

РЕЦЕНЗІЯ

д.т.н., професора Бойка Миколи Івановича

на дисертаційну роботу Пушкаря Олега Анатолійовича

«Забезпечення завадостійкості кабелів на основі витих пар для промислових мереж»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Детальний аналіз дисертаційної роботи Пушкаря Олега Анатолійовича на тему «Забезпечення завадостійкості кабелів на основі витих пар для промислових мереж», що представлена для захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», дає змогу зробити комплексний висновок щодо її актуальності, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності та значущості отриманих результатів, наукової новизни, теоретичної та практичної цінності, надати загальну оцінку дисертації.

1. Актуальність теми

Сучасне виробництво та технологічні процеси все більше автоматизуються. Прогрес у робототехніці та сенсорних технологіях сприяє автоматизації широкого спектру завдань. Для підключення значної кількості пристроїв застосовується промисловий Ethernet, спеціально розроблений для використання в промислових програмах. Він оптимізований і вдосконалений на основі традиційного Ethernet для забезпечення надійної роботи в промислових умовах зі своєчасною та точною передачею даних у режимі реального часу, що має вирішальне значення в контексті автоматизованого керування та моніторингу складними виробничими та технологічними процесами.

Кабелі, як структурний компонент промислової мережі, повинні забезпечувати на значну відстань високу швидкість передачі даних від промислових пристроїв з високим рівнем електромагнітних завад: виконавчих механізмів, датчиків, обладнання, що працює.

Отже, тема дисертаційної роботи Пушкаря Олега Анатолійовича, спрямована на забезпечення завадостійкості кабелів для промислових мереж з відповідним комплексом електричних параметрів передачі на технологічній стадії виготовлення витих пар, є актуальною і своєчасною.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертація виконана на кафедрі електроізоляційної та кабельної техніки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків) та у Науково-виробничому підприємстві «Алай» (м. Київ) відповідно до науково-технічних програм визначення пріоритетних напрямків досліджень щодо імпортозаміщення та випуску інноваційної кабельно-провідникової продукції в Україні, відповідно до «Стратегії імпортозаміщення в стратегічних галузях промисловості» та Плану пріоритетних дій Уряду України на 2021 рік, затвердженого розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24.03.2021 № 276, постанови Кабінету Міністрів України «Національна економічна стратегія на період до 2030 року» від 3 березня 2021 р. № 179.

3. Наукова новизна одержаних результатів

До положень дисертації, які містять наукову новизну, варто віднести такі науково обґрунтовані результати:

- Вперше доведено вплив конструктивних та діелектричних параметрів полімерної плівки двошарового екрану на електричну ємність виті пари, що забезпечує підвищений рівень завадостійкості та зменшує втрати електромагнітної енергії у робочому діапазоні частоти екранованої виті пари порівняно з неекранованою.

- Вперше визначено вплив еліптичності конструктивних елементів на структуру електричного поля та робочу ефективну ємність виті пари в залежності від конструктивного виконання кабелю та електричної ізоляції, що дало можливість обґрунтувати доцільність застосування спіненої полімерної ізоляції для регулювання ємності та зменшенню її впливу на втрати електромагнітної енергії у екранованому кабелі.

- Вперше експериментально встановлено кореляційний зв'язок між параметрами електромагнітних впливів та асиметрією електричного опору витих пар кабелів. Коефіцієнти парної кореляції становлять 0,90 та 0,93 для неекранованих та екранованих кабелів, що обумовлює більш жорсткі вимоги до технологічного процесу виготовлення екранованих витих пар.

- Вперше визначено діапазони налаштувань технологічного процесу виготовлення витих пар з нормованими електричними параметрами передачі, що забезпечує позитивні допуски діаметрів провідників пар з різними кроками скручування при значеннях відносних опорів провідників на постійному струмі у границях $\pm 3\sigma$ та коефіцієнт варіації ємності ізолюваного провідника на рівні 0,3%.

- Вперше обґрунтовано методологію синтезу конструкторсько-технологічних рішень спінення полімерної ізоляції та отримано номограми ефективних діелектричних параметрів в залежності від ступеню спінення та товщини захисної полімерної плівки, що дозволяє ефективно регулювати електричну ємність двошарової ізоляції ізолюваного провідника на технологічній стадії виготовлення виті пари. При ступені спінення 40% діелектрична проникність зменшується на 25%, тангенс кута діелектричних втрат – на 33%, електрична ємність ізолюваного провідника – на 20%.

Положення наукової новизни в дисертаційній роботі Пушкаря Олега Анатолійовича сформульовані належним чином, характеризуються високим рівнем обґрунтованості та свідчать про високий науковий рівень здобувача.

4. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Практичне значення одержаних результатів підтверджується визначенням основних шляхів забезпечення завадостійкості неекранованих та екранованих кабелів на технологічній стадії виготовлення витих пар для промислових мереж. Практичні рекомендації щодо обґрунтування діапазону налаштувань технологічного процесу виготовлення провідників з позитивними допусками діаметрів та застосування спіненої полімерної ізоляції для регулювання ємності ізольованих провідників забезпечують комплекс нормованих електричних параметрів передачі у широкому діапазоні частоти завадостійких витих пар.

Практична значущість отриманих результатів дослідження підтверджується актами впровадження результатів дисертаційної роботи у практичній діяльності підприємств: науково-виробничого підприємства “Алай” при створенні інноваційних для кабельної промисловості України кабелів на основі витих пар для промислових мереж, АТ “НАЕК “Енергоатом” при заміні застарілої кабельної інфраструктури на сучасну з розробленими кабелями. Алгоритми та програми розрахунку електростатичного поля неекранованої та екранованої витих пар у безкоштовному програмному середовищі Octave застосовуються при проведенні лабораторних занять з дисципліни “Теорія електромагнітних полів в електроізоляційній, кабельній та оптоволоконній техніці” для студентів кафедри “Електроізоляційна та кабельна техніка” при підготовці бакалаврів спеціальності 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”.

5. Повнота викладення матеріалів дисертації в наукових працях, які опубліковані здобувачем

Основні результати дослідження викладено у 12 роботах, серед яких: 5 статей у наукових фахових виданнях України (4 у фахових виданнях,

включених до міжнародної наукометричної бази Scopus), 7 – у матеріалах науково-практичних конференцій.

Дисертація виконана з дотримання вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави вважати, що робота Пушкаря О.А. є оригінальною.

У тексті містяться авторські ідеї, і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їхні роботи.

6. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертаційна робота Пушкаря Олега Анатолійовича є завершеною науковою роботою, містить анотацію, яка викладена українською та англійською мовами, вступ, чотири розділи, висновки, список літератури і додатки.

Об'єкт дослідження - завадостійкість неекранованих та екранованих витих пар на технологічній стадії виготовлення.

Предмет дослідження - виті пари промислових мереж з електричними параметрами передачі у межах нормованих значень.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, зазначено зв'язок роботи з науковими темами, сформульовано мету, задачі та окремі цілі дослідження, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію про практичне використання, особистий внесок здобувача, апробацію результатів дослідження та їх висвітлення у публікаціях. Приводяться відомості щодо структури та обсягу дисертаційної роботи.

У першому розділі виконано аналіз впливу кроку скручування провідників витої пари на параметри завадостійкості та акцентовано на необхідності застосування узгоджених кроків скручування для зменшення

електромагнітних впливів між витими парами, особливо у неекраниваних кабелях. На підставі аналізу параметрів для оцінки ефективності екранування витих пар показано, що граничне згасання несиметричних завад обмежене 40 дБ, що для практично важливих випадків виявляється недостатнім. Відповідно до стандарту екологічних впливів доведено, що кабелі промислових мереж знаходяться у середовищі з найбільшим рівнем електромагнітних впливів.

У другому розділі обґрунтовано методологію чисельного розрахунку електричного поля, яка базується на методі вторинних джерел та дозволяє враховувати наявність структурно-технологічних неоднорідностей у вигляді еліптичності конструктивних елементів кабелів на основі витої пари. Проведеними обчислювальними експериментами розрахунку електричного поля витої пари в залежності від її конструктивного виконання доведено значний вплив екрану на робочу ємність екранованої пари у порівнянні з неекранованою. Для забезпечення нормованих значень робочої ємності та коефіцієнту згасання екранованої витої пари суцільним екраном наголошено на необхідності збільшення товщини ізоляції у 2,5 рази порівняно з неекранованою парою.

У третьому розділі визначено чинники внутрішніх електромагнітних завад між витими парами у кабелях. Експериментально підтверджено ефективність екранування кабелів у високочастотному діапазоні при одночасному зростанні коефіцієнту згасання, що обумовлює більш жорсткі вимоги до щільності конструкції та налаштувань технологічного процесу при виготовленні екраниваних кабелів з витими парами.

У четвертому розділі доведено високу чутливість налаштувань технологічного процесу щодо регулювання ємності при варіюванні товщини ізоляції за умови охолодження ізолюваного провідника у воді. Показано, що при зміні товщини ізоляції в 4 рази відносно діаметру провідника електрична ємність змінюється більш, ніж в 2 рази. Обґрунтовано ефективність регулювання електричної ємності екраниваних кабелів на

технологічній стадії виготовлення двошарової ізоляції провідника із застосуванням отриманих номограм діелектричних параметрів в залежності від ступеню спінення суцільної поліетиленової ізоляції та товщини захисної полімерної плівки. Експериментально підтверджено високу чутливість імпедансу та додаткових втрат електромагнітної енергії на структурних неоднорідностях до стабільності технологічного процесу виготовлення кабелів з витими парами.

У висновках наведено основні результати дисертаційної роботи щодо вирішення поставлених наукових задач дослідження.

Список літератури розкриває предметне поле дослідження, відображає опрацювання автором значної кількості наукових джерел в обраній ним області дослідження.

Додатки містять інформацію про практичне впровадження результатів дисертації та публікації здобувача.

7. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність отриманих результатів обґрунтовується комплексним підходом у вивченні визначеного об'єкта. Також це підтверджується застосуванням класичних та сучасних методів дослідження, коректністю поставлених актуальних завдань, що потребують розв'язання та вирішення, методів теорії електромагнітних впливів для обґрунтування шляхів підвищення завадостійкості витих пар; теорії фізики діелектриків при визначенні еквівалентних значень діелектричних параметрів спіненої ізоляції; теорії електромагнітного поля для аналізу у широкому діапазоні частоти коефіцієнту згасання та хвильового імпедансу неекранованої та екранованої витих пар.

8. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях

Основні результати дослідження викладено у 12 роботах, серед яких: 5 статей у наукових фахових виданнях України (4 у фахових виданнях, включених до міжнародної наукометричної бази Scopus), 7 – у матеріалах науково-практичних конференцій.

Дисертація виконана з дотримання вимог академічної доброчесності. Отримані результати дають підстави вважати, що робота Пушкаря О.А. є оригінальною. У тексті містяться авторські ідеї, і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

9. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

У розділі 1 при розгляді конструкцій кабелів на основі витих пар для промислових мереж доцільно було б додати електричні, механічні та теплові характеристики матеріалів електричної ізоляції та захисних полімерних оболонок.

При розгляді електромагнітних завад у розділі необхідно було б розширити аналіз методів оцінки ефективності екранування, стандартизованих Міжнародною електротехнічною комісією. (МЕК) [91-94]: методу «інжекційної лінії» для визначення опор зв'язку кабелю; методу затискачів для визначення згасання екранування; методу виміру згасання екранування захищеного екрана для визначення як опору зв'язку, так і згасання екранування.

Бажано було б розглянути випадок впливу варіацій товщини електричної ізоляції кожного із провідників на ефективну робочу ємність та її складові: часткову ємність ізоляційного проміжку між провідниками та власні ємності провідників при чисельному моделюванні електричного поля одинокої виті пари різного конструктивного виконання (розділ 2).

Задані значення еліптичності конструктивних елементів при чисельному розрахунку робочої ефективної ємності кабелів потребують підтвердження експериментальними результатами вимірювань некруглості електричної ізоляції провідників, екрану та захисної полімерної оболонки.

Не зовсім зрозуміло, для якої довжини (100 метрів або 305 метрів) неекранованих та екранованих кабелів з витими парами у розділі 3 встановлено значення коефіцієнтів парної кореляції між асиметрією та перехідним згасанням на ближньому кінці.

Не обґрунтовано застосування формули Ліхтенеккера (розділ 4) для розрахунку ефективної діелектричної проникності статистичної хаотичної, невпорядкованої в просторі спіненої ізоляції провідників витієї пари.

Представлені у розділі 4 експериментальні залежності хвильового опору та структурно-зворотних втрат у високочастотному діапазоні частоти для чотирьох-парного екранованого кабелю бажано було б фізично інтерпретувати.

Рукопис містить стилістичні та друкарські помилки, але вони не впливають на розуміння та цілком позитивне сприйняття результатів дослідження.

10. Висновки

Дисертаційна робота Пушкаря Олега Анатолійовича «Забезпечення завадостійкості кабелів на основі витих пар для промислових мереж», є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу забезпечення завадостійкості витих пар кабелів промислових мереж з відповідним комплексом електричних параметрів передачі у широкому діапазоні частоти, містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну, практичну спрямованість та перспективи для подальших досліджень.

Тематика проведених досліджень за змістом повною мірою відповідає галузі знань 14 – Електрична інженерія та спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Враховуючи актуальність теми, отримані результати та практичну значущість роботи вважаю, що дисертаційна робота Пушкаря Олега Анатолійовича «Забезпечення завадостійкості кабелів на основі витих пар для промислових мереж» відповідає вимогам 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам та вимогам до оформлення дисертації МОН від 12.01.2017 № 40, а сам автор, Пушкар Олег Анатолійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

РЕЦЕНЗЕНТ:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри «Інженерна електрофізика»
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

Микола БОЙКО

« » _____ 2024 р.

Підпис проф. Микола Бойко
ЗАСВІДЧУЮ:
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
"27" 05 2024 р.



ЗАЙЦЕВ Ю. І.