

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

На правах рукопису

ЯЩУК КАТЕРИНА ІВАНІВНА

УДК 656.256.3:621.316.91

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОБЛОКУВАННЯ В
УМОВАХ ВПЛИВУ ВИСОКИХ РІВНІВ ТЯГОВИХ СТРУМІВ ТА
ПОТУЖНИХ ІМПУЛЬСНИХ ЗАВАД**

Спеціальність: 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Разгонов Адам Пантелійович,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,
професор кафедри «Автоматика, телемеханіка та зв'язок»

Офіційні опоненти : доктор технічних наук, професор
Бабаєв Михайло Михайлович,
Український державний університет залізничного
транспорту,
завідувач кафедри «Електротехніка
та електричні машини».

кандидат технічних наук, доцент
Ніколенко Анатолій Васильович,
Національна металургійна академія України,
завідувач кафедри «Електротехніка та електропривод»

Захист відбудеться «19» листопада 2015 року о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, ауд. 314.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2.

Автореферат розісланий 19 жовтня 2015 року.

Вчений секретар
Спеціалізованої вченої ради
д. т. н., професор

_____ І. В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Згідно Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту» від 11.07.2013 р. №494 підвищення безпеки усіх функціональних складових залізничного транспорту є пріоритетним та головним напрямком в організації перевезень пасажирів та вантажу. Одну з важливих ролей у забезпеченні технологічного процесу відіграють системи залізничної автоматики та телемеханіки (ЗАТ), зокрема, їх надійність, що має складний комплексний характер і для забезпечення якої передбачається застосування ряду рішень та заходів.

Питання підвищення експлуатаційної надійності існуючих систем сигналізації, централізації, блокування (СЦБ) та рейкових кіл (РК) на багатьох ділянках залізниць залишаються невирішеними. Особливу увагу слід приділити високим рівням тягових струмів, які виникають, наприклад, на гірських ділянках залізниць внаслідок наявності високих підйомів і здійснюватимуть вплив на роботу апаратури РК, та потужним імпульсним завадам (ПЗ), створеним комутаційними перенапругами (ПН) та атмосферними явищами.

Таким чином підвищення надійності роботи системи автоблокування в умовах впливу високих рівнів тягових струмів та потужних імпульсних завад є важливою науково-практичною задачею, вирішення якої дозволить організувати технологічний процес перевезень з максимальною ефективністю і безпекою руху поїздів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Робота виконувалася відповідно до пріоритетних напрямів розвитку залізничного транспорту, що визначені у Постанові Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 р. про реформування залізничного транспорту, Стратегії розвитку залізничного транспорту України до 2020 року, Програмі підвищення безпеки руху на залізницях України, затвердженої наказом Укрзалізниці № 547-Ц від 15.10.2001 року, а також пов'язана з НДР «Підвищення безпеки мікропроцесорних систем автоматики й забезпечення їх електромагнітної сумісності з новими типами рухомого складу для магістралей із прискореним та швидкісним рухом поїздів» (номер державної реєстрації НДР 0108U003066) та «Дослідження і розробка інтегрованої комп'ютерної системи оптимізації перевезень, енергозбереження, безпеки руху та інтелектуалізації процедур управління залізничним транспортом України» (номер державної реєстрації НДР 0114U005164), у яких дисертант є співавтором звіту з НДР.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження дисертаційної роботи є підвищення надійності системи АВ в умовах впливу високих рівнів тягових струмів та потужних імпульсних завад.

Для досягнення зазначеної мети в дисертації необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз статистики відмов пристроїв СЦБ та розглянути особливості роботи РК в умовах впливу високих рівнів тягових струмів, а також здійснити аналіз методів засобів захисту (ЗЗ) апаратури ЗАТ;

- провести аналіз впливу високих рівнів тягових струмів асиметрії на апаратуру систем АБ та вдосконалити методи дослідження розповсюдження потенціалів та струмів у рейковій мережі перегону та вибору найбільш доцільного розміщення урівнюючих дроселів, що забезпечують потрібний рівень теплових режимів роботи елементів РК;

- розробити математичну модель для дослідження параметричного генератору (ПГ) частоти на неколінеарних магнітних полях, що працює у режимі повторення частоти і використовується як ЗЗ від впливу атмосферних явищ та комутаційних перенапруг тягової мережі;

- провести експериментальні дослідження макетного зразку ПГ, що використовується як вторинне джерело живлення пристроїв ЗАТ;

- провести оцінку підвищення надійності роботи системи АБ та провести економічний розрахунок ефективності впровадження ПГ.

Об'єкт дослідження – процес роботи рейкових кіл в умовах впливу ПЗ та високих рівнів тягових струмів.

Предмет дослідження – методи та засоби підвищення надійності роботи рейкових кіл, завадостійкості та безпеки систем автоматики і телемеханіки.

Методи дослідження. Використані методи розв'язання лінійних та нелінійних диференціальних рівнянь ПГ; аналізу та синтезу електротехнічних розрахунків схем РК; математичного моделювання, теорії ймовірностей; фізичного моделювання; методів однорідних та неоднорідних ланцюгових схем; числових розрахунків; лабораторних і експлуатаційних випробувань запропонованих та синтезованих засобів та способів.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі вирішено науково-прикладне завдання підвищення надійності системи автоблокування в умовах впливу високих рівнів тягових струмів та потужних імпульсних завад.

Вперше:

- розроблено математичну модель параметричного генератору з неколінеарними магнітними полями, що використовується у якості джерела живлення та захисного засобу апаратури рейкових кіл від впливу атмосферних явищ та комутаційних перенапруг, що дозволило дослідити його параметри та характеристики і розробити дослідний зразок параметричного генератору.

Удосконалено:

- пристрій параметричного генератору, що відрізняється наявністю енергоємних елементів, які значно покращують властивості та енергетичні характеристики;
- метод розрахунку розповсюдження потенціалів та струмів у рейковій мережі перегону для електричної тяги постійного струму, що

відрізняється представленням загальної цепної схеми кожної рейки в якості чотириполосників з урахуванням заземлення опор контактної мережі на крайні рейки, що дозволило оцінити рівні струмів асиметрії, які відгалуджуються в апаратуру рейкових кіл;

- метод пошуку найбільш доцільних місць розміщення урівнюючих дросель-трансформаторів, що дозволяє захистити колійні елементи рейкових кіл систем залізничної автоматики та телемеханіки від впливу високих рівнів тягових струмів.

Знайшли подальший розвиток:

- способи захисту апаратури залізничної автоматики та телемеханіки від впливу високих рівнів тягових струмів та потужних імпульсних завад, що дозволило підвищити надійність системи автоблокування.

Практичне значення одержаних результатів. Наукові положення, висновки, рекомендації, розрахунки, розроблені методи, отримані в дисертаційній роботі, а також змодельований пристрій, можуть використовуватися:

- при проектуванні та переобладнанні перегонів новими системами ЗАТ;
- для оцінки впливу високих струмів асиметрії на роботу пристроїв апаратури систем ЗАТ;
- для організації стабілізованого електроживлення колійних та станційних пристроїв систем ЗАТ;
- для захисту апаратури від дії потужних імпульсних завад, створених комутаційними перенапруженнями або грозовими розрядами і блискавками.

Результати дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі кафедри АТЗ ДНУЗТ.

За результатами дисертації на заводі «Трансв'язь» (м. Харків) виготовлено зразки параметричного генератору частоти ПГ 50:50, які пройшли випробування в заводських умовах, у науково-дослідній лабораторії кафедри АТЗ ДНУЗТ та були передані до шостої дистанції сигналізації та зв'язку Придніпровської залізниці.

Особистий внесок здобувача. Усі положення та результати теоретичних та експериментальних досліджень, наведені в роботі, були отримані автором самостійно або за його особистої участі.

У роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає у наступному.

У статті [1] проведено тягові розрахунки та розрахунки теплових режимів роботи дросель-трансформаторів ДТ-0,2(0,6)-1000, дросельних та міждрасельних перемичок. У роботі [2] приведені експериментальні дослідження параметрів та характеристик параметричного генератору (ПГ) та здійснено дослідження нелінійного диференційного рівняння з використанням апроксимації кривої намагнічення за допомогою гіперболічного синусу. У роботі [3] отримано епюри розповсюдження струмів та потенціалів уздовж рейок для електричної тяги

постійного струму. У роботі [4] отримано діаграму нестійкості рішення нелінійного диференційного рівняння другого порядку. У роботі [5] здійснено математичне моделювання вихідного кола ПГ з використанням апроксимації кубічним поліномом. У роботі [6] запропоновано послідовне ввімкнення додаткових резисторів у колах накачки та контуру. У роботі [7] запропоновано зміну схеми увімкнення витків обмотки накачки з метою покращення характеристик ПГ.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та були схвалені на таких конференціях: Міжнародна науково-практична конференція «Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті EMCS-R 2010, 2011», «Безпека та електромагнітна сумісність на залізничному транспорті S&EMC 2012», 74 Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», Конференція молодих учених «Інформаційно-управляючі технології і системи на залізничному транспорті 2012», Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми розвитку інтелектуальних систем транспорту 2014», 74 Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту 2014». У повному обсязі робота доповідалася і була схвалена на міжкафедральному науковому семінарі 26 червня 2015 року.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 29 наукових праць: 8 наукових статей, з них 5 у фахових виданнях, затверджених Атестаційною комісією Міністерства Освіти і Науки України, 5 патентів на корисну модель, 1 патент на винахід, 15 тез конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, 3 додатків. Повний обсяг роботи складає 145 сторінок; з них основного тексту – 128 сторінок. Робота ілюстрована 45 рисунками та 10 таблицями. Список використаних джерел складається зі 130 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, мету та основні задачі досліджень, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача у виконанні дисертаційної роботи. Приведені структура дисертації, публікації, апробація робіт.

У **першому розділі** проведений аналіз роботи РК в умовах протікання високих рівнів тягових струмів, здійснено статистичний огляд відмов систем ЗАТ, проведено оцінку надійності роботи систем АБ, а також здійснено огляд існуючих ЗЗ РК від ПЗ.

Вагомий внесок у дослідження впливу високих рівнів тягових струмів та ПЗ на роботу систем АБ, а також у підвищення надійності систем АБ зробили наступні учені: В. С. Аркатов, М. М. Бабаєв, А. Б. Бойнік, А. А. Босов, А. М. Брилеєв, В. І. Гаврилюк, І. В. Жуковицький, М. А. Покровський,

Н. Ф. Пенкін, А. П. Разгонов, А. М. Костромінов, Н. Ф. Котляренко, В. Ф. Кустов, В. В. Сапожніков, В. Л. Сапожніков та ін.

Якщо розглядати ПІЗ як комутаційні ПН та короткі замикання у силовому колі електровозів та тяговій мережі, то вони проникатимуть до апаратури АБ через рейки. У цьому випадку найбільш схильними до впливу ПІЗ є гірські ділянки з крутим профілем, адже гори характеризуються не тільки підвищеною грозовою активністю, а й, на окремих ділянках, неможливістю забезпечення потрібних обсягів вантажообігу через круті підйоми і необхідність у споживанні рухомим складом дуже великих рівнів тягових струмів, які, у свою чергу, здійснюватимуть вплив на апаратуру СЦБ і, відповідно, на безпеку руху поїздів.

Внаслідок проведеного статистичного огляду причин відмов на залізницях було встановлено, що на відмови систем АБ від дії грозових розрядів та комутаційних перенапружень припадає 13,36 %, а на ділянках з крутим гірським профілем цей показник досягає 16 %. На лінії електропостачання АБ приходить 10-12 прямих ударів блискавки на кожні 100 км при 30 грозових годинах. На дію грозових розрядів приходить біля 40 % пошкоджень, пов'язаних із ВЛ СЦБ.

У зв'язку з цим очевидною є актуальна гострота проблеми грозозахисту, особливо враховуючи прискорене освоєння мікроелектронних систем ЗАТ, які відрізняються більшою чутливістю до перехідних процесів атмосферної електрики. Ряд країн – США, Канада, країни СНД та ін. – проводять численні дослідження з метою вдосконалення конструкції ЗЗ. Дво-три ступеневий захист є цілком задовільним, якщо при захисті об'єкту загасити до 30 % енергії завади.

Причинами потрапляння ПІЗ в апаратуру СЦБ можуть бути короткі замикання, комутаційні перенапруження у тяговій мережі, удар блискавки в контактну мережу. Існуючі ЗЗ не відповідають вимогам за тепловою стійкістю, тому постає проблема захисту апаратури систем АБ від дії ПІЗ. На основі проведеного аналізу сформовано мету та задачу дисертаційного дослідження.

У **другому розділі** вдосконалено метод розрахунку розповсюдження потенціалів та струмів у рейковій мережі перегону для електричної тяги постійного струму, що відрізняється представленням загальної цепної схеми кожної рейки в якості чотириполюсників з урахуванням заземлення опор контактної мережі на крайні рейки, що дозволило оцінити рівні струмів асиметрії, які відгалуджуються в апаратуру рейкових кіл; вдосконалено метод пошуку найбільш доцільних місць розміщення урівнюючих дросель-трансформаторів, що дозволяє захистити колійні елементи рейкових кіл систем залізничної автоматики та телемеханіки від впливу високих рівнів тягових струмів.

Було розглянуто перевальну ділянку Лавочне – Бескид – Скотарське, що знаходиться в Карпатах. Ділянка є проблематичною, адже знаходиться на підйомі 30.4 % і для того, щоб розвинути достатнє для такого підйому тягове зусилля використовується чотири локомотиви типу ВЛ-11. Внаслідок проведених тягових розрахунків встановлено, що рівні тягових струмів

досягають 7200 А, що призводить до створення асиметрії тягового струму, навіть при нормативному коефіцієнті асиметрії 0,12 до 400 А і більше. Це супроводжується насиченням магнітопроводів колійних ДТ типу ДТ-0,6-1000 та ДТ-0,2-1000, зниженням вхідних опорів по кінцям РЛ і, нарешті, до порушення області стійкості роботи РК АБ. Було знайдено електричні параметри чотириполюсників схем заміщення колійних ДТ в умовах насичення сталі. Для цього було отримано коефіцієнти схеми заміщення ДТ при допусканні різних величин модулів опорів гілки намагнічення, що змінюються у процесі підмагнічення магнітопроводів ДТ постійним струмом. Отримано залежності напруги на колійному приймачі ($U_{КП}$) від струму асиметрії для опорів ізоляції у зимовий та літній період (рис. 1).

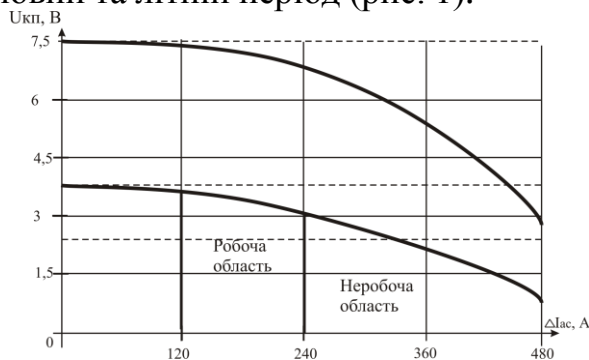


Рисунок 1 – Залежність напруги на колійному приймачі кодівих РК частотою 50 Гц та 25 Гц від струму асиметрії для опорів ізоляції у зимовий та літній період

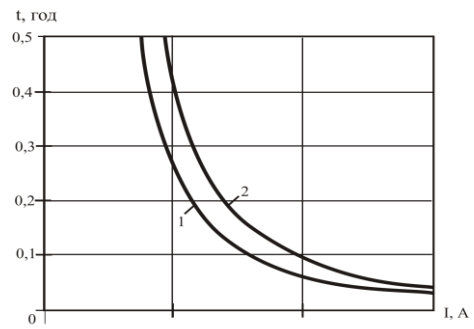


Рисунок 2 - Графік залежності часу, за який ДТ перегріється до температури 115°C, від величини тягового струму:
1-крива перегріву ДТ-0,2-1000,
2-крива перегріву ДТ-0,6-1000

Проведено дослідження теплових режимів роботи дросель-трансформаторів типів ДТ 0,6-1000 та ДТ-0,2-1000 та дросельних перемичок, внаслідок чого встановлено, що ці елементи зворотної тягової мережі не відповідають нормативам за термічною стійкістю (рис. 2). Тому було запропоновано варіант технічного рішення, що полягає у дублюванні ДТ на живлячому та релейному кінцях. Для такого включення ДТ було розраховано режими роботи рейкових кіл, внаслідок чого встановлено, що шунтовий режим роботи, є критичним за умови знаходження шунта на РК. Тому паралельно обмотці ДТ пропонується встановити ємність, налаштовану в резонанс. Саме така схемна реалізація, як показали розрахунки, забезпечує шунтовий режим роботи РК.

Як варіант вирішення проблеми впливу великих рівнів тягових струмів було запропоновано переобладнання даного перегону системою АБ з тональними рейковими колами (ТРК), внаслідок чого значно зменшується кількість ДТ. Для того, щоб оцінити вплив тягового струму на роботу ТРК було здійснено аналітичне дослідження розповсюдження тягових струмів та потенціалів уздовж рейок, що представляють собою електричну довгу лінію. У дисертаційній роботі за допомогою середовища програмування Maple

розроблений метод, згідно якого кожна з рейок розглядалася як двопровідна однорідна ланцюгова схема (ОЛС) «рейка-земля» і представлена послідовно з'єднаними в каскад Т-подібними чотирьохполюсниками (рис. 3). Розрахункова ділянка РЛ умовно приймалася довжиною $l = 6 \text{ км}$ і містила n -однакових відрізків лінії (масштаб квантування визначається точністю моделювання лінії).

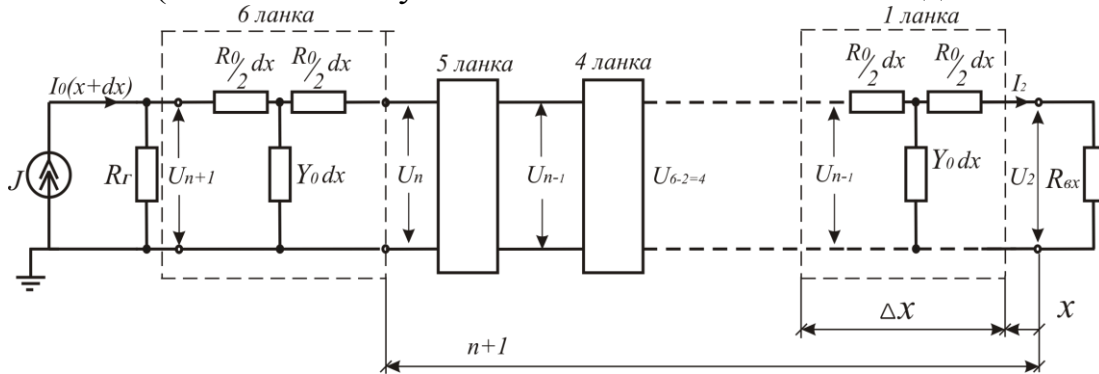


Рисунок 3 - Навантажена ОЛС «рейка-земля» з Т-ланками

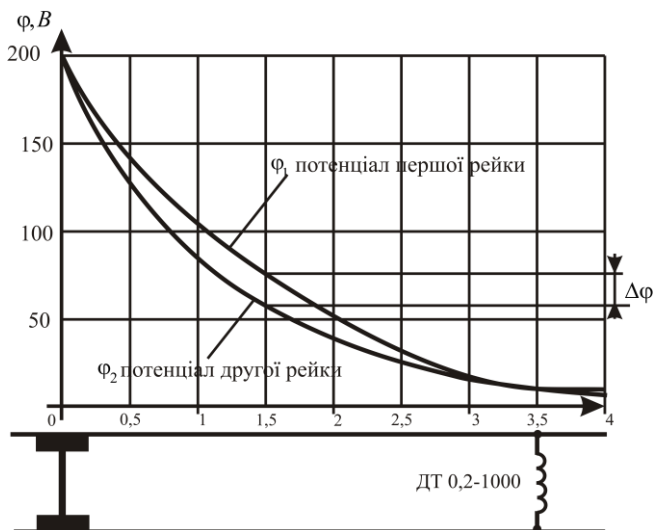


Рисунок 4 - Розповсюдження потенціалів уздовж рейок при встановленні ДТ кожні 3,5 км

Проведене дослідження допомогло оцінити різницю потенціалів, що відгалуджуватиметься і здійснюватиме негативний вплив на апаратуру ТРК. Дослідженнями встановлено, що ПОБС-2 А при дії струму асиметрії 34 А перегріватиметься до температури 130°C за 2,4 хв., тому пропонується встановлювати урівнювачі ДТ з меншим інтервалом, наприклад, кожні 3,5 км (рис. 4), внаслідок чого значно зменшуватиметься різниця потенціалів у рейках.

У **третьому розділі** здійснено математичне моделювання ПГ як вторинного джерела живлення та

пристрою захисту апаратури СЦБ від дії ПЗ зі сторони живлячої мережі та атмосферних ПН. Як свідчить проведений аналіз ЗЗ на сьогоднішній день не існує пристроїв, що повністю захищали би апаратуру залізничної автоматики (ЗАТ) від дії грозових розрядів та блискавок. Основною технічною задачею запропонованого ПГ 50:50 є підвищення надійності роботи апаратури РК, покращення енергетичних показників та коефіцієнту стабілізації вихідної напруги ПГ, чого вдалося досягти шляхом розробки нової схеми вхідного кола з введенням в нього конденсатору, ємність якого утворює з індуктивністю обмотки накачки W_H ферорезонансний контур та розділення обмотки накачки на дві зустрічно увімкнені секції з різною кількістю витків.

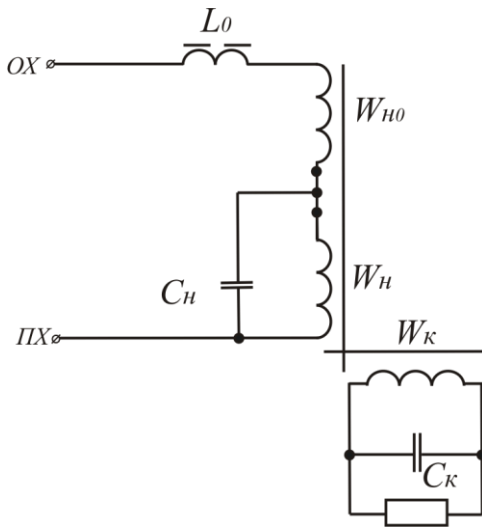


Рисунок 5 - Двоконтурний параметричний генератор з захистом навантаження від завад

На рис. 5 представлена схема двоконтурного ПГ і містить феромагнітне осердя магнітопроводу (МП), обмотку накачки, що складається із двох секцій W_{H0} та W_H , контурної обмотки W_K , лінійної індуктивності L_0 , що послідовно підключена до секції W_{H0} вхідної обмотки W_H та ін.

Для даної схеми було розраховано параметри її елементів, що надалі використовувалися як вихідні дані під час математичного моделювання ПГ частоти 50:50. Для дослідження роботи вхідного кола ПГ, було складено систему рівнянь згідно законів Кірхгофа, проведено нормування та приведення до рівняння типу Дуффінга:

$$\frac{d^2\psi}{dt^2} + \frac{1}{RC} \frac{d\psi}{dt} + \frac{1}{C} \left[\left(a + \frac{1}{L_1} \right) \psi + b\psi^3 \right] = -\frac{U_m}{\omega L_1 C} \cos \omega t, \quad (1)$$

яке після деяких перетворень приведено до виду:

$$a_1 x_m^3 + a_2 x_m + K = 0, \quad (2)$$

де $a_1 = 0,5\alpha\nu$, $a_2 = \alpha^2 - \alpha\lambda$.

За допомогою (2) проведено аналіз впливу величин елементів (L_0 , C) на рівень напруги накачки перетворювача (рис. 6, 7). Розрахунки виконані з використанням аналітичного рішення

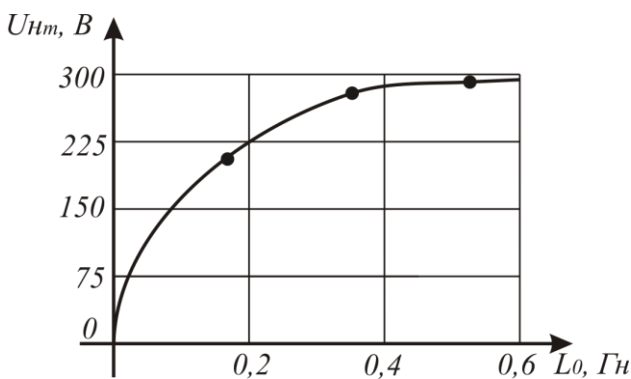


Рисунок 6 – Функція $U_{nm}(L_0)$
($U_{ген} = 190 \text{ В}$)

використанням аналітичного рішення (1) при зміні параметрів у межах: $L_0 = 0,18 \dots 0,527 \text{ Гн}$. Вхідна напруга початку генерації 190 В, коефіцієнти $\alpha = 1,0$; $\beta = 0,857$; частота $\omega_0 = 314 \text{ с}$; ємність вхідного кола $C_H = 40 \text{ мкФ}$; максимальна величина потокозчеплення $\psi_m = 1,24 \text{ Вс}$. Було отримано залежність напруги накачки U_H від величини індуктивності у контурі L_0 (рис. 6).

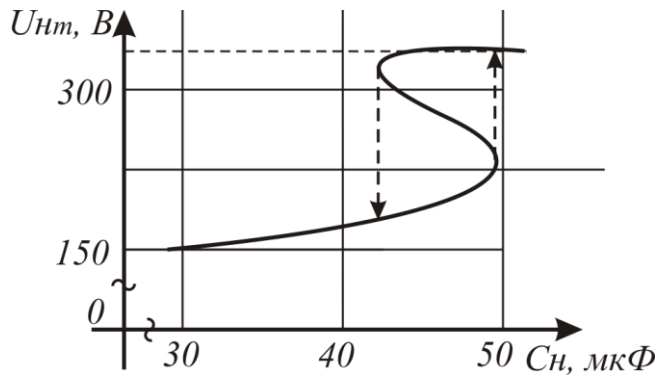


Рисунок 7 – Характерний стрибок амплітуди напруги накачки від ємності кола

Для розв'язання рівняння (1) прийнято метод гармонійного балансу. Результати рішення рівняння (1) теоретично показали, що при ємності C_n , близькій за величиною 50 мкФ, при включенні ПГ у мережу відбувається перехідний процес, що супроводжується стрибком (рис. 7), що є характерним при ферорезонансі напруг. Такий стрибок сприяє прискоренню процесу генерації коливань у вихідному контурі ПГ.

Для аналізу режимів роботи у процесі експлуатації ПГ важливо також знати межі відхилення стабільності електричних характеристик, зокрема напруг на обмотках накачки і вихідного контуру. Така стабільність істотно залежить від частотного розладу вхідних контурів (елементи L_0, L_n, C_n). За рівняннями (1) та (2) проведені розрахунки залежності напруги обмотки накачки від розладу $\alpha = \frac{\omega}{\omega_0}$, результати представлені на рис. 8.

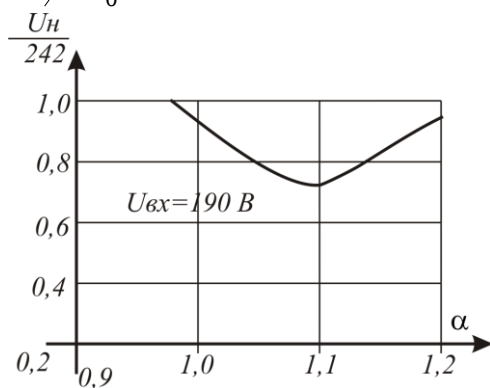


Рисунок 8 - Залежність амплітуди напруги накачки U_n від розладу α

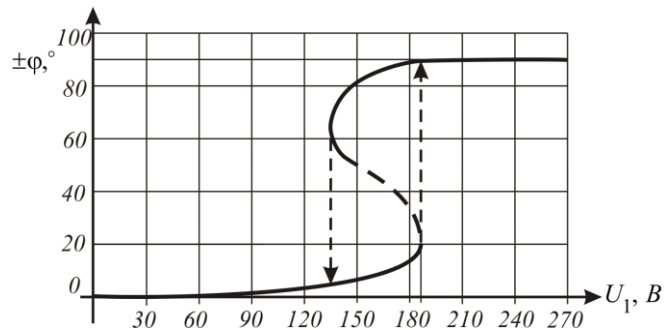


Рисунок 9 - Фазова характеристика ПГ

Встановлено, що форма параболи залежності $U_n(\alpha)$ та її мінімум (рис. 8) залежать від величини конструктивного коефіцієнта K , який суттєво впливає на резонансні властивості вхідного кола. Аналіз розрахунків залежності $U_n(\alpha)$ по рівнянню (2) показує, що при розладі, близькому до значенням $\alpha \approx 1,1$ існує мінімум амплітуди напруги накачки. Зі збільшенням розладу більше 1,2...1,3 та при розладах $\alpha \leq 0,9$ спостерігається зростання напруги на виході вхідної схеми кола живлення генератора, том з експлуатаційних міркувань доцільніше працювати при розладах частоти контурів вхідного кола в межах 1,05...1,15. У цьому випадку умови для генерації і підтримки коливань у контурі будуть більш сприятливими.

Диференціальне рівняння, що описує роботу вихідного контуру ПГ, приведене до безрозмірного виду:

$$\frac{d^2 b_2}{dt^2} + \frac{1}{R_n C_k} \frac{db_2}{dt} + \frac{l}{W_k^2 C_k S} h_2 = 0, \quad (3)$$

Рівняння (3) було вирішено методом повільно змінюючихся амплітуд відносно фази та амплітуди індукції вихідної обмотки. Внаслідок вирішення рівняння (3) відносно фази отримано графік залежності зміни фази від величини вхідного сигналу (рис. 9), з якого видно, що після досягнення ПГ напруги генерації 180 В зсув фаз між вхідною та вихідною напругами дорівнює 90° , що пояснює фізику роботи ПГ.

Розроблена математична модель включає нелінійні диференціальні рівняння двоконтурної схеми ПГ, що працює в режимі повторення частоти, допомагає дослідити статичні характеристики генератора і отримати величини основних параметрів елементів вхідної та вихідної схем генератора, що забезпечують стійку генерацію вихідних коливань і найкращі енергетичні показники (ККД, активні потужності, струми та ін.).

Для дослідження періодичних процесів стійкості рішення рівняння (3) було приведено до рівняння типу Хілла – Матьє:

$$\frac{d^2 \eta}{d\tau_2^2} + (a + qch\beta x)\eta = 0, \quad (4)$$

у якому другий доданок – коефіцієнт, що періодично змінюється;

a, q - коефіцієнти, що визначаються параметрами схем, при чому a - характеризує співвідношення частот коливань в контурі та живлячій мережі та затухання контуру δ ,

q - характеризує глибину модуляції параметра m .

Для спрощення суджень задачі стійкості рішення рівняння Матьє скористаємося рис. 10, на якому у площині a, q побудовані області нестійкості, всередині яких (пунктирна лінія) коефіцієнт μ має дійсні значення, при чому з віддаленням від границь в глибину області величина $\text{Re}(\mu)$ зростає.

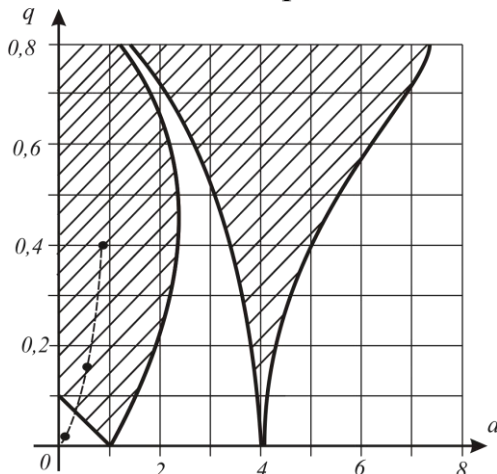


Рисунок 10 - Діаграма нестійкості рівняння Матьє

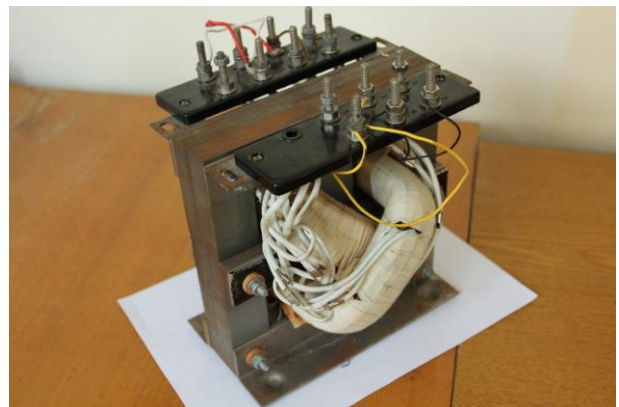


Рисунок 11 - Макетний зразок ПГ 50:50

Границям областей відповідає $\mu=0$. Області нестійкості стягуються до точок осі абсцис, в яких $a=n^2$, де $n=1, 2, \dots$. У нашому випадку досліджується ПГ, що працює у режимі повторення частоти, тому можна вважати, що $n^2 \approx \frac{\omega_H^2}{\omega_K^2} = 1$, тоді в першій області має місце самозбудження коливань у контурі. Проведений розрахунок параметрів a, q показує, що рішення потрапляють у першу область нестійкості (пунктирна лінія рис. 10).

У **четвертому розділі** було проведено дослідження роботи лабораторного зразку параметричного генератора частоти, для виготовлення якого були використані розраховані у розділі 3 параметри, які потребуватимуть подальшого

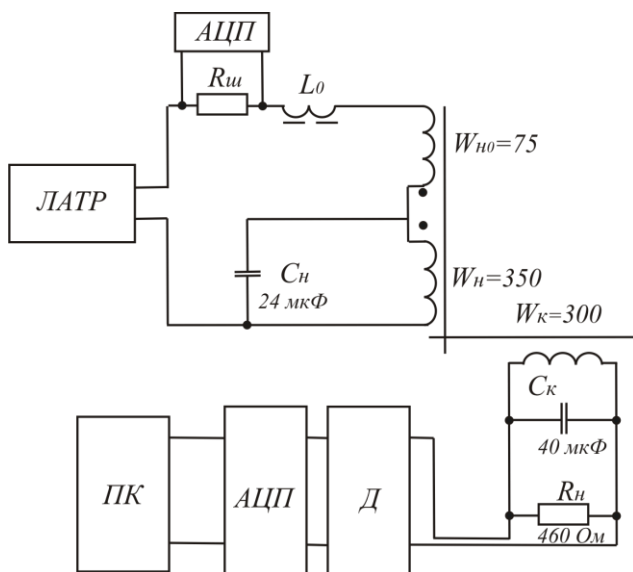


Рисунок 12 - Схема для дослідження параметричного генератора частоти ПГ 50:50-150

та ємністю C , номінали яких було розраховано у 3 розділі. Отримані осцилограми напруги накачки струму в колі накачки, вихідної напруги, струму в контурному колі приведені на рис. 13, 14, 15.

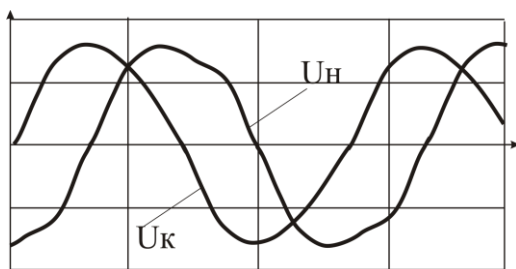


Рисунок 13 – Осцилограма напруги накачки та напруги контуру

уточнення експериментом. Для виконання досліджень було виготовлено макетний зразок (рис. 11) ПГ з холоднокатаної тонколистої ізотропної електротехнічної сталі.

Для проведення досліджень було зібрано схему, що приведена на рис. 12. Перший етап досліджень полягав у дослідженні роботи ПГ без енергоємних елементів та з узгоджено ввімкненими обмотками. Напруга в коло накачки подавалася з ЛАТРу, вихідний сигнал фіксувався через АЦП на ПК. Внаслідок проведених експериментальних досліджень було встановлено, що ККД є дуже низьким і стабільність вихідної характеристики є незадовільною. Тому було зібрано схему з додатковою індуктивністю L_0

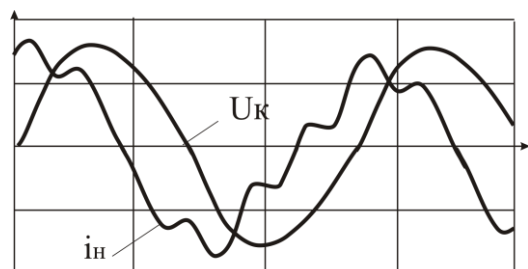


Рисунок 14 – Осцилограма струму кола накачки та напруги в контурі

При збільшенні напруги і досягненні значення 185-190 В (напруги генерації) зсув фаз між напругою вхідного та вихідного контурів дорівнює 90^0 , що відображено на рис.13.

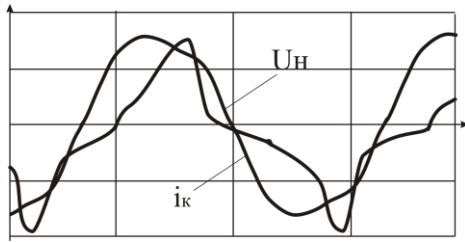


Рисунок 15 - Осцилограма струму кола контуру та напруги накачки

Як видно з рис. 16 та рис. 17 вихідна напруга є стабільною, адже її зниження не перевищує 8 %, що згідно ТУ є допустимим. Для даного схемного рішення ККД дорівнює 0,7.

При довготривалій роботі пристрою на навантаження потрібно перевірити його тепловий режим роботи, адже протікання струмів завжди супроводжується виділенням

тепла. Для дослідження температурних режимів роботи протягом години проводилася фіксація температури. Як бачимо з отриманого графіку (рис. 18), робота пристрою повністю нас задовольняє по існуючим вимогам.

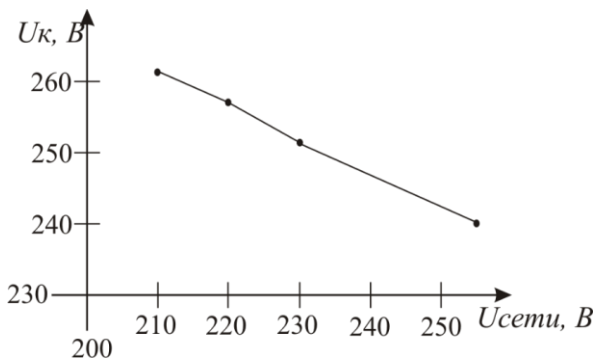


Рисунок 16 - Залежність величини вихідної напруги контуру від напруги контуру від напруги живлячої мережі

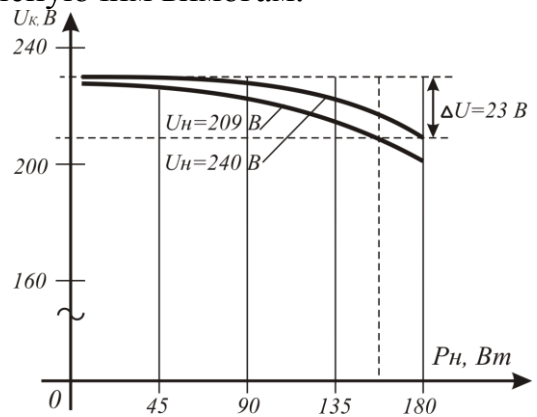


Рисунок 17 - Зовнішні характеристики ПГ 50:50-150

Для перевірки захисних властивостей ПГ від дії ПЗ у вигляді грозових розрядів та розрядів блискавки було здійснено випробування у лабораторії

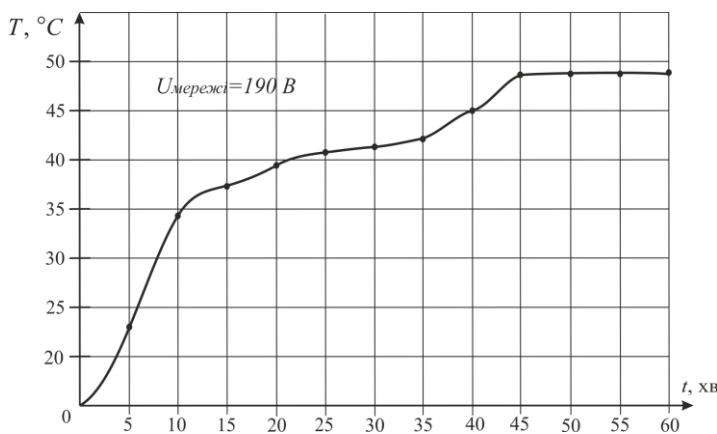


Рисунок 18 – Тепловий режим роботи ПГ

технічних засобів залізничної автоматики і телемеханіки на електромагнітну сумісність. При випробуваннях на ПГ за схемою «провід-провід» подавався імпульс напруги амплітудою до 4 кВ тривалістю до 100 мкс. При напрузі 3,5 кВ на вході ПГ на виході амплітуда завади складала 5-7 В (рис. 19, 20). Таким чином, ПГ 50:50-150 знижує амплітуду ПЗ у 500 разів.

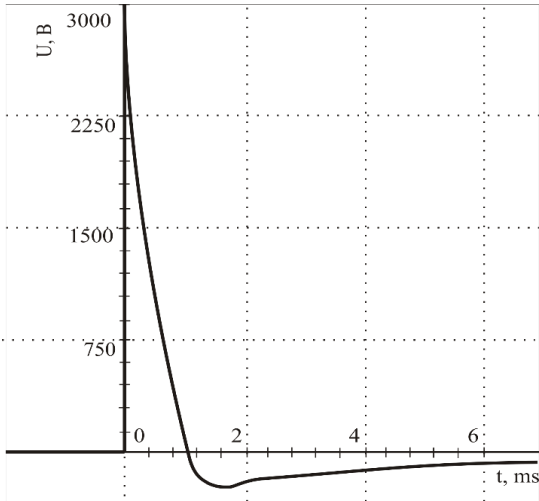


Рисунок 19 - Осцилограма
ПІЗ на вході ПГ 50:50

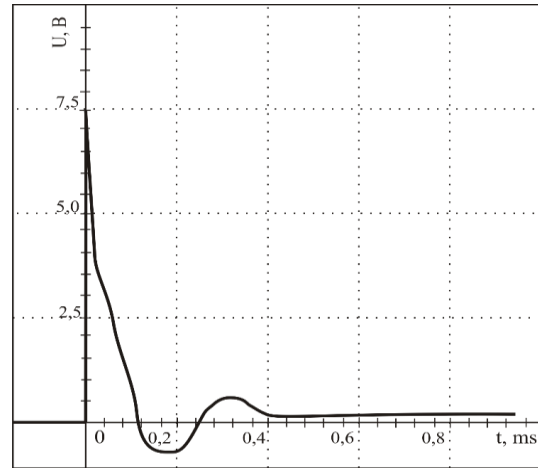


Рисунок 20 – Осцилограма
ПІЗ на виході ПГ 50:50

Проведені дослідження дозволили підтвердити адекватність математичної моделі ПГ отриманим експериментальним даним підтвердженая за критерієм Вілкоксона на 5 % рівні значності.

ПГ на неколінеарних магнітних полях, діючий зразок конструкції якого було розроблено, згідно проведених експериментальних досліджень, є не тільки стабілізованим вторинним джерелом живлення, а й захисним пристроєм від впливу ПІЗ. Характеризується ПГ високим ККД, стабільністю вихідних характеристик та повним знищенням ПІЗ грозового імпульсу. З отриманих результатів дослідження ПГ можна зробити висновок щодо доцільності його застосування як ефективного вторинного джерела живлення апаратури систем ЗАТ.

У **п'ятому розділі** було визначено показник надійності роботи системи автоблокування для звичайних умов і за умов гірської місцевості, а також здійснено розрахунок економічного ефекту та строку окупності від впровадження параметричного генератору частоти ПГ 50:50.

Інтенсивність відмов апаратури релейних шаф складає:

$$\lambda(t) = \frac{\sum T_B}{T_{KP} \cdot N_{рш} \cdot 365},$$

де $\sum T_B$ - сумарний час відновлення відмов, год;

T_{KP} - час відновлення виробів релейної шафи сигнальної установки, год;

$N_{рш}$ - кількість релейних шаф сигнальних установок, шт.

Інтенсивність відмов апаратури релейної шафи від дії грозових розрядів та ПН при впровадженні ПГ зменшується у 6,7 разів.

Впровадження ПГ для захисту рейкових кіл від потужних імпульсних завад і грозових розрядів та перенапруг з боку живлячої мережі дозволить суттєво знизити кількість відмов, усунути затримки поїздів, підвищити надійність роботи рейкових кіл, забезпечити високий рівень безпеки руху,

отримати економічний ефект від зменшення втрат при простоях рухомого складу та вивільнити час експлуатуючого персоналу. Здійснено розрахунок річного економічного ефекту від впровадження ПГ 50:50, що складає 35792 грн/рік.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-прикладне завдання по підвищенню надійності системи автоблокування в умовах впливу високих рівнів тягових струмів та потужних імпульсних завад.

1. Було досліджено роботу РК в умовах протікання високих рівнів тягових струмів. Проведений аналіз статистики відмов пристроїв СЦБ свідчить про те, що на відмови систем АБ від дії грозових розрядів та комутаційних перенапруг припадає 13,36 %, а на ділянках з крутим гірським профілем цей показник досягає 16 %. Огляд характеристик існуючих 33 апаратури ЗАТ показав, що за термічною стійкістю вони не відповідають вимогам.

2. Проведено дослідження впливу високих рівнів тягових струмів на апаратуру систем АБ. Вдосконалено метод розрахунку розповсюдження потенціалів та струмів у рейковій мережі перегону для електричної тяги постійного струму, що відрізняється представленням загальної цепної схеми кожної рейки в якості чотириполосників з урахуванням заземлення опор контактної мережі на крайні рейки, що дозволило оцінити рівні струмів асиметрії, які відгалуджуються в апаратуру тональних рейкових кіл і здійснюють вплив на роботу елементів рейкової мережі.

3. Розроблено математичну модель для дослідження ПГ частоти на неколінеарних магнітних полях, що працює у режимі повторення частоти і використовується як 33 від впливу атмосферних явищ та комутаційних перенапруг тягової мережі.

4. На основі проведених досліджень макетного зразку ПГ було уточнено електричні параметри струмів, напруг в колах накачки та контуру, побудовано залежності напруги контуру від напруги мережі, температури нагрівання обмоток від часу, отримані зовнішня та навантажувальна характеристики, встановлено, що ПГ може успішно використовуватися як вторинне джерело живлення зі стабільними вихідними характеристиками та ККД. Проведено дослідження захисних властивостей ПГ за схемою «провід-провід», за якого при напрузі амплітудою до 3,5 кВ тривалістю до 100 мкс на вході ПГ з виходу знімалася напруга амплітудою не більше 5-7 В, що свідчить про зниження амплітуди випробувального впливу потужної імпульсної перешкоди в 500 разів. Адекватність математичної моделі ПГ отриманим експериментальним даним підтверджена за критерієм Вілкоксона на 5 % рівні значності.

5. Здійснено оцінку інтенсивності відмов апаратури релейної шафи за грозовий період та за нормальних умов експлуатації. При впровадженні ПГ частоти, інтенсивність відмов апаратури релейної шафи від дії грозових розрядів та ПН зменшується у 6,7 разів. Здійснено розрахунок річного економічного ефекту від впровадження ПГ 50:50, що складає 35792 грн/рік. розраховані капітальні вкладення є ефективними.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Разгонов А. П. Дослідження роботи рейкових кіл та системи автоблокування на перевальних ділянках з крутим профілем / А. П. Разгонов, К. І. Ящук // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2011. – № 37. – С. 186 – 190.

2. Разгонов А. П. Защита рельсовых цепей путем применения параметрического трансформатора / А. П. Разгонов, Б. С. Сергеев, Е. И. Ящук // Транспорт Урала. – Урал.: Издат. УГУПС, 2011. – № 1(32). — С.28 – 32.

3. Щека В. І. Дослідження впливу зворотного тягового струму на режими роботи тональних рейкових кіл / В. І. Щека, І. О. Романцев, К. І. Ящук // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – № 42. – С.24 – 28.

4. Разгонов А. П. Исследование статических характеристик параметрического генератора с ортогональными магнитными полями в рабочем режиме / А. П. Разгонов, С. А. Разгонов, Е. И. Ящук // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків, 2013. - №4. – С. 84-89.

5. Разгонов А. П. Параметричний генератор частоти – для живлення та захисту навантаження від потужних завод / А. П. Разгонов, К. І. Ящук, С. А. Разгонов // Залізничний транспорт України. – К.: Вид-во ДНДЦ УЗ, 2014. – №3. – С.38 – 41.

6. Пат. 70601 Україна, МПК В61L 1/00. Параметричний генератор з неколінеарними магнітними полями / Разгонов А. П., Ковригін М. О., Ящук К. І., Журавльов А. Ю., Лебедев О. Ю., Разгонов С. А.; заявник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна. - № U 2011 11205; заявл. 20.09.2011; опубл. 25.06.2012, Бюл. № 12.

7. Пат. 92628 Україна, МПК В61L 23/00 Двоконтурний параметричний генератор з захистом навантаження від завод / Разгонов А. П., Журавльов А. Ю., Ящук К. І., Разгонов С. А.; заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – № U 2014 03205; заявл. 27.03.2014; опубл. 26.08.2014, Бюл. № 16.

Додаткові праці:

8. Ящук Е. И. Влияние больших тяговых токов на работу устройств железнодорожной автоматики / Е. И. Ящук, А. Ю. Лебедев // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. – 2011. – № 2. – С. 45 – 49.

9. Разгонов А. П. Генератор частоты на неколлинеарных магнитных полях как эффективное защитное средство от помех / А. П. Разгонов, Е. И. Ящук //Залізничний транспорт України. – 2011. – №5. – К.: Издат. ДНДЦ УЗ – С.32–35.

10. Разгонов С. А. Новое защитное средство электронных схем от помех / С. А. Разгонов, Е. И. Ящук // Вісник Академії митної служби України / Серія: «Технічні науки» №2(48) Академія митної служби України – 2012. – С. 100-107.

11. Пат. 69209 Україна, МПК В61L 23/00 Параметричний генератор частоти з захистом навантаження від завад / Разгонов А. П., Ящук К. І., Журавльов А. Ю., Разгонов С.А., Лебедев О. Ю.; заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – № U 2011 11206; заявл. 20.09.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.

12. Пат. 77216 Україна, МПК В61L 23/00 Параметричний генератор з неколінеарними магнітними полями / Разгонов А. П., Ящук К. І., Журавльов А. Ю., Лебедев О. Ю.; заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – № U 2012 06526; заявл. 29.05.2012; опубл. 11.02.2013, Бюл. № 3.

13. Пат. 80793 Україна, МПК В61L 23/00 Параметричний генератор з ефективним захистом навантаження від завад / Разгонов А. П., Ящук К. І., Журавльов А. Ю., Лебедев О. Ю.; заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – № U 2012 14811; заявл. 24.12.2012; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 11.

14. Пат. 87844 Україна, МПК В61L 23/00 Параметричний генератор з неколінеарними магнітними полями для живлення пристроїв автоматики і телемеханіки / Разгонов А. П., Ящук К. І., Журавльов А. Ю., Лебедев О. Ю.; заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – № U 2013 09113; заявл. 19.07.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. № 4.

15. Разгонов А. П. Дослідження системи автоблокування на перевальних ділянках з крутим профілем / А. П. Разгонов, К. І. Ящук // Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції «Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті EMCS-R 2010». – Д.: ДНУЗТ, 2010. – С. 43 - 44.

16. Разгонов А. П. Електроживлення та захист від перешкод апаратури тональних рейкових кіл / А. П. Разгонов, К. І. Ящук, С. А. Разгонов // Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції «Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті EMCS-R 2010». – Д. ДНУЗТ, 2010. – С. 42-43.

17. Ящук К. І. Дослідження систем автоматичної локомотивної сигналізації / К. І. Ящук // Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції «Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті EMCS-R 2010». – Д. ДНУЗТ, 2010. – С. 54.

18. Разгонов А. П. О математическом описании петли гистерезиса ферромагнитных сердечников / А. П. Разгонов, А. Ю. Журавлев, Е. И. Ящук // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте». – Д.: ДИИТ, 2011. – С.66.

19. Разгонов А. П. О повышении надежности работы рельсовых цепей с использованием цифровой обработки сигнала / А. П. Разгонов, А. Ю. Журавлев, Е. И. Ящук // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте». – Д.:ДИИТ, 2011. – с.65 - 66.

20. Разгонов А. П. Діагностування електричних машин частотним методом / А. П. Разгонов, М. І. Капіца., О. Ю. Лебедев, А. Ю. Журавлев, К. І. Ящук // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте». – Д.:ДИИТ, 2011. – С.67.

21. Разгонов А. П. Вплив тягового струму асиметрії на роботу рейкових кіл / А. П. Разгонов, К. І. Ящук, А. Ю. Журавльов // Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції «Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті EMCS-R 2011». – Д.:ДНУЗТ, 2011. – С.68.

22. Ящук К. І. Організація захисту навантаження параметричного генератора частоти від потужної імпульсної завади / К. І. Ящук // Матеріали молодих вчених та студентської конференції «Інформаційно-управляючі технології і системи на залізничному транспорті». – Д.:ДНУЗТ, 2012. – с.59-60.

23. Разгонов А. П. О некоторых проблемах повышения безопасности железнодорожной автоматики / А. П. Разгонов, А. Ю. Журавлев, Е. И. Ящук, А. Ю. Лебедев // «Безпека та електромагнітна сумісність на залізничному транспорті» (S&EMC 2012): Тези V Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДПТ. – 2012. – с. 56-58.

24. Разгонов А. П. О применении современных технологий для повышения надежности СЖАТ / А. П. Разгонов, А. Ю. Журавлев, Е. И. Ящук, А. Ю. Лебедев // «Безпека та електромагнітна сумісність на залізничному транспорті» (S&EMC 2012): Тези V Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДПТ. – 2012. – с. 58-59.

25. Разгонов А. П. Параметричний трансформатор частоти на неколінеарних магнітних полях як захисний засіб від завад / А. П. Разгонов, А. Ю. Журавлев, Е. И. Ящук, А. Ю. Лебедев // «Безпека та електромагнітна сумісність на залізничному транспорті» (S&EMC 2012): Тези V Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДПТ. – 2012. – с. 59-60.

26. Ящук К. І. Термічний вплив тягового струму на елементи зворотної тягової мережі / К. І. Ящук, С. С. Грущинський, І. В. Котляров // Інформаційно-управляючі технології і системи на залізничному транспорті: Тези матеріалів молодих вчених на студентській конференції 2012 р. –Д.: ДПТ. – 2012. – С. 68 - 69.

27. Ящук К. І. Дослідження впливу тягового струму на режими роботи рейкових кіл / К. І. Ящук, С. Ю. Жук, О. Є. Кополовець // Інформаційно-управляючі технології і системи на залізничному транспорті: Тези матеріалів молодих вчених на студентській конференції 2012 р. –Д.: ДПТ. – 2012. – С. 60-61.

28. Разгонов А. П. 100 %-я защита средств автоматики от воздействия мощных импульсных помех со стороны питающей сети / А. П. Разгонов, Е. И. Ящук, С. А. Разгонов // «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»: Тези 74 Міжнародної науково-практичної конференції. – Д.: ДПТ. – 2014. – с. 237-238.

29. Разгонов А. П. Исследование устойчивости периодических решений нелинейного дифференциального уравнения параметрического генератора частоты на неколлинеарных магнитных полях / А. П. Разгонов, Е. И. Ящук // Сучасні проблеми розвитку інтелектуальних систем транспорту: Тези Міжнародної науково-практичної конференції. – Д.: ДПТ. – 2014. – с. 105.

АНОТАЦІЯ

Ящук К. І. Підвищення надійності системи автоблокування в умовах впливу високих рівнів тягових струмів та потужних імпульсних завад. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2015.

Дисертація присвячена питанням підвищення надійності системи автоблокування в умовах впливу високих рівнів тягових струмів та потужних імпульсних завад.

Розроблено математичну модель параметричного генератору як джерела живлення та захисного засобу апаратури рейкових кіл від впливу атмосферних явищ та комутаційних перенапруг. Удосконалено пристрій параметричного генератору з метою покращення властивостей та енергетичних характеристик.

Удосконалено метод розрахунку розповсюдження потенціалів та струмів у рейковій мережі перегону для електричної тяги постійного струму, що дозволило оцінити рівні струмів асиметрії, які відгалуджуються в апаратуру тональних рейкових кіл.

Удосконалено метод пошуку найбільш доцільних місць розміщення урівнюючих дросель-трансформаторів, що дозволяє захистити колійні елементи рейкових кіл систем залізничної автоматики та телемеханіки від впливу високих рівнів тягових струмів.

Наукові результати, отримані у дисертаційній роботі, а також розроблена математична модель, удосконалені пристрій параметричного генератору та методи розрахунків можуть бути використані при проектуванні та переобладнанні перегонів новими системами залізничної автоматики та телемеханіки та для захисту апаратури рейкових кіл від дії потужних імпульсних завад.

Ключові слова: рейкове коло, надійність, тяговий струм, потужна імпульсна завада, параметричний генератор, неколінеарні магнітні поля.

АННОТАЦИЯ

Ящук Е. И. Повышение надежности системы автоблокировки в условиях воздействия высоких уровней тяговых токов и мощных импульсных помех. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 - эксплуатация и ремонт средств транспорта. Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени акад. В. Лазаряна, Днепропетровск, 2015.

Диссертация посвящена вопросам повышения надежности системы автоблокировки в условиях воздействия высоких уровней тяговых токов и мощных импульсных помех.

Разработана математическая модель параметрического генератора в качестве источника питания и защитного средства аппаратуры рельсовых цепей от влияния атмосферных явлений и коммутационных перенапряжений. Усовершенствовано устройство параметрического генератора с целью улучшения свойств и энергетических характеристик.

Усовершенствован метод расчета распространения потенциалов и токов в рельсовой сети перегона для электрической тяги постоянного тока, что позволило оценить уровни токов асимметрии, которые ответвляются в аппаратуру тональных рельсовых цепей.

Усовершенствован метод поиска наиболее целесообразных мест размещения уравнивающих дроссель-трансформаторов, что позволяет защитить путевые элементы рельсовых цепей систем железнодорожной автоматики и телемеханики от воздействия высоких уровней тяговых токов.

Научные результаты, полученные в диссертационной работе, а также разработанная математическая модель, усовершенствованные устройство параметрического генератора и методы расчетов могут быть использованы при проектировании и переоборудовании перегонов новыми системами железнодорожной автоматики и телемеханики и для защиты аппаратуры рельсовых цепей от воздействия мощных импульсных помех.

Ключевые слова: рельсовая цепь, надежность, тяговый ток, мощная импульсная помеха, параметрический генератор, неколлинеарные магнитные поля.

THE SUMMARY

Yashchuk E. I. The increasing of reliability of automatic blocking system in conditions of influence of high levels of traction currents and powerful pulsed interference. - Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on specialty 05.22.20 – exploitation and repair of transport means. Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Dnepropetrovsk, 2015.

The thesis has been devoted to improving the reliability of automatic blocking system in conditions of influence of high levels of traction currents and powerful pulsed interference.

The mathematical model of parametric generator as a power source equipment and protective means of rail circuits from meteo and switching overvoltage has been developed. The device of parametric generator has been improved to refine properties and energetic characteristics.

The calculation method of potentials and currents propagation in rail network for electric traction DC has been improved, and it has given us an opportunity to estimate current levels of asymmetry that branch off equipment tone rail circuits.

The method of finding the most appropriate locations of equalizing throttle-transformers, that allows us to protect elements of track circuits of railway systems of automatic and telemechanic from influence of high levels of traction currents.

The scientific results obtained in the thesis, as well as the developed mathematical model, the improved device of parametric generator and calculation methods can be used in projecting and redeveloping of spans by new systems of railway automatic and telemechanic and for protection of track circuits equipment from influence of powerful pulsed interference.

Keywords: track circuit, reliability, traction current, powerful pulsed interference, parametric generator, non-collinear magnetic fields.

39671

ЯЩУК КАТЕРИНА ІВАНІВНА

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОБЛОКУВАННЯ В
УМОВАХ ВПЛИВУ ВИСОКИХ РІВНІВ ТЯГОВИХ СТРУМІВ ТА
ПОТУЖНИХ ІМПУЛЬСНИХ ЗАВАД**

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку Формат 60x84 1/16.
Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0.
Тираж 100 пр. Зам. № 1477

Видавництво Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №1315 від 31.03.2003 р.
Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, www.diitrvv.dp.ua