

**Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, В.В. Павловський,
М.Ф. Сопель, А.О. Стелюк, Л.М. Лук'яненко**

Інститут електродинаміки НАН України,
просп. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна, тел. +38 (044) 366-24-55

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПРОТИАВАРІЙНОЇ АВТОМАТИКИ ЕНЕРГОСИСТЕМИ ЗІ ЗНАЧНОЮ ЧАСТКОЮ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ



Обґрунтовано необхідність створення адаптивної системи протиаварійної автоматики енергосистеми зі значною часткою відновлюваної генерації. Наведені основні етапи розробки такої системи, що дозволило визначити налаштування протиаварійної автоматики з урахуванням особливостей відновлюваної генерації, а також розробити структуру цієї системи, яка впроваджується в мережах Одеської області.

Ключові слова: енергосистема, адаптивна протиаварійна автоматика, відновлювана генерація, стійкість, напруга, моделювання.

В останні роки станції на основі відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), насамперед сонячні (СЕС) та вітрові електростанції (ВЕС), знаходять все більш широкого поширення як в світових енергосистемах, так і в об'єднаній енергосистемі (ОЕС) України. Поряд з позитивними аспектами розвитку ВДЕ, такими, як зниження екологічного впливу на навколишнє середовище та збереження паливних ресурсів, збільшення частки відновлюваної генерації в структурі генеруючих потужностей також призводить до появи низки проблем, які пов'язані з ускладненням керування енергосистемами в нормальному та особливо аварійних режимах її роботи. Зокрема, це викликано появою певних обмежень щодо зміни параметрів режимів енергосистем, насамперед в частині забезпечення стійкості за напругою в аварійних режимах. Внаслідок відмінності технологій генерації ВДЕ порівняно з тими, що

використовуються на «традиційних» електростанціях, це обумовлює необхідність удосконалення протиаварійного керування енергосистем в частині створення адаптивних систем протиаварійної автоматики, які враховували б особливості роботи відновлюваної генерації. Так, навіть незначне зниження напруги, виникнення якого є найбільш ймовірним в аварійних режимах, може призвести до спрацювання захистів інверторів станцій з подальшим відключенням останніх від електричної мережі, наслідком чого є збільшення перетоку активної потужності в дефіцитні енергорайони та подальше небезпечне зниження напруги в мережі. Таким чином, як впливає з наведеного, забезпечення надійного протиаварійного керування енергосистем з ВДЕ, що направлено на попередження їх відключення від мережі в умовах зниженої напруги, набуває особливої актуальності.

Вирішення вищезазначеної проблеми потребує удосконалення протиаварійного керування енергосистем з ВДЕ шляхом розробки струк-

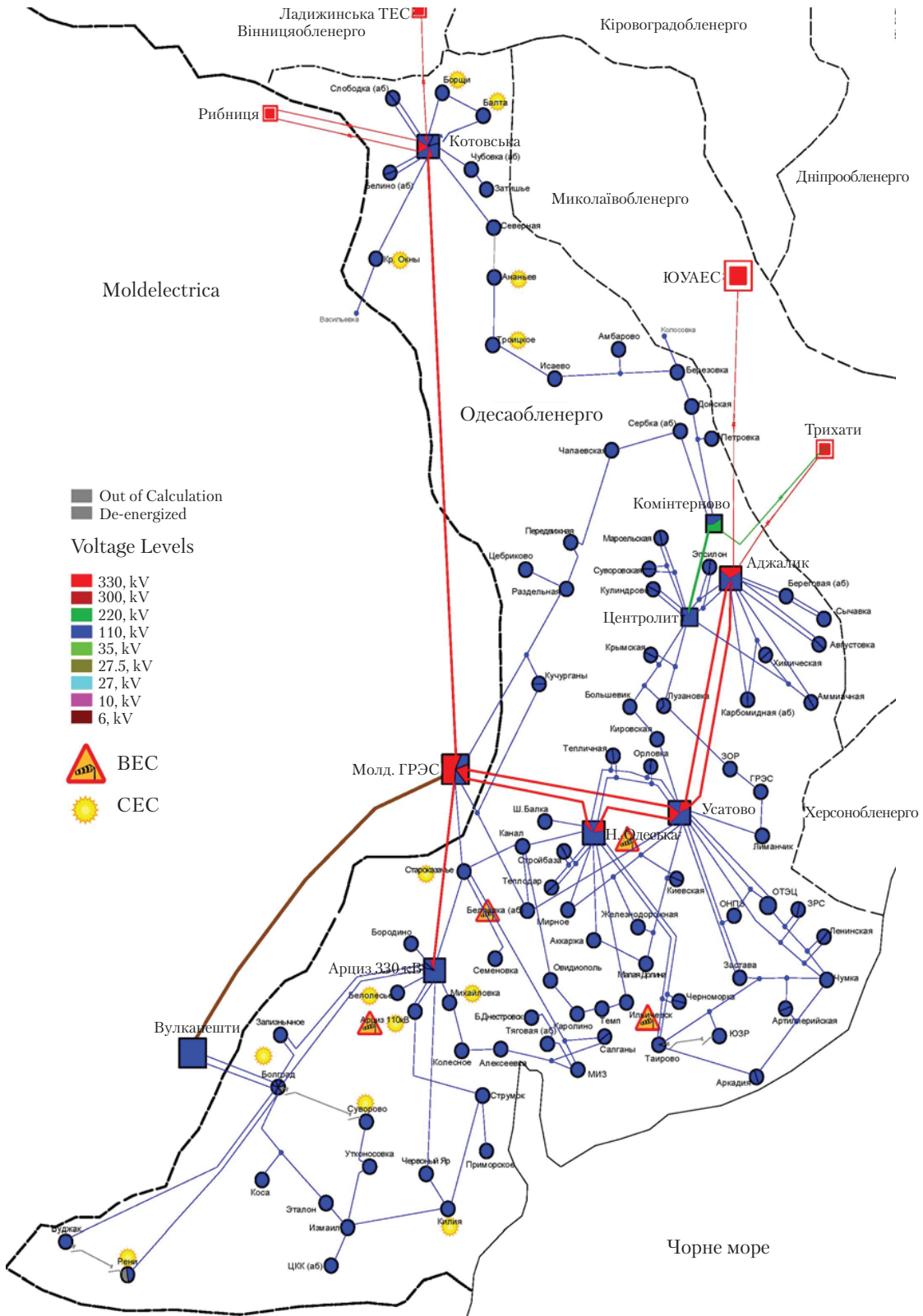


Рис. 1. Розрахункова модель мереж південно-західної частини Одеської області для перспективного 2020 р.

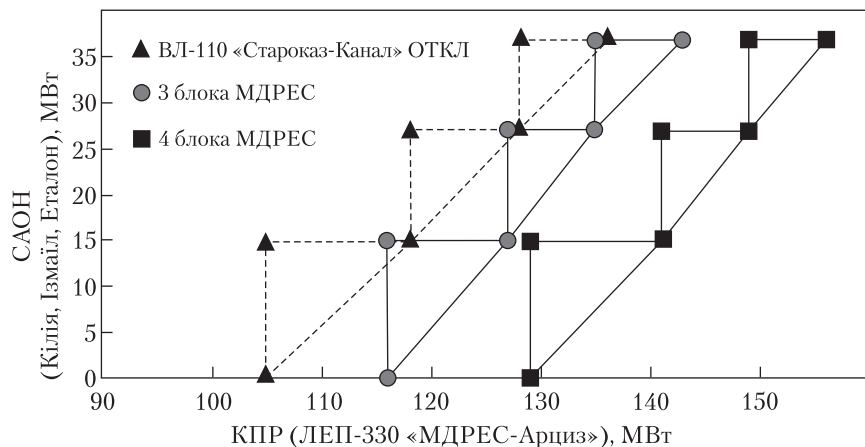


Рис. 2. Налаштування безперервної та дискретної АРВЛ ПЛ-330 кВ «Молдавська ДРЕС – Арциз» для трьох різних випадків

тури комплексу адаптивної системи протиаварійної автоматики (ПА) та розв'язання низки науково-технічних і практичних задач, спрямованих як на розвиток існуючих, так і на побудову нових методів протиаварійного керування в електроенергетиці. *По-перше*, це потребує розробки відповідних методів адаптивного керування, що дозволить попередити зменшення напруги в мережі нижче критичного значення за умови попередження відключення інверторів СЕС від мережі. *По-друге*, ймовірнісний характер зміни потужності ВДЕ протягом доби (особливо СЕС) спонукає до зміни напрямків потоків активної потужності, що потребує забезпечення адаптивного керування уставками в системах протиаварійного керування. *По-третє*, з урахуванням локального характеру зміни напруги на окремих підстанціях виникає задача зі створення централізованої системи моніторингу та керування навантаженням регіону з метою координації роботи протиаварійних систем на системному та об'єктних рівнях керування.

Зазначимо, що в рамках виконуваної роботи практичну розробку комплексу адаптивної системи ПА здійснено для мереж південно-західної частини Одеської області, режим роботи яких характеризується значною складовою СЕС в структурі генерації регіону. Створена комплексна адаптивна система ПА дозволяє забезпечити реалізацію крім відомих функцій аварійного керування режимами роботи енерго-

об'єктів ще низки нових функцій, зокрема: формування групи керуючих дій з метою попередження критичного за умов роботи СЕС зниження напруги; адаптивну зміну уставок спрацювання та визначення обсягів керуючих дій залежно від години доби, пори року та інших факторів. Крім того, запропонована система ПА дає можливість здійснювати моніторинг та візуалізацію поточного стану регіону з ВДЕ.

На першому етапі виконання роботи проведено аналіз поточного та перспективного стану електричних мереж південно-західної частини Одеської області, що дозволило створити відповідні розрахункові моделі для поточного та перспективного років (рис. 1). Основним генеруючим вузлом у південно-західній частині Одеської області є Молдавська державна районна електростанція (ДРЕС), для якої проведено аналіз її роботи для різних схемно-режимних умов роботи Південної енергосистеми. Крім того, одним з чинників, що впливає на зміну напруги в нормальному та аварійних режимах роботи енергосистеми, є характеристики навантаження споживачів, які визначені на основі результатів аналізу структури навантаження вузлів 110 кВ мережі. З урахуванням зазначених особливостей роботи електростанцій на ВДЕ в проєкті визначені критерії оцінки допустимості режимів, а саме критичні значення напруги та допустимі струмові навантаження ліній електропередачі, які визначають «область» дії адаптивної ПА.

На наступному, другому, етапі проведені розрахунки усталених режимів електричних мереж 330–110 кВ південно-західної частини Одеської області та статичної стійкості для різних схемно-режимних умов електричних мереж регіону, а саме для нормального режиму та режиму вимкнення повітряних ліній 110 кВ «Вулканешти–Болград №1, 2», що відповідає відключенню зв'язків з ОЕС Молдови. Це дозволило ідентифікувати «вузькі місця за напругою», а отже сформуванню структури та визначити місця встановлення пристроїв адаптивної ПА.

На підставі даних налаштування контролю попереднього режиму (КПР) та визначених обсягів спеціальної автоматики відключення навантаження (САВН) реалізовано налаштування автоматики розвантаження при відключенні лінії (АРВЛ) повітряної лінії (ПЛ) 330 кВ «Молдавська ДРЕС – Арциз» для таких випадків (рис. 2):

- а) робота на Молдовській ДРЕС трьох енергоблоків;
- б) робота на цій станції чотирьох енергоблоків;
- в) відключення ПЛ 110 кВ «Староказаче–Канал».

Зазначимо, що налаштування такої автоматики виконано з урахуванням роботи СЕС, що відповідає добовим годинам, протягом яких працюють ці станції, а також без урахування СЕС, що є характерним для нічного мінімуму добового графіку навантаження.

На базі проведених досліджень розроблено структуру адаптивної ПА регіону, яка складається з центрального та периферійного комплектів ПА (рис. 3), а також проведені дослідження роботи такої системи в усталених та динамічних режимах. Проведення таких комплексних досліджень дозволило здійснити перевірку ефективності розробленої системи для різних схемно-режимних умов роботи мереж південно-західної частини Одеської області.

Необхідно зазначити, що проект розробленого комплексу адаптивної ПА пройшов державну експертизу та впроваджується в мережах

південно-західної частини Одеської області. Автоматика здійснює керування джерелами активної й реактивної потужності та дозовано-го відключення менш відповідальних споживачів на об'єктах регіону. Алгоритм роботи адаптивної ПА базується на результатах проведених розрахункових досліджень з використанням розробленої цифрової моделі адаптивної ПА в усталених та перехідних режимах.

*B.S. Stognij, O.V. Kyrylenko, V.V. Pavlovs'kyj,
M.F. Sopol', A.O. Steljuk, L.M. Luk'janenko*

Institute of Electrodynamics, the NAS of Ukraine,
56, Peremogy Av., Kyiv-57, 03680, Ukraine,
tel. +38 (044) 366-24-55

DEVELOPMENT OF EMERGENCY AUTOMATICS FOR POWER SYSTEM WITH SIGNIFICANT RENEWABLE GENERATION

The need for the development of the adaptive emergency automation of the power system with the significant renewable generation is substantiated. The main stages of the system development are presented that allowed to define settings of the emergency automatics considering the features of the renewables as well as to develop the structure of the system, which is implemented in power systems of the Odessa region.

Keywords: power system, adaptive emergency system, renewables, stability, voltage, simulation.

*Б.С. Стогній, А.В. Кириленко, В.В. Павловський,
М.Ф. Сопель, А.О. Стелюк, Л.М. Лук'яненко*

Институт электродинамики НАН Украины,
просп. Победы, 56, Киев-57, 03680,
тел. +38 (044) 366-24-55

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ СО ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ ДОЛЕЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Обоснована необходимость разработки адаптивной системы противоаварийной автоматики энергосистемы со значительной долей возобновляемой генерации. Представлены основные этапы разработки такой системы, что позволило определить настройки противоаварийной автоматики с учетом особенностей работы возобновляемой генерации, а также разработать структуру этой системы, которая внедряется в сетях Одесской области.

Ключевые слова: энергосистема, противоаварийная автоматика, возобновляемая генерация, устойчивость, напряжение, моделирование.

Стаття надійшла до редакції 10.05.16