УДК 004.7

СПОСІБ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖІ MICROGRID НА БАЗІ ОНТОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ

Степанов Г. О., Новогрудська Р. Л.
Навчально-науковий Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: glib4400@gmail.com

A METHOD OF REDISTRIBUTION OF ELECTRICITY IN A MICROGRID NETWORK BASED ON AN ONTOLOGICAL MODEL

The paper examines the key operational modes of Microgrids, including grid-connected, islanded, black start, peak load shaving, renewable integration, and emergency modes. A dynamic energy redistribution method based on an ontological model is proposed, utilizing real-time monitoring and adaptive decision-making. The method analyzes the balance between energy generation and consumption, prioritizes critical loads, and dynamically manages energy flows. The ontological model facilitates the integration of data from generation, storage, and distribution components, ensuring automated system adjustments and interoperability between different devices.

У процесі розробки стратегії перерозподілу електроенергії в мережі Microgrid важливо враховувати різні сценарії її роботи.

Нормальний режим роботи (Grid-Connected Mode). У цьому режимі Microgrid підключена до основної електромережі та працює синхронно з нею. Електроенергія може як споживатися з мережі, так і передаватися до неї залежно від балансу генерації та споживання всередині Microgrid.

Острівний режим (Islanded Mode). У випадку відключення від основної мережі (наприклад, через аварію або планове обслуговування) Microgrid переходить в автономний режим.

Режим відновлення після аварії (Black Start). Після повного знеструмлення Microgrid повинна мати можливість самостійно відновити роботу без залежності від основної мережі. Це вимагає наявності джерел енергії, здатних ініціювати процес відновлення, та координації між компонентами системи для поступового підключення навантажень.

Режим пікового навантаження (Peak Load Shaving). У періоди високого споживання електроенергії Microgrid може зменшувати навантаження на основну мережу, використовуючи власні генератори або системи зберігання енергії.

Режим інтеграції відновлюваних джерел енергії (Renewable Integration Mode). Зі збільшенням частки відновлюваних джерел, таких як сонячні панелі та вітрові турбіни, Microgrid повинна ефективно керувати змінністю їх генерації.

Режим аварійного реагування (Emergency Mode). У випадку критичних ситуацій, таких як природні катастрофи або техногенні аварії, Microgrid може забезпечувати електроенергією критично важливі об'єкти, відключаючи некритичні навантаження для збереження ресурсів та підтримки життєво важливих функцій [1].

Для оптимального управління керованими пристроями як на стороні постачання, так і на стороні споживання, у координованому режимі застосовується гібридна система, основана на технології багатоагентних систем. У цій системі розглядаються центральний координатор Microgrid, розподілені елементи, відновлювальні джерела енергії, система зберігання енергії та сервісні компоненти. Реалізована архітектура зв'язку та ієрархія передачі повідомлень, що здійснюється через обмін інформацією між центральним координатором та системами відновлювальних джерел енергії. Протягом кожного періоду прийняття рішень синергія досягається через обмін повідомленнями, які передають дані про доступну потужність від відновлювальних джерел енергії до систем управління енергоспоживання [2]. Кожен елемент управління споживанням енергії регулює енергоспоживання та генерацію, враховуючи інформацію, завдання, робочий стан пристроїв та вимоги до споживання електроенергії, з максимальною метою мінімізації витрат на електроенергію та досягнення максимального рівня комфорту. Потім обсяг електроенергії, що обмінюється між мережею, передається центральному координатору. Підсумовуючи всі транзакції з мережею, центральний координатор у співпраці з системою зберігання електроенергії може регулювати систему зберігання на основі різних факторів, таких як чистий попит на потужність, ціни на та можливість обміну з мережею для виконання цілей та обмежень системи.

Визначаючи компоненти системи збору та обробки інформації, ми можемо виділити компоненти, які безпосередньо стосуються збору, обробки та передачі інформації в контексті системи Microgrid. Система Microgrid складається з компонентів для генерації енергії, зберігання енергії, управління та перерозподілу. До них належать системи для моніторингу та управління енергетичними потоками, такі як компоненти зберігання, що відслідковують рівень заряду, стан батарей і ефективність зберігання енергії. Компоненти управління інтегрують дані з різних джерел енергії та систем зберігання, а компоненти перерозподілу моніторять напругу та контролюють комутацію для забезпечення стабільності мережі. Інтерфейси користувачів надають доступ до даних і моніторингу стану енергосистеми, а користувачі системи відповідають за аналіз зібраної інформації та прийняття рішень [3].

Логіка роботи системи на основі онтологічних правил

- Отримуємо інформації про рівні генерації, стан сховищ, навантаження та активність споживачів.
- Визначаємо, які джерела та сховища можуть бути задіяні залежно від критеріїв перерозподілу:
- Вибираємо джерела генерації залежно від вартості та доступності, та перерозподіляє між підстанціями залежно від балансу генерації та споживання:
- Займаємося моніторингом оновлення параметрів у реальному часі, автоматично коригуючи перерозподіл.
- Надаємо операторам та аналітикам візуалізовані дані про поточний стан системи.

Для ефективного перерозподілу електроенергії пропонується алгоритм, який ґрунтується на динамічному аналізі вхідних параметрів. На першому етапі аналізується баланс між виробленою та спожитою енергією. Якщо генерація перевищує попит, енергія або спрямовується в сховища, або перерозподіляється серед споживачів. Якщо ж генерація недостатня, система або активує резервні джерела, або вводить обмеження на некритичні навантаження. Важливою частиною алгоритму є пріоритизація споживачів. Критично важливі об'єкти, отримують безперебійне енергопостачання, тоді як вторинні навантаження можуть бути тимчасово обмежені.

Система працює в реальному часі, постійно моніторячи параметри та адаптуючи розподіл енергії. Якщо виникають аварійні ситуації, алгоритм автоматично вживає заходів: коригує напругу через комутаційне обладнання або активує резервні джерела живлення.

Література

1. K. M. Son, K. Lee, D. -C. Lee, E. -C. Nho, T. -W. Chun and H. -G. Kim (2009), “Grid interfacing storage system for implementing microgrid”, 2009 Transmission & Distribution Conference & Exposition: Asia and Pacific, P. 1-4.
2. A. Anvari-Moghaddam, J. M. Guerrero, A. Rahimi-Kian and M. S. Mirian (2016), “Optimal real-time dispatch for integrated energy systems: An ontology-based multi-agent approach”, 2016 IEEE 7th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG), P. 1-7.
3. Aravind Ingalalli, Ravish Kumar, Srijit Kumar Bhadra (2018), “Ontological formulation of Microgrid Control System for Interoperability”, 2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), P. 1-8.