

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

УДК 621.317

Гаврилюк, В. І. Точність визначення параметрів гармонік тягового струму за допомогою віконного ШПФ / В. І. Гаврилюк // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 11–18.

У роботі дано короткий огляд положень щодо коректного вибору параметрів віконного БПФ для забезпечення необхідної часової і частотної роздільної здатності спектрального аналізу тягового струму відповідно до вимог нормативних документів і проведені дослідження впливу параметрів ШПФ на точність визначення основних параметрів гармонік в спектрі струму (ефективного значення струму, частот, тривалості).

Для оцінки точності визначення ефективного значення струму і частоти гармоніки було проведено комп'ютерне дослідження з використанням синтезованого струму з відомими параметрами гармонік, значення яких були обрані відповідно до допустимих значень параметрів, визначених нормативними документами та стандартами.

Для спектрального аналізу тягового струму були обрані чотири типи вікон: прямокутне, вікно Ханна, Хеммінга і Блекмана тривалістю 0,3 та 1 с. Для частоти дискретизації 27500 Гц і довжини вікна 0,3 с частотна роздільна здатність складає 0,27 Гц для прямокутного вікна, 0,54 Гц для вікон Ханна і Хеммінга і 0,81 Гц для вікна Блекмана, що узгоджується з вимогами технічних умов.

Результати спектрального аналізу тягового струму показали, що частотна роздільна здатність гармонік збільшувалася, і, відповідно, відносна похибка визначення ефективного значення струму і частоти зменшувалася зі збільшенням частоти спектрального розкладання.

Тип використовуваних вікон незначно впливав на точність визначення частоти гармонік. Відносна похибка ефективного значення струму гармоніки була вище для прямокутного вікна, і це значення зменшувалося в ряду від прямокутного вікна до вікна Блекмана. Значення відносної похибки ефективного значення струму гармоніки для окремих частот не відповідали вимогам, необхідним для практичного використання методу і це пояснюється розтікання спектру і гребішковими спотвореннями.

У разі вікон з довжиною 1 з роздільна здатність гармонік тягового струму було вище, ніж для вікон довжиною 0,3 с, а відносна похибка ефективного значення струму і частот гармонік були набагато нижче. Хоча і в цьому випадку для окремих частот відносна похибка була високою.

Для забезпечення необхідної точності спектрального аналізу тягового струму за допомогою віконного ШПФ необхідний ретельний вибір параметрів спектрального аналізу з урахуванням параметрів тягового струму. З урахуванням широкого діапазону частот тягового струму перспективним є метод із змінними параметрами вікна і частоти дискретизації для різних ділянок спектра.

УДК 629.4.012

Гаврилюк, В. І. Моделювання розповсюдження гармонійних завад від електрорухомого складу у несиметричній рейковій лінії / В. І. Гаврилюк, В. В. Мелешко // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 19–26.

Дослідження поширення гармонійних завад від електрорухомого складу в рейковій лінії і їх вплив на роботу апаратури рейкових кіл є важливою складовою загальної проблеми

забезпечення електромагнітної сумісності тягового електропостачання з пристроями сигналізації та зв'язку на залізничному транспорті. Ця проблема зберігає свою актуальність в даний час у зв'язку з широким впровадженням нових типів рухомого складу з імпульсними перетворювачами електричної енергії, а також з підвищенням швидкості руху поїздів. Моделювання поширення гармонійних завад в тяговій мережі, поряд з вимірами їх значень в процесі приймальних тестових випробувань електрорухомого складу і в процесі подальшої його експлуатації необхідно для аналізу і визначення причин появи наднормативних завад в рейкових ланцюгах і прийняття рішень щодо усунення їх шкідливого впливу на пристрої сигналізації. Запропоновані в літературі моделі стосуються, головним чином, поширенню тягового струму або його гармонійних складових в рейках, в той час як на функціональну безпеку рейкових кіл впливає в першу чергу різницевий струм в рейках.

Запропоновані в літературі аналітичні рішення рівнянь для несиметричної рейкової лінії отримані при певних припущеннях і є громіздкими, що ускладнює їх практичне застосування. Метою роботи є розробка моделі поширення гармонійних завад від електрорухомого складу в несиметричній рейковій лінії з використанням спрощених виразів для струму в рейках, що є можливим при незначних (порівнянних з нормативними) коефіцієнтах асиметрії рейкової лінії, і проведення на основі розробленої моделі моделювання впливу поздовжньої і поперечної асиметрії рейкової лінії на розподіл в ній різницевого струму гармонійних завад від електрорухомого складу.

Для апробації розробленої моделі проведено моделювання розподілу коефіцієнта асиметрії гармоніки тягового струму частотою 25 Гц по довжині рейкової лінії. В результаті моделювання показано, що коефіцієнт асиметрії по току збільшується при збільшенні коефіцієнтів поздовжньої і поперечної асиметрії рейкової лінії і відстані від електропоїзда. Спостережуване збільшення коефіцієнта асиметрії частково пов'язано зі зменшенням загального значення гармонійної завади в двох рейках при видаленні від поїзда. Зі збільшенням відстані до поїзда різницевий струм завади також збільшується. При одночасному перевищенні імпедансу і провідності баласту однієї рейки в порівнянні з іншою рейкою, коефіцієнт асиметрії в ряді випадків може значно перевищувати нормативні значення.

УДК 621.391

Пілінський, В. В. Ефективний підхід до вибору мережних фільтрів радіочастотних завад / В. В. Пілінський, Д. В. Тітков, А. С. Ратушний // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 27–30.

Розширення функціональних можливостей радіоелектронного обладнання і сфери його застосування, за підвищення його чутливості, спричинює необхідність підвищеної уваги до питань забезпечення електромагнітної сумісності з іншими пристроями та електричною мережею, в тому числі на транспортних засобах Укрзалізниці, особливо із застосуванням сучасного телекомунікаційного обладнання.

У роботі запропоновано метод вибору мережних протишумових фільтрів (МПЗФ) за основними експлуатаційними характеристиками на основі бази даних з інформацією про фільтри провідних світових компаній-виробників МПЗФ.

Описаний програмний комплекс дозволяє розробнику підібрати необхідні фільтри швидше та ефективніше.

Вказані тенденції подальшого вдосконалення програмного забезпечення.

УДК 621.331.3

Дьяков, В. О. Аналіз існуючих способів стикування електрифікованих ділянок / В. О. Дьяков, С. В. Звягінцев // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 31–37.

Метою даної статті є аналіз існуючих способів стикування електрифікованих ділянок різних систем струму і рівнів напруги в контактній мережі при наскрізному русі поїздів.

При перепалі проводів контактних підвісок на нейтральних вставках і станціях стикування відбувається розрегулювання контактної мережі на суміжних анкерних ділянках і, як наслідок, необхідні значні витрати часу на її відновлення.

Крім того, при перепалі й обриві проводів контактної мережі відбувається пошкодження струмоприймачів і іншого дахового обладнання електрорухомого складу, що призводить до тривалих затримок поїздів. У зв'язку з цим для запобігання цих негативних явищ рекомендується використовувати закордонний досвід струморозподілу на переїздах, де експлуатується негабаритний автомобільний транспорт.

УДК 656.224.022.846

Арпуль, С. В. Моделювання області керуючих параметрів в рівнянні руху поїзда при вирішенні задач тягового забезпечення / С. В. Арпуль, А. М. Афанасов // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 38–42.

Специфіка визначення керуючих параметрів рівняння руху в задачах тягового забезпечення полягає у відсутності тягових характеристик і даних про величину маси електровоза.

У роботі запропоновано рішення цієї задачі за рахунок вводу відносної маси локомотива і використання універсальних тягових характеристик, отриманих для електровозів з колекторними тяговими двигунами постійного і пульсуючого струму, а також з асинхронним тяговим приводом. В результаті запропоновані аналітичні вирази для визначення основного питомого опору руху і граничної тягової характеристики для всіх зон регулювання потужності основних типів тягових приводів.

Запропоновано аналітичну залежність для визначення маси електровоза. Аналіз якої показав, що основними параметрами, що визначають масу електровоза при фіксованій масі складу, є: тип тягового приводу і прискорення поїзда при пусковий швидкості.

Основною особливістю отриманих виразів для визначення керуючих параметрів рівняння руху є те, що вони не включають в якості параметра масу складу і електровоза. Це дає можливість рішення поставленої задачі базувати на результатах тягових розрахунків.

УДК 621.331

Полях, О. М. Дослідження сумісної роботи споживачів власних потреб з нетрадиційними джерелами енергії / О. М. Полях, Ю. О. Кугаєнко // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 43–50.

Метою науково-дослідної роботи являється дослідження сумісної роботи споживачів власних потреб тягової підстанції з нетрадиційними джерелами енергії.

Для впровадження на залізниці застосування альтернативної енергетики необхідно вирішити наступні завдання: проаналізувати всі власні потреби які споживає тягова підстанція; зробити аналіз можливості розташування альтернативних джерел живлення на території тягової підстанції; дослідити як може працювати система живлення власних потреб тягової підстанції (як напрямую так і в паралельному режимі роботи).

Підводячи підсумки дослідження сумісної роботи споживачів власних потреб тягової підстанції з нетрадиційними джерелами енергії, можна зазначити наступне:

– для розміщення сонячних батарей на даху тягової підстанції необхідно 900 м^2 від загальної площі, що говорить про можливість розташування фотоелектричних модулів на дахах а на тяговій підстанції, також достатньо місця для розміщення акумуляторних батарей в акумуляторному приміщенні;

– проведено аналіз кількості річного споживання електроенергії на власні потреби тягової підстанції, встановлено що у січні найбільше середнє значення спожитої електроенергії $717 \text{ кВт}\cdot\text{год}$;

– система живлення власних потреб за рахунок сонячної енергії має найбільший ефект при встановленні модулів потужністю 200 Вт , що працює як напряду так і в паралельному режимі, та додатково можна продавати електроенергію по зеленому тарифу.

УДК 621.38

Ляшук, В. М. Дослідження доцільності електропостачання контактної мережі з живленням підвищеною напругою через перетворювач $6/3 \text{ кВ}$ / В. М. Ляшук, І. Ю. Павлюков // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 51–56.

Стаття присвячена питанню використання методу перетворення напруги постійного струму з використанням ланки високої частоти для перетворення напруги рівня $6,6 \text{ кВ}$ в напругу $3,3 \text{ кВ}$ для живлення електричного транспорту, наводиться опис і принцип роботи перетворювача напруги.

Метою науково-дослідної роботи є розробка заходів щодо збільшення швидкості руху та вагових норм поїздів, що сприятиме створенню нових електровозів більшої потужності, розробка способу посилення електропостачання тяги постійного струму.

Розроблена схема імпульсного перетворювача постійного струму ППН-6 на IGBT транзисторах з напругою на вході 6 кВ і номінальним вхідним струмом 1 кА , який повинен бути використаний на тягових підстанціях для підвищення напруги контактної мережі. Запропоновано використати транзистори IGBT на $5,2 \text{ кВ}$ та (в дослідному порядку) на $6,5 \text{ кВ}$. Із застосуванням цих приладів стає можливим забезпечити високий ступінь спрощення силові схеми перетворювачів постійного струму $6 / 3 \text{ кВ}$.

Оцінені способи захисту схем, побудованих на IGBT транзисторах.

УДК 656.216.2:625.096

Возняк, О. М. Модель індуктивного датчика контролю автодорожніх транспортних засобів у межах залізничних переїздів / О. М. Возняк // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 57–69.

У роботі розглянуто модель індуктивного датчика, який використовується для контролю наявності автодорожніх транспортних засобів у межах залізничних переїздів під час руху поїзда ділянкою наближення.

Актуальність роботи. При спрацюванні системи автоматичної переїзної сигналізації деякі автодорожні транспортні засоби продовжують перетинати залізничний переїзд, створюючи, тим самим, загрозу безпеці руху, що може спричинити небезпечну, а то й катастрофічну транспортну ситуацію. Хоча на залізничних переїздах відбувається незначна кількість ДТП у порівнянні із загальною кількістю ДТП на мережі автодоріг, однак їх наслідки (як людські, так і матеріальні втрати) значно важчі. Тому існує потреба у пристроях, які контролюватимуть процес перетину меж залізничного переїзду автодорожніми транспортними засобами під час руху поїзда ділянкою наближення. **Мета.** Розробка моделі індуктивного датчика, який використовується на залізничних переїздах з метою контролю за автодорожніми транспортними засобами. **Наукова новизна.** Окреслено метод, який дає змогу визначити оптимальні параметри індуктивної петлі, яка використовується у якості

датчика наявності автодорожніх транспортних засобів у межах залізничних переїздів. **Практичне значення.** Використання індуктивного датчика наявності автодорожніх транспортних засобів у межах залізничних переїздів під час руху поїзда ділянкою наближення сприятиме можливості прийняття додаткових заходів як для автодорожніх, так і залізничних рухомих одиниць. Завдяки чому забезпечиться зниження кількості ДТП на залізничних переїздах.

УДК 656.25

Маловічко, В. В. Математична модель роботи чотирьохзначного станційного вихідного світлофора у вигляді дискретного автомату моделі Мура / В. В. Маловічко, Н. В. Маловічко // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 70–78.

Мета. Створення математичної моделі роботи чотирьохзначного вихідного станційного світлофора, як скінченного дискретного автомату. **Методика.** Для створення математичної моделі вихідного світлофору з чотирма вогнями у вигляді скінченного дискретного автомату необхідно побудувати граф станів автомату, виконати кодування входів, виходів та переходів автомату, побудувати секвенціальні вирази та виконати їх мінімізацію. Також на базі тригерів необхідно створити чарунку пам'яті, для зберігання попереднього стану автомата. **Результати.** Отримана математична модель світлофору може бути використана для тестування правильності функціонування систем МПЩ що дозволить уникнути виникнення частини небезпечних ситуацій під час їх експлуатації. **Наукова новизна.** В ході роботи створена математична модель роботи вихідного світлофору з поїзними та маневровими сигналами у вигляді дискретного автомату моделі Мура. **Практичне значення.** Завдяки отриманій моделі світлофора з'являється можливість моделювання роботи сигналів за допомогою обчислювальної техніки з комбінуванням виникнення різних типів відмов в різні моменти часу при русі поїздів по станції та створенні поїзних і маневрових маршрутів. Це дає змогу відслідковувати реакцію системи та об'єкта на відмови на стадії тестування та запуску.

БЕЗПЕКА НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

УДК 656.259.9

Гончаров, К. В. Порівняльний аналіз методів контролю фізіологічного стану та пильності машиніста / К. В. Гончаров, Н. А. Нагорна // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 80–87.

Однією із причин порушення безпеки руху поїзда є зниження рівня пильності та працездатності машиніста. Традиційний метод перевірки пильності шляхом вимірювання часу реакції машиніста на сигнал звукового або світлового попередження не дозволяє об'єктивно визначити рівень його фізіологічного стану. Крім цього постійні періодичні перевірки пильності відволікають локомотивну бригаду від поточної роботи по керуванню поїздом. Метою даної роботи є порівняльний аналіз можливих методів контролю фізіологічного стану та пильності машиніста. Розглянуті контактні та безконтактні методи контролю. Метод енцефалографії дозволяє достатньо точно визначити рівень фізіологічної активності людини. Головними недоліками даного методу є відносно висока вартість пристроїв, складність аналізу отриманих даних, а також неможливість отримання коректної енцефалограми при неправильному розташуванні датчиків. Методи контролю фізіологічного стану людини за допомогою пульсометрії, а також за допомогою акселерометра є достатньо простими. Проте кожен з них сам по собі не може дати повну картину про рівень активності та працездатності. Головною перевагою методів на базі відеоспостереження є

те, що вони не відволікають водія і ніяким чином не заважають процесу перевезень. Проте такі методи не дозволяють отримати достатню інформацію про функціональний стан людини. Достатньо ефективним є метод вимірювання електродермальної активності. Доцільним є комплексне застосування даного метода у поєднанні з іншими, наприклад – з пульсометрією або з методами на базі відеоспостереження. Комплексний аналіз різних діагностичних параметрів дозволить об'єктивно визначити рівень фізіологічного стану та працездатності машиніста.

УДК 654.022

Сердюк, Т. М. Мікропроцесорні системи електричної централізації з використанням оптоволоконного кабелю зв'язку на залізницях України / Т. М. Сердюк, В. В. Лисюк, М. О. Міщенко, А. Ю. Журавльов, К. М. Сердюк, А. В. Кузнецова // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 88–95.

Метою роботи є аналіз існуючих видів оптоволоконних ліній, оцінка переваг та недоліків, що виникають при їх обслуговуванні, та визначення напрямку при модернізації ліній зв'язку залізниць України.

Виконано аналіз існуючих мікропроцесорних систем залізничної автоматики на Україні, зокрема на Придніпровській залізниці.

Наукова новизна: удосконалені формули для визначення збільшення коефіцієнта загасання в волоконно-оптичних лініях за рахунок урахування коефіцієнта, що залежить від довжини і амплітуди мікро- і макровигинів.

Встановлено, що збільшення числа мікровигинів на одиницю довжини волоконно-оптичної кабельної лінії призводить до збільшення загасання до 0,445 дБ / км при числі вигинів 20. Додаткове загасання не повинне перевищувати власне загасання волокна більш ніж на 40 ... 50 %. Отже, при нормованому загасання 0,5 ... 1 дБ / км і довжині хвилі 1,31 мкм для одномодового волокна число мікровигинів на одиницю довжини не повинно перевищувати дев'яти (десяти).

Також за результатами моделювання можна зробити висновок, що при збільшенні кроку скрутки від 12 до 30 мм додаткове загасання зменшується від 0,1 до 0,021 дБ / км, що не перевищує допустимі значення.

Оцінені параметри надійності волоконно-оптичних ліній, які застосовуються на Придніпровській залізниці.

УДК 621.316.11

Халіл Селім, Т. М. Оптимізація конфігурації розподільчої мережі за допомогою модифікованого алгоритму імперіалістичної конкуренції / Т. М. Халіл Селім, О. В. Горпинич // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 96–104.

Мета. Запропоновано модифікований алгоритм імперіалістичної конкуренції, що адаптований для пошуку оптимальної конфігурації розподільчої мережі з мінімальними втратами активної потужності. **Методика.** Запропонований алгоритм був використаний для вирішення проблеми реконфігурації розподільчої мережі, сформульованої як проблема багатокритеріальної частково цілочислової комбінаторної нелінійної оптимізації з обмеженнями у вигляді рівностей та нерівностей, що містять такі критерії, як максимальне зниження втрат активної потужності, збереження напруг у вузлах в наперед встановлених межах, усунення перевантаження за струмом у вітках мережі, збереження радіальної структури мережі та відсутність вимкнених навантажень. **Результати.** Наведена блок-схема модифікованого алгоритму імперіалістичної конкуренції, що призначений для вирішення проблеми реконфігурації розподільчої мережі з метою зниження втрат активної потужності.

Щоб реалізувати наведений алгоритм, в якості обчислювального засобу було застосовано середовище MATLAB R2010a. Для демонстрації ефективності наведеного алгоритму він був протестований за допомогою 33-вузлової та 69-вузлової схем IEEE, в той час як для верифікації його точності були використані інші методи штучного інтелекту (генетичні алгоритми, алгоритми колонії мурашів, нечітка логіка та селективний метод рою частинок). **Наукова новизна.** Розроблена спрощена версія алгоритму імперіалістичної конкуренції, в якій замість понять «нормована вартість імперіаліста» та «нормована вартість імперії» використовуються поняття «міць імперіаліста» та «міць імперії». **Практична значимість.** Запропонований алгоритм може бути застосований для оптимізації конфігурації реальної розгалуженої розподільчої мережі, щоби знизити втрати як активної потужності, так й електроенергії, а також щоби покращити якість напруги у вузлах мережі.

УДК 629.463.083-027.45

Шапошник, В. Ю. Результати експериментальних досліджень процесу зміни технічного стану вантажних вагонів в експлуатації / В. Ю. Шапошник // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 105–109.

У роботі представлені результати експериментальних досліджень при переході до системи технічного обслуговування і ремонту за технічним станом із застосуванням візуально-оптичного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів.

Експлуатаційні дослідження за діючою системою технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів підтвердили вплив людського фактора під час виконання технічного обслуговування піввагонів. Показано, що обсяг проведеного технічного обслуговування впливає на подальшу експлуатацію піввагонів (пробіг без відмов). У залежності від впливу людського фактора, кількість відмов та імовірність безвідмовної роботи при відновленні працездатного стану вантажних вагонів різняться в межах 0...38,6 %.

При застосуванні візуально-оптичного контролю граничних станів вузлів піввагонів відбувається зниження впливу людського фактора на технічний стан при проведенні технічного обслуговування та ремонту. Крім того, знижується трудомісткість робіт при проведенні такого обслуговування піввагонів. Під час проведення технічного обслуговування оглядачем чи слюсарем по ремонту вантажних вагонів при застосуванні візуально-оптичного контролю граничних станів вузлів знижується вплив людського фактора, навіть, за песимістичним прогнозом.

Наведені залежності імовірності відмов піввагонів від пробігу для системи технічного обслуговування і ремонту за технічним станом із застосуванням візуально-оптичного контролю граничних станів вузлів показали, що ця імовірність знижується до 35 % за песимістичним прогнозом, та до 49 % за середньозваженим прогнозом у порівнянні з імовірністю відмов піввагонів для діючої системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів.

УДК 656.022

Пасічник, А. М. Проблеми оцінки та модернізації мережі автомобільних доріг в Україні / А. М. Пасічник, Є. М. Лебідь, С. В. Мірошніченко, Д. П. Горбач // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С. 110–117.

Наведено результати порівняльного аналізу відповідності української мережі автомобільних доріг європейським нормативам за станом покриття та рівності. На основі проведеного аналізу виявлена невідповідність переважної більшості українських автомобільних доріг для здійснення перевезень вантажів великоваговими автомобілями та для швидкісного переміщення легкових автомобілів. Проведено аналіз методів оцінки рівності повер-

хні проїзної частини автомобільних доріг на основі експериментально-статистичних параметрів визначення дефектів поздовжнього профілю та за показниками плавності руху та встановлено, що для застосування таких методів необхідно невідкладно провести модернізацію української мережі автомагістралей. Запропоновано нові напрямки покращення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг у відповідності до рівня розвитку сучасних автомобільних транспортних засобів за рахунок будівництва швидкісних магістралей з використанням сучасних технологій виготовлення фібробетонного покриття доріг.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 621.317

Гаврилюк, В. И. Точность определения параметров гармоник тягового тока с помощью оконного БПФ / В. И. Гаврилюк // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Ном. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 11–18.

В работе дан краткий обзор положений по корректному выбору параметров оконного БПФ для обеспечения необходимого временного и частотного разрешения спектрального анализа тягового тока в соответствии с требованиями нормативных документов и проведены исследование влияния параметров БПФ на точность определения основных параметров гармоник в спектре тока (эффективного значения тока, частот, длительности).

Для оценки точности определения эффективного значения тока и частоты гармоники было проведено компьютерное исследование с использованием синтезированного тока с известными параметрами гармоник, значения которых были выбраны в соответствии с допустимыми значениями параметров, определенных нормативными документами и стандартами.

Для спектрального анализа тягового тока были выбраны четыре типа окон: прямоугольное, окно Ханна, Хэмминга и Блэкмана длительностью 0,3 и 1 с. Для частоты дискретизации 27500 Гц и длины окна 0,3 с частотное разрешение составляет 0,27 Гц для прямоугольного окна, 0,54 Гц для окон Ханна и Хэмминга и 0,81 Гц для окна Блэкмана, что согласуется с требованиями технических условий.

Результаты спектрального анализа тягового тока показали, что частотное разрешение гармоник увеличилось, и, соответственно, относительная погрешность определения эффективного значения тока и частоты уменьшались с увеличением частоты спектрального разложения.

Тип используемых окон незначительно влиял на точность определения частоты гармоник. Относительная ошибка эффективного значения тока гармоники была выше для прямоугольного окна, и это значение уменьшалось в ряду от прямоугольного окна до окна Блэкмана. Значения относительной погрешности эффективного значения тока гармоники для отдельных частот не соответствовали требованиям, необходимым для практического использования метода и это объясняется растеканием спектра и гребешковыми искажениями.

Для окон длиной 1 с разрешение гармоник тягового тока было выше, чем для окон длиной 0,3 с, а относительная погрешность эффективного значения тока и частот гармоник были намного ниже. Хотя и в этом случае для отдельных частот относительная погрешность была высокой.

Для обеспечения необходимой точности спектрального анализа тягового тока с помощью оконного БПФ необходим тщательный выбор параметров спектрального анализа с учетом параметров тягового тока. С учетом широкого диапазона частот тягового тока перспективным является метод с варьируемыми параметрами окна и частоты дискретизации для разных участков спектра.

УДК 656.259.2

Гаврилюк, В. И. Моделирование распространения гармонических помех от электроподвижного состава в несимметричной рельсовой линии / В. И. Гаврилюк, В. В. Мелешко // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Ном. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 19–26.

Исследование распространения гармонических помех от электроподвижного состава в рельсовой линии и их влияние на работу аппаратуры рельсовых цепей является важной составляющей общей проблемы обеспечения электромагнитной совместимости тягового электроснабжения с устройствами сигнализации и связи на железнодорожном транспорте. Эта проблема сохраняет свою актуальность в настоящее время в связи с широким внедрением новых типов подвижного состава с импульсными преобразователями электрической энергии, а также с повышением скорости движения поездов. Моделирование распространения гармонических помех в тяговой сети, наряду с измерениями их значений в процессе приемочных тестовых испытаний электроподвижного состава и в процессе дальнейшей его эксплуатации необходимо для анализа и определения причин появления сверхнормативных помех в рельсовых цепях и принятия решений по устранению их вредного воздействия на устройства сигнализации. Предложенные в литературе модели касаются, главным образом, распространению тягового тока или его гармонических составляющих в рельсах, в то время как на функциональную безопасность рельсовых цепей влияет в первую очередь разностный ток в рельсах.

Предложенные в литературе аналитические решения уравнений для несимметричной рельсовой линии получены при определенных допущениях и являются громоздкими, что усложняет их практическое применение. Целью работы является разработка модели распространения гармонических помех от электроподвижного состава в несимметричной рельсовой линии с использованием упрощенных выражений для тока в рельсах, что является возможным при незначительных (сопоставимых с нормативными) коэффициентах асимметрии рельсовой линии, и проведения на основе разработанной модели моделирования влияния продольной и поперечной асимметрии рельсовой линии на распределение в ней разностных токов гармонических помех от электроподвижного состава.

Для апробации разработанной модели проведено моделирование распределения коэффициента асимметрии гармоники тягового тока частотой 25 Гц по длине рельсовой линии. В результате моделирования показано, что коэффициент асимметрии по току увеличивается при увеличении коэффициентов продольной и поперечной асимметрии рельсовой линии и расстояния от электропоезда. Наблюдаемое увеличение коэффициента асимметрии частично связано с уменьшением общего значения гармонической помехи в двух рельсах при удалении от поезда. С увеличением расстояния до поезда разностный ток помехи также увеличивается. При одновременном превышении импеданса и проводимости балласта одного рельса по сравнению с другим рельсом, коэффициент асимметрии в ряде случаев может значительно превышать нормативные значения.

УДК 621.391

Пилинский, В. В. Эффективный подход к выбору сетевых фильтров радиочастотных помех / В. В. Пилинский, Д. В. Титков, А. С. Ратушный // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Ном. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 27–30.

Расширение функциональных возможностей и сферы применения радиоэлектронного оборудования и повышением его чувствительности, демонстрирует необходимость повышенного внимания к вопросам обеспечения электромагнитной совместимости с другими устройствами и электрической сетью, в том числе на транспортных средствах УЖД, особенно при использовании современного телекоммуникационного оборудования.

В работе предложен метод выбора сетевых помехо-подавляющих фильтров (СППФ) по основным эксплуатационным характеристикам на основе базы данных с информацией о фильтрах ведущих мировых компаний-изготовителей СППФ.

Описанный программный комплекс позволяет разработчику подобрать необходимые фильтры быстрее и эффективнее.

Показаны тенденции дальнейшего совершенствования программного обеспечения.

УДК 621.331.3

Дьяков, В. А. Анализ существующих способов стыкования электрифицированных участков / В. А. Дьяков, С. В. Звягинцев // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Nom. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 31–37.

Целью данной статьи является анализ существующих способов стыкования электрифицированных участков разных систем тока и уровней напряжения в контактной сети при сквозном движении поездов.

При пережогах проводов контактных подвесок на нейтральных вставках и станциях стыкования происходит разрегулировка контактной сети на смежных анкерных участках и, как следствие, необходимы значительные затраты времени на ее восстановление.

Кроме того, при пережогах и обрыве проводов контактной сети происходит повреждение токоприемников и другого крышевого оборудования электроподвижного состава, что приводит к длительным задержкам поездов. В этой связи для предотвращения этих негативных явлений рекомендуется использовать зарубежный опыт токораздела на переездах, где эксплуатируется негабаритный автомобильный транспорт.

УДК 656.224.022.846

Арпуль, С. В. Моделирование области управляющих параметров в уравнении движения поезда при решении задач тягового обеспечения / С. В. Арпуль, А. М. Афанасов // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Nom. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 38–42.

Специфика определения управляющих параметров уравнения движения в задачах тягового обеспечения состоит в отсутствии тяговых характеристик и данных о величине массы электровоза.

В работе предложено решение этой задачи за счет ввода относительной массы локомотива и использования универсальных тяговых характеристик, полученных для электровозов с коллекторными тяговыми двигателями постоянного и пульсирующего тока, а также с асинхронным тяговым приводом. В результате предложены аналитические выражения для определения основного удельного сопротивления движению и предельной тяговой характеристики для всех зон регулирования мощности основных типов тяговых приводов.

Предложена аналитическая зависимость для определения массы электровоза. Анализ которой показал, что основными параметрами, определяющими массу электровоза при фиксированной массе состава, являются: тип тягового привода и ускорение поезда при пусковой скорости.

Основной особенностью полученных выражений для определения управляющих параметров уравнения движения является то, что они не включают в качестве параметра массу состава и электровоза. Это даёт возможность решение поставленной задачи базировать на результатах тяговых расчётов.

УДК 621.331

Полях, О. М. Исследование совместной работы потребителей собственных нужд с нетрадиционными источниками энергии / О. М. Полях, Ю. О. Кугаенко // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Nom. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 43–50.

Целью научно-исследовательской работы является исследование совместной работы потребителей собственных нужд тяговой подстанции с нетрадиционными источниками энергии.

Для внедрения на железной дороге применения альтернативной энергетики необходимо решить следующие задачи: проанализировать все собственные нужды которые потребляет тяговая подстанция; сделать анализ возможности расположения альтернативных источников питания на территории тяговой подстанции; исследовать как может работать система питания собственных нужд тяговой подстанции (как напрямую, так и в параллельном режиме работы).

Подводя итоги исследования совместной работы потребителей собственных нужд тяговой подстанции с нетрадиционными источниками энергии, можно отметить следующее:

- для размещения солнечных батарей на крыше тяговой подстанции необходимо 900 м² общей площади, что говорит о возможности расположения фотоэлектрических модулей на крышах а на тяговой подстанции в достаточно места для размещения аккумуляторных батарей;

- проведен анализ количества годового потребления электроэнергии на собственные нужды тяговой подстанции, установлено, что в январе наибольшее среднее значение потребленной электроэнергии 717 кВт·ч;

- система питания собственных нужд за счет солнечной энергии имеет наибольший эффект при установлении модулей мощностью 200 Вт, работающий как напрямую, так и в параллельном режиме, и дополнительно можно продавать электроэнергию по зеленому тарифу.

УДК 621.38

Ляшук, В. М. Исследование целесообразности электроснабжения контактной сети с питанием повышенным напряжением через преобразователь 6/3 кВ / В. М. Ляшук, И. Ю. Павлюков // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Ном. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 51–56.

Статья посвящена вопросу использования метода преобразования напряжения постоянного тока с использованием звена высокой частоты для преобразования напряжения уровня 6,6 кВ в напряжение 3,3 кВ для питания электрического транспорта, приводится описание и принцип работы преобразователя напряжения.

Целью научно-исследовательской работы является разработка мероприятий по увеличению скорости движения и весовых норм поездов, что будет способствовать созданию новых электропоездов большей мощности, разработан способ усиления системы тягового электроснабжения постоянного тока.

Разработана схема импульсного преобразователя постоянного тока ППН-6 на IGBT транзисторах с напряжением на входе 6 кВ и номинальным входным током 1 кА, который должен быть использован на тяговых подстанциях для повышения напряжения контактной сети. Предложено использовать транзисторы IGBT на 5,2 кВ и (в опытном порядке) на 6,5 кВ. С применением этих приборов становится возможным обеспечить высокую степень упрощения силовые схемы преобразователей постоянного тока 6 / 3кВ.

Оценены способы защиты схем, построенных на IGBT транзисторах.

УДК 656.216.2:625.096

Возняк, О. М. Модель индуктивного датчика контроля автодорожных транспортных средств в пределах железнодорожных переездов / О. М. Возняк // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Ном. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 57–69.

В работе рассмотрена модель индуктивного датчика, используемого для контроля наличия автодорожных транспортных средств в пределах железнодорожных переездов во время движения поезда участком приближения.

Актуальность работы. При срабатывании системы автоматической переездной сигнализации некоторые автодорожные транспортные средства продолжают пересекать железнодорожный переезд, создавая, тем самым, угрозу безопасности движения, что может вызвать опасную, а то и катастрофическую транспортную ситуацию. Хотя на железнодорожных переездах происходит незначительное количество ДТП по сравнению с общим количеством ДТП на сети автодорог, однако их последствия (як человеческие, так и материальные потери) значительно тяжелее. Поэтому существует потребность в устройствах, которые будут контролировать процесс пересечения границ железнодорожного переезда автодорожными транспортными средствами во время движения поезда участком приближения. **Цель.** Разработка модели индуктивного датчика, который используется на железнодорожных переездах с целью контроля за автодорожными транспортными средствами. **Научная новизна.** Очерчен метод, который позволяет определить оптимальные параметры индуктивной петли, которая используется в качестве датчика наличия автодорожных транспортных средств в пределах железнодорожных переездов. **Практическое значение.** Использование индуктивного датчика наличия автодорожных транспортных средств в пределах железнодорожных переездов во время движения поезда участком приближения будет способствовать возможности принятия дополнительных мер как для автодорожных, так и железнодорожных подвижных единиц. Благодаря чему обеспечится снижение количества ДТП на железнодорожных переездах.

УДК 656.25

Маловичко, В. В. Математическая модель работы четырехзначного станционного выходного светофора у виде дискретного автомата модели Мура / В. В. Маловичко, Н. В. Маловичко // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Ном. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 70–78.

Цель. Создание математической модели работы четырехзначного выходного станционного светофора, как конечного дискретного автомата. Методика. Для создания математической модели выходного светофора с четырьмя огнями в виде конечного дискретного автомата необходимо построить граф состояний автомата, выполнить кодирование входов, выходов и переходов автомата, построить секвенциальные уравнения и выполнить их минимизацию. Также на базе триггеров необходимо создать ячейку памяти для хранения предыдущего состояния автомата. Результаты. Полученная математическая модель светофора может быть использована для тестирования правильности функционирования систем МПЦ что позволит избежать возникновения части опасных ситуаций во время их эксплуатации. Научная новизна. В ходе работы создана математическая модель работы выходного светофора с поездными и маневровыми сигналами в виде дискретного автомата модели Мура. Практическое значение. Благодаря полученной модели светофора появляется возможность моделирования работы сигналов с помощью вычислительной техники комбинированием возникновения различных типов отказов в различные моменты времени при движении поездов по станции и создании как поездных так и маневровых маршрутов. Это позволяет отслеживать реакцию системы и объекта на отказы на стадии тестирования и запуска.

БЕЗОПАСНОСТЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 656.259.9

Гончаров, К. В. Сравнительный анализ методов контроля физиологического состояния и бдительности машиниста / К. В. Гончаров, Н. А. Нагорная // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Ном. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 80–87.

Одной из причин нарушения безопасности движения поезда является снижение уровня бдительности и работоспособности машиниста. Традиционный метод проверки бдительности путем измерения времени реакции машиниста на сигнал звукового или светового предупреждения не позволяет объективно определить уровень его физиологического состояния. Кроме этого постоянные периодические проверки бдительности отвлекают локомотивную бригаду от текущей работы по управлению поездом. Целью данной работы является сравнительный анализ возможных методов контроля физиологического состояния и бдительности машиниста. Рассмотрены контактные и бесконтактные методы контроля. Метод энцефалографии позволяет достаточно точно определить уровень физиологической активности человека. Главными недостатками данного метода являются относительно высокая стоимость устройств, сложность анализа полученных данных, а также невозможность получения корректной энцефалограммы при неправильном расположении датчиков. Методы контроля физиологического состояния человека с помощью пульсометрии, а также с помощью акселерометра являются достаточно простыми. Однако каждый из них сам по себе не может дать полную картину об уровне активности и работоспособности. Главным преимуществом методов на базе видеонаблюдения является то, что они не отвлекают водителя и никоим образом не мешают процессу перевозок. Однако такие методы не позволяют получить полную информацию о функциональном состоянии человека. Достаточно эффективным является метод измерения электродермальной активности. Целесообразным является комплексное применение данного метода в сочетании с другими, например – с пульсометрией или методами на базе видеонаблюдения. Комплексный анализ различных диагностических параметров позволит объективно определить уровень физиологического состояния и работоспособности машиниста.

УДК 654.022

Сердюк, Т. Н. Микропроцессорные системы электрической централизации с применением оптоволоконных кабелей связи на железных дорогах Украины / Т. Н. Сердюк, В. В. Лисюк, М. О. Мищенко, А. Ю. Журавлёв, К. Н. Сердюк, А. В. Кузнецова // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Ном. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 88–95.

Целью статьи является анализ существующих видов оптоволоконных линий, оценка достоинств и недостатков, возникающих при их обслуживании, и определение направления в модернизации линий связи железных дорог Украины.

Выполнен анализ существующих микропроцессорных систем железнодорожной автоматики на Украине, в частности на Приднепровской железной дороге.

Научная новизна: усовершенствованы формулы для определения увеличения коэффициента затухания в волоконно-оптических линиях за счет учета коэффициента, зависящего от длины и амплитуды микро- и макроизгибов.

Установлено, что увеличение числа микроизгибов на единицу длины волоконно-оптической кабельной линии приводит к увеличению затухания до 0,445 дБ/км при числе изгибов 20. Дополнительное затухание не должно превышать собственное затухание волокна более чем на 40...50 %. Следовательно, при нормированном затухании 0,5...1 дБ/км

и длине волны 1,31 мкм для одномодового волокна число микроизгибов на единицу длины не должно превышать девяти (десяти).

Также по результатам моделирования можно сделать вывод, что при увеличении шага скрутки от 12 до 30 мм дополнительное затухание уменьшается от 0,1 до 0,021 дБ/км, что не превышает допустимые значения.

Оценены параметры надежности волоконно-оптических линий, применяемых на Приднепровской железной дороге.

УДК 621.316.11

Халил Селим, Т. М. Оптимизация конфигурации распределительной сети с помощью модифицированного алгоритма империалистической конкуренции / Т. М. Халил Селим, А. В. Горпинич // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Ном. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 96–104.

Цель. Предложен модифицированный алгоритм империалистической конкуренции, адаптированный для поиска оптимальной конфигурации распределительной сети с минимальными потерями активной мощности. **Методика.** Предложенный алгоритм был использован для решения проблемы реконфигурации распределительной сети, сформулированной как проблема многокритериальной частично целочисленной комбинаторной нелинейной оптимизации с ограничениями в виде равенств и неравенств, которые включают такие критерии, как максимальное снижение потерь активной мощности, сохранение напряжений в узлах в заранее установленных пределах, исключение перегрузки по току в ветвях сети, сохранение радиальной структуры сети и отсутствие отключенных нагрузок. **Результаты.** Представлена блок-схема модифицированного алгоритма империалистической конкуренции, предназначенного для решения проблемы реконфигурации распределительной сети с целью снижения потерь активной мощности. Чтобы реализовать представленный алгоритм, в качестве вычислительного средства была использована среда MATLAB R2010a. Для демонстрации эффективности представленного алгоритма он был протестирован с помощью 33-узловой и 69-узловой схем IEEE, в то время как для верификации его точности были использованы другие методы искусственного интеллекта (генетические алгоритмы, алгоритмы колонии муравьёв, нечёткая логика и селективный метод роя частиц). **Научная новизна.** Разработана упрощённая версия алгоритма империалистической конкуренции, в которой вместо понятий «нормированная стоимость империалиста» и «нормированная стоимость империи» используются понятия «мощь империалиста» и «мощь империи». **Практическая значимость.** Предложенный алгоритм может быть использован для оптимизации конфигурации реальной разветвлённой распределительной сети, чтобы снизить потери как активной мощности, так и электроэнергии, а также чтобы улучшить качество напряжения в узлах сети.

УДК 629.463.083-027.45

Шапошник, В. Ю. Результаты экспериментальных исследований процесса изменения технического состояния грузовых вагонов в эксплуатации / В. Ю. Шапошник // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Ном. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 105–109.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований при переходе к системе технического обслуживания и ремонта по техническому состоянию с применением визуально-оптического контроля предельных состояний узлов грузовых вагонов.

Эксплуатационные исследования по действующей системе технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов подтвердили влияние человеческого фактора при выполнении технического обслуживания полувагонов. Показано, что объем проведенного техническо-

го обслуживания влияет на дальнейшую эксплуатацию полувагонов (пробег без отказов). В зависимости от влияния человеческого фактора, количество отказов и вероятность безотказной работы при восстановлении работоспособного состояния грузовых вагонов отличается в пределах 0...38,6 %.

При применении визуально-оптического контроля предельных состояний узлов полувагонов происходит снижение влияния человеческого фактора на техническое состояние при проведении технического обслуживания и ремонта. Кроме того, снижается трудоемкость работ при проведении такого обслуживания полувагонов. Во время проведения технического обслуживания осмотрщиком или слесарем по ремонту грузовых вагонов при применении визуально-оптического контроля предельных состояний узлов снижается влияние человеческого фактора даже по пессимистическому прогнозу.

Приведенные зависимости вероятности отказов полувагонов от пробега для системы технического обслуживания и ремонта по техническому состоянию с применением визуально-оптического контроля предельных состояний узлов показали, что эта вероятность снижается до 35 % по пессимистическому прогнозу, и до 49 % по средневзвешенному прогнозу по сравнению с вероятностью отказов полувагонов для действующей системы технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов.

УДК 656.022

Пасечник, А. Н. Проблемы оценки и модернизации сети автомобильных дорог в Украине / А. Н. Пасечник, Е. М. Лебидь, С. В. Мирошниченко, Д. П. Горбач // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2018. – Ном. 15. – Днепр: Изд-во ДНУЖТ, 2018. – С. 110–117.

Приведены результаты сравнительного анализа соответствия украинской сети автомобильных дорог европейским нормативам по состоянию покрытия и равенства. На основе проведенного анализа выявлено несоответствие подавляющего большинства украинских автомобильных дорог для осуществления перевозок грузов тяжеловесными автомобилями и для скоростного перемещения легковых автомобилей. Проведен анализ методов оценки ровности поверхности проезжей части автомобильных дорог на основе экспериментально-статистических параметров определения дефектов продольного профиля и по показателям плавности движения и установлено, что для применения таких методов необходимо безотлагательно провести модернизацию украинской сети автомагистралей. Предложены новые направления улучшения транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог в соответствии с уровнем развития современных автомобильных транспортных средств за счет строительства скоростных магистралей с использованием современных технологий изготовления фибробетонного покрытия дорог.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY ON RAILWAY TRANSPORT

UDC 621.317

Havryliuk, V. I. The accuracy of traction current harmonics parameters determination by windowed FFT / V. I. Havryliuk // Electromagnetic compatibility and safety on railway transport. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 11–18.

In the work the correct choosing of the windowed FFT parameters to achieve the necessary time and frequency resolution of the traction current spectral analysis in accordance with the requirements of regulatory documents has been briefly overviewed and investigations of the influence of FFT parameters on the accuracy of the determination of harmonics parameters (such as effective current, frequency, duration) have been carried out.

To assess the accuracy of determining the RMS current and frequency of the harmonics, a computer study was performed using a synthesized current with known harmonics parameters, the values of which were chosen in accordance with the permissible values of the parameters determined by regulatory documents and standards.

For the spectral analysis of traction current, four types of windows were selected: rectangular, Hann, Hamming and Blackman windows with duration of 0.3 and 1 s. For a sampling frequency of 27500 Hz and a window length of 0.3 s, the frequency resolution is 0.27 Hz for a rectangular window, 0.54 Hz for Hann and Hamming windows and 0.81 Hz for Blackman's window, which is consistent with the requirements of the specifications.

The results of spectral analysis of traction current showed that the frequency resolution of harmonics, and accordingly the relative error in determine the frequency and the RMS value of harmonics is lower for high frequencies in spectrum.

The type of windows used has a slight effect on the accuracy of determining the frequency of harmonics. The relative error of the effective value of the harmonic current was higher for a rectangular window, and relative error decreased in the row from the rectangular window to the Blackman window. The values of the relative error of the RMS current for several frequencies of the harmonics did not meet the requirements necessary for the practical use of the method, and this is due to spectrum leakage and scalloping.

For windows with a length of 1 s, the frequency resolution of the traction current was higher. than for windows with a length of 0.3 s, and the relative error of the RMS current and frequencies of the harmonics were much lower, but even in this case, the relative error was high for individual frequencies .

To ensure the necessary accuracy of the traction current spectral analysis with using windowed FFT, proper choosing of the spectral analysis parameters taking into account the traction current parameters is necessary. Taking into account a wide frequency range of traction current, a technique with variable window length and sampling frequency for different parts of the spectrum is perspective for using.

UDC 656.259.2

Havryliuk, V. I. Simulation of the traction current harmonic distribution from electrical rolling stock in asymmetric rail line / V. I. Havryliuk, V. V. Meleshko // Electromagnetic compatibility and safety on railway transport. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 19–26.

The investigation of the traction current harmonic distribution in rails from electrical rolling stock and their influence on the operation of track circuit's equipment is an important component of the general problem of ensuring electromagnetic compatibility of traction power supply system with signalling and communication lines at a railway transport. This problem retains its relevance at present due to the wide introduction of new types of rolling stock with pulsed convert-

ers of electrical energy, as well as with an increase in the speed of trains. Simulation of the propagation of harmonic interference in the traction network, along with measurements of their values during acceptance tests of electric rolling stock and in its further operation, is necessary for analyzing and determining the causes of the occurrence of excessive interference in track circuits and making decisions to eliminate their harmful effects on signalling systems.

The models proposed in the literature are concerned mainly to the distribution of the traction current or its harmonic components in the rails, while the functional safety of track circuits is primarily affected by the difference current in the rails. Analytical solutions proposed in the literature for equations that describes voltages and currents in asymmetric rail line were obtained under certain assumptions and are cumbersome, that complicates their practical application. The aim of the work is to develop a model for traction current harmonic distribution in asymmetric rail line from electric rolling stock that using simplified expressions for the current in the rails, which is possible with minor rail line asymmetry, and simulation based on the developed model the effects of longitudinal and transverse asymmetry of the rail line on the distribution of the difference harmonic interference currents in rails.

To test the developed model, the asymmetry coefficient of the traction current harmonic with a frequency of 25 Hz along the rails have been simulated. As a result, it was shown that the current asymmetry coefficient increases with increasing longitudinal and transverse asymmetries of the rail line and with distance from the electric train. The observed increase in the asymmetry coefficient is partly due to the decrease in the total harmonic noise in the two rails with distance from train. As the distance to the train increases, the differential noise current also increases. With a simultaneous excess of the impedance and conductivity of the ballast of one rail compared to another rail, the asymmetry coefficient in some cases can significantly exceed the normative values.

UDC 621.391

Pilinsky, V. V. Effective approach to the selection of mains radio frequency interference filters / V. V. Pilinsky, D. V. Titkov, A. S. Ratushny // *Electromagnetic compatibility and safety on railway transport*. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 27–30.

Expanding the area of application of the functionality of radio electronic equipment for various purposes with increasing its sensitivity, demonstrates necessity for increased attention to the issues of ensuring electromagnetic compatibility with other devices and the electrical network.

Expanding the functionality and scope of application of electronic equipment and increasing its sensitivity, demonstrates the need for increased attention to issues of ensuring electromagnetic compatibility with other devices and the electrical network, including UZD vehicles, especially when using modern telecommunications equipment.

This paper is proposed a method for selecting mains RFI filters based on the main operational characteristics based on a database with information on filters of the world's leading manufacturers of SPFE is proposed.

The described software package allows the developer to select the necessary filters faster and more efficiently.

The tendencies of further improvement of the set of software are shown.

UDC 621.331.3

Diakov, V. O. Analysis of existing methods of surfacturing of electrified parties / V. O. Diakov, S. V. Zviahintsev // *Electromagnetic compatibility and safety on railway transport*. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 31–37.

The purpose of this article is to analyze the existing methods of joining electrified sections of different current systems and voltage levels in the contact network during the through traffic of trains.

In the case of burns of the wires of the contact suspensions on neutral inserts and docking stations, the contact network is misaligned on adjacent anchorage sites and, as a consequence, considerable time is required to restore it.

In addition, during burns and breakage of the wires of the contact network, there is damage to current collectors and other roof equipment of the electric rolling stock, which leads to long delays in trains. In this regard, to prevent these negative phenomena, it is recommended to use the foreign experience of the current division at the crossings, where oversized road transport is operated.

UDC 656.224.022.846

Arpul, S. Design of area of managing parameters in equalization of motion of train at decision of tasks of hauling providing / S. Arpul, A. Afanasov // *Electromagnetic compatibility and safety on railway transport*. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 38–42.

The specificity of the definition of governing parameters of the equations of motion in the tasks of traction security is the lack of traction characteristics, data on the amount of the mass of an electric locomotive.

In the work of the proposed solution to this problem at the expense of input in the relative weight of the locomotive and the use of universal traction characteristics obtained for the electric locomotive with collector traction motors and DC pulsating current, as well as with asynchronous traction drive. As a result of the proposed analytical expressions for determining the principal of specific resistance movement and maximum tractive characteristics for all of the zones of the power of the main types of traction drives.

Proposed analytical dependence for determining the mass of an electric locomotive. The analysis of which showed that the main parameters determining the mass of the locomotive with fixed mass ended, are follows: type of traction drive and the acceleration of the train with starting speed.

The main feature of the obtained expressions for determination of the parameters of the equation of motion is that they do not include the mass of the composition and of the locomotive. It gives the opportunity to the solution of the problem based on the results of traction calculation.

UDC 621.331

Polyah, O. M. Research on the collaboration of consumers of their own needs with non-conventional power sources / O. M. Polyah, Yu. O. Kugayenko // *Electromagnetic compatibility and safety on railway transport*. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 43–50.

The purpose of the research work is to study the joint work of consumers of their own needs of traction substation with non-traditional power sources.

To implement the use of alternative power on the railway, it is necessary to solve the following tasks: analyze all the own needs consumed by the traction substation; to make an analysis of the possibility of the location of alternative power sources on the territory of the traction substation; to investigate how the power supply system of its own needs of the traction substation can work (both directly and in parallel operation).

Summing up the study of the scientific work of consumers of their own needs of traction substation with non-traditional energy sources, we can note.

– It is needed 900 m² of total area to accommodate solar cells on the roof of the traction substation. The photovoltaic modules can be located on the roofs and there is enough space in the traction substation to accommodate batteries.

– The analysis of the amount of annual electricity consumption for auxiliary needs of the traction substation was carried out. It was found that in January the highest average value of the consumed electricity was 717 kWh.

– The power supply system of its own needs due to solar energy has the greatest effect when installing modules has 200 W, which works both directly and in parallel mode, and it is additionally possible to sell electricity at a green rate.

UDC 621.38

Lyashuk, V. M. Investigation of the expediency of power supply of a high voltage contact network through the converter 6/3 kV / V. M. Lyashuk, I. Yu. Pavlyukov // Electromagnetic compatibility and safety on railway transport. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 51–56.

The paper is devoted to the problem of applying the converting d. c. voltage method using a high-frequency link to convert a voltage of 6.6 kV to a voltage of 3.3 kV for power supply of electric transport. The description and principle of voltage converter is given.

The purpose of research work is to elaborate measures to increase the speed and weight standards of trains, which will facilitate the creation of new electric locomotives of higher power and to develop of a way to raise the d. c. tractive power supply.

The scheme of the DC-DC pulsed converter PPN-6 built on IGBT transistors have been developed with input voltage of 6 kV and a nominal input current of 1 kA. It is recommended to use on tractive substations to increase the voltage level in contact network. It is proposed to use IGBT transistors at 5.2 kV and (in experimental order) at 6.5 kV. It is possible to provide a high degree of simplification of the power circuitry of DC converters 6 / 3kV at the using of these devices.

The methods is estimated for protecting circuits built on IGBT transistors.

UDC 656.216.2:625.096

Voznyak, O. M. Model inductive sensor for monitoring road vehicle within railway crossings / O. M. Voznyak // Electromagnetic compatibility and safety on railway transport. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 57–69.

The model of the inductive sensor is considered to control availability of road vehicles within railway crossings at the movement of the train.

Actuality of work. When the automatic crossing alarm system is activated, some road vehicles continue to cross the railway crossing, thus creating a traffic safety hazard, which can cause a dangerous or even catastrophic transport situation. Although a small number of accidents occur on the railway crossings in comparison with the total number of road accidents on the road network, their consequences (both human and material losses) are much heavier. Therefore, there is a need for devices that will monitor the crossing of the railroad crossing by road vehicles during the movement of the train by the approach section. Goal. Development of the inductive sensor model, which is used at railway crossings for the purpose of controlling road vehicles. Scientific novelty. A method is outlined that allows to determine the optimal parameters of the inductive loop, which is used as a sensor for the presence of road vehicles within the railway crossings. Practical significance. The use of an inductive sensor for the presence of road vehicles within railway crossings during the movement of the train by the approach section will facilitate the possibility of taking additional measures for both road and rail mobile units. Due to this, a reduction in the number of accidents at railway crossings will be ensured.

UDC 656.25

Malovichko, V. V. The mathematical model of operation of the four-unit station exit signal as a Moor discrete automaton / V. V. Malovichko, N. V. Malovichko // *Electromagnetic compatibility and safety on railway transport*. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 70–78.

Purpose. Development of the mathematical model of operation of the four-unit station exit signal as a Moor finite discrete automaton. Methodology. The development of the mathematical model of the light signal with four light units as a finite discrete automaton requires the construction of the automaton state graph, to encode the inputs, outputs and transitions of the automaton, to construct sequential equations and to minimize them. Also on the trigger basis, it is necessary to create a memory cell to store the previous state of the automaton. Results. The resulting mathematical model of the light signal can be used for the testing of the correctness of operation of the MPC systems, which will allow avoiding the occurrence of some dangerous situations during their operation. Scientific novelty. During the work, the mathematical model of operation of the exit light signal with the train and shunting signals as a Moore finite discrete automaton was created. The practical significance. Due to the obtained model of the light signal, it becomes possible to simulate the operation of signals using computer technology by combining the occurrence of various types of failures at different moments during the train station movements and creating both train and shunting routes. This allows tracking the reaction of the system and the object on failures at the stage of testing and running.

SAFETY ON RAILWAY TRANSPORT**UDC 656.259.9**

Honcharov, K. V. Comparative analysis of methods for monitoring the physiological state and vigilance of train driver / K. V. Honcharov, N. A. Nahorna // *Electromagnetic compatibility and safety on railway transport*. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 80–87.

One of reasons the violation of train safety is the decrease in level of vigilance and efficiency of train driver. The traditional method of checking vigilance by measuring the reaction time of driver to signals of sound or light warning does not allow objectively determining the level of its physiological state. In addition, regular periodic vigilance checks divert the train driver from the current work for train control. The purpose of investigation is the comparative analysis of possible methods for monitoring the physiological state and vigilance of train driver. Contact and contactless methods of monitoring have been considered. The method of encephalography allows to enough accurately determine the level of physiological activity of driver. The main disadvantages of this method are the relatively high cost of devices, the complexity of analyzing obtained data, and also the inability to obtain correct encephalogram in case incorrect arrangement of sensors. The methods of monitoring the physiological state of a person using pulsometry, as well as using an accelerometer are quite simple. However, each of them alone cannot give a complete picture about the driver's condition and its efficiency. The main advantage of methods based on video surveillance is that they do not distract the driver and in no way interrupt the train control process. However, these methods do not allow obtaining complete information about the functional state of driver. Enough effective is the method of measuring electrodermal activity. The use this method in combination with others, for example with pulsometry or methods based on video surveillance has been proposed. The complex analysis of various diagnostic parameters will allow objectively determining the level of physiological state and efficiency of train driver.

UDC 654.022

Serdiuk, T. M. Microprocessor systems of electric interlocking with the application of optical fiber telecommunication cables on the Railways of Ukraine / T. M. Serdiuk, V. V. Lysiuk,

M. O. Mishchenko, A. Yu. Zhuravlev, K. M. Serdiuk, A. V. Kuznetsova // Electromagnetic compatibility and safety on railway transport. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 88–95.

The aim of paper is an analysis of the existing types of fiber-optical lines, an evaluation of the advantages and disadvantages arising at the maintenance of its and determination of the direction in the modernization of Railway lines in Ukraine.

The analysis of the existing microprocessor systems of railway automatics is carried out for the Railways of Ukraine in particular on the Pridneprovsky Railway.

Scientific novelty is improving the formulas for determining the increase in attenuation coefficient in fiber-optic lines by taking into account the special coefficient depending on the length and amplitude of micro- and macrobends.

It has been established that an increase of the number of microbends per unit length of a fiber-optic cable line leads to raise in attenuation to 0.445 dB / km with the number of 20 bends. The additional attenuation must not exceed the intrinsic attenuation of the fiber by more than 40 ... 50 %. Therefore, normalized attenuation is 0.5 ... 1 dB/km at the wavelength 1.31 μm for a single-mode fiber. The number of microbends per unit length should not exceed nine (ten).

Also, according to the simulation results, we can conclude that with an increase in the twist pitch from 12 to 30 mm, the additional attenuation decreases from 0.1 to 0.021 dB / km, which does not exceed the allowable values.

The reliability parameters of fiber-optic lines are estimated for the Pridneprovsky Railway.

UDC 621.316.11

Khalil Selim, T. M. Distribution network reconfiguration using modified imperialist competitive algorithm / T. M. Khalil Selim, A. V. Gorpnich // Electromagnetic compatibility and safety on railway transport. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 96–104.

Objective. A modified imperialist competitive algorithm adapted to find the optimal distribution network configuration with minimum active power losses is proposed. **Technique.** The proposed algorithm was used to solve the distribution network reconfiguration problem formulated as a multi-objective mixed-integer combinatorial nonlinear optimization problem with equality and inequality constraints that include a maximum active power losses reduction, maintaining of the bus voltages within a predefined limits, excepting the current overload of the network's branches, keeping the radial network structure and load connectivity. **Results.** A flow chart of the modified imperialist competitive algorithm to solve the distribution network reconfiguration problem for active power losses reduction is presented. MATLAB R2010a was applied as a computational tool to realize the presented algorithm. In order to demonstrate the effectiveness of the presented algorithm, it has been tested on IEEE 33-bus and 69-bus systems whereas the other artificial intelligence techniques (genetic algorithms, ant colony search algorithms, fuzzy-reasoning approach, and selective particle swarm optimization) were used to verify its accuracy. **Scientific novelty.** A simplified version of imperialist competitive algorithm using the "power of imperialist" and "power of empire" terms instead of "normalized cost of imperialist" and "normalized cost of empire" ones is developed. **Practical value.** The proposed algorithm can be used to optimize configuration of the real large-scale distribution system trying to reduce the both active power and energy losses as well as to improve the voltage quality in the system's nodes.

UDC 629.463.083-027.45

Shaposhnyk, V. The results of experimental studies of the process of changing the technical condition of freight cars in operation / V. Shaposhnyk // Electromagnetic compatibility and safety on railway transport. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 105–109.

The paper presents the results of experimental studies in the transition to a system of maintenance and repair on a technical condition with the use of visual-optical control of the boundary

states of the units of freight wagons. Operational research on the existing system of maintenance and repair of freight wagons proved the influence of the human factor in the performance of maintenance of the low-sided cars. It is shown that the amount of maintenance carried out affects further operation of the low-sided cars (mileage without failures). Depending on the influence of the human factor, the number of failures and the probability of failure-free operation in the recovery of the able-bodied condition of freight cars varies within 0 ... 38,6%. When applying visual-optical control of the boundary states of the units of the low-sided cars there is a reduction of the influence of the human factor on the technical condition during maintenance and repair. In addition, the complexity of work during such maintenance of low-sided cars is reduced when using visual-optical control of the boundary states of railway junction. During maintenance service by the observer or locksmith for the repair of freight wagons, the use of visual-optical control of the boundary states of railway junction reduces the ingestion of the human factor.

The indicated dependence of the probability of failure of the low-sided cars to run for a system of maintenance and repair on a technical condition with the use of visual-optical control of the boundary states of railway junction showed that this probability is reduced to 35% under a pessimistic forecast, and up to 49% on the weighted average forecast compared with the probability of failure for the existing system of maintenance and repair of freight cars.

UDC 656.022

Pasichnyk, A.M. Problems of estimation and modernization of network automobile roads in Ukraine / A. M. Pasichnyk, E. M. Lebid, S. V. Miroshnichenko, D. P. Gorbach // *Electromagnetic compatibility and safety on railway transport*. – 2018. – No 15. – Dnipro: DNURT, 2018. – P. 110–117.

The results of the comparative analysis of the correspondence of Ukrainian network of motorway accordance to European norms of the state of pavements and road flatness are shown. On the basis of the conducted analysis, was discovered a disagreement about the overhaul of most of the Ukrainian motor vehicles for the transportation of large-capacity vehicles for high-speed passenger cars. The analysis of the methods of estimating the flatness of the road surface of the road section on the basis of experimental and statistical parameters for determining the defects of the long-term profile and the indicators of smoothness of motion has been carried out and it has been established that for the application of such methods an urgent modernization of the Ukrainian network of highways is needed. New directions of improvement of the transport-operational condition of highways in accordance with the level of modern motor vehicles development by the construction of highways with the use of modern technologies for the production of fibre concrete pavement roads are proposed.