

## ВІДГУК

офіційного опонента д.т.н., проф. Говорова П. П.  
на дисертаційну роботу Загайнової Олександрі Анатоліївни  
**«Підвищення ефективності експлуатації високовольтних вводів за рахунок  
зниження технічних ризиків»,**  
поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за  
спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи

### **Актуальність теми.**

Тривалий досвід експлуатації енергетичного обладнання показує, що дуже часто причиною аварій є порушення ізоляції маслонаповнених високовольтних вводів. Часто це призводить до великих пожеж та тривалих простоїв, що несе велику матеріальну та фінансову шкоду для енергетичних мереж. Зараз у енергетичній галузі використовується метод оцінки стану ізоляції високовольтних маслонаповнених вводів за календарним планом. Також у методиках контролю не враховується попередні значення вимірювань стану ізоляції. Це відбувається у зв'язку з тим, що практично відсутні дослідження залежності швидкості процесів старіння ізоляції з використанням параметрів, що вимірюються у реальному часі.

Експлуатація високовольтного електроенергетичного обладнання, що відпрацювало нормативний строк служби, є актуальною проблемою, як для України, так і більшості розвинутих країн. Наприклад, деякі аналітики в Україні вважають, що сучасний стан електроенергетичного обладнання поряд з дефіцитом потужностей може стати суттєвим гальмом для економічного розвитку країни.

Автор виконав збір даних різних енергокомпаній східних регіонів України, де внаслідок високої концентрації промислових підприємств і великих міст завантаженість трансформаторів є найвищою. В результаті отримав фактичні дані по трансформаторам напругою 110 кВ, потужністю від 6,3 до 63 МВА. Аналіз та узагальнення результатів численних спостережень автор поставив собою за головну задачу дослідження. Тому автор вибрав шлях статистичного аналізу результатів профілактичних випробувань стану ізоляції вводів. Це дало можливість дослідити основні закономірності зміни показників у часі під дією сильних електричних полів та високих струмів, проаналізувати вплив умов експлуатації на інтенсивність старіння ізоляції та розробити більш досконалі методи оцінки стану ізоляції.

Тому запропонована методика удосконалення методів оцінки стану ізоляції вводів може суттєво збільшити надійність експлуатації цього обладнання та зменшити вирогідність аварій.

В зв'язку з цим тема дисертаційної роботи Загайнової Олександрі Анатоліївни «Підвищення ефективності експлуатації високовольтних вводів за рахунок зниження технічних ризиків» є актуальною та важливою для сучасної енергетики.

## **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Основні наукові положення дисертації мають досить високий рівень обґрунтованості. Автор впевнено та коректно використовує апарат математичної статистики, дисперсійного аналізу, теорії часових рядів для обробки результатів періодичних іспитів та встановлення закономірностей зміни показників ізоляції у часі. Отримані висновки та розроблені автором методи оцінки стану високовольтних вводів трансформаторів логічно пов'язані з отриманими результатами статистичної обробки результатів періодичних випробувань показників ізоляції вводів по трансформаторам, напругою 110 -220 кВ з 6 регіонів України.

**Достовірність результатів досліджень**, сформульованих у дисертації, визначається тим, що вони спираються на коректний аналіз фактичного стану ізоляції, який визначається на основі стандартизованих методів дослідження і фахових результатів моніторингу, виконаного сертифікованими лабораторіями облenergo.

**До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:**

1. Удосконалено метод оцінки впливу експлуатаційних чинників на інтенсивність старіння ізоляції, що дозволяє підвищити достовірність оцінки стану високовольтних вводів шляхом коригування гранично допустимих значень показників.
2. Теоретично обґрунтоване, що значення показників ізоляції в справних та дефектних вводах можуть бути описані розподілом Вейбулла. А також що розвиток дефектів у високовольтних вводах може призвести до зміни характеру залежностей показників від тривалості експлуатації, що дозволяє виявляти несправності вводів на ранній стадії їх розвитку.
3. Вперше запропоновано метод в якому гранично допустимих значень показників визначаються за рахунок мінімізації функції середнього ризику
4. 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.

Аналізуючи **наукову новизну** отриманих результатів, в першу чергу треба виділити абсолютно новий підхід до рішення задач діагностики стану високовольтних вводів трансформаторів, який запропоновано та реалізовано в роботі. Цей підхід базується на органічному поєднанні сучасних методів діагностики з фізичними особливостями процесів старіння ізоляції та обліку експлуатаційних факторів, що впливають на їх інтенсивність. Особливо, на мій погляд, заслуговує уваги розроблений автором метод визначення гранично

передбачених значень показників ізоляції вводів методом мінімізації ризиків експлуатації, який докорінно відрізняється від існуючих аналогів.

### **Повнота викладу в опублікованих працях наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

За результатами дисертаційної роботи Загайнової О. А. опубліковано 30 наукових публікацій, з яких 20 статей – у наукових фахових виданнях України, в тому числі 4 із них – у міжнародних науково-метричних базах даних (3 – Scopus, 1 – Web of Science), 2 – патенти України на корисну модель, 8 – у матеріалах конференцій. В цих роботах достатньо повно викладені основні наукові положення, що сформульовані в дисертації.

У цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

### **Значимість отриманих результатів для практичного використання.**

Дисертаційна робота Загайнової Олександрі Анатоліївни «Підвищення ефективності експлуатації високовольтних вводів за рахунок зниження технічних ризиків» виконувалась відповідно з держбюджетними темами «Розробка системи безперервного контролю внутрішньої електричної ізоляції обладнання об'єктів електричних систем» (№ ДР 0100U001673) та «Розробка теоретичних основ створення інформаційно-діагностичного комплексу для контролю ізоляції об'єктів електроенергетичної системи» (№ ДР 0103U001512). Практичними результатами роботи є методи, що дозволяють виконати оцінку ступеню старіння ізоляції вводів. Ці методи впроваджені в службі ізоляції і грозозахисту АК «Харківобленерго».

Результати дисертаційної роботи Загайнової Олександрі Анатоліївни впроваджені в учбовий процес на кафедрі «Передача електричної енергії» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Є відповідні акти впровадження.

### **Аналіз змісту дисертації.**

Дисертаційна робота Загайнової О. А. складається з анотації двома мовами, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету й задачі, визначено об'єкт і предмет досліджень, наукову новизну та практичне значення роботи.

**В першому розділі** розглянуто основні методи, що використовуються для контролю стану ізоляції високовольтних вводів під робочою напругою. Проаналізовано основні напрямки удосконалення методів оцінки технічного стану високовольтних вводів, що застосовуються закордонними дослідниками. Дана коротка характеристика сучасних інформаційно-вимірювальних систем та систем моніторингу, що використовуються для оцінки технічного стану обладнання електричних мереж.

За результатами аналітичного огляду сформульовано основні напрямки підвищення ефективності експлуатації високовольтних вводів за рахунок зниження технічних ризиків це.

**У другому розділі** встановлено, що для визначення гранично допустимих значень 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 та встановлено, що вони можуть бути описані розподілом Вейбула. Також встановлено, що принципово неможливо визначити гранично допустимі значення показників, котрі не призводили до хибних рішень.

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

Аналіз ризиків показав, що отримані гранично допустимі значення показників зменшують ризик в 1,5 -33 в порівнянні з гранично допустимими значеннями, регламентованими чинним в Україні стандартом

Доведено, що з ростом терміну експлуатації і збільшенням навантажувальних струмів, 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, отже, 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** встановлено, що в справних вводах як герметичного, так і негерметичного виконання значення кутових коефіцієнтів регресійних рівнянь, побудованих за результатами випробувань різних вводів, статистично різняться і групові середні не лежать на одній прямій. 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 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.

Запропоновано метод раннього прогнозування несправностей високовольтних вводів. 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 показано, що** для виявлення дефектів, які швидко розвиваються, в тому числі і часткових розрядів, доцільніше використовувати методи безперервного контролю під робочою напругою. Тому був запропоновано вдосконалений метод безперервного контролю внутрішньої ізоляції конденсаторного типу, в якому для контролю стану ізоляції високовольтних вводів виконується оцінка не тільки значень струму витoku та тангенса кута діелектричних втрат, але й зміни втрат активної потужності.

Розроблено та програмно реалізовано алгоритм способу контролю діелектричних характеристик внутрішньої ізоляції конденсаторного типу під робочою напругою.

Представлено 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»

Удосконалений метод безперервного контролю захищено 2 патентами на корисну модель.

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.

Оформлення автореферату відповідає нормативним документам.

**По змісту та оформленню дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:**

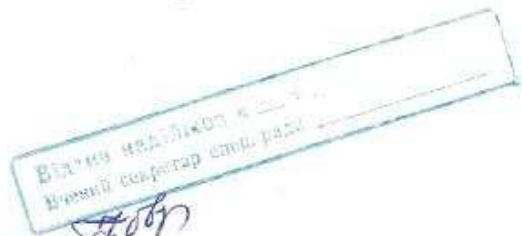
1. В розробленому автором методі прогнозування пошкоджень вводів не враховано і не оцінено вплив такого важливого фактору, як несинусоїдальність напруг та струмів і наявність у їх складі вищих гармонік.
2. В 3-ому розділі роботи авторка показує більш високу достовірність виявлення часткових розрядів в ізоляції високовольтних вводів за результатами аналізу розчинних в маслі газів в порівнянні з результатами вимірювання параметрів ізоляції на низькій напрузі. У зв'язку з цим виникає наступне питання, що для достовірної оцінки стану ізоляції вводів достатньо використовувати тільки метод розчинних в маслі газів.

3. При дослідженні процесів у високовольтних вводах автором використана двофакторна модель, що враховує взаємний вплив факторів і неаддетивність ефекту зміни їх рівнів, але за відсутністю ранжировки вибір складу факторів та їх рівнів виглядає не досить обґрунтованим.
4. З матеріалів дисертації не ясно чи враховувалось автором не лінійність параметрів вводу (ємність ізоляції, індуктивність трансформаторів тощо) при дослідженні та оцінці процесів у них нелінійні.
5. Не ясно, чи враховувалось автором похибка вимірювальних трансформаторів напруги та струму при оцінці точності роботи пристрою.
6. На показники ізоляції та результати їх виміру впливає зміна в часі параметрів мереж, однак їх оцінка відсутня у матеріалах дисертації.
7. Висновки по роботі, що наведені автором, у значній ступені повторюють пункти завдання та наукової новизни і не завжди мають чисельну оцінку отриманих результатів. Крім того, в роботі мають місце певні стилістичні та граматичні помилки, але їх численність не перевищує норму.

### 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 наукову задачу підвищення ефективності експлуатації високовольтних вводів за рахунок зниження технічних ризиків. 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,  
Професор кафедри  
«Світлотехніки та джерел світла»  
Харківського національного університету  
міського господарства ім. О. М. Бекетова  
доктор технічних наук, професор



П. П. Говоров

*Лідше підтверджено*  
*Першим проректором*



*Л. В. Студник*