

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Байди Євгена Івановича
«Мультифізичні моделі високовольтних вакуумних вимикачів з
бістабільними поляризованими актуаторами в динамічних режимах»,
що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.09.01 – електричні машини і апарати

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Серед електричних апаратів, які широко застосовуються в електроенергетиці, особливе місце займають вакуумні вимикачі середньої напруги. Причому, найбільш перспективними є конструкції вимикачів з поляризованими бістабільними актуаторами на базі постійних магнітів, які використовуються в якості елементів приводу. При цьому необхідно підкреслити, що незважаючи на перспективність конструкції, даних про роботу таких вимикачів надзвичайно мало, а дослідження роботи бістабільних поляризованих актуаторів на базі постійних магнітів спільно з елементами конструкції вимикача в динамічних режимах, дослідження схем підключення актуаторів до силових електричних кіл з метою їхнього оптимального управління взагалі відсутні. Виходячи з цього, дослідження вакуумних вимикачів середньої напруги з метою створення їх нових конструкцій, які не поступаються по характеристикам закордонним аналогам, є нагальною потребою. Тому створення і дослідження математичних моделей мультифізичних процесів, розробка науково-технічних заходів та рекомендацій щодо створення нових та модернізації існуючих вакуумних вимикачів є актуальним.

Актуальність теми роботи підтверджується і тим, що вона пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт кафедри електричних апаратів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», тематика яких безпосередньо пов'язана з договірною темою «Вплив параметрів бістабільного актуатора вакуумного вимикача на його здатність до вмикання» (№ 33/98 – 2012 р.), ТОВ «АВМ Ампер», м. Кременчук (здобувач – виконавець), науково-дослідною та дослідно-конструкторською роботою, виконаною на замовлення ТОВ НПП «Укренергокомплекс-2» «Бістабільні актуатори в установках контролю та розподілу рідини», м. Харків, 2010 р. (здобувач – відповідальний виконавець). Матеріали дисертації використовуються у навчальному процесі НТУ «ХПІ». Всі впровадження підтверджені відповідними актами.

Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Байди Є. І. складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, 4 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, показано її зв'язок з науковими програмами і темами, сформульовані мета та задачі дослідження, розкриті наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, показано особистий внесок здобувача у виконанні дисертаційної роботи і її практична апробація.

У *першому розділі* на підставі огляду літератури і структури ринку показано, що найбільш перспективними для використання в електричних мережах середньої напруги є вакуумні вимикачі з поляризованими бістабільними актуаторами на базі висококоерцитивних постійних магнітів, які характеризуються простотою конструкції і надійністю роботи. Проаналізовано вимоги до конструкції таких вимикачів, визначені основні невирішені проблеми, обґрунтовано напрямок дослідження.

Другий розділ присвячений розробці мультифізичних моделей з розрахунку нестационарного електромагнітного поля в неоднорідному нелінійному провідному середовищі, що рухається, з урахуванням постійних магнітів та нелінійних рівнянь електричного кола, динаміки приведеної маси рухомих частин актуатора. У розділі наведені статичні та динамічні розрахунки актуатора, проаналізовано можливість форсованого підключення котушок до джерел електричної енергії. Проведено оптимізаційні розрахунки параметрів актуатора та його форсованого вмикання та розрахунки динаміки спроектованого актуатора. Наведені порівняльні характеристики макетних зразків з теоретичними розрахунками.

В *третьому розділі* розглянуто вплив статичних та динамічних характеристик актуаторів на механічні напруги в контактній системі вимикача. Проведені оптимізаційні розрахунки вакуумного сильфона вимикача та показано вплив статичних і динамічних характеристик актуатора на механічні напруги як у сильфоні, так і в контактах вимикача, визначена втомна витривалість сильфона відповідно до технічних вимог по кількості робочих циклів вимикача. Проаналізовано складний характер динамічної деформації приводного валу вимикача і її вплив на роботу контактної системи. Проведено порівняльний аналіз теоретичних та експериментальних досліджень.

В четвертому розділі досліджено вплив динамічних характеристик актуаторів на здатність до вмикання та термічну стійкість вакуумного вимикача. Розрахунки базуються на нелінійній моделі вібрації контактів вимикача та моделі теплового впливу параметрів електричної дуги на контактну поверхню з урахуванням рухомих границь фазових переходів, що дає можливість розрахувати параметри контактної системи за умови відсутності зварювання контактів при вмиканні. Розраховано та проаналізовано параметри термічної стійкості вимикача на базі рівнянь теплопровідності та теорії пружності. Розроблено рекомендації по її підвищенню. Проведено порівняльний аналіз теоретичних та експериментальних даних брязкоту контактів.

П'ятий розділ присвячено дослідженню і аналізу моделей схем підключення котушок актуаторів до джерел електричної енергії (вимикач VM1 (ABB)) та нових схем форсованого підключення котушок актуатора. На підставі розглянутих моделей були підібрані параметри схем, що забезпечують їхню роботу і усувають неприпустимі перенапруги, що виникають на елементах під час комутації.

У Додатках наведено приклад лістингу програми з розрахунку вібрації контактів, лістинг програми з розрахунку радіуса і сил зварювання контактів, акти впровадження, алгоритми розрахунків.

Наукова новизна отриманих результатів.

– Розвинуто теорію електричних апаратів в напрямку уточнення характеру протікання динамічних процесів в вакуумних вимикачах за допомогою мультифізичних моделей і експериментальних досліджень, що забезпечує удосконалення їх конструкцій і підвищення надійності роботи.

– Розроблено мультифізичну модель з врахуванням зв'язку процесів нестационарного електромагнітного поля в нелінійному неоднорідному провідному середовищі, яке включає постійні магніти, з процесами в електричному колі і механічними процесами руху актуатора, яка дозволяє дослідити динамічні режими актуатора.

– Розроблено мультифізичну модель, яка базується на рівняннях теорії пружності і динаміки актуаторів, що дозволяє досліджувати вплив їх динамічних параметрів на механічні напруження у вакуумному сильфоні і контактах вимикача.

– Розвинуто наукові підходи до розрахунку здатності вимикача до вмикання і його термічної стійкості, які базуються на нелінійних рівняннях теорій теплопередачі і пружності, що дає можливість оцінити брязкіт контактів з урахуванням динамічних характеристик актуаторів та дослідити нагрів контактів вимикача під час протікання аварійного струму.

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій базується на аналізі науково-технічних джерел за даною проблемою (309 найменувань), коректній постановці мети і задач дослідження, коректному використанні теорії електричних апаратів, законів теоретичної електротехніки, методів математичного моделювання, зіставленні і критичному аналізі отриманих результатів з результатами інших дослідників та експериментальними дослідженнями, в якісному формулюванні отриманих висновків.

Практична цінність отриманих результатів.

Рекомендації, які отримані під час дослідження бістабільних поляризованих електромагнітних актуаторів, забезпечили створення дослідних зразків актуаторів, що не поступаються по характеристикам кращим закордонним аналогам, а дослідження розробленої мультифізичної моделі контактної системи, дозволили підвищити здатність до вмикання вимикача, а також виявити причини й шляхи усунення такого явища як «вторинна» вібрація контактів. Завдяки розробленої удосконаленої мультифізичної моделі термічної стійкості вимикача отримані рекомендації щодо конструкції контактної системи, які дозволили проаналізувати термічну стійкість вимикача та намітити шляхи її підвищення. Дослідження схем керування актуатором дали можливість визначити параметри елементів схем, що забезпечують надійну роботу вимикача.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в ООО НПП "Укренергокомплекси-2" (м. Харків), ТОВ "АВМ АМПЕР" (м. Кременчуг), в навчальному процесі НТУ "ХП".

Апробація результатів дисертації підтверджується тим, що основні положення та результати роботи доповідались на Міжнародних симпозіумах.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 31 роботу. З них у наукових

фахових виданнях України – 26 робіт та 5 робіт опубліковано в іноземних виданнях. З загальної кількості робіт: 5 входять до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science; 7 входять до міжнародної наукометричної бази даних Index Copernicus.

Наукові публікації автора в цілому адекватно відображають зміст дисертації та всі положення, що винесені на захист.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертаційної роботи, а його оформлення відповідає чинним вимогам за своїм обсягом, структурою і змістом.

Використання у докторській дисертації результатів наукових досліджень захищеної кандидатської дисертації.

На захист докторської дисертації не виносяться положення, за якими було захищено кандидатську дисертацію.

Зауваження по дисертаційній роботі.

1. Пункт 7 наукової новизни отриманих результатів бажано було б надати в іншій редакції: "Уточнено характер протікання перехідних процесів у складних нелінійних електричних колах із взаємною індуктивністю за допомогою імітаційних моделей...".

2. У висновках по розділам дисертації, загальних висновках акцент робиться на мультифізичні моделі, а в пунктах 3, 4, 6, 7 наукової новизни фігурує термін "методи".

3. Деякі з висновків по розділам дисертації подано як перелік зробленого (по розділу 2, тощо).

4. Часто використовуються недопустимі в технічній літературі висловлювання, які нічого не відображають: "...добре апроксимують...", "...істотно поліпшити точність..." (у висновках другого розділу), тощо.

5. Деякі рисунки дисертації проаналізовано на недостатньому рівні: рис. 2.12÷2.16, тощо.

6. На сторінках 82-85 зайвий детальний опис апроксимації кривої намагнічування.

7. Додаток Г неінформативний і потребує додаткового опису.
8. В роботі зустрічаються орфографічні помилки і неточності.
9. Зустрічаються практично ідентичні рисунки (рис. 1.26, рис. 3.1)

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

Висновок.

Дисертаційна робота Байди Євгена Івановича «Мультифізичні моделі високовольтних вакуумних вимикачів з поляризованими бістабільними актуаторами в динамічних режимах» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.09.01 – електричні машини та апарати. Дисертація є завершеною науковою роботою, в якій вирішена важлива науково-прикладна проблема розвитку теорії електричних апаратів у напрямку уточнення протікання динамічних процесів в вакуумних вимикачах, розробки мультифізичних моделей цих процесів та технічних рішень, спрямованих на удосконалення конструкції вакуумних вимикачів і підвищення надійності їх роботи.

Враховуючи новизну, теоретичну і практичну значимість виконаних досліджень, вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам п. п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», щодо докторських дисертацій, а здобувач Байда Євген Іванович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.01 – електричні машини і апарати.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач відділу електромеханічних
систем Інституту електродинаміки
Національної академії наук України

Мазур

Мазуренко Л.І.

