства подстанции, которая содержит в себе всю информацию о будущем объекте. Расчет гибкой ошиновки на схлестывание согласно требуемым расчетным режимам, механические расчеты нагрузок на фундаменты производятся в реальном времени и результаты их расчетов можно в любой момент вывести в табличном или графическом виде. Спецификация оборудования, ведомости арматуры и изоляторов всегда в точности соответствуют модели. Проектировщику нет необходимости сверяться с чертежами для поддержания документации в актуальном состоянии.

Имея под рукой такой инструмент, проектировщик может освободить себя от рутинной работы с документацией, и посвятить больше времени на детализацию или обдумывание самой концепции системы. Проектировщик должен проектировать, и не отвлекаться на канцелярские дела.

СЕКЦИЯ «ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА»

Класифікація транспортних послуг

Садловська І.П., Соколова В.В. (НАУ, м. Київ)

Різноманітність транспортних послуг, що надаються у галузі залізничного транспорту, є результатом відповідних видів діяльності, що у свою чергу стало підставою для утворення у Національній системі класифікаторів, а саме: класифікаторі видів діяльності (ДК 009) та Державному класифікаторі продукції та послуг (ДК 016) у секції "I" окремих розділів 60, 61, 62 та 63, в яких згруповані однорідні групи послуг. Угрупування однорідних груп діяльності з надання послуг здійснювалось з урахуванням галузевого підходу щодо виконання послуг з перевезення пасажирів, вантажів, багажу та вантажобагажу.

Стрімке входження в останні десять років власного капіталу у транспортну галузь створило, як нові господарські відношення у галузі транспорту, так і умови для подальшого розвитку існуючих господарських відношень, між суб'єктами, що знаходяться у монопольному становищі, та суб'єктами господарювання, які не займають монопольне становище на цьому ринку. Наприклад, були запроваджені послуги, що витікають із агентських угод, угод доручень, комісії та оренди транспортних засобів, об'єктів інфраструктури транспорту та інших допоміжних засобів, необхідних для надання транспортних послуг тощо.

Така різноманітність сприяла подальшому розвитку традиційних господарських відношень, а саме угод, пов'язаних з перевезенням пасажирів, вантажів, багажу та вантажобагажу. Наприклад, були запроваджені послуги, що витікають із угод, пов'язаних із різноманітними видами страхування та/або оформлення митних документів з перевезення пасажирів, вантажів багажу та вантажобагажу у галузі транспорту.

Розширення номенклатури послуг, як слідство, зробило існуючу класифікацію транспортних послуг згідно з діючим класифікатором ДК 016 непридатною для використання.

Для виправлення цього становища Кабінет Міністрів України своєю постановою від 01.03.2010 року №193 «Про затвердження технічного регламенту надання послуг з перевезення пасажирів, вантажів залізничним транспортом» у Плані заходів, щодо застосування цього регламенту, визначив необхідність розробки Класифікатора транспортних послуг.

При розробці цього класифікатору запропоновано використати процесний, системний та ситуаційний підходи, тому що технологічні особливості перевезення пасажирів, вантажів, багажу та вантажобагажу, розвиток ринкових форм власності впливають на розвиток спектра послуг, які надаються суб'єктами господарювання.

Весь спектр транспортних послуг згрупований в блоки однорідних послуг, послідовність яких наведено згідно з процесним підходом.

Перший блок включає послуги, які пов'язані з організацією перевезення пасажирів, вантажів багажу та вантажобагажу.

Другий блок включає послуги, що пов'язані з підготовкою транспортних засобів та вантажів, багажу та вантажобагажу до перевезення пасажирів, вантажів, багажу та вантажобагажу.

Третій блок включає послуги, що пов'язані з навантаженням і закріпленням вантажів, з посадкою пасажирів та прийманням їх багажу.

Четвертий блок включає послуги, що пов'язані з переміщенням пасажирів, вантажів, багажу та вантажобагажу залізничним транспортом.

П'ятий блок включає послуги, що пов'язані з вивантаженням вантажів, багажу та вантажобагажу, з висадкою пасажирів та поверненням їх багажу.

Шостий блок включає послуги, що пов'язані з організацією доставки пасажирів та вантажів до місця призначення.

Сьомий блок включає послуги, що пов'язані з очисткою та прибиранням вагонів після перевезення пасажирів, вантажів, багажу та вантажобагажу.

У кожному блоці розташування послуг здійснено згідно із системним підходом та з використанням ієрархічної системи класифікації та послідовної системи кодування із застосуванням цифрового коду.

Загальна структура цифрових кодів для утворення класифікаційних угруповань у класифікаторі відповідає такій схемі:

розділ – 2 знака,

група – 1 знак,

клас – 1 знак,

категорія – 1 знак,

підкатегорія – 2 знака,

тип – 3 знака.

У кожній підкатегорії угруповання послуг здійснено згідно із ситуаційним підходом.

Використання різноманітних підходів побудови класифікатору дозволить створити більш гнучку систему класифікації, яка буде спроможна забезпечити стабільність кодування транспортних послуг.

Возможные резервы преодоления кризисных явлений в национальной экономике

Пшинько А.Н., Мямлин С.В., Мямлин В.В. (ДНУЖТ, Украина)

В докладе предложен один из вариантов преодоления кризисных явлений в национальной экономике любого государства, в котором присутствует противоречие между ценой товара и заработной платой.

Общеизвестно, что в настоящее время национальные экономики различных государств в той или иной степени подвержены влиянию мирового финансового кризиса. Правительствами этих стран предпринимаются различные, на их взгляд эффективные меры, которые должны способствовать преодолению неблагоприятных факторов, препятствующих нормальному развитию национальной экономики. Но опыт подсказывает, что ни одно государство, даже самое успешное на первый взгляд, не может с уверенностью утверждать о решении всех противоречий, присущих прогрессирующему мировому финансово-экономическому кризису.

Авторами, в рамках развития разработанной в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна «Теории высокоэффективной национальной экономики», определена одна из главных причин финансово-экономическому кризиса, которая заключается в противоречии между объемом заработной платы и стоимостью товаров и услуг. А точнее, основная причина «пробуксовки» экономики состоит в ошибочном принципе формирования стоимости товаров и услуг, который не позволяет условно осуществить покупку всех произведенных товаров и услуг за всю выплаченную за это зарплату.

После проведенных глубоких теоретических исследований с использованием имитационного моделирования процессов, происходящих в экономике отдельного государства, получено подтверждение выдвинутым предположениям. Именно жесткая пропорциональная зависимость между двумя основными экономическими категориями:

стоимостью товаров (услуг) и величиной заработной платы, включая зарплату работников и собственников предприятий, позволит экономике двигаться без кризисов, а людям даст возможность реализовать свой потенциал.

Таким образом, разработаны теоретические основы преодоления основных причин финансово-экономических кризисов, которые возможно реализовать в рамках национальной экономики отдельного государства. Проработаны также другие важные аспекты деятельности национальной экономики: внешняя торговля, финансовый сектор, формирование бюджета государства, реформа налоговой системы и другие. Отличительной особенностью предлагаемой теории является системное формирование бездефицитного национального бюджета.

Повышение экономической эффективности эксплуатации шестиосного тепловоза на железных дорогах Литвы

Дайлидка С. (АО «Литовские железные дороги», Литва)
Мямлин С. В. (ДИИТ, Украина),
Лингайтис Л. (ВГТУ, Литва), Недужая Л. А. (ДИИТ, Украина),
Ястремскас В. (АО «Литовские железные дороги», Литва)

В докладе представлены основные характеристики тепловозов ER20CF, которые позволяют значительно повысить экономическую эффективность их использования на железных дорогах Литвы.

В настоящее время компании – изготовители железнодорожных экипажей разрабатывают и предлагают потребителям локомотивы, которые (по их же расчетам) способны удовлетворять основные потребности многих заказчиков на мировом рынке:

- увеличение массы грузовых поездов и осевых нагрузок грузовых локомотивов;
- обновление парка подвижного состава нового поколения по современным проектам с использованием энергосберегающих устройств и технологий, который бы соответствовал действующим европейским экологическим нормам;
- усовершенствование технологии железнодорожных перевозок и повышение их качества, что напрямую зависит от надежности и эксплуатационной готовности подвижного состава;
- улучшение технико-экономических показателей работы железной дороги благодаря переходу на инновационный путь создания подвижного состава;
- повышение уровня безопасности движения, снижение аварийности;
- приемлемая ценовая политика.

Одним из примеров реализации такой концепции может служить поставка АО «Литовские железные дороги» (ЛЖД) партии тепловозов ER20CF производства Siemens.

Магистральные тепловозы ER20CF семейства Eurorunner с электрической передачей предназначены прежде всего для вождения грузовых поездов, хотя предусмотрена возможность их универсального применения (для этого на тепловозы можно устанавливать дизели мощностью до 3500 кВт, делая их таким образом одними из самых мощных тепловозов в Европе). Наряду с этим они могут служить и для выполнения маневровой работы. Их можно использовать для тяги поездов в режиме кратной тяги (до трех локомотивов).

Результаты эксплуатационных испытаний и опыт регулярной эксплуатации новых тепловозов на Литовских железных дорогах показали, что локомотив ER20CF благодаря внедрению инновационных технических решений удовлетворяет таким главным требованиям как: повышение тяговых свойств, снижение затрат жизненного цикла,

увеличение межремонтных пробегов, уменьшение расхода дизельного топлива, уменьшение затрат на техническое обслуживание и ремонт, повышение надежности и улучшение условий труда локомотивных бригад, повышение безопасности движения поездов. Особенно актуальным является соответствие экологических показателей тепловоза ужесточающимся нормативам по выделению шума, пыли, загрязняющих веществ.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных специалистами ВГТУ, ДИИТ и ЛЖД, свидетельствуют о том, что технические характеристики тепловозов ER20CF соответствуют необходимым требованиям и их использование на железных дорогах Литвы позволит практически полностью обновить парк грузовых локомотивов при этом значительно снизив эксплуатационные расходы.

Таким образом, выполненные исследования и опыт эксплуатации шестиосных тепловозов ER20CF производства компании Siemens на железных дорогах Литвы подтверждает не только правильность выбранных технических решений в конструкции локомотива, но и свидетельствуют о том, что экономическая эффективность от его использования достигается за счет целого ряда факторов.

Экономическая целесообразность совершенствования конструкций тележек грузовых вагонов

Бубнов В.М. (ООО «ГСКБВ» г. Мариуполь),
Мямлин С.В. (ДНУЖТ г. Днепропетровск),
Манкевич Н.Б. (ООО «ГСКБВ» г. Мариуполь)

Железнодорожный транспорт является важной отраслью для экономик стран пространства колеи 1520 мм. Обеспечивая более половины грузовых перевозок, он является главным индикатором экономического роста. В последнее время, несмотря на вторую волну мирового экономического кризиса, наблюдается в целом устойчивый рост грузовых железнодорожных перевозок. Учитывая объем и широкую номенклатуру перевозимых грузов, в том числе опасных грузов, аварии на железной дороге могут привести к значительному материальному ущербу, серьезным экологическим последствиям и главное – человеческим жертвам. Наиболее ответственными узлами вагонов, которые обеспечивают безопасность движения вагонов по рельсовому пути, с необходимой плавностью хода и наименьшим сопротивлением движению, а также определяющими пригодность вагона к эксплуатации в целом являются тележки.

Над созданием перспективных тележек работают многие ведущие отечественные научные и конструкторские организации, а также технологи предприятий изготовителей.

Совершенствование конструкции тележек грузовых вагонов, направленное на улучшение их прочностных и динамических характеристик, повышение износостойкости деталей и узлов, технологичности изделий, имеет важное значение для развития железнодорожного транспорта.

Таким образом, использование результатов научных исследований и конструкторских разработок на практике способствует повышению экономической эффективности железнодорожного транспорта за счет снижения затрат на техническое обслуживание и ремонт ходовых частей вагонов, уменьшению затрат на содержание путевой инфраструктуры, снижению производственных затрат вагоностроительных предприятий, экономии энергоресурсов и материалов, повышению уровня безопасности на железнодорожном транспорте в целом.

Наукові основи аналізу та прогнозу показників якості впровадження науково-дослідних робіт

Горобець В.Л. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ), Мазко О.О. (Укрзалізниця)
Куницький В.В. (Міністерство інфраструктури)

Науково обґрунтований моніторинг впровадження науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт (НДДКР), які проводяться для потреб залізничного транспорту, є одним з перспективних напрямків підвищення ефективності їх виконання. Названий моніторинг складається з двох основних напрямків – аналізу існуючої політики в галузі фінансування, контролю та впровадженню НДДКР та розробка на його основі прогнозу ефективності науково – дослідних розробок.

Як результат впровадження вказаної системи аналізу-прогнозу, можливо очікувати підвищення ефективності виконання НДДКР, а також обґрунтування політики в галузі їх фінансування.

Вказане вище базується на розробці та відповідній апробації автономного комплексу методів, який дозволить виконувати порівняння та прогнозування показників впровадження науково-дослідних робіт на основі даних попереднього періоду роботи конкретних виконавців з метою поліпшення якості управління фінансуванням НДДКР за рахунок впровадження оптимальних способів управління їх фінансуванням.

Комплекс робіт зі створення системи аналізу-прогнозу показників якості виконання НДДКР включає в себе:

- вибір основних показників ефективності розробки та впровадження науково-дослідних робіт;
- адаптація розроблених методів аналізу та прогнозу для вирішення задач ефективності та – впровадження науково-дослідних робіт;
- проведення апробації розроблених методів із застосуванням готових програмних пакетів.

На поточний момент розроблені та апробовані методи нефізичної ідентифікації параметрів системи впровадження НДДКР, засновані на положеннях теорії оптимального управління.

Результати даної роботи можуть бути застосовані з метою аналізу і прийняття рішень по управлінню проведенням НДДКР з урахуванням отриманого поточного прогнозу результатів управління.

Використання методу мультиплікаторів для оцінки бізнесу та його удосконалення з урахуванням кризових явищ

Жижко К.В. (ДНУ ім. Олеса Гончара, м. Дніпропетровськ)

Більшість методів оцінки бізнесу не враховують можливі зміни ринку в залежності від стадії розвитку кризових явищ в економіці, що може привести до значних похибок при здійсненні оцінки. Тому удосконалення відомих методів оцінки з метою урахування можливих коливань економічних показників діяльності підприємств в залежності від ступеня впливу кризових явищ є актуальною науково-прикладною задачею, що потребує вирішення в сучасних умовах.

Визначення ринкової вартості підприємства порівняльним підходом засноване на використанні одного з трьох методів: мультиплікаторів, компанії-аналога, операцій. Розглянемо далі більш детально саме метод мультиплікаторів. Мультиплікатор – це

коефіцієнт, що показує співвідношення між ринковою ціною підприємства і певним фінансовим показником.

Під ціною у даних мультиплікаторах, як правило, розуміють капіталізацію компаній, адже найбільш часто ці показники розраховуються саме для акціонерних товариств, але це не заважає використання отриманих результатів для підприємств з іншою формою власності.

Зазвичай ринкова ціна акції береться на останню дату, передуючу даті оцінки, при умові що оцінка проводиться у середовищі, в якому не планується чи невідомо про процеси злиття чи поглинання цих об'єктів (адже перед цими процесами ціна акцій безпідставно збільшується, що може привести до спотворень результатів оцінки).

У ролі фінансового показника може братися:

- 1) прибуток;
- 2) грошовий потік;
- 3) дивідендні виплати;
- 4) виручка від реалізації.
- 5) балансова вартість активів;
- 6) чиста вартість активів.

Мультиплікатори є найбільш поширеним способом визначення ціни, оскільки інформація про прибуток оцінюваної компанії і підприємств-аналогів є найбільш доступною. Цей мультиплікатор істотно залежить від методів бухгалтерського обліку. Тому, якщо аналогом виступає зарубіжна компанія, слід привести порядок розподілу прибутку до єдиних стандартів.

Після розрахунку мультиплікаторів для підприємств, часто визначаються середньогалузеві мультиплікатори, що дає змогу проводити оцінку орієнтуючись не на певне підприємство, а на усю галузь, що значно зменшує ймовірність похибки. Так для України ці середньогалузеві мультиплікатори зображені в табл. 1.

Таблиця 1

Середньогалузеве значення мультиплікатора P/S, підприємств України у 2010 р.

Галузь	Значення мультиплікатора	Галузь	Значення мультиплікатора
Металургія	0,42501	Хімічна промисловість	0,44756
Машинобудування	0,49735	Нафтопереробка	0,88167
Виробництво труб	0,65502		

Варто відзначити тенденцію, яка спостерігається, якщо проаналізувати середньогалузеві мультиплікатори за останні декілька років. Так, якщо порівнювати результати середньогалузевих коефіцієнтів у до кризовий (мається на увазі Світова фінансова криза) період (2007 р.), та у перший посткризовий (2010 р.), то усі значення мультиплікаторів скоротилися. Це свідчить про те що такі явища, як кризи, шляхом зменшення впливають на значення мультиплікаторів, що можна використовувати для прогнозування змін мультиплікаторів, а як наслідок і вартості компаній у разі настання нових кризових явищ.

Розраховане значення для кожної галузі пропонується автором у подальшому вводити, як посткризовий коефіцієнт, для країн що розвиваються, під час фінансових криз, для розрахунку вартості підприємств методом мультиплікаторів.

Значення галузевого посткризового коефіцієнта

№ п/п	Галузь	Посткризовий коефіцієнт (середньогалузева зміна мультиплікатора), %
1.	Металургія	- 50,243
2.	Машинобудування	- 24,576
3.	Виробництво труб	- 43,004
4.	Хімічна промисловість	- 46,450
5.	Нафтопереробка	- 17,795

Посткризовий коефіцієнт являє собою середньогалузеву поправку, яку треба віднімати або додавати (у нашому випадку віднімати) від значення мультиплікатора у до кризовий період.

Варто відзначити, що посткризовий коефіцієнт є дієвим для країн, які розвиваються, але не може бути використаний для розвинутих країн без проведення попередніх досліджень.

Таким чином, порівняльний підхід, не дивлячись на достатню складність розрахунків і аналізу, є невід'ємним прийомом визначення обґрунтованої ринкової вартості. Результати, що отримані у такий спосіб, мають хорошу об'єктивну основу, рівень якої залежить від можливості залучення широкого кола компаній-аналогів.

Запропоновано порядок обчислення та виконано розрахунки посткризового коефіцієнта за галузями промисловості, що є підґрунтям для подальшої оцінки бізнесу при виникненні кризових явищ. Такий підхід максимально зменшить похибку оцінки та наблизить вартісну оцінку до реальної ринкової вартості підприємства.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОЙ СОСТАВ»

Универсальные характеристики магнитных потерь в тяговых электрических машинах <i>Афанасов А. М.</i>	3
Влияние условий сцепления на фактор износа гребней колесных пар локомотивов <i>Афанасов А. М., Кийко А. И., Арпуль С. В.</i>	4
Доцільність використання відновлювальних технологій у ремонтному виробництві залізниць <i>Артемчук В.В., Хитрий О.В.</i>	5
Шляхи підвищення енергоефективності перетворювачів тягових електроприводів рухомого складу <i>Балійчук О. Ю.</i>	6
Обладнання электровоза ВЛ80т пристроями опалення пасажирських поїздів <i>Білухін Д. С.</i>	7
Питання електромагнітної сумісності перетворювача багатосистемного електровоза <i>Бондаренко Ю.С.</i>	8
Сумісне використання тягових двигунів різних типів в тягових агрегатах <i>Васильєв В.Є.</i>	8
Підвищення електромагнітної сумісності рейкових кіл з електрорухомих складом подвійного живлення з асинхронними тяговими двигунами <i>Вісін М. Г., Забарилко Д.О.</i>	10
Модернизация электропоезда ЭР2 на рекуперативно-реостатное торможение <i>Висин Н.Г., Власенко Б.Т., Чорна Д.В., Лукомская Ю.В.</i>	11
Расчет характеристик управляемых частотой асинхронных тяговых двигателей <i>Гетьман Г.К., Сухопар В.И.</i>	11
Определение экономической целесообразности ввода в эксплуатацию электровозов 2ЭС6 и 2ЭС10 на Львовской ж.д. <i>Гетьман Г. К., Арпуль С. В.</i>	12
Визначення витрат електроенергії на тягу поїздів в задачах тягового забезпечення <i>Голік С.М.</i>	12
Дослідження теплових параметрів тягових електроприводів в залежності від кількості охолоджуючого повітря <i>Гарцев Б.О., Безрученко В.М.</i>	13
Использование типовых профилей пути в задачах тягового обеспечения для железных дорог Украины <i>Демчук Р.Н.</i>	14
Модернізація пасажирського електровозу постійного струму <i>Злотий А.А., Васильєв В.Є.</i>	14
Зниження пульсацій в колах тягових двигунів електровозів однофазно-постійного струму <i>Козоріз О.О., Васильєв В.Є.</i>	15
Тяговый двигатель с возбуждением от постоянных магнитов <i>Краснов Р. В., Єрьоменко О. І.</i>	16
Особливості застосування IGBT транзисторів в силових колах електроприводу <i>Карзова О.О., Сиротенко В.В.</i>	17
Диагностирование состояние изоляции якоря электрической машины <i>Ляшук В.М.</i>	18
Вплив принципів керування на енергетичну ефективність тягового статичного перетворювача <i>Муха А.М.</i>	18

Аналіз надійності електричних двигунів компресорів на предмет теплових процесів <i>Мазур А.В., Устименко Д.В.</i>	19
Энергосбережение путем применения продольной емкостной компенсации реактивной мощности на электровозах ВЛ80к <i>Напара Ю.Б.</i>	20
Дослідження роботи електропривода компресорної станції ДЕВ3а та його модернізація <i>Пушкарь В.О., Безрученко В.М.</i>	20
Безіндуктивний напівпровідниковий шунт в колах ослаблення збудження тягових двигунів <i>Філіпських Д.О., Васильєв В.Є.</i>	20
Розробка моделі тягового електричного привода для дослідження динамічних режимів роботи <i>Хлебутін В.О., Кедря М.М.</i>	21
Лінійні електродвигуни <i>Шаповалов А.В., Кривулько Д.В.</i>	22
Використання сучасних синхронних тягових двигунів з постійними магнітами на електротранспорті <i>Шаповалов А.В., Бережний О.О.</i>	23

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»

Проблеми розрахунку повітряних ліній надвисокої напруги <i>Бондар І.Л., Бондар О.І.</i>	24
Розробка системи тягового електропостачання змінного струму з ланкою постійного струму <i>Броварницька О. В.</i>	25
Оценка состояния арматуры железобетонных опор <i>Васильев И.Л., Павличенко М.Е.</i>	26
Аналіз та порівняння мікропроцесорних захистів фідерів контактної мережі постійного струму <i>Данилов О.А., Рябокін Б.А.</i>	27
Повышение эффективности противокоррозионной защиты подземных металлических сооружений <i>Дьяков В. А., Кулик А. А.</i>	28
Система управления силовым активным фильтром постоянного тока с параллельным включением инвертора напряжения <i>Зубенко В.А.</i>	29
Концепция и результаты создания интеллектуальной интегрированной информационно – управляющей системы участкового энергодиспетчера <i>Иванов В.В.</i>	30
Тепловое старение фарфорового проходного изолятора <i>Ким Ен Дар.</i>	31
Підвищення ефективності енергоспоживання на залізницях України <i>Кирилюк Т.І.</i>	32
Режим «зняття відновлення» на струмоприймачі при пуску електровоза і наборі позицій до ходової на «С»-з'єднанні <i>Костін М.О., Михаліченко П.Є.</i>	34
Імовірнісна залежність додаткових втрат електроенергії від реактивної потужності по Фризе <i>Костін М. О., Петров А. В.</i>	35
Миттєва реактивна потужність пристроїв систем електричної тяги	

<i>Костін М. О., Петров А. В., Саблін О.І.</i>	36
Якість електроенергії, методи та засоби її забезпечення	
<i>Кравчик С.О.</i>	37
Подходы к оценке потенциала энергосбережения в системах электроснабжения железных дорог	
<i>Кузнецов В.Г.</i>	38
Повышение энергоэффективности электротранспорта постоянного тока путем оптимизации управления транспортным потоком	
<i>Кузнецов В.Г., Калашников К.А.</i>	40
Встановлення закономірностей зміни показників якості електричної енергії кіл живлення залізничної автоматики	
<i>Куриленко О.Я.</i>	41
Розробка методики раціонального діагностування контактної мережі	
<i>Кучмій О.С.</i>	42
Розробка та дослідження моделі зносу контактного проводу на залізниці змінного струму	
<i>Кучмій О.С., Рейх О.М.</i>	43
Фізична модель взаємодії контактної підвіски зі струмоприймачем електрорухомого складу	
<i>Мандич В.Г., Босий Д.О., Данилов О.А.</i>	44
Інтелектуальні мережі Smart Grid – майбутнє електрифікованих залізниць України	
<i>Матусевич О.О.</i>	45
Особливості чисельного розрахунку під час моделювання системи електричної тяги в аварійних режимах	
<i>Михаліченко П.Є.</i>	47
Особливості вимикання швидкодіючих вимикачів типу ВАБ-206	
<i>Михаліченко П.Є.</i>	49
Етапи і наслідки режиму «зняття-відновлення» напруги на струмоприймачі електровозів	
<i>Михаліченко П.Є., Костін М.О.</i>	50
Особливості визначення початкових умов при моделюванні електромагнітних процесів системи електричної тяги постійного струму	
<i>Михаліченко П.Є., Михаліченко Т.В.</i>	51
Обоснование схемы замещения тяговой сети переменного тока	
<i>Мищенко Т.Н.</i>	52
Про ефективність передачі та використання електричної енергії, рекуперованої на електрифікованих ділянках постійного струму	
<i>Нікітенко А. В., проф. Костін М. О.</i>	53
Вплив режиму нейтралі мережі на працездатність засобів захисту від замикань на землю	
<i>Остапчук О.В., Павлусь В.М.</i>	54
Оцінка ефективності автоматизованого керування підстанцій і повітряних розподільних мереж із застосуванням реклоузерів з метою підвищення надійності електропостачання споживачів	
<i>Остапчук О.В., Жизняков Д.Я.</i>	54
Критерії ефективності електроенергетичних процесів тягового електропостачання	
<i>Петров А.В.</i>	55
Признаки потребления неактивной мощности силовыми тяговыми цепями	
<i>Петров А.В., Саблин О.И.</i>	56
Застосування гіроскопу на вагон - лабораторії для визначення відхилення залізобетонних опор контактної мережі від вертикальної вісі	
<i>Полях О.М.</i>	57
Необхідність удосконалення системи діагностування ізоляторів контактної мережі	
<i>Рейх О.М.</i>	58

Удосконалення роботи розрядних пристроїв тягових підстанцій постійного струму <i>Рябокін Б.А., Зубенко В.А.</i>	60
Модельно-ориентированное проектирование электротехнических систем железнодорожного транспорта <i>Словак А. Д.</i>	61

СЕКЦИЯ «ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА»

Класифікація транспортних послуг <i>Садловська І.П., Соколова В.В.</i>	62
Возможные резервы преодоления кризисных явлений в национальной экономике <i>Пишнько А.Н., Мямлин С.В., Мямлин В.В.</i>	63
Повышение экономической эффективности эксплуатации шестиосного тепловоза на железных дорогах Литвы <i>Дайлидка С., Мямлин С.В., Лингайтис Л., Недужая Л. А., Ястремскас В.</i>	64
Экономическая целесообразность совершенствования конструкций тележек грузовых вагонов <i>Бубнов В.М., Мямлин С.В., Манкевич Н.Б.</i>	65
Наукові основи аналізу та прогнозу показників якості впровадження науково-дослідних робіт <i>Горобець В.Л., Мазко О.О., Куницький В.В.</i>	66
Використання методу мультиплікаторів для оцінки бізнесу та його удосконалення з урахуванням кризових явищ <i>Жижко К.В.</i>	66