

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Загайнової Олександри Анатоліївни

«Підвищення ефективності експлуатації високовольтних вводів за рахунок зниження технічних ризиків»,

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

Актуальність теми дисертації

Для електроенергетики України забезпечення надійного постачання електричної енергії споживачам в умовах зношеності обладнання електричних мереж є важливою задачею.

Вирішенню завдання оцінки технічного стану обладнання електричних мереж останнім часом надається все більшого значення. Однак існуюча різноманітність обладнання електричних мереж, складність процесів, що призводять до погіршення стану обладнання в умовах тривалої експлуатації, а також постійний розвиток та вдосконалення методів оцінки стану обладнання електричних мереж приводять до необхідності подальших досліджень в цій галузі.

Вітчизняний та зарубіжний досвід експлуатації показує, що високовольтні маслонаповнені вводи класом напруги 110 кВ та вище, встановлені на силових трансформаторах та масляних вимикачів, були причиною багатьох аварій на них, які супроводжувались вибухом і пожежею устаткування, що, в свою чергу, призводила до значних матеріальних збитків через необхідність ремонту або повної заміни. Тому достовірність прийнятого рішення про технічний стан високовольтних вводів при проведенні періодичних випробувань є дуже важливим фактором для експлуатаційної надійності устаткування.

Рішення про технічний стан вводів при проведенні періодичних випробувань приймається на підставі порівняння виміряного значення показника з його гранично допустимим значенням. Очевидно, що надійність роботи обладнання буде багато в чому залежати від того, наскільки коректне обрані граничні значення цих показників, наскільки адекватно вони відображають особливості процесів старіння ізоляції вводів і наскільки повно вони враховують вплив експлуатаційних факторів на інтенсивність старіння. В той же час динаміка зміни показників ізоляції в часі не враховується. Дана обставина істотно ускладнює перехід на обслуговування обладнання електричних мереж за поточним станом, а не за календарним планом. Більш того, характер залежностей показників ізоляції високовольтних вводів від тривалості експлуатації практично не досліджений. Тому удосконалення методів і критеріїв оцінки технічного стану високовольтних вводів в умовах тривалої експлуатації та обґрунтованості прийняття рішень до їх подальшої експлуатації є актуальним, та значущим науково-практичним завданням,

вирішення якого дозволить підвищити ефективність експлуатації як високовольтних вводів, так і силових трансформаторів та масляних вимикачів напругою 110 кВ та вище, що дасть можливість забезпечити надійне електропостачання споживачів електроенергії. Таким чином можна зробити висновок, що дисертаційна робота є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами
Актуальність дисертаційної роботи підтверджується також тим, що дослідження роботи пов'язані з виконанням планових науково-дослідних робіт кафедри передачі електричної енергії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» та у відповідності до НДР МОН України «Розробка системи безперервного контролю внутрішньої ізоляції обладнання об'єктів електричних систем» (DPN № 0100U001673) та «Розробка теоретичних засад створення інформаційно-діагностичного комплексу для оцінювання стану об'єктів електроенергетичної системи» (DPN 0106U001490), де автор була відповідальним виконавцем та виконавцем окремих етапів.

Короткий аналіз змісту дисертації і відповідність його поставленим задачам

Дисертаційна робота Загайнової О.А. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, вказано на зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет досліджень, показано наукову новизну та практичну значущість роботи.

У **першому розділі** проведено аналіз експлуатаційної надійності високовольтних маслонаповнених вводів, методи та критерії оцінки стану їх ізоляції.

У **другому розділі** проаналізовано основні критерії, що використовуються для визначення гранично допустимих значень показників ізоляції обладнання електричних мереж. Встановлено, що для показників ізоляції високовольтних вводів найбільш доцільно використовувати критерії мінімуму середнього ризику. Виконано аналіз експлуатаційних чинників, що впливають на інтенсивність старіння ізоляції високовольтних вводів в умовах тривалої експлуатації. Проаналізовано закони розподілу показників ізоляції для справних та дефектних високовольтних маслонаповнених вводів як герметичного, так і негерметичного виконання. Встановлено, що, на значення показників в справних вводах значущий вплив здійснюють значення струмів завантаження вводів і склад споживачів.

Встановлено, що значення показників ізоляції як в справних, так й в дефектних вводах можуть бути описані розподілом Вейбулла, при цьому математичні очікування показників справних високовольтних вводів

зміщуються в область більш високих значень зі зростанням завантаження вводів.

Також встановлено, що функції щільності розподілів показників для дефектного та справного стану перетинаються, це свідчить про те, що принципово неможливо визначити гранично допустимі значення показників, які не призводили до хибних рішень.

За результатами аналізу кореляційних зв'язків між показниками ізоляції вводів обґрунтовано можливість використання одномірних розподілів показників ізоляції високовольтних вводів для визначення гранично допустимих значень методом мінімального ризику.

Запропоновано метод визначення гранично допустимих значень показників ізоляції високовольтних вводів, який відрізняється від існуючих тим, що гранично допустимі значення показників визначаються за рахунок мінімізації функції середнього ризику з урахуванням розподілу значень показників для справного та дефектного станів, а також з урахуванням особливостей конструкції вводів та режимів їх експлуатації, що забезпечує мінімум можливих збитків в разі прийняття хибних рішень.

Встановлено, що при погіршенні умов експлуатації справних вводів, значення ймовірності прийняття правильних рішень зменшується, а значення ризику і, відповідно, величина можливих економічних втрат зростає. Збільшення ймовірності виникнення дефекту і його умовної вартості, а також збільшення терміну експлуатації вводів і їх завантаження призводять до зниження гранично допустимих значень показників. Доведено, що гранично допустимі значення показників ізоляції не можуть бути незмінними, а повинні коригуватися з урахуванням струмів завантаження вводів, складу споживачів, терміну експлуатації та інших чинників.

У **третьому розділі** на основі аналізу часових рядів показників ізоляції високовольтних вводів встановлено, що в справних вводах як герметичного, так і негерметичного виконання швидкість старіння ізоляції істотно відрізняється.

При цьому істотні відмінності виявлені і для значень вільних членів регресійних рівнянь, побудованих за результатами випробувань для окремих вводів. У результаті має місце істотний розкид значень показників ізоляції високовольтних вводів, який спостерігається на всіх інтервалах експлуатації.

Встановлено, що розвиток дефектів у високовольтних вводах може призвести не тільки до зміни значень показників ізоляції, що відомо і широко використовується, але і до зміни характеру залежностей показників від тривалості експлуатації.

Запропоновано метод раннього прогнозування несправностей високовольтних вводів, який полягає в тому, що для визначення стану вводу визначаються коефіцієнти парної кореляції між показниками і тривалістю експлуатації, між показниками в аналізованому вводі і показниками вводів сусідніх фаз. Рішення про наявність дефекту вводу приймається при наявності

значущої кореляції між показниками ізоляції вводів та тривалістю експлуатації, при наявності значущої кореляції між показниками ізоляції вводу, та при відсутності значущої кореляції між показниками ізоляції вводу, котрий діагностується, та показниками ізоляції вводів, встановлених на сусідніх фазах, незалежно від того, вийшли значення показників за межі гранично допустимих значень, чи ні.

У **четвертому розділі** вдосконалено метод безперервного контролю внутрішньої ізоляції конденсаторного типу в маслонаповненому енергетичному обладнанні високої напруги, який відрізняється від існуючих тим, що для контролю стану ізоляції високовольтних вводів виконується оцінка не тільки значень струму витоку та тангенса кута діелектричних втрат, але й зміни втрат активної потужності, що дозволяє виявляти дефекти на ранній стадії. Для практичної реалізації удосконаленого методу розроблено дослідний зразок пристрою безперервного контролю електричних параметрів внутрішньої ізоляції конденсаторного типу в маслонаповненому високовольтному обладнанні.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані достатньо чітко і виразно та відповідають змісту дисертаційної роботи. Список використаних джерел достатньо повний і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації із 166 найменувань.

Зміст автореферату відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває внесок здобувача в наукові результати та практичну цінність роботи.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

У дисертації Загайнова О.А. отримала такі результати, які мають суттєву **наукову новизну**:

1. Отримав подальший розвиток метод оцінки впливу експлуатаційних чинників на інтенсивність старіння ізоляції, який відрізняється від існуючих урахуванням струму завантаження та складу споживачів, що дозволяє підвищити достовірність оцінки стану високовольтних вводів шляхом коригування гранично допустимих значень показників.

2. Вперше науково обґрунтовано, що значення показників ізоляції в справних та дефектних вводах можуть бути описані розподілом Вейбулла, при цьому математичні очікування показників справних високовольтних вводів зміщуються в область більш високих значень зі зростанням завантаження вводів, а функції щільності розподілів показників для дефектного та справного стану перетинаються, що робить неможливим визначення гранично допустимих значень показників, використання яких не призводить до хибних рішень під час експлуатації.

3. Вперше запропоновано метод визначення гранично допустимих значень показників ізоляції високовольтних вводів в якому вони визначаються за рахунок мінімізації функції середнього ризику з урахуванням розподілу значень показників для справного та дефектного стану, а також особливостей конструкції вводів та режимів їх експлуатації, що забезпечує мінімум можливих збитків в разі прийняття хибних рішень.

4. Вперше науково обґрунтовано, що розвиток дефектів у високовольтних вводах може призвести не тільки до зміни значень показників ізоляції, але і до зміни характеру залежностей показників від тривалості експлуатації, а поява статистично значущої систематичної складової в залежностях показників від тривалості експлуатації є свідченням наявності дефекту, навіть якщо значення показників не перевищують гранично допустимої величини, що дозволяє виявляти несправності вводів на ранній стадії їх розвитку.

5. Знайшов подальший розвиток метод безперервного контролю стану внутрішньої ізоляції, який відрізняється від існуючих тим, що для контролю стану ізоляції високовольтних вводів виконується оцінка не тільки значень струму витоку та тангенса кута діелектричних втрат, але й зміни втрат активної потужності, що дозволяє виявляти дефекти на ранній стадії.

Основні результати дослідження **достатньо апробовані**. Вони доповідались на науково-технічних конференціях. Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені у 30 наукових працях, з них: 20 статей у фахових наукових виданнях України, в тому числі 3 з них включені до міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS та 1 включена до міжнародної наукометричної бази Web of Science, 2 патенти на корисну модель, 8 – у матеріалах конференцій.

Достовірність результатів дослідження підтверджується коректністю вихідних наукових положень та постановки математичних задач, процедур математичного аналізу і методів математичного моделювання.

Практична цінність отриманих результатів.

На підставі виконаних досліджень розроблена методика статистичної обробки результатів періодичних випробувань. Алгоритмічно розроблені та програмно реалізовані окремі модулі інформаційно-аналітичної системи «СИРЕНА», яка на теперішній час розробляється на кафедрі «Передача електричної енергії» НТУ «ХП», що реалізують метод для визначення гранично допустимих значень показників ізоляції високовольтних вводів, а також метод раннього прогнозування стану високовольтних вводів. Виготовлено дослідний зразок пристрою безперервного контролю електричних параметрів внутрішньої ізоляції конденсаторного типу в маслонаповненому високовольтному обладнанні як елемент АСК ТП ПС для впровадження на ПС «Артема-330 кВ» Північної електроенергетичної системи НЕК «Укренерго» для

контролю під робочою напругою вводів 110 кВ і 330 кВ трифазного силового автотрансформатора. Результати дисертаційної роботи впроваджені в АК «Харківобленерго» а також у навчальному процесі кафедри передачі електричної енергії НТУ «Харківський політехнічний інститут» для студентів 141 спеціальності.

Зауваження за змістом дисертації

1. В дисертаційній роботі в першому розділі не наведені дані про будову високовольтних вводів на напругу 110 кВ та вище різної конструкції (маслонаповнених негерметичних 1960-1970-х років випуску та герметичних, що виготовлялися у 70-80-х роках минулого сторіччя).
2. Відсутні відомості про негативний вплив зменшення або збільшення поточних показників оцінки стану вводів (тангенс кута діелектричних втрат, ємність вводів, опір ізоляції) відносно встановленого граничного значення на їх подальшу роботу та надійність роботи.
3. При певному допрацюванні математичний апарат, що застосовується в дисертації, впевнений, може бути успішно використаний для діагностування сучасних вводів з RIP-ізоляцією. На жаль, дисертаційна робота цю проблему не вирішує.
4. В дисертаційній роботі розглянутий випадок, коли діагностування стану високовольтних вводів проводиться по показникам, котрі не повинні бути більшими за встановлене нормативними документами України граничне значення. Це вірно для таких параметрів як тангенс кута діелектричних втрат та ємність основної та додаткової ізоляції. Але для такого діагностичного показника як опір основної та додаткової ізоляції вводу поточне значення повинно бути завжди більше гранично допустимого значення. Така ситуація в дисертаційній роботі не розглянута.
5. На графіках залежності показників ізоляції від тривалості експлуатації, наведених в дисертації на рис. 3.3 в, 3.4в, 3.5в опір ізоляції вимірюється в МОм. Тоді як правильно було б – в МОм (опір ізоляції високовольтних вводів вимірюється не в мілліомах, а в мегаомах).
6. У роботі є стилістичні неточності та описки (наприклад, «лінійного, так і нелінійного зв'язків» в першому абзаці знизу на стор. 81, «не суперечить отриманим раніше результатами» у першому абзаці знизу на стор. 112).

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

Висновок

Дисертаційна робота Загайнової Олександри Анатоліївни «Підвищення ефективності експлуатації високовольтних вводів за рахунок зниження технічних ризиків» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.14.02

– електричні станції, мережі і системи. Дисертаційна робота має значну наукову цінність, є закінченою науково-дослідною роботою, що розв'язує важливу науково-практичну задачу підвищення ефективності експлуатації високовольтних вводів за рахунок зниження технічних ризиків шляхом удосконалення методів і критеріїв оцінки технічного стану високовольтних вводів в умовах тривалої експлуатації.

Робота за актуальністю теми, обґрунтованістю та достовірністю наукових положень, новизною досліджень і практичною цінністю отриманих результатів відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами, затвердженими Постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р., № 656). Її автор, Загайнова Олександра Анатоліївна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи.

Офіційний опонент,
начальник лабораторії
цеху електропостачання

Приватного акціонерного товариства «Азот» м. Черкаси,
кандидат технічних наук

с.д.с.

Бедерак Я.С.

13.04.2021

Підпис Бедерака Я.С. засвідчую.

Начальник відділу кадрів ПрАТ «АЗОТ»



Овчаренко Л.М.

Відавив надійшов «__» _____ р.
Вчений секретар спец. ради _____