

# *Інноваційні алгоритми цифрових пристроїв РЗА для трансформації українських розподільчих електромереж*

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2024.022>

Володимир Волянський  
Національний університет водного  
господарства та природокористування,  
м. Рівне, Україна  
[v.m.volyanskyj@nuwm.edu.ua](mailto:v.m.volyanskyj@nuwm.edu.ua)

Олексій Глущенко  
Національний університет водного господарства  
та природокористування,  
м. Рівне, Україна  
[o.a.glushchenko@nuwm.edu.ua](mailto:o.a.glushchenko@nuwm.edu.ua)

## **Постановка проблеми**

Сучасні світові тенденції розвитку електроенергетики демонструють стрімке зростання частки відновлюваних джерел електроенергії (ВДЕ), таких як сонячні та вітрові електростанції. Перехід до «зеленої» генерації є невід'ємною частиною глобальної стратегії зі скорочення викидів вуглецю та відмови від традиційних методів виробництва електроенергії на теплових електростанціях (ТЕС), які є основними джерелами забруднення довкілля.

## **I Особливості процесу децентралізації генерації в Україні**

В Україні основою виробництва електроенергії є атомні електростанції (АЕС), які забезпечують понад 50% всієї виробленої електроенергії. У той же час основні регулюючі маневрові потужності представлені тепловими (ТЕС, ТЕЦ) та гідроелектростанціями (ГЕС), але від початку широкомасштабного вторгнення росії в Україну від масованих атак на українську електроенергетику було знищено близько 80% теплової генерації та 40% потужностей гідроелектростанцій.

## **II Інноваційні алгоритми пристроїв РЗА в умовах децентралізації генерації та збільшення частки ВДЕ**

Перехід України на децентралізовану систему генерації на основі ВДЕ потребує модернізації існуючих систем релейного захисту та автоматики (РЗА). Цифрові пристрої РЗА виготовлені згідно з стандартом IEC61850 повинні адаптуватися до нових умов, в яких кількість джерел генерації значно збільшується, а їх потужність змінюється в залежності від зовнішніх факторів, таких як погодні умови або зміна режимів роботи системи внаслідок бойових дій.

Нові підходи до розробки алгоритмів захисту

Для забезпечення надійної роботи енергосистеми в нових умовах необхідні передові алгоритми захисту, здатні ефективно працювати в розподілених мережах з високим рівнем інтеграції відновлюваної енергетики.

Адаптивний релейний захист.

Диференціальний захист ліній з абсолютною селективністю для розподільчих мереж.

Штучний інтелект та машинне навчання.

Алгоритми захисту синхронізованих векторних вимірювань (WAMS).

Впровадження нових технологій у рамках стандарту IEC61850

Цифрові пристрої захисту, розроблені у відповідності з стандартом IEC61850, вже мають ряд переваг перед традиційними системами. Їх головною перевагою є підтримка особливих протоколів зв'язку та можливість інтеграції з іншими інтелектуальними системами управління мережею в єдину систему. Для успішної роботи в умовах збільшення частки відновлюваних джерел енергії необхідно розширити функціональні можливості пристроїв захисту, в тому числі:

Підтримка адаптивних алгоритмів захисту;

Можливість роботи з великим обсягом даних в режимі реального часу;

Інтеграція з WAMS та AI системами.

Переваги та перспективи впровадження інноваційних алгоритмів

Впровадження нових алгоритмів захисту в розподільчих мережах України має значні переваги:

Скорочення часу реагування на надзвичайні ситуації.

Підвищення надійності систем захисту.

Покращена координація між джерелами генерації.

Впровадження таких технологій в Україні буде спрямоване на:

Розширення сфери застосування адаптивного захисту в мережах всіх рівнів напруги.

Гармонізацію роботи ВДЕ з базовими джерелами генерації (АЕС та ГЕС).

Впровадження Smart Grids.

## **III Покращення параметрів швидкодії та селективності захистів**

Ефективний захист енергосистеми, особливо в контексті інтеграції відновлювальних джерел енергії та децентралізації генерації, потребує

покращення швидкості та селективності роботи релейного захисту. Зміни в динаміці мережі, пов'язані з нестабільністю генерації, вимагають розробки нових методів, спрямованих на поліпшення характеристик РЗА.

1. Нові методи зменшення часу спрацьовування захистів в умовах варіативної генерації.

2. Селективність захистів.

3. Використання цифрового зв'язку на основі IEC61850 для забезпечення обміну даними між пристроями релейного захисту.

#### **IV Переваги та недоліки запропонованих рішень**

1. Порівняння нових алгоритмів з традиційними системами захисту

Нові адаптивні та інтелектуальні алгоритми захисту значно перевершують традиційні системи релейного захисту за такими параметрами:

Швидкодія.

Селективність.

Інтеграція з цифровими технологіями.

2. Оцінка складності впровадження та необхідності модернізації мережевої інфраструктури

Вимоги до модернізації інфраструктури.

Вартість та складність впровадження.

3. Технічні обмеження

Проблеми передачі даних.

Адаптивні алгоритми захисту, хоча і більш точні, але можуть бути більш чутливими до помилок.

V Вплив на роботу дистриб'юторської мережі

1. Прогнозування та попередження відмов системи за допомогою цифрового релейного захисту.

2. Вплив алгоритмів захисту на продовження терміну служби обладнання та скорочення аварійних простоїв.

3. Інтеграція з SCADA та EMS системами для централізованого управління мережею.

#### **VI Перспективи подальших досліджень та розробок систем релейного захисту та автоматики**

1. Розробка алгоритмів з використанням нейронних мереж і цифрових двійників

2. Огляд можливих напрямків подальших досліджень і вдосконалення систем РЗА.

Висновки

Важливість впровадження нових алгоритмів полягає в їх здатності адаптуватися до динамічних змін в мережах зі змінною генерацією з ВДЕ. Використання сучасних технологій, таких як нейронні мережі та цифрові двійники, забезпечує прогнозу аналітику та прогнозування несправностей, що покращує управління мережею та запобігає серйозним аваріям електромереж.

Цифровий релейний захист відіграє ключову роль у трансформації електроенергетики України. Сучасні РЗА забезпечують гнучкість та адаптивність у роботі з розподіленою генерацією, дозволяючи більш ефективно інтегрувати

відновлювані джерела енергії у Об'єднану Енергосистему України. Розробка та впровадження таких рішень сприятиме зменшенню аварійних відключень, збільшенню терміну експлуатації обладнання та створенню більш стійкої енергетичної інфраструктури, що відповідає викликам сьогодення.

Таким чином, подальші дослідження та розробки в галузі цифрового релейного захисту, орієнтовані на використання штучного інтелекту, нові стандарти та вдосконалення протоколів зв'язку, стануть ключовими факторами підвищення надійності та стійкості енергосистеми майбутнього.