

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет електроенерготехніки та автоматики
Кафедра автоматизації енергосистем

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«08» Червня 2026 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Управління, захист та автоматизація електроенергетичних систем»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
на тему: «Адаптивний релейний захист розподільної
електричної мережі 35/10 кВ з розосередженими
джерелами енергії»

Виконала: студент IV курсу, групи ЕК-321

Буймістер Анастасія Романівна

Керівник: доц., к.т.н. Нестерко А.Б.

Засвідчую, що у цьому
дипломному проекті
немає запозичень з праць інших
авторів без
відповідних посилань.
Студентка



Київ — 2026 року

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт виконана на 87 аркушах, містить 14 рисунків, 18 таблиць, 4 листа графічної частини, 24 джерела використаної літератури та 6 додатків.

Об'єкт дослідження — система релейного захисту та автоматики розподільної електричної мережі 35/10 кВ з підключеними розосередженими джерелами енергії.

Предмет дослідження — алгоритми адаптивного релейного захисту, що забезпечують селективну та чутливу роботу за різних режимів роботи мережі з розосередженою генерацією.

Мета дослідження — підвищення селективності, чутливості та надійності релейного захисту розподільної мережі 35/10 кВ за рахунок розробки адаптивного алгоритму перемикання уставок захисту в залежності від поточного режиму роботи розосереджених джерел енергії.

Методи дослідження. У роботі використано методи теорії електричних кіл та симетричних складових для розрахунку струмів короткого замикання, метод відносних одиниць, метод математичного моделювання у середовищі MATLAB/Simulink, методи теорії релейного захисту для розрахунку уставок та оцінки чутливості та селективності.

У роботі проаналізовано сучасний стан розподільних мереж 35/10 кВ України та проблеми, що виникають при підключенні розосереджених джерел енергії (РДЕ) до існуючих систем релейного захисту. Виконано детальний розрахунок струмів короткого замикання у трьох характерних режимах роботи мережі: без РДЕ; з підключеною сонячною електростанцією; з усіма працюючими РДЕ. Розроблено алгоритм адаптивного перемикання груп уставок мікропроцесорних терміналів захисту з використанням GOOSE-повідомлень за стандартом IEC 61850. Виконано імітаційне моделювання роботи традиційного та адаптивного захистів у середовищі MATLAB/Simulink за п'ятьма характерними сценаріями.

					141.EKз2102.002.ДБ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наукова новизна роботи полягає у розробці алгоритму адаптивного релейного захисту, що враховує внесок інверторних джерел у струм короткого замикання та автоматично перемикає групи уставок терміналів РЗА залежно від кількості працюючих РДЕ.

Практична цінність роботи полягає в тому, що розроблений алгоритм може бути впроваджений на підстанціях 35/10 кВ України з підключеними РДЕ для забезпечення селективної та чутливої роботи захисту в усіх режимах. Результати моделювання показали зменшення часу спрацювання захисту в Режимі II зі 115 мс до 80 мс (на 30,4 %) та повне усунення хибних спрацювань при зовнішніх КЗ.

Ключові слова: РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ, РОЗПОДІЛЬНА МЕРЕЖА, РОЗОСЕРЕДЖЕНА ГЕНЕРАЦІЯ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, АДАПТИВНИЙ ЗАХИСТ, ІЕС 61850, GOOSE, MATLAB/SIMULINK, СЕЛЕКТИВНІСТЬ, ЧУТЛИВІСТЬ.

					141.ЕКз2102.002.ДБ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 87 pages and includes 14 figures, 18 tables, 4 sheets of graphical material, 24 references, and 6 appendices.

The object of the research is the relay protection and automation system of a 35/10 kV distribution electrical network with connected distributed energy resources.

The subject of the research is adaptive relay protection algorithms that ensure selective and sensitive operation under different operating modes of a network with distributed generation.

The purpose of the research is to improve the selectivity, sensitivity, and reliability of relay protection in a 35/10 kV distribution network by developing an adaptive algorithm for switching protection setting groups depending on the current operating mode of distributed energy resources.

Research methods. The thesis applies methods of electric circuit theory and symmetrical components for calculating short-circuit currents, the per-unit method, mathematical modelling in the MATLAB/Simulink environment, and relay protection theory methods for calculating protection settings and assessing sensitivity and selectivity.

The thesis analyzes the current state of 35/10 kV distribution networks in Ukraine and the problems that arise when distributed energy resources (DER) are connected to existing relay protection systems. A detailed calculation of short-circuit currents was performed for three characteristic network operating modes: without DER; with a connected solar power plant; and with all DER in operation. An adaptive algorithm for switching setting groups of microprocessor-based protection terminals using GOOSE messages in accordance with the IEC 61850 standard was developed. Simulation modelling of traditional and adaptive protection systems was carried out in the MATLAB/Simulink environment for five characteristic scenarios.

					141.EK32102.002.ДБ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

The scientific novelty of the thesis lies in the development of an adaptive relay protection algorithm that takes into account the contribution of inverter-based sources to short-circuit current and automatically switches the setting groups of relay protection and automation terminals depending on the number of operating DER.

The practical value of the thesis is that the developed algorithm can be implemented at 35/10 kV substations in Ukraine with connected DER in order to ensure selective and sensitive protection operation in all operating modes. The simulation results showed a reduction in protection operating time in Mode II from 115 ms to 80 ms, i.e. by 30.4%, as well as the complete elimination of false tripping during external short circuits.

Keywords: RELAY PROTECTION, DISTRIBUTION NETWORK, DISTRIBUTED GENERATION, SOLAR POWER PLANT, ADAPTIVE PROTECTION, IEC 61850, GOOSE, MATLAB/SIMULINK, SELECTIVITY, SENSITIVITY.

					141.EK32102.002.ДБ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		