

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, кандидата технічних наук, доцента

ГРЕЧКО Олександра Михайловича

на дисертаційну роботу **ЗОРІНА Євгенія Юрійовича**

**«Удосконалення захисних характеристик та схемотехнічних рішень
однофазних реле контролю напруги побутових споживачів»**

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

Детальний аналіз дисертаційної роботи ЗОРІНА Євгенія Юрійовича на тему «Удосконалення захисних характеристик та схемотехнічних рішень однофазних реле контролю напруги побутових споживачів», 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 дисертації загальну оцінку.

1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами.

Електричні мережі низької напруги, від яких живляться однофазні побутові споживачі, є трифазними мережами з глухоуземленою нейтраллю (в Україні більшість з них мають систему уземлення $TN-C$). Наразі більшість таких мереж, особливо в будинках старої забудови (до 2000 року), практично вичерпали свій термін експлуатації і потребують реконструкції та модернізації. Крім того, розподільчі мережі багатьох старих багатоквартирних будинків або їх окремі ділянки працюють в режимі перевантаження, що значно знижує не тільки термін їх служби, але й надійність. Також за останні роки значно зросла потужність, що споживається електропобутовими приладами з мережі, а проектна потужність таких електричних мереж залишилась на колишньому рівні.

Внаслідок вищезазначених факторів збільшилася кількість інцидентів, пов'язаних з появою неприпустимих відхилень напруги.

Одним із способів, що застосовуються для захисту однофазних електро побутових приладів, є використання однофазних реле контролю напруги (РКН). Переваги застосування таких реле, на відміну від інших пристроїв, полягають в наступному:

- однофазні РКН дозволяють вчасно виявляти недопустимі відхилення напруги та, при необхідності, захистити споживача шляхом від'єднання від аварійної мережі;

- наявність функції автоматичного повторного включення при поверненні напруги в діапазон допустимих значень;

- можливість регулювання порогів спрацьовування за мінімальною та максимальною напругою, а також часу автоматичного повторного включення;

- наявність додаткових функцій (наприклад, контроль струму) у деяких моделях реле.

Однак у багатьох виробників вищевказаних реле відсутні дані про їх захисні характеристики спрацьовування, а якщо такі дані і надаються, то захисні характеристики таких реле не відповідають діючим стандартам, які регламентують тип і вигляд захисних характеристик спрацьовування.

Отже, дисертаційна робота ЗОРИНА Євгенія Юрійовича, яка спрямована на удосконалення захисних характеристик та схемотехнічних рішень однофазних РКН побутових споживачів, які на відміну від існуючих матимуть можливість вибору стандарту якості електричної енергії і згідно з ними номінальної напруги і, разом з тим, можливість вибору типу захисних характеристик спрацьовування згідно ІЕС 60255-127:2010 (залежна та незалежна характеристики часу) та можливості розширення функціоналу реле, є актуальною.

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

Дисертація виконувалась на кафедрі «Електричні апарати», Навчально-наукового інституту енергетики, електроніки та електромеханіки НТУ «ХП».

Здобувач був відповідальним виконавцем у науково-дослідній роботі на тему: «Удосконалення апаратного захисту електричних приладів побутового і аналогічного призначення» (ДР №0123U103223).

3. Наукова новизна одержаних результатів.

Дисертація містить наукову новизну, з найбільш суттєвих здобутків можна віднести наступне:

1) Вперше запропоновано концепцію однофазних РКН побутових споживачів, які дозволяють встановлювати тип захисних характеристик спрацьовування (залежну або незалежну у часі при недопустимому відхиленні напруги за встановлені порогові значення в РКН), що відповідають міжнародному стандарту IEC 60255-127:2010, при цьому дані характеристики приведено згідно стандартів якості електричної енергії ГОСТ 13109-97 і ДСТУ EN 50160:2014, які діють в Україні одночасно, згідно яких значення номінальних напруг є 220 або 230 В відповідно.

2) Удосконалено імітаційну Simulink-модель трифазної електричної мережі низької напруги з глухоуземленою нейтраллю для імітації аварійних режимів, пов'язаних із появою недопустимих відхилень напруги у однофазних споживачів, у частині врахування впливу параметрів кабельних ліній (активний опір та індуктивний опір), потужності сусідніх однофазних споживачів на значення напруги споживача, у якого проводиться дослідження.

3) Вперше створено імітаційну Simulink-модель однофазного РКН побутових споживачів із залежними та незалежними у часі захисними характеристиками спрацьовування згідно з IEC 60255-127:2010, що дозволяє встановлювати параметри спрацьовування реле, такі як порогові значення максимальної і мінімальної напруг, час автоматичного повторного включення, визначати час спрацьовування реле;

4) Удосконалено алгоритм вимірювання напруги для однофазного РКН побутових споживачів, що дозволяє здійснювати обробку вхідного сигналу за допомогою синтезованого цифрового фільтру, таким чином виключати нелінійні спотворення на частотах вищих за основну (50 Гц); при цьому

такий алгоритм дозволяє одразу визначити амплітуду вхідного сигналу шляхом застосування коефіцієнту фільтру.

Положення наукової новизни в дисертаційній роботі ЗОРИНА Євгенія Юрійовича сформульовані належним чином, характеризуються високим рівнем обґрунтованості та свідчать про значний рівень наукового пізнання здобувача.

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

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці схемотехніки удосконаленого РКН зі зниженим споживанням електричної енергії за рахунок використання мікроконтролера з ядром Cortex M0+, що є одним із найменших за площею кристалу 32-розрядних мікроконтролерних ядер та має декілька режимів енергозаощадження. Також реалізовані можливості керування IPS-дисплеєм реле, що забезпечують енергозбереження. Реалізовано макетний зразок конструкції удосконаленого однофазного цифрового РКН побутових споживачів із кольоровим IPS-дисплеєм, а також неполяризованим бістабільним силовим реле з двома обмотками, що дозволило зробити розгалужене й зручне для читання меню РКН, на відміну від існуючих реле з семисегментним індикатором, а також шляхом застосування двообмоткового силового реле спростити схему його керування й виключити споживання електричної енергії котушкою.

В роботі розроблені рекомендації щодо практичного впровадження, технічної реалізації та розширення функціоналу удосконаленого РКН побутових споживачів.

Результати дисертаційної роботи впроваджено на підприємстві ТОВ "АВМ АМПЕР". Розроблені імітаційні математичні моделі електричної мережі та однофазного РКН використовуються в наукових дослідженнях підприємства при розробці релейного захисту, алгоритми та схемотехнічні рішення використовуються при розробці нових конструкцій апаратів релейного захисту.

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

За результатами дослідження дисертаційної роботи опубліковано 10 наукових публікацій, а саме: у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України – 5, наукових публікацій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації – 5 (з них 2 у базі Scopus). Зазначене вище дозволяє стверджувати, що представлена дисертаційна робота є самостійним, завершеним науковим дослідженням, результати якого мають значення для вирішення задачі удосконалення захисних характеристик та схмотехнічних рішень однофазних РКН для захисту побутових споживачів електричної енергії від недопустимих відхилень напруги.

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

Дисертаційна робота ЗОРИНА Євгенія Юрійовича є завершеною науковою роботою, містить дві анотації – українською та англійською мовами, вступ, чотири розділи, висновки, список літератури і додатки.

Об'єкт дослідження – аварійні режими роботи в трифазних електричних мережах низької напруги з глухоуземленою нейтраллю, що пов'язані з появою недопустимих відхилень напруги в однофазних споживачів (появи перенапруг або недостатніх напруг).

Предмет дослідження – захисні характеристики часу спрацьовування однофазних РКН побутових споживачів, схмотехніка та алгоритми роботи мікропроцесорних РКН.

У першому розділі проведено аналіз проблематики захисту однофазних побутових споживачів від недопустимих відхилень напруги живлення. Розглянуті і проаналізовані аварійні ситуації в трифазних електричних мережах з глухоуземленою нейтраллю, що призводять до появи недопустимих відхилень напруги у однофазних споживачів. Оцінено чутливість електропобутової техніки до недопустимих відхилень напруги; проведено огляд засобів, що використовуються для захисту від недопустимих відхилень напруги у однофазних споживачів і аналіз їх переваг та недоліків.

Обґрунтовані переваги застосування саме однофазних РКН побутових споживачів на противагу іншим електричним апаратам. Розкриті особливості аналогових та мікропроцесорних однофазних РКН, їх конструктивні, схемотехнічні та функціональні особливості. Розглянуті вимоги стандартів якості електричної енергії в області недопустимих відхилень напруг у однофазних побутових споживачів. Виконана постановка задач дисертаційних досліджень.

У другому розділі обґрунтовано і запропоновано концепцію удосконаленого однофазного РКН, що на відміну від існуючих передбачає вибір стандарту якості електричної енергії серед одночасно діючих в Україні ГОСТ 13109-97 або ДСТУ EN 50160:2014, згідно яких значення номінальних напруг є 220 або 230 В відповідно, а також можливість вибору залежної або незалежної характеристик часу спрацьовування згідно стандарту IEC 60255-127:2010. Концепція передбачає використання бістабільного силового електромагнітного реле з двома обмотками у якості комутаційного елементу або окремого модульного імпульсного реле, сигнал керування на яке подається з напівпровідникового виходу РКН.

Запропонований алгоритм вимірювання напруги із застосуванням синтезованого цифрового фільтру, для якого розраховані відповідні коефіцієнти, що підвищує точність вимірювання напруги, а також запобігає хибним спрацьовуванням реле завдяки фільтрації нелінійних спотворень вхідної напруги.

У третьому розділі розроблено імітаційні Simulink-моделі трифазної електричної мережі низької напруги з глухоуземленою нейтраллю та системою уземлення $TN-C$ для симуляції аварійних режимів, що пов'язані з появою недопустимих відхилень напруги в електричній мережі живлення кінцевого однофазного споживача, а також Simulink-модель РКН із залежними та незалежними захисними характеристиками спрацьовування. Проаналізовані результати імітаційного моделювання.

З врахуванням результатів моделювання, розроблено схемотехніку удосконаленого РКН зі зниженим споживанням електричної енергії,

здійснено вибір елементів електричної схеми такого реле згідно попередньо проведеному розрахунку.

У четвертому розділі описано розроблений макетний зразок удосконаленого РКН, описано структуру програмного забезпечення реле, структуру меню налаштувань реле.

Розроблено стенд для дослідження часу спрацювання РКН. Проведено аналіз результатів експериментальних досліджень часу спрацювання вищезазначеного макетного зразка РКН.

Розроблені рекомендації щодо практичного впровадження, технічної реалізації та розширення функціоналу удосконаленого РКН.

Висновки, сформульовані у роботі, висвітлюють як результати дослідження, так і вирішення висунутих в дисертації завдань. В цілому висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури із 132 найменувань достатньо широко охоплює предметне поле дослідження, певною мірою відображає опрацювання автором значної кількості іноземних та вітчизняних джерел.

Додатки містять відомості щодо класифікації однофазних РКН за рядом ознак, їх схемотехніки, електричну схему та захисні характеристики спрацювання удосконаленого РКН, стенд для дослідження часу спрацювання реле, а також акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

7. Достовірність отриманих результатів та висновків.

Достовірність результатів, отриманих у дисертації, підтверджено експериментальною перевіркою часу спрацювання макетного зразку удосконаленого РКН побутових споживачів при виникненні недопустимих відхилень напруги. Проведено зіставлення захисних характеристик часу спрацювання вищевказаного реле, що були отримані в результаті імітаційного моделювання, а також експериментально. Результати показали

співпадіння отриманих в дисертації теоретичних положень та експерименту із похибкою (2.33...3.14)%, що є прийнятним.

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

Дисертаційна виконана з дотриманням вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави говорити про оригінальність роботи. У тексті містяться авторські ідеї, і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

Основні ідеї автора та результати дослідження викладено у необхідному обсязі у наукових фахових виданнях України, пройшли відповідну апробацію в українських та міжнародних наукових конференціях.

9. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Звертає на себе увагу недостатнє географічне поширення та представлення публікацій здобувача, а саме той факт, що він здійснював публікацію наукових праць, що відображають основні наукові результати дисертації тільки в одному науковому фаховому виданні – Віснику Національного технічного університету «ХПІ». Серія: «Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика». Так само опубліковані праці апробаційного характеру представлені лише в рамках конференцій, що проводились безпосередньо в НТУ «ХПІ» у м. Харків.

2. В роботі зазначено, що розроблено макетний зразок конструкції удосконаленого однофазного цифрового реле контролю напруги. Розробки такого класу бажано б захищати деклараційним патентом.

3. В роботі недостатньо обґрунтовано методика проведення обробки результатів експериментальних досліджень, тому залишилось не зрозумілим, який саме математичний апарат було використано для обробки результатів експериментальних досліджень.

4. В роботі недостатньо уваги приділено розробці саме макетного зразка РКН із розміщенням всіх компонентів в одному корпусі та його

монтажем на DIN рейку, як це зазвичай робиться для електричних апаратів подібного класу.

5. Техніко-економічне обґрунтування розробленого РКН у роботі не наведено, що унеможливорює проведення порівняльного аналізу із існуючими зразками подібних апаратів інших виробників.

6. Бажано б було практичні результати досліджень із розробки РКН представити у рамках, наприклад, спільних наукових семінарів із представниками провідних виробників електричних апаратів даного класу, як то «Корпорація АСКО-УКРЕМ» або «Електротехнічна Компанія E.NEXT-Україна» та отримати від них акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

Зазначені вище недоліки щодо роботи не зменшують наукової та практичної цінності виконаних досліджень. Тому вважаю, що у цілому дисертаційна робота здобувача заслуговує на позитивну оцінку.

10. Висновки.

Дисертаційна робота **ЗОРІНА Євгенія Юрійовича «Удосконалення захисних характеристик та схемотехнічних рішень однофазних реле контролю напруги побутових споживачів»** є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу захисту однофазних електропобутових споживачів від недопустимих відхилень напруги мережі живлення, містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну, практичну спрямованість та перспективи 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 ЗОРІНА Євгенія Юрійовича «Удосконалення захисних характеристик та схемотехнічних рішень однофазних реле контролю напруги побутових споживачів» 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 до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2017 № 40, а сам здобувач, ЗОРІН Євгеній Юрійович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

РЕЦЕНЗЕНТ:

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри «Електричні апарати»
Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»

Олександр ГРЕЧКО

«25» січня 2024 р.



Підпис *Ю. І. Зайцев*
 ЗАСВІДЧУЮ:
 ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
 НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
 «ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
 «25» 01 2024 р.

ЗАЙЦЕВ Ю. І.