

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

на дисертаційну роботу Ящук Катерини Іванівни на тему  
«Підвищення надійності системи автоблокування в умовах впливу високих  
рівнів тягових струмів та потужних імпульсних завад»,  
що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

### **Актуальність теми дисертації**

Розвиток залізничного транспорту передбачає впровадження нових систем, що в умовах швидкісного руху повинні забезпечувати надійність та безпеку функціонування. Системи залізничної автоматики є однією з відповідальних складових, що приймають безпосередню участь в організації технологічного процесу перевезень.

На деяких проблематичних ділянках, наприклад, гірських з крутим профілем, системи автоблокування працюють у дуже складних умовах, адже внаслідок наявності високих підйомів виникають підвищені рівні тягових струмів, що здійснюють вплив на апаратуру пристроїв сигналізації, централізації та блокування, а також внаслідок підвищеної грозової активності, яка є характерною для гір, на роботу систем автоматики впливатимуть потужні імпульсні завади.

Ця проблема є актуальною, має доволі комплексний характер і потребує вирішення для забезпечення надійної роботи системи автоблокування, що дозволить організувати технологічний процес перевезень з максимальною ефективністю і безпекою руху поїздів.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, та їх достовірність**

Поставлені у дисертації задачі розв'язано із застосуванням сучасного математичного апарату (методи розв'язання лінійних та нелінійних диференціальних рівнянь, теорії ймовірностей, планування експерименту). У

дисертаційній роботі у достатньому обсязі наведено статистичний матеріал щодо відмов пристроїв автоматики. Розрахунок рівнів струмів та потенціалів у рейкової мережі здійснено за допомогою методів однорідних та неоднорідних ланцюгових схем. Диференційні рівняння, що описують роботу параметричного генератора, було вирішено методами гармонійного балансу та амплітуд, що повільно змінюються, а нестійкість його рішень – методом Матьє-Хілла. Крім того, з використанням теорії ймовірностей було здійснено підтвердження підвищення ефективності системи автоблокування.

Аналіз застосованих методів і моделей, які використані Ящук К.І. для вирішення поставленої науково-прикладної задачі, дозволяє зробити висновок, що одержані в дисертаційній роботі результати достатньо підтверджені теоретично та експериментально, вони є обґрунтованими і достовірними.

### **Наукова новизна результатів дисертаційної роботи**

Проведений ретельний аналіз змісту дисертації показав наявність наукової новизни основних положень, що виносяться дисертантом на захист. У дисертації отримано наукові результати, які є значущими та вагомими для забезпеченні надійної роботи систем залізничної автоматики та телемеханіки.

Автором вперше розроблено математичну модель, що описує роботу параметричного генератора частоти ПГ 50:50. Математична модель складається з двох нелінійних диференційних рівнянь для вхідного та вихідного кіл генератора і дозволяє дослідити параметри та характеристики пристрою. Запропонована модель була досліджена на предмет нестійкості рішень, у результаті на відповідній діаграмі нестійкості рівняння Матьє отримані точки, що відповідають роботі параметричного генератора.

Автором удосконалено пристрій параметричного генератора на неколінеарних магнітних полях, що відрізняється наявністю у колі накачки енергоємних елементів (лінійної індуктивності та ємності), які

забезпечуватимуть ферорезонанси струмів та напруг для збудження коливань у генераторі та обмеження струму у вхідному колі накачки.

Удосконалено метод розрахунку розповсюдження потенціалів та струмів уздовж рейок для ділянок залізниць з електричною тягою постійного струму. Головною особливістю даного методу є представлення кожної рейки як загальної цепної схеми з урахуванням заземлення опор контактної мережі на крайні рейки, що надає можливість визначити рівні струмів асиметрії, які здійснюватимуть негативний вплив на пристрої залізничної автоматики та телемеханіки.

Удосконалено метод пошуку найбільш доцільних місць розміщення вирівнювальних дросель-трансформаторів для зменшення різниці потенціалів у рейках та для запобігання відгалуження високих рівнів струмів асиметрії в апаратуру пристроїв автоматики.

### **Практичне значення дисертаційної роботи**

Результати досліджень, отримані у дисертації, передані до ШЧ-6 Придніпровської залізниці для забезпечення пристроїв СЦБ захисним засобом від впливу комутаційних перенапружень, грозових розрядів та блискавок, що підтверджується наведеними у додатках актами. Отримані у дисертації математичні моделі, методи, пристрої застосовуються у навчальному процесі при проведенні занять зі студентами кафедри «Автоматика, телемеханіка та зв'язок» ДНУЗТ, що підтверджено відповідним актом.

### **Аналіз змісту дисертації**

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і трьох додатків. Її зміст відповідає меті та задачам.

**Вступ** вміщує загальну характеристику роботи згідно з діючими вимогами.

**У першому розділі** виконано аналіз роботи системи автоблокування. Встановлено, що найбільш схильними до впливу високих рівнів тягових струмів та потужних імпульсних завад є ділянки залізниць з крутим профілем, чим зумовлена висока статистика відмов пристроїв автоматики на перевалах. Проведено огляд існуючих засобів захисту рейкових кіл від дії потужних імпульсних завад.

На підставі виконаного аналізу сформульовано мету та задачі дисертаційної роботи.

**У другому розділі** вдосконалено метод розрахунку розповсюдження потенціалів та струмів у рейковій мережі перегону для електричної тяги постійного струму.

Було розглянуто перевальну ділянку, для якої здійснено тягові розрахунки для визначення рівнів тягових струмів у рейках, проведено дослідження теплових режимів роботи елементів зворотної тягової мережі, запропоновано дублювання дросель-трансформаторів на живильному та релейному кінцях, для чого розраховано режими роботи рейкових кіл, запропоновано переобладнання на тональні рейкові кола і здійснено дослідження розповсюдження потенціалів та струмів уздовж рейок, що дозволило оцінити рівні струмів асиметрії, що будуть відгалужуватися в апаратуру рейкових кіл.

**У третьому розділі** здійснено математичне моделювання параметричного генератора як вторинного джерела живлення та пристрою захисту апаратури сигналізації, централізації та блокування від дії потужних імпульсних завад з боку живильної мережі та атмосферних перенапруг.

Для схеми генератора було розраховано параметри її елементів, що надалі використовувалися як вихідні дані під час математичного моделювання генератора частоти 50:50. Диференційні рівняння вхідного та вихідного кіл дозволяють 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.).

**У четвертому розділі** здійснено дослідження роботи макетного зразку параметричного генератора частоти на можливість його використання як стабілізованого вторинного джерела живлення та пристрою захисту від впливу потужних імпульсних завад.

З проведених експериментальних досліджень макетного зразку генератора видно, що вихідна напруга є стабільною, адже її зниження не перевищує відсотків, які є допустимими згідно ТУ. Внаслідок проведених досліджень встановлено, що параметричний генератор забезпечує подавлення потужної імпульсної завади і може використовуватися як захисний засіб пристроїв автоматики.

**У п'ятому розділі** визначено показник надійності роботи системи автоблокування для звичайної та гірської місцевості, а також здійснено розрахунок економічного ефекту та терміну окупності від впровадження параметричного генератора частоти.

**Висновки** дисертації відповідають меті та задачам дослідження, які поставлені в роботі.

**В додатках** до дисертаційної роботи приведено: акт впровадження результатів роботи у навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, протокол попередніх іспитів макетних зразків перетворювачів частоти типу ПЧ 50/50-150, протокол попередніх заводських іспитів дослідного зразку перетворювача частоти типу ПЧ 50/50-150.

Зміст автореферату відповідає змісту дисертаційної роботи.

### **Повнота відображення результатів дисертації**

Основні положення дисертаційної роботи з достатньою повнотою викладено у 29 наукових працях, з яких 8 – наукових статей (1 – в іноземному науковому виданні), 6 патентів та 15 тез наукових конференцій.

## Основні зауваження до роботи

1. У розділі 2 доцільно було би дослідити теплові режими роботи дросель-трансформаторів типів ДТ-1-150, що застосовуються для ділянок залізниці з електричною тягою змінного струму.

2. У розділі 3 бажано обґрунтувати вибір методів, що застосовувалися у вирішенні диференційних рівнянь, які описують роботу параметричного генератора частоти.

4. У 4 розділі з тексту дисертації незрозуміло, з яких міркувань обиралася марка сталі для виготовлення макетного зразку параметричного генератора частоти.

5. У розділі 4 дисертації згідно зі схемою дослідження параметричного генератора (рис. 4.2) незрозуміло застосування ємності кола накачки величиною 24 мкФ, тоді як у розділі 3 для вирішення диференційного рівняння кола накачки застосовувалася ємність 40 мкФ.

6. Недоліком методу розрахунку розповсюдження струмів та потенціалів уздовж рейок є його обмеженість за родом тягового струму.

Приведені зауваження не знижують вагомості та наукоємності приведених у дисертаційній роботі досліджень.

## Висновки

В цілому дисертація Ящук К. І. виконана на достатньо високому рівні і являє собою закінчену науково-прикладну роботу, в якій отримано нові наукові результати в галузі розробки заходів та засобів захисту апаратури залізничної автоматики. Сукупність отриманих результатів дозволяє вирішити науково-прикладну задачу підвищення надійності системи автоблокування за рахунок організації захисту пристроїв автоматики від впливу високих рівнів тягових струмів та потужних імпульсних завад.

Актуальність поставленої у роботі теми, новизна та практичне значення отриманих результатів, їх достовірність і обґрунтованість, застосовані методи вирішення поставлених задач дають підставу вважати, що

представлена дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 11, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567, вимогам до оформлення дисертацій.

Автор представленої роботи, Ящук Катерина Іванівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Офіційний опонент,  
завідувач кафедри  
«Електротехніка та електричні машини»,  
Український державний університет залізничного  
транспорту  
доктор технічних наук, професор

М. М. Бабаєв



Особистий підпис  
засвідчую 06.11 20 15 р.  
Завідуючий канцелярією  
УкрДУЗТ

*Бабаєв М.М.*

## ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Ящук Катерини Іванівни

**«Підвищення надійності системи автоблокування в умовах впливу високих рівнів тягових струмів та потужних імпульсних завад»,**  
що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

### *Актуальність теми дисертації*

Прискорене впровадження швидкісного руху висуває підвищені вимоги щодо забезпечення надійності роботи усіх складових залізничного транспорту, що є одним з пріоритетних напрямків Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 №1555-р). Системи автоматики та телемеханіки є однією з галузей залізниці, від надійної роботи якої залежить безпека руху поїздів. На сьогоднішній день застаріла елементна база стає перепорою на шляху безвідмовної роботи пристроїв сигналізації, централізації та блокування, особливо на проблематичних ділянках залізниць, де внаслідок протікання тягових струмів високих рівнів має місце негативний вплив на функціонування пристроїв автоматики і внаслідок дії потужних імпульсних завад у вигляді комутаційних перенапружень та грозових розрядів спостерігається зниження надійності роботи системи автоблокування, і, відповідно, усього залізничного транспорту в цілому.

Таким чином, тема дисертаційної роботи, що пов'язана з підвищенням надійності системи автоблокування в умовах впливу тягових струмів високих рівнів та потужних імпульсних завад є актуальною.



***Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків  
і рекомендацій, сформульованих у дисертації, та їх достовірність***

Для вирішення поставлених у дисертації задач було використано сучасні методи математичного моделювання, розв'язання лінійних та нелінійних диференціальних рівнянь, аналізу та синтезу електротехнічних схем рейкових кіл, теорії ймовірностей, фізичного моделювання, числових розрахунків; лабораторних, експлуатаційних випробувань запропонованих та синтезованих засобів та способів.

При виконанні досліджень використано статистичний матеріал, отриманий на реальних залізничних перегонах. Під час дослідження роботи рейкових кіл в умовах протікання тягових струмів високих рівнів були застосовані методи електротехнічних розрахунків схем рейкових кіл. При розрахунку розповсюдження потенціалів та струмів уздовж рейок використано методи однорідних та неоднорідних ланцюгових схем. При розробці математичної моделі параметричного генератора частоти застосовано метод амплітуд, що повільно змінюються, при дослідженні нестійкості рішень диференціального рівняння використаний метод Мат'є-Хілла. При дослідженні роботи макетного зразку параметричного генератора застосовані методи лабораторних та експлуатаційних випробувань. Теорія ймовірностей використана при оцінці підвищення надійності роботи системи автоблокування.

Таким чином, методи та моделі, що використані Ящук К. І. у дисертаційній роботі для вирішення складного комплексу поставлених задач дають підставу стверджувати, що отримані результати в достатній мірі теоретично та експериментально підтверджені, і є обґрунтованими та достовірними.

***Наукова новизна результатів дисертаційної роботи***

Проведений аналіз змісту дисертації показав наявність наукової новизни основних положень, що виносяться дисертантом до захисту. В дисертації отри-

мано наукові результати, які є значущими у підвищенні надійності автоблокування за умов впливу тягових струмів високих рівнів та потужних імпульсних завад.

Автором вперше розроблено математичну модель параметричного генератора з неколінеарними магнітними полями як стабілізованого вторинного джерела живлення та засобу захисту апаратури рейкових кіл від впливу потужних імпульсних завад, що дозволило розробити дослідний зразок, провести низку експериментальних досліджень та впровадити отримані результати на залізниці.

Удосконалено пристрій параметричного генератора частоти шляхом введення у коло накачки енергонакопичувальних елементів, що дозволило покращити властивості та енергетичні характеристики пристрою.

Удосконалено метод розрахунку розповсюдження потенціалів та струмів у рейковій мережі перегону для оцінки величини струмів асиметрії. Цей метод враховує заземлення опор контактної мережі на рейки та відрізняється розглядом кожної з рейок як двопровідної ланцюгової схеми зі з'єднаними в каскад Т-подібними чотириполосниками.

Удосконалено метод пошуку найбільш доцільних місць розміщення урівнюючих дросель-трансформаторів, що дозволяє максимально знизити різницю потенціалів, яка потрапляє в апаратуру тональних рейкових кіл та призводить до перегрівання трансформатора ПОбС-2А.

### ***Практичне значення дисертаційної роботи***

Наукові положення, висновки, рекомендації, а також моделі, методи та пристрій можуть бути використані при переобладнанні перегонів сучасними засобами керування інтервальним рухом поїздів із забезпеченням стабілізованого живлення та захисту від впливу потужних імпульсних завад пристроїв залізничної автоматики.

Основні результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі при підготовці спеціалістів та магістрів спеціальності 7.05020203 (8.05020203) «Автоматика та автоматизація на транспорті» ДНУЗТ при викладан-

ні дисциплін «Електроживлення систем автоматики», «Системи автоматики на перегоні», «Станційні системи автоматики», а також передані до шостої дистанції сигналізації та зв'язку Придніпровської залізниці.

Практичне впровадження результатів дисертації підтверджується відповідними актами, що наведені в додатках.

### ***Повнота відображення результатів дисертації***

Дисертація відповідає поставленій меті та задачам. Основні положення дисертаційної роботи з достатньою повнотою викладено у 29 наукових працях, з яких 8 – наукових статей (1 – в іноземному науковому виданні), 6 патентів та 15 тез доповідей на наукових конференціях.

У вступі наведено загальну характеристику роботи згідно з чинними вимогами.

В першому розділі виконано статистичний огляд відмов пристроїв автоматики та телемеханіки, аналіз існуючих засобів захисту апаратури від впливу потужних імпульсних завад.

Проведений статистичний огляд відмов апаратури системи автоблокування показав, що проблема впливу тягових струмів високих рівнів та потужних імпульсних завад на роботу пристроїв автоматики є гострою та актуальною.

Встановлено, що на сьогоднішній день не існує пристроїв, що повністю захищали би апаратуру залізничної автоматики та телемеханіки від дії грозових розрядів та блискавок, а також такі проблемні ділянки залізниці як гірські потребують модернізації та застосування ряду рішень для забезпечення надійної роботи системи автоблокування.

Аналіз статистичних даних та наукової літератури дозволив сформулювати мету та задачі дисертаційної роботи, що полягають у підвищенні надійності системи автоблокування в умовах впливу високих рівнів тягових струмів та потужних імпульсних завад.

У другому розділі здійснено дослідження роботи системи автоблокування в умовах впливу високих рівнів тягових струмів. Для цього обрано проблематичну ділянку залізниці, що знаходиться в Карпатах, для якої запропоновано переобладнання на тональні рейкові кола та запропоновано метод розрахунку розповсюдження потенціалів та струмів у рейковій мережі перегону для електричної тяги постійного струму, характерною особливістю якого є представлення кожної з рейок в якості загальної цепної схеми чотирьох полюсників з урахуванням заземлення опор контактної мережі на крайні рейки. Це дозволило визначити рівні струмів асиметрії, які відгалужуються в апаратуру рейкових кіл. Внаслідок проведеного розрахунку встановлено, що різниця потенціалів у рейках може досягати великих значень, тому запропоновано метод пошуку найбільш доцільних місць розміщення вирівнюючих дросель-трансформаторів для захисту колійних елементів рейкових кіл систем залізничної автоматики та телемеханіки від впливу високих рівнів тягових струмів.

У третьому розділі розроблена математична модель параметричного генератора частоти на неколінеарних магнітних полях, що складається з нелінійних диференціальних рівнянь, які описують роботу кіл накачки та контуру та дозволяють дослідити величини основних параметрів елементів вхідної та вихідної схем генератора, його характеристики для забезпечення генерації вихідних коливань та найкращих енергетичних показників.

У четвертому розділі приведені експериментальні дослідження макетного зразку параметричного генератора, що підтвердило коректність застосування зустрічного увімкнення обмоток накачки і дозволило уточнити параметри елементів вдосконаленої схеми. Отримано залежності величини вхідного струму від напруги мережі, отримані характеристики генератора в режимі холостого ходу та навантаження, а також зовнішні характеристики, що дозволило зробити висновки щодо доцільності застосування генератора як вторинного стабілізованого джерела живлення апаратури систем залізничної автоматики.

Проведене дослідження параметричного генератора на можливість його застосування не тільки як вторинного джерела живлення, а і як захисного засобу, який знищує потужну імпульсну заваду.

У п'ятому розділі здійснено оцінку підвищення надійності системи автоблокування за рахунок впровадження результатів досліджень дисертаційної роботи.

Висновки дисертації відповідають меті та задачам дослідження, що поставлені в роботі.

### ***Основні зауваження до роботи***

1. У вступі необхідно було б більш чітко (конкретно) сформулювати пункти: об'єкт дослідження, методи дослідження, практичне значення одержаних результатів.

2. В розділі 1 інколи відсутній зв'язок між окремими частинами тексту при загалом правильних (логічних) висновках.

3. У розділі 2 дисертації наведені криві розповсюдження потенціалів уздовж рейок для різних інтервалів встановлення урівнюючих дросель-трансформаторів. Доцільно було б розширити кількість кривих з урахуванням різного опору ізоляції.

4. У авторефераті доцільно було б пояснити, яким чином рівняння (3) пов'язує вхідний та вихідний контури параметричного генератора частоти на неколінеарних магнітних полях.

5. У розділі 3 слід було привести більш детальне пояснення вибору методу дослідження нестійкості рішення нелінійного диференційного рівняння другого порядку.

6. У розділі 3 доцільно було привести обґрунтування необхідності застосування кубічного поліному для переходу до безрозмірного виду диференційного рівняння, що описує роботу вихідного кола параметричного генератора частоти.

7. З амплітудної характеристики параметричного генератора (розділ 3), що була отримана в результаті вирішення нелінійного диференційного рівняння другого порядку, не пояснено наявність кривої для ємності 20 мкФ.

8. У розділі 3 слід було би більш детально розглянути відмінності запропонованої конструкції параметричного генератора від існуючих аналогів.

9. З аналізу надійності роботи системи автоблокування і формули розрахунку інтенсивності відмов апаратури (розділ 5) не прослідковується фізична сутність та вплив запропонованого параметричного генератора на підвищення безвідмовної роботи систем в умовах грозових розрядів та перенапруг.

10. В тексті дисертації та автореферату інколи зустрічаються незначні описки, наприклад, формула (1) ст. 8 автореферату або термін «енергоємні елементи» замість енергонакопичувальні елементи.

Вище зазначені зауваження не знецінюють результати наукових досліджень дисертації.

### ***Висновки***

В цілому дисертація Ящук К. І. виконана на достатньо високому рівні і являє собою закінчену науково-прикладну роботу, в якій отримано нові наукові результати в галузі розробки заходів та засобів захисту апаратури залізничної автоматики. Сукупність отриманих результатів дозволяє вирішити науково-прикладну задачу підвищення надійності системи автоблокування за рахунок організації захисту апаратури сигналізації, централізації та блокування від впливу високих рівнів тягових струмів та потужних імпульсних завад.

Актуальність поставленої у роботі теми, новизна та практичне значення отриманих результатів, їх достовірність і обґрунтованість, застосовані методи вирішення поставлених задач дають підстави вважати, що представлена дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 11, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів

України від 24.07.2013 р. № 567, вимогам до оформлення дисертацій. Автор представленої роботи – Ящук Катерина Іванівна, – заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Офіційний опонент,

завідувач кафедри

«Електротехніка та електропривод»

Національної металургійної академії України

к. т. н., доцент

05.11.15 р.



А. В. Ніколенко

