

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію **Бінкевича Тараса Володимировича** на тему **«Надійність систем грозозахисту повітряних ліній електропередавання з врахуванням впливу випадкових факторів»**, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи

Актуальність теми дисертації

Атмосферні перенапруги багато в чому є причиною великого значення SAIDI (System Average Interruption Duration Index) для електричних мереж України. За звітом про результати діяльності у 2017 році, затвердженим постановою НКРЕКП, це десь 400–500 год/рік для сільських електричних мереж, тоді як в європейських країнах це 100–150 год/рік. Інтенсивність грозових пошкоджень залежить від частоти грозових впливів і здатності електроустановок протистояти ударам блискавки. Через велику зношеність електрообладнання (ліній електропередавання, електрообладнання трансформаторних підстанцій, тощо) наслідки атмосферних перенапруг стають все тяжчі. Очевидно, що для зменшення SAIDI необхідно вкладати кошти для реконструкцій і модернізації електроустановок, а також удосконалювати системи грозозахисту. Наявні засоби грозозахисту забезпечують певний рівень грозостійкості, але проблема аналізу та удосконалення існуючих пристроїв та систем захисту залишається актуальною.

Недоліком існуючих моделей ймовірнісної оцінки інтенсивності відмов електрообладнання систем є те, що вони можуть враховувати лише обмежену кількість випадкових факторів, які визначають грозостійкість електроустановок. Це негативно впливає на достовірність показників надійності та ускладнює оптимізацію схем грозозахисту. Метою дисертаційної роботи Бінкевича Т.В. є дослідження та аналізу випадкових факторів, які впливають на ефективність систем грозозахисту та розрахунки їх надійності з врахуванням впливу випадкових факторів, що і визначає її актуальність. Ним запропоновані математична модель та програмний комплекс для розрахунків й оцінювання надійності систем грозозахисту повітряних ліній електропередавання з врахуванням впливу випадкових факторів. Це дозволяє розробити рекомендації для підвищення надійності та ефективності систем грозозахисту, що в свою чергу зменшить збитки від пошкоджень електрообладнання, зменшить SAIDI та недовідпуск електричної енергії.

Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри електроенергетики та систем управління НУ «Львівська політехніка». Дисертація виконана в межах науково-дослідної роботи «Аналіз перенапруг в електричних мережах та режими роботи вимірних трансформаторів струму й напруги в цих умовах» (№ держреєстрації 0115U004699), а також госпдоговірної роботи № 738 для ПрАТ «Львівобленерго» «Дослідження причин пошкодження електромагнітних трансформаторів напруги типу НКФ-110 кВ та розробка рекомендацій з

підвищення їх надійності та безпеки експлуатації». Автор брав участь у виконанні цих робіт як виконавець.

Короткий аналіз змісту дисертації і відповідність його поставленим задачам

В *першому розділі* виконано аналіз нових існуючих зарубіжних і вітчизняних систем грозозахисту повітряних ліній електропередавання у мережах 6–750 кВ. Розглянуто відомі конструкції, технічні характеристики та особливості роботи пристроїв грозозахисту

Розглянуто статистичні характеристики та ймовірнісні показники параметрів розряду блискавки, що можуть використовуватися для розрахунків грозостійкості ЛЕП. Встановлено, що поряд з перевагами нових зарубіжних і вітчизняних систем та засобів грозозахисту ЛЕП 6–35 кВ їм властиві і недоліки. Зокрема це більша вартість ЛЕП, необхідність застосування певної системи грозозахисту для попередження пробоїв ізоляції і перепалювання проводів силовим струмом короткого замикання тощо. Проведено аналіз заходів для підвищення ефективності грозозахисту ЛЕП за рахунок зменшення опору заземлення опор, застосування грозозахисного троса та обрання оптимального кута захисту грозо-захисного троса. Розглянуто основні переваги та особливості застосування обмежувачів перенапруг для захисту ЛЕП з номінальними напругами 6–750 кВ.

В *другому розділі* проведено аналіз та систематизацію випадкових факторів, які впливають на надійність та ефективність грозозахисту ЛЕП.

Розглянуто основні випадкові фактори, що впливають на надійність грозозахисту повітряних ліній електропередавання. Запропоновано розраховувати ймовірність грозового ураження об'єкта, враховуючи сукупність поєднаних випадкових факторів, що дозволить адекватніше оцінити надійність грозозахисту та підвищити його ефективність. Розрахунками ймовірності перекриття ізоляції ЛЕП, показано необхідність врахування взаємного зв'язку між амплітудою та крутизною струму грозової хвилі. Для забезпечення адекватної відповідності природнім процесам, запропоновано метод врахування робочої напруги шляхом поділу періоду робочої напруги на інтервали з подальшим розрахунком напруг на ізоляції на кожному інтервалі та визначення ймовірності пробою для кожної з фаз за удару блискавки в об'єкт. Отримано залежності небезпечних параметрів за різних значень імпульсного опору заземлення та розраховано ймовірність появи небезпечних перенапруг для ізоляції повітряних ліній залежно від нього. Отримано аналітичні вирази для оцінки впливу на надійність грозозахисту об'єкта відстані від місця удару блискавки в землю до осі повітряних ліній. Показано, що запропонований метод з застосуванням чисельного інтегрування справедливий як для незалежних випадкових факторів, так і для корельованих величин.

Третій розділ присвячено створенню математичної моделі для аналізу та оцінки надійності систем грозозахисту ЛЕП з врахуванням випадкових факторів.

Проаналізовано наведені в доступних джерелах моделі ймовірнісної оцінки інтенсивності вимкнень ЛЕП виявлено їх істотний недолік – врахування лише обмеженої кількості випадкових факторів, що визначають грозостійкість об'єктів. Це негативно впливає на точність розрахунків показників надійності та ускладнює оптимізацію схем грозозахисту. У запропонованій математичній моделі враховано практично всі випадкові величини, що визначають грозостійкість ЛЕП. Розроблені принципи розрахунків надійності грозозахисту забезпечують адекватність отриманих результатів відповідним природнім процесам. Розроблено програмний комплекс для розрахунку та оцінки надійності систем грозозахисту повітряних ліній з врахуванням впливу випадкових факторів. В комплексі використано основні принципи розрахунку, обгрунтовані в запропонованій математичній моделі, з врахуванням широкого кола випадкових факторів, що визначають грозостійкість ЛЕП.

В *четвертому розділі* наведено результати розрахунків надійності грозозахисту ЛЕП 110 – 330 кВ електромереж Західного регіону України.

Розраховано параметри надійності грозозахисту ЛЕП класу напруг 110–330 кВ. Для досліджуваних ЛЕП розраховано значення перенапруг на ізоляції під час удару блискавки для нормованого значення опору заземлення та для виміряного значення. Встановлено, що одним із визначальних випадкових факторів, які суттєво впливають на надійність грозозахисту ЛЕП, є значення опору заземлення опор ліній. На прикладі ЛЕП 220 кВ Західного регіону України виконано розрахунки надійності з урахуванням впливу випадкових факторів за застосування різних засобів грозозахисту. За результатами розрахунків визначено поєднання засобів грозозахисту, що забезпечують ефективну надійність систем грозозахисту повітряних ліній. Для забезпечення надійності та ефективності систем грозозахисту повітряних ліній з врахуванням впливу випадкових факторів необхідно своєчасно проводити діагностику елементів ЛЕП та їх заміну.

Таким чином, Бінкевич Т. В., провівши сукупність наукових досліджень, спираючись на сучасні методи досліджень і технічні засоби, розв'язав поставлені ним задачі і досяг поставлену в роботі мету – виконав аналіз випадкових факторів, які впливають на ефективність систем грозозахисту і розрахунки їх надійності, та розв'язав науково-практичну задачу оцінювання і підвищення надійності систем грозозахисту повітряних ліній електропередавання.

Ступінь обгрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна

В дисертації Бінкевич Т. В. отримав такі результати, які мають суттєву наукову новизну:

– обгрунтовано необхідність врахування повної сукупності випадкових факторів в розрахунках надійності грозозахисту повітряних ліній електропередавання;

– розроблено математичну модель оцінювання впливу миттєвого значення робочої напруги на ймовірність виникнення небезпечних перенапруг під час удару блискавки в ЛЕП;

– розроблено математичну модель для визначення області небезпечних параметрів з урахуванням розширеної сукупності випадкових факторів, що дає змогу визначити небезпечні для ізоляції лінії поєднання параметрів імпульсу струму блискавки.

Положення і висновки відносно суті проблеми, принципів і методів побудови математичних моделей в роботі обґрунтовані та базуються на законах електротехніки, теорії лінійних та нелінійних електричних кіл і методах математичного моделювання. Висновки по розділах і по роботі в цілому відповідають змісту дисертації і є об'єктивними. Можна стверджувати, що наведені в дисертаційній роботі Бінкевича Т. В. висновки і рекомендації щодо використання результатів досліджень достатньо обґрунтовані та відповідають дійсності. Достовірність їх забезпечена коректністю використання математичного апарату та наукових положень.

Основні результати дослідження достатньо апробовані. Вони доповідались на науково-технічних конференціях і опубліковані в 19-ти роботах, зокрема 7 у фахових виданнях, 1 стаття у закордонному науковому періодичному журналі, що входить до наукометричних баз даних Scopus, 4 тез у збірниках науково-технічних конференцій, 7 у матеріалах міжнародних конференцій. Аналіз публікацій дозволяє зробити висновок, що в них в повному обсязі опубліковані матеріали дисертації. Автореферат дисертації відображає її зміст, ідеї та висновки. У авторефераті розкрито внесок дисертанта в даний науковий напрям, розкриті новизна розробок, теоретичні і практичні значення результатів проведених досліджень.

Практична цінність отриманих результатів

Дисертаційна робота Бінкевича Т. В. містить як в теоретичному, так і в практичному плані нові рішення щодо моделей і методів аналізу та оцінювання надійності і діагностики систем грозозахисту ЛЕП. Створено та реалізовано програмний комплекс для розрахунку та оцінки надійності систем грозозахисту ЛЕП з врахуванням випадкових факторів. Запропоновано використовувати спеціальні хімічні домішки з гелеутворюючими добавками, як метод нетрадиційного зменшення опору заземлення. Сформовано ефективні комбінації поєднань засобів грозозахисту, а саме: поєднання заземлювального пристрою, збільшення довжини гірлянди ізоляторів та встановлення обмежувачів перенапруг тощо.

Результати досліджень в дисертаційній роботі Бінкевича Т. В. впроваджені в Західній електроенергетичній системі. Окремі результати роботи використовують під час викладання таких дисциплін: «Основи надійності електричних мереж і систем», «Перенапруги та координація ізоляції в електричних мережах».

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані в наукових та проектних організаціях (інститут «Енергомережпроект»), які займаються

дослідженнями та розробкою методів і засобів підвищення надійності систем грозозахисту повітряних ліній електропередавання.

Зауваження по роботі

1. В першому розділі є загальновідома інформація щодо систем грозозахисту від перенапруг – їх конструкції, матеріалів, визначення режимів, тощо.

2. В розрахунках поєднань небезпечних параметрів струму блискавки присутня невідповідність точності результатів розрахунків, наведених на графіку.

3. Грозозахист характеризується тільки опором заземлювача опори, розглядаються способи зменшення опору заземлення опор. Проте, не йдеться, яка при цьому буде напруга дотику та крокова напруга.

4. В роботі розглянуто (п. 1.3.1) конструкцію грозозахисного троса з оптоволоконним кабелем і розглянуто наслідки ушкодження обладнання після попадання блискавки. Не уточнено, що з оптоволоконним кабелем.

5. В роботі зазначено, що розряд блискавки моделюється шляхом задання розподілів амплітуди струму блискавки та крутизни струму блискавки, однак не наведено, які часові характеристики розряду блискавки використовуються в розрахунках.

6. Доцільно було б вказати в описі програмного комплексу область його застосування, а саме клас напруг досліджуваних ЛЕП, конструктивні особливості ЛЕП, тощо.

7. У характеристиці досліджуваних параметрів ЛЕП, які отримані з натурних вимірювань необхідно було б зазначити погодні умови (опаді, вологість повітря, ґрунту тощо) під час вимірювань. Відомо, що такі фактори впливають на отримані результати.

8. Адекватність розроблених моделей обґрунтовано, але відсутній аналіз їх на чутливість до зміни вихідних даних. Це варто було б зробити. Тут можна було б отримати цікаві результати щодо визначення кривих небезпечних параметрів.

9. Щодо загальної оцінки змісту, структури та оформлення результатів роботи. В тексті зустрічаються графіки та функційні залежності на яких не вказано розмірності відповідних величин. У роботі зустрічаються граматичні помилки, стилістичні неточності та описки, але кількість їх допустима. Путаються такі поняття як «величина» і «значення» (величина струму, величина опору). Зловживається прийменниковим сполученням «за» там, де потрібно «під час», «коли».

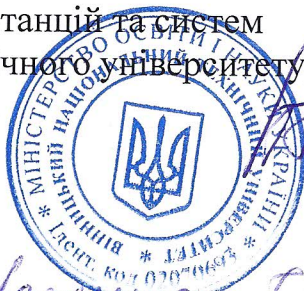
Зазначені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву результати досліджень. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Бінкевича Т. В.

Висновки

Зміст дисертації Бінкевич Тараса Володимировича відповідає спеціальності 05.14.02, за якою вона представлена до захисту. Дисертаційна робота має значну наукову цінність, є закінченою науково-дослідною роботою,

яка присвячена вирішенню важливої і складної проблеми для електроенергетики – оцінювання і підвищення надійності систем грозозахисту повітряних ліній електропередавання. Дисертаційна 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, Бінкевич Тарас Володимирович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи.

Завідувач кафедри електричних станцій та систем
Вінницького національного технічного університету,
доктор технічних наук, професор



П. Д. Лежнюк
П. Д. Лежнюк

Підпис *Лежнюк П.Д.*
ПОСВІДЧУЮ
Зав. канцелярією *П. Д. Лежнюк*