

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію

Мазур Тетяни Андріївни

«Хвильові процеси в обмотках трансформаторів під час дії на них імпульсних перенапруг»

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи

Актуальність теми дисертаційної роботи. Надійне та якісне електропостачання неможливе без забезпечення працездатності та довговічності в електричних мережах силових трансформаторів. Тому традиційно вважається, що кратність перенапруги в електричних мережах середньої та високої напруги, не повинна перевищувати критичних рівнів для обраної ізоляції трансформаторів. Як наслідок, зазвичай немає необхідності у використанні спеціальних захисних пристроїв. Але досвід експлуатації сучасних електричних мереж вказує на можливість появи особливих нетрадиційних внутрішніх перенапруг, зокрема, внаслідок хвильових процесів в обмотках. Ці процеси породжуються імпульсними завадами і спричиняють пошкодження обмоток вищої напруги. В дисертаційній роботі Мазур Тетяни Андріївни за допомогою математичного моделювання фізичних процесів у силовому трансформаторі виконано оцінювання можливих наслідків дії імпульсних перенапруг на ізоляцію обмоток.

Таким чином, можна зробити висновок, що дисертаційна робота має за мету вирішення актуального для електроенергетики наукового завдання, що полягає в розробці нових та вдосконаленні існуючих моделей і методів дослідження електромагнітних процесів в обмотках трансформаторів електричних мереж. Це дозволяє попереджати виникнення та розвиток небезпечні аварійних процесів в електричних мережах, а також збільшити термін безпечної експлуатації силових трансформаторів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в рамках планів науково-дослідних робіт кафедри "Електричні станції" НУ "Львівська політехніка": "Дослідження внутрішніх перенапруг в електричних мережах 6-10 кВ ВАТ «Львівобленерго»" (ДР № 0105U004846) та "Дослідження усталених режимів в електричних мережах ВАТ «Закарпаттяобленерго»" (ДР № 0107U010252).

Ступінь обґрунтованості висновків, рекомендацій та наукових положень. В представленій до захисту дисертаційній роботі основними результатами досліджень автора є нові математичні моделі трансформатора та удосконалення методів аналізу електромагнітних хвильових процесів в них. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечені перш за все коректними постановками завдань, а також опрацюванням значної кількості вітчизняних та закордонних наукових праць. Для розв'язання поставлених задач використовувались постулати та теореми теоретичної електротехніки, були застосовані методи математичного моделювання.

Вперше запропонована нова модель високовольтного трансформатора, яка враховує розосередженість електричних параметрів, що дозволяє здійснювати розрахунок розподілу напруги вздовж обмотки трансформатора. Вона дає можливість виконувати аналіз впливу елементів конструкції на характерні режими і, як наслідок, визначати кількісні значення параметрів електромагнітних процесів у вибраних точках обмоток під впливом імпульсних перенапруг електричної мережі.

Вперше використано метод розділення змінних для розв'язання інтегрально-диференціальних рівнянь, які описують хвильові процеси в обмотках трансформаторів, що дозволило автору дослідити процеси в обмотках як з частотою, що відповідає всій обмотці, так і з власною частотою.

Значення отриманих результатів для теорії і практики. Здобувачем розроблена нова математична модель, що адекватно відтворює хвильові електромагнітні процеси в обмотках трансформатора з урахуванням

розосередженості електричних параметрів. Практична цінність теоретичних досліджень для електроенергетичної галузі полягає в створенні методу розрахунку хвильових процесів в обмотках високовольтних трансформаторів під час імпульсних перенапруг, який дає можливість оцінити реальну електричну міцність ізоляції трансформаторів.

На підставі теоретичних досліджень створено комплекс цифрових моделей, що використовуються у навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка». Також виконані дослідження внутрішніх перенапруг в електричних мережах різного рівня ієрархії, зокрема в ПАТ «Закарпаттяобленерго».

Таким чином, підтверджується значимість результатів виконаних досліджень для практики.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності. У вступі викладені актуальність роботи, мета та задачі дослідження, наукова новизна та практичне значення одержаних результатів, відомості про публікації автора за темою дисертації та апробацію результатів на наукових конференціях. Обсяг та форма вступу відповідають загальноприйнятим вимогам до кандидатської дисертації, і є цілком достатніми для ознайомлення з вихідними передумовами і змістом положень, що виносяться автором на захист.

У першому розділі наведено класифікацію перенапруг в електричних мережах і причин їх розвитку. Проведено аналіз перенапруг у силових трансформаторах та існуючих методів їх визначення. Сформульовано мету теоретичних досліджень – створення математичної моделі для розрахунку внутрішніх перенапруг, яка б гарантувала знаходження технічно та економічно виправданого рівня ізоляції. Такий рівень повинен витримувати усі перенапруги, які виникають під час експлуатації, але не бути надмірним.

В другому розділі розроблено математичні моделі обмоток трансформатора і показано, як з допомогою цих моделей виконуються дослідження електромагнітних хвильових процесів в силових трансформаторах.

У третьому розділі виконано дослідження вільних коливань в обмотці трансформатора за різних форм імпульсних перенапруг, а також розглянуто особливості математичного моделювання вільних коливань в обмотці трансформатора з врахування взаємоіндукції між витками.

У четвертому розділі розглянуто використання перетворення Лапласа для аналізу процесів в обмотках трансформатора. Отримані вирази для визначення значень напруги в будь-якій точці обмотки.

Загальні висновки по дисертації є коректними та відображають наукові й практичні результати, отримані автором.

Структура дисертації, послідовність викладення матеріалу та його обсяг відповідають встановленим вимогам. Назва теми дисертації відповідає змісту останньої. Дисертація написана в зрозумілій, доступній формі. Стиль викладення матеріалу логічний, основні положення достатньо аргументовані, в тому числі посиланнями на літературні джерела. В цілому можна зробити висновок про завершеність даної дисертаційної роботи.

Повнота викладу результатів дисертаційної роботи в опублікованих працях. Основні наукові положення дисертаційної роботи опубліковані у 15 друкованих роботах, з них: 5 статей у фахових наукових виданнях України (2 з них індексуються в міжнародних наукометричних базах даних), 1 монографія, 1 підручник (з грифом МОН України), 8 – у матеріалах наукових конференцій (одна з них індексована в міжнародній наукометричній базі даних Scopus). Їх зміст та повнота викладення матеріалів роботи відповідають вимогам, що встановлені директивними документами.

Автореферат дисертації повністю відображає основні положення дисертаційної роботи, відповідає її змісту та документу «Основні вимоги до дисертацій та авторефератів дисертацій».

Основні зауваження по роботі

1. При виконанні класифікації внутрішніх перенапруг, автор стверджує, що для виникнення параметричного резонансу необхідно джерело

механічної енергії, що періодично змінює параметри елементів електричного коливального кола. Це дещо обмежене визначення, оскільки така зміна параметрів може відбуватись не тільки механічним шляхом. Наприклад, ферорезонанс теж відноситься до параметричних резонансів, оскільки виникає в результаті зміни величини індуктивності в коливному колі під дією прикладеної напруги. Тому схема на рис. 1.1., є не досить коректною.

2. Не зрозуміло, чому автор вважає, "що термін перенапруга є умовним у тому значенні, що не всяка перенапруга спричиняє реальну небезпеку порушення електричної міцності ізоляції" (стор.14). Цей термін визначає співвідношення між номінальним і реальним значеннями напруги в електричній мережі, а дія на ізоляцію є тільки одним з наслідків порушення цього співвідношення.

3. Автор стверджує, що вимкнення трансформаторів надвисокої напруги супроводжуються перенапругами фактично безпечними для ізоляції. Це вона пояснює сприятливим впливом шунтувальних опорів межах 100 - 200 кОм на полюс у вимикачах, що комутують трансформатори в ненавантаженому стані (стор. 22). Але цей висновок відноситься до застарілих вимикачів традиційної конструкції. Сучасні швидкодіючі елегазові вимикачі, як правило, не мають шунтувальних опорів. Зниження рівнів перенапруг в них досягається керуванням процесу комутації за допомогою програмного пристрою.

4. Можна погодитись, що наявність в схемах електричних мереж елементів з нелінійними характеристиками у вигляді трансформаторів з феромагнітними осердями дійсно викликає цілий ряд неприємних фізичних явищ, в тому числі і перенапруг, але не можна це вважати недоліком "схем із силовими трансформаторами". А які інші схеми електричних мереж можна запропонувати?

5. Автор досить багато уваги приділив методу моделювання "чорна скринька". Хоча при виконанні досліджень цей метод не використовує: всі

моделі спираються на закони електротехніки, записані у вигляді диференціальних рівнянь та коректні математичні перетворення.

6. Можна погодитись з автором, що електромагнітна взаємоіндукція відіграє вирішальну роль у виникненні й характері нестационарних процесів у обмотках трансформатора і суттєво впливає на значення розрахункових перенапруг (стор. 79). Тим більше незрозуміло, чому автор приділяє в роботі стільки уваги та місця неточній математичній моделі трансформатора без врахування взаємоіндукції між витками?

7. При дослідженні хвильових процесів в трансформаторах під дією зовнішніх імпульсів напруги, автор описує їх форму відповідно з прийнятими нормативними документами. Але після того моделюється дія прямокутного імпульсу, який практично не зустрічається в електричних мережах загального призначення.

8. Незважаючи на в цілому високий рівень оформлення дисертаційної роботи, в ній все-таки наявні описки та неточності в оформленні. Наприклад, на рис. 1.2 відсутні позначення, які є наявними в підписі під ним.

Зазначені зауваження не мають принципового характеру, не ставлять під сумнів наукову новизну або достовірність одержаних в дисертації результатів та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок

Дисертаційна робота **Мазур Тетяни Андріївни** на тему «Хвильові процеси в обмотках трансформаторів під час дії на них імпульсних перенапруг», є закінченою науковою працею. За отриманими науковими результатами та змістом дана дисертаційна робота повністю відповідає паспорту спеціальності 05.14.02 - «Електричні станції, мережі і системи». У дисертації за результатами виконаних автором досліджень вирішено важливе науково-практичне завдання розрахунку внутрішніх перенапруг в обмотках силових трансформаторів з метою підвищення ефективності їх проектування та експлуатації.

Виходячи з актуальності теми, достатніх рівнів достовірності та наукової новизни результатів, теоретичного та практичного значень, повноти викладу в опублікованих працях, апробації основних положень, вважаю, що дисертаційна робота цілком відповідає вимогам п.п. 9, 11 і 12 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 зі змінами відповідно до постанови Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015, а її автор, Мазур Тетяна Андріївна, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи.

Офіційний опонент,
завідувач відділу оптимізації систем електропостачання
Інституту електродинаміки НАН України,
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник



Ю.І.Тугай

підпис *Тугай Ю.І.* засвідчую:
Інституту електродинаміки
Нац. Академії наук України
Славоєвська Т.А.

