

О. С. Яндульський¹
 А. А. Марченко¹
 А. Б. Нестерко¹

ЛОКАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ РОЗОСЕРЕДЖЕНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ В ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМАХ

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Розглянуто питання інтеграції розосереджених джерел енергії до контуру керування системи автоматичного регулювання частоти та потужності (АРЧП). Розроблено модель регіонального регулятора частоти та потужності. Досліджено ефективність використання розосереджених джерел енергії (РДЕ) у процесі оперативного керування режимом електроенергетичної системи.

Ключові слова: регулювання частоти та активної потужності, розосереджені джерела енергії, математична модель, регіональний контролер, резерви потужності.

Вступ

Електроенергетична система є складним об'єктом, який повинен працювати в допустимому діапазоні частот, надійно утримувати миттєвий баланс між генерацією та споживанням. Для надійного функціонування у різних «непередбачуваних» сценаріях енергетичні системи повинні володіти достатнім оперативним резервом потужності. Служба планування та оператори/диспетчери мають знати, як система реагує у відповідь на збурення, і які заходи необхідні для забезпечення її надійної роботи. Для найбільшої користі від інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), необхідно «відкрити» простір для реалізації їх систем управління: не обмежувати нові види обладнання в рамках старих технологій, ефективно використовувати відмінності в характеристиках управління різноманітними процесами виробництва, розподілу, накопичення та споживання.

Аналіз проблем впливу розосереджених джерел енергії (РДЕ) на мережу [1] показав, що робота РДЕ різного типу має значні відмінності у технічному та технологічному аспектах. Дослідження питання виділення оперативних резервів РДЕ та оперативного керування режимом показало ефективність розширеного використання автоматики частотного розвантаження та обмеження генерації [2].

Узагальнений варіант структури системи керування частотою та активною потужністю пропонується у [1]. Аналіз керованості основних типів РДЕ стосовно управління частотою та потужністю показав, що до ефективно в системі автоматичного регулювання частоти можуть працювати лише керовані та умовно керовані РДЕ [2].

Матеріали дослідження

Зростання частки РДЕ в структурі генерації щораз більше впливає на роботу енергосистем. Відмінності РДЕ від традиційної генерації, їх непередбачуваність [3], відсутність інерції та інше, погіршують стійкість, надійність та економічність режимів роботи енергосистем.

Наразі актуальним залишається питання методів залучення РДЕ до підвищення ефективності регулювання частоти та активної потужності в енергосистемі. *Метою роботи є розробка методу використання ВДЕ у вторинному регулюванні частоти зі змінною генерацією та технічними обмеженнями об'єктів малої генерації.*

Аналізуючи концепції та підходи, що описувалися в попередніх дослідженнях [4], можна виділити основні функції, які необхідно забезпечити регіональному контролеру (рис. 1):

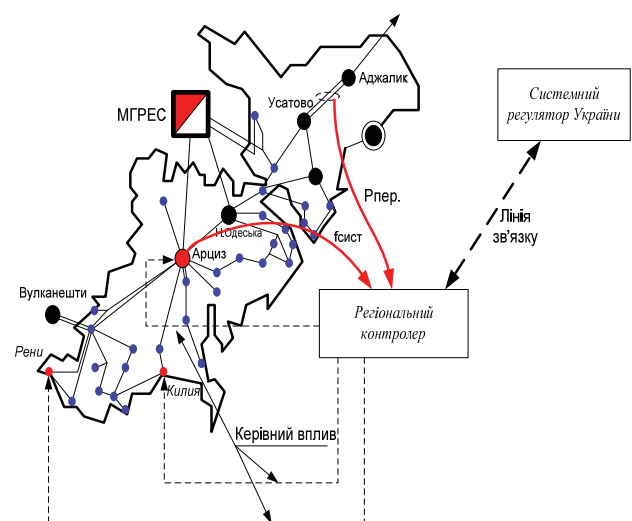


Рис. 1. Функціональна схема об'єкта дослідження

- підтримка перетоку по заданому перетину;
- підтримка по частоті в аварійних та обтяжених режимах;
- можливість роботи як автономно так і в сукупності із центральним системним регулятором;
- забезпечення економічного розподілу навантаження між підконтрольними станціями;
- гнучке формування керівного впливу, що дозволяло б підлаштовувати систему до вимог стандартів.

Для задач дослідження в програмному забезпеченні PowerFactory розроблена модель, здатна виконувати вищезазначені функції (рис. 2).

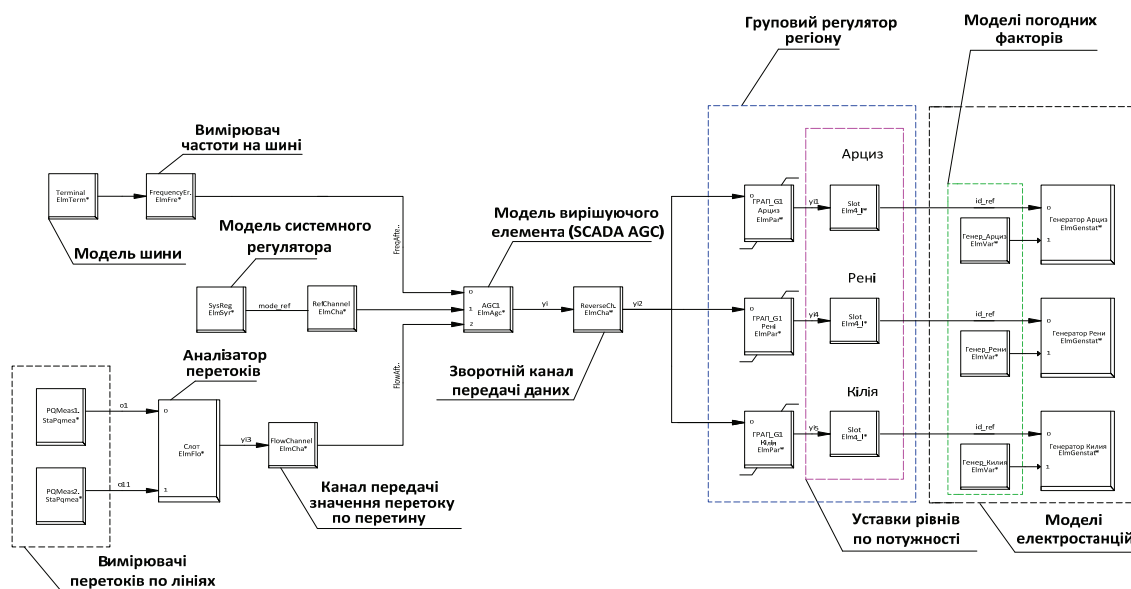


Рис. 2. Структура автоматичного регулятора частоти та активної потужності регіонального рівня

Принцип роботи цієї моделі полягає у підтримці перетоку по підконтрольному перетину на заданому системним регулятором рівні. Коригування перетоку забезпечується зміною генерації сонячних електростанцій регіону. Підтримка режиму по частоті лише у перехідних режимах забезпечується зоною нечутливості на корекцію частоти у нормальних режимах роботи. Змінюючи параметри регулятора, можна гнучко задати характеристики регулювання для нормальних та аварійних режимів.

Для аналізу роботи системи регіонального АРЧП, яка побудована за принципами традиційної [5], проведені дослідження у збуреннях у зовнішній енергосистемі та змінній генерації РДЕ.

В дослідженні (рис. 3), характерною є робота групового регулятора потужності (ГРАП) регіону. У початковий момент збурення, при виході значення системної частоти за межі зони нечутливості, регулятор працює в режимі автоматичного регулювання частоти. З часом (через ~20 с) регулятор переходить в режим автоматичного регулювання перетоку. Оскільки внаслідок збурення підконтрольний перетік збільшився на величину більшу за сумарну генерацію ВДЕ регіону, регулятор розвантажив сонячні електростанції в процесі вторинного регулювання.

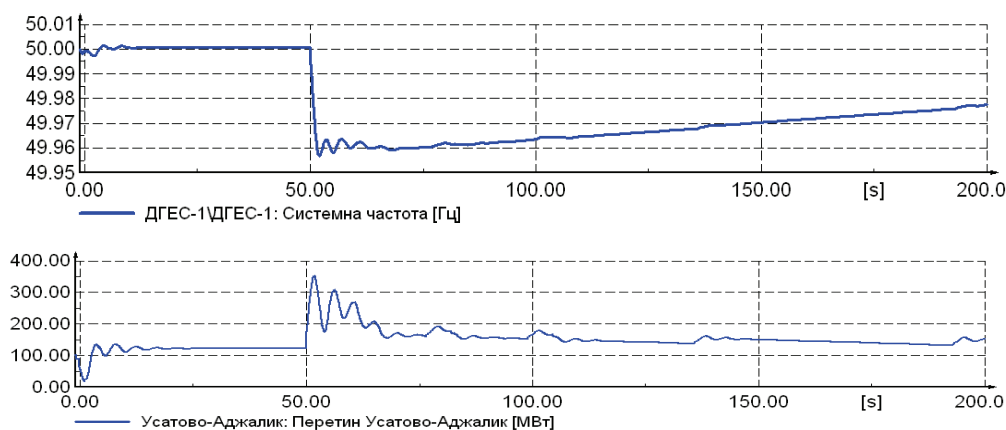
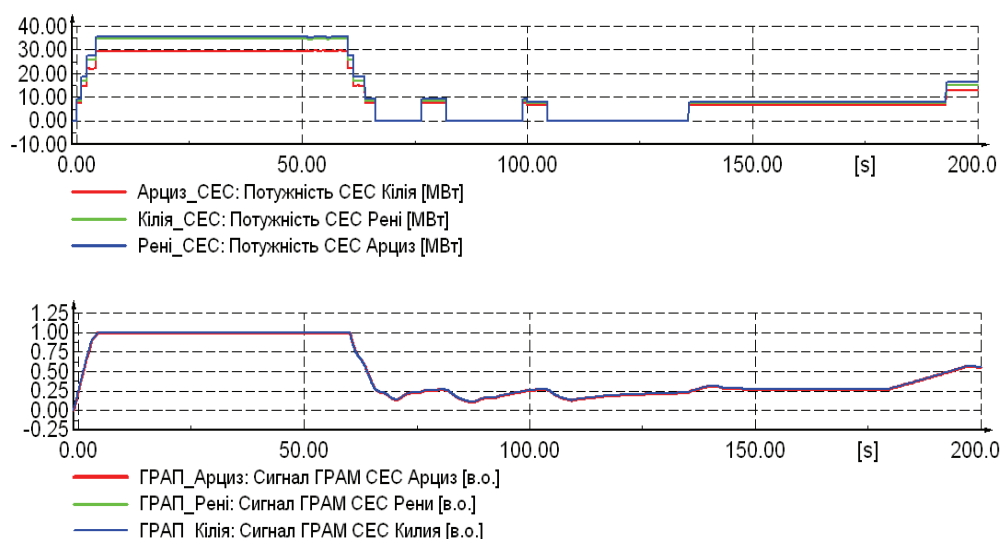


Рис. 3. Значення системної частоти, підконтрольних перетоків, потужностей СЕС та сигналів групового регулятора у разі збурення в енергосистемі



Продовження рис. 3. Значення системної частоти, підконтрольних перетоків, потужностей СЕС та сигналів групового регулятора у разі збурення в енергосистемі

Із застосуванням розробленої моделі можливе використання основних типів РДЕ для участі у регулюванні частоти. Відмінності в роботі РДЕ мають бути враховані на станційному або агрегатному рівнях. Режимні особливості РДЕ мають бути враховані на рівні системного та регіонального контролерів.

Модель дає змогу провести аналіз процесів регулювання частоти в аварійному виникненні небалансу або короткому замиканні. Результати вказують на успішність вторинного регулювання на регіональному рівні. Для найрозповсюдженіших ВДЕ підтримка перетоку відбувається за можливості розвантаження, інакше, на генераторах установлюється технологічно допустима потужність, найближча до заданої SCADA/AGC.

Висновки

Отримані результати свідчать, що переток по лініях зв'язку між умовно-автономними зонами є найчутливішою до регулювання величиною.

Аналіз проведених досліджень показав, що використання РДЕ в перехідних режимах дає змогу збільшити оперативні резерви потужності енергосистеми.

Регіональна система АРЧП, дозволяє збільшити ефективність вторинного регулювання, за допомогою гнучкої підтримки перетоку по заданому перетину на встановленому системним регулятором рівні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bevrani H. Renewable energy sources and frequency regulation : Survey and new perspectives / H. Bevrani, A. Ghosh, G. Ledwich // IET Renew. Power Gener. — 2010. — Vol. 4. — P. 438—457.
2. Chuvychin V. Problems of frequency control in the power system with massive penetration of distributed generation / V. Chuvychin, A. Sauhats, V. Strelkovs // 8th International Conference «Control of power systems». — 2008. — Vol. 8.
3. Dragoon K. Solar PV Variability and Grid Integration / K. Dragoon, A. Schumaker // Renewable Northwest Project. — 2010.
4. Madureira A. Secondary load-frequency control for microgrids in islanded operation / A. Madureira, C. Moreira, J. A. P. Lopes // Conf. Renewable Energy Power Quality, Spain. — 2005.
5. Кириленко А. В. Моделирование системы автоматического регулирования частоты и активной мощности в энергосистеме Украины / А. В. Кириленко, А. С. Яндульский, Е. В. Небрат // Технічна електродинаміка. — 2000. — № 1. — С. 99—102.

Рекомендована кафедрою електричних станцій і систем ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 29.01.2014

Яндульський Олександр Станіславович — д-р. техн. наук, професор, **Марченко Анатолій Андрійович** — канд. техн. наук, доцент, **Нестерко Артем Борисович** — асистент, e-mail: nesterko@fea.kpi.ua.

Кафедра автоматизації енергосистем

O. S. Yandulskyi¹
A. A. Marchenko¹
A. B. Nesterko¹

LOCAL CONTROL OF DISTRIBUTED ENERGY SOURCES OF ENERGY IN THE EMERGENCY MODES

¹National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv

The problem of integration distributed energy to the contour control AGC is analyzed. The model of regional regulator frequency and power is developed. The efficiency of the use of DER in the operational management mode electric power system is investigated in the paper.

Keywords: frequency and active power control, distributed energy sources, mathematical model, regional controller, power reserves.

Yandulskyi Olexander S. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, *Marchenko Anatolii A.* — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, *Nesterko Artem B.* — Assistant, e-mail: nesterko@fea.kpi.ua.

The Chair of Automation of Energy Systems

А. С. Яндульський¹
А. А. Марченко¹
А. Б. Нестерко¹

ЛОКАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАССРЕДОТОЧЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Рассмотрены вопросы интеграции рассредоточенных источников энергии в контур управления САРЧМ. Разработана модель регионального регулятора частоты и мощности. Исследована эффективность использования РИЭ в процессе оперативного управления режимом электроэнергетической системы.

Ключевые слова: регулирование частоты и активной мощности, рассредоточенные источники энергии, математическая модель, региональный контроллер, резервы мощности.

Яндульський Олександр Станіславович — д-р. техн. наук, професор, *Марченко Анатолій Андреевич* — канд. техн. наук, доцент, *Нестерко Артем Борисович* — асистент, e-mail: nesterko@fea.kpi.ua.

Кафедра автоматизации энергосистем