

Відгук
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Ткаченка Олександра Олеговича
«Магнітне поле високовольтних кабельних ліній
при двосторонньому заземленні екранів кабелів»,
що представлена до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата
технічних наук по спеціальності 05.09.05 – теоретична електротехніка

Актуальність теми дисертації. Широке застосування трифазних високовольтних кабельних ліній із силових кабелів зі зшитою поліетиленовою ізоляцією є сучасною тенденцією розвитку міських електромереж. Наряду з високими техніко-економічними показниками практика експлуатації таких ліній показала їх високу надійність та екологічну безпечність. Перспективи більш широкого впровадження ліній з кабелями такого типу обумовлює їх розробку на високі і надвисокі напруги у провідних наукових і виробничих центрах в США, ЄС, а також в Україні. Серед чисельних областей наукових досліджень кабелів зі зшитою ізоляцією окремим напрямом є вивчення зовнішніх магнітних полів, що створюються системою окремих фазних кабелів при протіканні в них досить значних струмів. Актуальність цього питання є очевидною з урахуванням прокладання кабелів в житлових зонах, де без спеціальних додаткових заходів магнітне поле може на порядок перевищувати допустимі норми.

Інша сторона теми дисертації безпосередньо пов'язана з її виконанням по спеціальності «теоретична електротехніка», де трифазна система кабелів є об'єктом, якій вивчається з позицій розробки методів розрахунку магнітних полів, визначення способів зменшення полів при використанні заземлення з обох кінців кабельної лінії та отримання результатів і їх практичного застосування. Особливістю роботи є розробка аналітичних методів визначення розподілу магнітних полів. Незважаючи на значні успіхи використання чисельних методів та їх широке застосування, неможливо

ігнорувати позитивні сторони аналітичних та комбінованих чисельно-аналітичних підходів, які не створюють альтернативи чисельним, а доповнюють їх. Наявність аналітичного розв'язку дозволяє одержати загальні закономірності формування полів, вони дають можливість проводити глибокий аналіз причин та особливостей протікання фізичних процесів, з'являється можливість розробити обґрунтовані підходи для моделювання більш складних електромагнітних систем. Аналітичні рішення поставляють певний набір точно розв'язуваних задач, які можуть служити еталоном порівняння при розробці інших методів для розрахунку складних за геометрією систем, де одержання аналітичних рішень неможливо.

Трифазні кабельні лінії, що розглядаються, є об'єктом, який дозволяє поєднати розробку аналітичних методів розрахунку поля і отримання результатів, які є корисними для практики. У зв'язку з означеними обставинами тема дисертації без сумніву є актуальною.

Необхідність досліджень підтверджується також узгодженістю з планами наступних державних науково-дослідних робіт: «Розвиток методів моделювання та нормалізації зовнішнього магнітного поля ліній електропередачі» (Шифр «МЕРЕЖА», ДР № 0111U010332, 2016 р.) в рамках цільової програми наукових досліджень ВФТПЕ НАН України «Наукові основи ефективного перетворення енергії» та «Розроблення основних положень нормативного документу з проектування кабельних ліній напругою до 330 кВ зі зменшеним магнітним полем» (Шифр «Метод-К», ДР № 0116U002817, 2016 – 2018 рр.) в рамках Цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Науково-технічні основи енергетичного співробітництва між Україною та Європейським Союзом» («Об'єднання-3»).

Обґрунтованість наукових положень та їх достовірність.

Дослідження, що проведені в дисертаційній роботі, базуються на коректному використанні положень теорії електромагнітного поля, електродинаміки та теоретичної електротехніки. Обґрунтованість наукових положень, висновків і

рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Ткаченка О.О. забезпечується коректністю постановки задачі та зроблених припущень. Достовірність результатів роботи, отриманих за допомогою розробленої математичної моделі, підтверджується збігом з даними розрахунків відомими чисельними методами, а також з результатами фізичного моделювання. Основні результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на міжнародних наукових конференціях, симпозиумах та семінарах.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в подальшому розвитку аналітичних методів розрахунку магнітного поля високовольтних трифазних кабельних ліній при двосторонньому заземленні їх екранів.

До основних нових наукових результатів слід віднести наступне:

1. Розвинені нові теоретичні підходи з розробки математичних моделей по визначенню струмів в електропровідних екранах і зовнішнього магнітного поля для будь-яких схем розташування окремих кабелів трифазної кабельної лінії при двосторонньому заземленні екранів, що дозволяють отримати наближені аналітичні розв'язки і є важливими при дослідженні і виборі доцільних способів прокладання кабельних ліній.

2. Вперше, на основі розробленої математичної моделі за умови рівномірного розподілу густини струму по перерізу струмоведучих елементів отримано аналітичні співвідношення, що дозволяють визначати магнітне поле та струми в екранах кабелів з двостороннім заземленням у разі прокладання кабелів «у площині» з похибкою, яка, на відміну від існуючих методик, не перевищує декілька відсотків навіть при щільному розташуванні фазних кабелів.

3. Для визначення зовнішнього магнітного поля на основі застосування перетворення Кларк отримав наукове обґрунтування метод, заснований на використанні моменту розподілу струмів першого порядку, що значно спрощує проведення аналізу і дозволяє визначати магнітне поле трифазних кабельних ліній з достатньою для практичного застосування точністю.

4. Запропоновано наближену математичну модель трифазних кабельних ліній, яка окрім власних екранів кабелів при двосторонньому заземленні включає охоплюючи феромагнітні осердя, що дозволило вперше отримати аналітичні співвідношення для визначення коефіцієнтів екранування магнітного поля кабелів з феромагнітними осердями та проаналізувати їх вплив на зменшення зовнішнього поля.

Значення отриманих результатів для науки і практики полягає в розробці математичних моделей і подальшому розвитку аналітичних методів розрахунку магнітних полів трифазної кабельної ліній, що забезпечило отримання коректних даних з визначення коефіцієнтів екранування, дало можливість на етапі проектування кабельних ліній здійснювати розрахунок магнітного поля та перевірку відповідності його рівня екологічним нормам.

Подані в дисертації матеріали по впровадженню результатів досліджень підтверджують їх практичне значення. Основні результати виконаних в дисертації досліджень і практичних розробок успішно використано в Державній установі «Інститут технічних проблем магнетизму НАН України» при виконанні фундаментальних і прикладних досліджень в рамках тематичного плану; в Національній енергетичній компанії «Укренерго» при розробці нових нормативних документів з проектування кабельних ліній і розрахунку їх магнітного поля; у введених в дію нормативних документах Міненерговугілля; у новій методиці розрахунку діючих значень струмів в екранах кабелів при їх прокладанні «у площині», що передана для впровадження в Національну енергетичну компанію «Укренерго».

Загальні принципи, що застосовуються в дисертаційній роботі, розроблені математичні моделі, а також результати їх застосування по вирішенню конкретних задач доцільно включити в курси дисциплін з підготовки спеціалістів електротехнічних спеціальностей.

Висновки по дисертаційній роботі в повній мірі відображають наукові результати. Текст дисертації викладений логічно та послідовно, робота оформлена згідно основним вимогам до дисертацій.

Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.09.05 – «Теоретична електротехніка» та вимогам ДАК України до кандидатських дисертацій.

Автореферат дисертації в достатній мірі відображає зміст дисертаційної роботи, основні наукові положення, висновки і рекомендації.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях. Основні положення та результати дисертаційної роботи відображено у 6 статтях, опублікованих у наукових фахових виданнях України (з яких 2 статті включено до наукометричної бази Scopus і 4 статті – до наукометричної бази Web of Science) та 6 тезах доповідей на міжнародних конференціях. Загалом, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Зауваження по роботі:

1. Аналітичні методи використано в дисертації тільки за умови рівномірного розподілу густини струму по перерізу екранів. В той же час відомі підходи дозволяють знайти за допомогою аналітичних методів і нерівномірність розподілу струму, проаналізувати вплив геометричних факторів, а також пояснити отриману чисельними методами в окремих випадках особливість незначного впливу нерівномірності розподілу струму на величину зовнішнього магнітного поля.

2. У роботі відсутнє обґрунтування доцільного рівня зменшення зовнішнього магнітного поля фазних струмів за допомогою електропровідних екранів, втрати енергії в яких при коефіцієнті ослаблення близькому до одиниці і однакової з жилами кабелів питомої електропровідності можуть наблизитися до втрат в фазних кабелях.

3. Здобувачем не проведено аналіз теплових процесів в екранах кабелів, що впливають на електричну провідність її елементів, а також не

проаналізовано вплив нерівномірності розподілу струму на тепловиділення, щільність яких пропорційна квадрату густини струму, і тому її розподіл є більш нерівномірний, ніж розподіл густини струму.

4. Наведений вираз (2.34) для коефіцієнту екранування при наявності феромагнітних осердь є справедливим при додаткових обмеженнях, що пов'язані з використанням тільки моментів розподілу струмів першого порядку, однак, ці обмеження не обговорюються.

5. Ряд зауважень мають редакційний характер і не впливають суттєвим чином на зміст, зокрема, наступні:

- без відповідних пояснень автор використовує термін «фізико-математична модель магнітного поля», застосовуючи його не як об'єднуюче поняття при проведенні математичного і фізичного моделювання, а при розробці саме математичної моделі;

- при використанні окремих ділянок контурів доцільно спочатку дати точне визначення методу ділянок для знаходження індуктивностей, а вже потім застосовувати для цих ділянок поняття «власна і взаємна індуктивності»;

- використання словосполучення «розв'язок задачі моделювання» і аналогічні з ним, наприклад, на стор. 37, 39, 50 не відображає спрямованість роботи на розробку математичних моделей і отримання розв'язків відповідних задач;

- вираз «кут між довжинами» не має змісту (стор. 44), перше із співвідношень (3.6) не є умовою для поля;

- на стор. 58 вводиться поняття потоку магнітного поля повної довжини ліній, але на наступній стор. 59 у (2.31) такі ж позначення застосовуються для величин на одиницю довжини.

Зазначені зауваження не знижують наукової цінності дисертаційної роботи і не впливають на загальний позитивний висновок по роботі.

Висновок

У сукупності отримані результати дозволяють оцінити дисертаційну роботу Ткаченка Олександра Олеговича “Магнітне поле високовольтних кабельних ліній при двосторонньому заземленні екранів кабелів” як закінчену наукову працю, яка містить нові науково обґрунтовані результати вирішення актуальної наукової задачі теоретичної електротехніки – розробки математичних моделей і подальшому розвитку методів визначення магнітного поля трифазних кабельних ліній при двосторонньому заземленні екранів кабелів, які забезпечують підвищення точності розрахунку поля і коефіцієнтів екранування, що мають практичне значення при розробці кабельних ліній.

Дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні і за своїм теоретичним та практичним значенням відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 “Порядку присудження наукових ступенів” щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Ткаченко Олександр Олегович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.05 „Теоретична електротехніка”.

Офіційний опонент
доктор технічних наук, професор,
провідний науковий співробітник
відділу теоретичної електротехніки та
діагностики електротехнічного обладнання
Інституту електродинаміки НАН України

Ю.М.Васецький Ю.М.Васецький

07.05.2019

Підпис Васецького Ю.М. засвідчую
Начальник
відділу кадрів Кривоноса Л.В.

