

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Розіскулова Сергія Сергійовича** "Взаємозалежні перехідні процеси у колах електророзрядних установок з керованими напівпровідниковими комутаторами", представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.09.05 – теоретична електротехніка

Актуальність теми та її зв'язок з науковими програмами.

На даний час використання проміжних ємнісних накопичувачів електричної енергії є одним із найбільш ефективних методів реалізації короткочасних (імпульсних) потужностей та струмів у технологічному навантаженні електророзрядних установок (ЕРУ). Введення в розрядні кола таких установок повністю керованих напівпровідникових (транзисторних) комутаторів дозволяє суттєво скорочувати тривалість струмів розряду таких накопичувачів електроенергії у навантаженні та підвищувати динамічні характеристики ЕРУ. Такий підхід є важливим для реалізації новітніх імпульсних електротехнологій, зокрема об'ємної електроіскрової обробки струмопровідних гетерогенних середовищ з метою отримання мікро- та нанопорошків і колоїдних розчинів з унікальними властивостями.

Проте примусове обмеження тривалості перехідних процесів у колі розряду ємнісних накопичувачів ЕРУ на навантаження у більшості випадків вимагає використання узгодженого змінення структури цього кола з урахуванням розподіленої по його довжині індуктивності та виникаючих взаємозалежних перехідних процесів. Теоретичне та експериментальне дослідження таких процесів вимагає вирішення досить складного наукового завдання в галузі теоретичної електротехніки, яке полягає в розвитку теорії взаємозалежних перехідних процесів наростання і спадання струмів в колі навантаження електророзрядних установок з керованими напівпровідниковими комутаторами і накопичувальними конденсаторами при зміненні структури цього кола та процесів регулювання параметрів розрядного струму. Тому тема даної дисертаційної роботи є актуальною і своєчасною.

Обґрунтованість наукових положень та їх достовірність.

Поставлені у дисертації наукові задачі вирішувались з використанням теоретично та практично перевірених методів теорії перехідних процесів у лінійних електричних колах, теорії лінеаризації окремих елементів електричних кіл, теорії використання в них електричних фільтрів та передавальних функцій, методів їхнього математичного моделювання. Теоретичні результати, отримані в дисертації, підтверджено їх порівнянням і збіжністю з результатами, отриманими під час фізичних експериментів.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується тим, що основні висновки, сформульовані за результатами роботи, отримані з використанням фундаментальних положень теоретичної електротехніки, пройшли експериментальну перевірку та задовольняють загальноприйнятим критеріям достовірності. Це зумовлює достовірність одержаних автором результатів, що пройшли відповідну апробацію, опубліковані в спеціалізованих наукових виданнях і обговорювалися в колах фахівців з теоретичної електротехніки.

Наукова новизна дисертаційної роботи:

1. Вперше теоретично і експериментально обґрунтовано, що примусове обмеженні тривалості наростання струму в колі розряду ємнісного накопичувача на навантаження при одночасному зменшенні добротності цього кола підвищує швидкість наростання струму та імпульсну потужність у навантаженні електро-розрядних установок.

2. На основі отримання і рішення різницевих рівнянь для циклічних процесів наростання та спадання струмів розряду ємнісного накопичувача на навантаження, його моделювання еквівалентним активним опором та визначення і регулювання граничних і часових інтервалів згідно заданих динамічних характеристик удосконалено метод аналізу взаємозалежних перехідних процесів у колах змінної структури електророзрядних установок.

3. Розвинуто метод підвищення динамічних характеристик струмів у колі навантаження електророзрядних установок шляхом введенням в їхні кола керованих напівпровідникових комутаторів струму та алгоритмів узгодженого змінення структури цих кіл при спаданні струму у навантаженні, зокрема підключенням до них заряджених накопичувальних конденсаторів, що суттєво зменшує тривалість фронту спадання розрядного струму в колі навантаження.

4. Для оцінки ефективності введення в коло навантаження електророзрядних установок сучасних кабелів з полімерною ізоляцією як коаксіальних уперше розроблено її диференційну схему заміщення і математичну модель для аналізу перехідних процесів в її об'ємі з урахуванням абсорбції її вільних зарядів.

5. На основі введення в коло навантаження електророзрядних установок послідовних електричних фільтрів низької частоти і коаксіальних кабелів, реактивні розподілені параметри яких являються складовою частиною вказаних фільтрів, розроблено новий метод змінення характеру перехідних процесів у цьому колі.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані в дисертації результати дозволяють визначати доцільні діапазони зменшення загальної тривалості перехідних процесів у їхніх колах та тривалості наростання і спадання розрядного струму в колі навантаженні електророзрядних установок з ємнісними накопичувачами електроенергії та повністю керованими напівпровідниковими комутаторами. Розроблені методики забезпечують розрахунок взаємозалежних перехідних процесів, виникаючих у колах електророзрядних установок при змінненні структури їхніх кіл, активного опору навантаження та індуктивності розрядного кола установок.

Методики і рекомендації використано при створенні транзисторних електророзрядних установок потужністю до 5 кВт, з амплітудою розрядних струмів у навантаженні до 1 кА, тривалістю 1-10 мкс та частотою до 20 тис. імп./с. Створено ряд установок потужністю до 1 кВт для формування в електроіскровому навантаженні імпульсних струмів до 1 кА тривалістю 1-10 мкс, 30-75% від якої складає їхній передній фронт.

Результати роботи використано при виконанні НДР в Інститутах НАН України (електродинаміки і газу), Інституті розвитку територіальних громад, заводі "Південкабель" (м. Харків) і навчальному процесі кафедри теоретичної електротехніки Національного технічного університету України "Київський політехнічний Університет імені Ігоря Сікорського".

Зовнішня викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

Основний зміст дисертації відображено здобувачем у 18 наукових працях, у тому числі в 12 статтях у наукових фахових виданнях України, з яких 6 входять до міжнародної науко-метричної бази Scopus. Опубліковано також матеріали доповідей на 6 науково-технічних конференціях.

У перерахованих вище публікаціях повністю розкрито основні наукові результати та положення, що відображають суть дисертаційної роботи.

Текст дисертації викладено логічно і послідовно, робота оформлена згідно вимог ДАК України до кандидатських дисертацій, а зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.09.05 – "Теоретична електротехніка".

Автореферат дисертації в достатній мірі відображає зміст дисертаційної роботи, основні наукові положення, висновки і рекомендації.

Структура та оформлення дисертаційної роботи

Дисертація має вступ, чотири розділи, висновки, список використаної літератури та додатки із списком опублікованих праць здобувача за темою дисертації і конференцій, на яких доповідались і були підтримані отримані здобувачем результати. У додатках також приведено акти впровадження результатів дисертації та розрахунки, що доповнюють основну частину дисертації.

У розділі 1 приведено результати аналізу наукових публікацій за темою дисертації, що обґрунтовують актуальність її виконання.

Розділ 2 присвячено дослідженню особливостей та визначенню закономірностей взаємної залежності процесів наростання і спадання струмів у колах навантаження електророзрядних установок з конденсаторними накопичувачами електроенергії та повністю регульованими комутаторами навантаження. Зокрема виявлено і підтверджено закономірності підвищення динамічних параметрів електророзрядних установок при зменшенні добротності кола розряду їхнього накопичувального конденсатора і примусовому обмеженні тривалості наростання в цьому колі розрядних струмів.

У розділі також проведено порівняння впливу різних з'єднувальних провідників на динамічні параметри вихідних струмів електророзрядних установок та розроблено метод змінення характеру виникаючих в них перехідних процесів шляхом введення послідовних електричних фільтрів низької частоти.

У розділі 3 визначено переваги, виникаючі при використанні в якості коаксіальних провідників сучасних кабелів з нанозміцненою полімерною ізоляцією в довгих вихідних колах електророзрядних установок. При цьому показана необхідність урахування впливу радіальної неоднорідності ізоляції таких кабелів на характер перехідних процесів у розрядному колі установок. Для урахування вказаного впливу в розроблено диференційну схему заміщення і математичну модель полімерної ізоляції сучасних силових високовольтних кабелів, електрофізичні параметри якої можуть бути радіально неоднорідними. Приведено приклад, як урахувати таку неоднорідність при дослідженні перехідних процесів у контурі навантаження, що використовує коаксіальний кабель з радіально неоднорідною електроізоляцією.

Розділ 4 присвячено удосконаленню метода підвищення динамічних характеристик розрядного струму у навантаженні електророзрядних установок шляхом введенням в їхні вихідні кола, що мають батареї накопичувальних конденсаторів та повністю керовані напівпровідникові (транзисторні) комутатори струму. Удосконалення такого методу базується на розробці спеціальних алгоритмів, які узгоджують змінення структури розрядних кіл установок під час спадання імпульсних струмів у навантаженні та на підключенні попередньо заряджених додаткових накопичувальних конденсаторів. Таким чином відбувається підвищення динамічних характеристик імпульсних струмів у технологічному навантаженні за рахунок зменшення тривалості їх фронтів.

У розділі розроблено також метод аналізу взаємозалежних перехідних процесів наростання і спадання струмів у колах змінної структури електророзрядних установок, який забезпечує отримання та розв'язання відповідних різницевих рівнянь і визначення граничних динамічних характеристик імпульсних струмів при різних усереднених опорах навантаження.

Відповідність дисертації встановленим вимогам

За структурою, характером викладення матеріалу, апробацією результатів дисертаційна робота "Взаємозалежні перехідні процеси у колах електророзрядних установок з керованими напівпровідниковими комутаторами" відповідає вимогам щодо кандидатських дисертацій (п. 9, 11 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами від 19.08.2015 № 656 щодо кандидатських дисертацій). Зміст автореферату повною мірою відображає зміст дисертаційної роботи: принципові результати, основні наукові положення, висновки та рекомендації.

Рекомендації щодо використання результатів дослідження

Отримані у дисертації результати та розроблені рекомендації доцільно використовувати при створенні експериментальних та промислових електророзрядних установок об'ємного електроіскрового диспергування металів у рідинах для виробництва мікро- та нанопорошків металів та їх поверхнево активних сполук, які використовуються в якості носіїв та складових каталізаторів різних електрохімічних процесів. Використання результатів є також доцільним при розробці керівних документів з виготовлення силових кабелів на заводі "Південкабель" (м. Харків) та при розробці методичних матеріалів на кафедрі теоретичної електротехніки КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Зауваження по роботі:

1. У підрозділі 2.3 вказано, що аналітичні результати добре збігаються з експериментальними. В той же час при використанні фільтру низької частоти третього порядку вказано про збільшення амплітуди імпульсних струмів у електроіскровому навантаженні в 1,56 рази, що не відповідає розрахунковому коефіцієнту передачі за напругою, який дорівнює 2,65. Як це пояснити?

2. У підрозділі 3.3 розрахунок деяких перехідних процесів здійснено у операторній формі, але при цьому оригінали від шуканих функцій не показано.

3. У тексті розділу 4 не зовсім зрозуміло, як визначається коефіцієнт корисної дії електророзрядної установки.

4. У підрозділі 4.1 аналіз перехідних процесів виконувався при допущенні про безіндукційність навантаження, що не відповідає дійсності. Наскільки це допущення спотворює отримані результати?

5. У підрозділах 4.2 і 4.3 розв'язок деяких рівнянь виконано при значних спрощеннях та приведено графічний розв'язок. Чому?

Проте наведені зауваження не мають принципового характеру і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальні висновки

Дисертаційна робота С.С. Розіскулова "Взаємозалежні перехідні процеси у колах електророзрядних установок з керованими напівпровідниковими комутаторами" є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати та вирішено актуальне наукове завдання теоретичної електротехніки з подальшого розвитку теорії розрахунку взаємозалежних перехідних процесів у колах електророзрядних установок змінної структури і примусовим обмеженням тривалості фронтів розрядних струмів у навантаженні шляхом узгодженої комутації цих кіл сучасними напівпровідниковими керованими комутаторами.

Враховуючи актуальність теми дисертаційної роботи, а також отримані результати, що мають наукову і практичну цінність та достатню повноту представлення основних положень дисертації в опублікованих працях, вважаю, що дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.09.05 – теоретична електротехніка та вимогам п. 9, 11 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами від 19.08.2015 р. № 656.

На підставі викладеного та враховуючи рівень кваліфікації здобувача, вважаю, що автор дисертаційної роботи Розіскулов Сергій Сергійович заслуговує присудження наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.05 – теоретична електротехніка.

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук,
провідний науковий співробітник
відділу імпульсних електротехнічних
систем Інституту імпульсних процесів і
технологій НАН України


С.В. Петриченко



Петриченко С.В. підтверджує



Шановний

Поет. го СВР
15.04.2021р
PA