

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Харківський національний університет
радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ

Метод керування попитом на електроенергію для мікромереж

Ст.гр. КСМзм-22-1

Петрук О.О.

Мета та задачі роботи

Метою роботи є аналіз методів керування попитом на електроенергію, як частини енергоменеджмента мікромереж.

Задачі

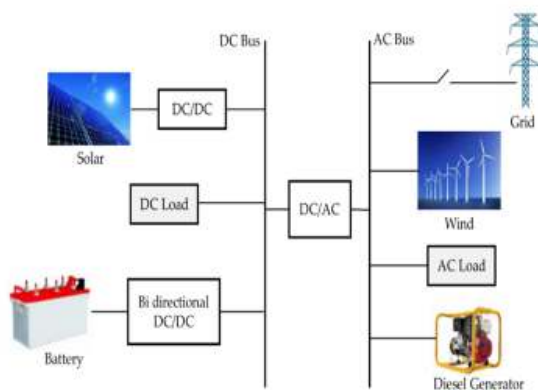
- Провести аналіз побудови мікромереж
- Розглянути та проаналізувати існуючі системи керування
- Проаналізувати класифікацію методів енергоменеджменту мікромереж, які можна використовувати для управління попитом.
- Запропонувати процес оптимізації

Актуальність роботи

Зростаючий попит на електроенергію, економічні вигоди та навантаження на навколишнє середовище, пов'язані з використанням викопного палива, спонукають до виробництва електроенергії переважно з відновлюваних джерел енергії. Однією з головних проблем у виробництві відновлюваної енергії є невизначеність, пов'язана з прогнозуванням через переривчастий характер відновлюваних джерел. Попит також змінюється в залежності від часу доби, сезону, місця розташування, клімату та наявності ресурсів.

Мікромережі пропонують потенційне рішення для інтеграції невеликих відновлюваних джерел енергії та навантажень разом із системами зберігання енергії та іншими невідновлюваними джерелами. Однак для забезпечення споживачів стабільною електроенергією потрібно узгоджувати переривчасте виробництво та змінний попит. Тому дуже важливо розробити систему енергоменеджменту для ефективного керування джерелами енергії та навантаженнями для надійної та ефективної роботи.

Концепція мікромережі



Мікромережа зазвичай складається з енергетичних ресурсів, накопичувачів енергії та навантажень і працює в межах чітко визначених електричних меж.

Енергетичний баланс мікромережі зазвичай включає сонячну фотоелектричну енергію та вітер як основні джерела відновлюваної енергії, а деякі невідновлювані джерела енергії, такі як дизельні генератори, мікротурбіни та газові турбіни, також використовуються як резервні джерела енергії.

Централізована структура управління

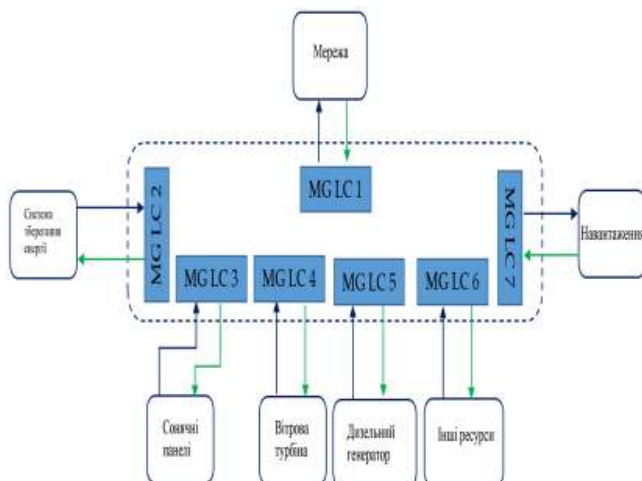


Система керування, може бути реалізована за допомогою централізованих, децентралізованих та ієрархічних методів керування.

У централізованому управлінні електроменеджменту використовується єдиний центральний контролер, який отримує всю інформацію, таку як виробництво енергії з ВДЕ, профіль навантаження, ринкова ціна, погодні умови тощо.

На основі вхідних даних центральний контролер вирішує оптимальний розклад енергії мікромережі, а потім надсилає ці рішення всім місцевим контролерам. Базова структура централізованого управління показана на рисунку. Однак збій центрального керування може призвести до збою всієї системи.

Децентралізована структура управління



На відміну від енергоменеджменту на основі централізованого керування, у децентралізованому управлінні, показаному на рисунку, потрібні кілька локальних з'єднань, і для прийняття керівних рішень використовуються лише локальні вимірювання.

Ієрархічний контроль



Ієрархічні підходи контролю використовуються для забезпечення компромісу між повністю централізованими та децентралізованими структурами контролю, і вони включають первинний, вторинний і третинний контроль.

Однак ієрархічний контроль є складним, враховуючи періодичність ВДЕ. Останні дослідження значною мірою зосереджені на ієрархічних підходах до управління для покращення аспектів енергоменеджменту мікромережевих систем. Типову ієрархічну схему керування показано на рисунку.

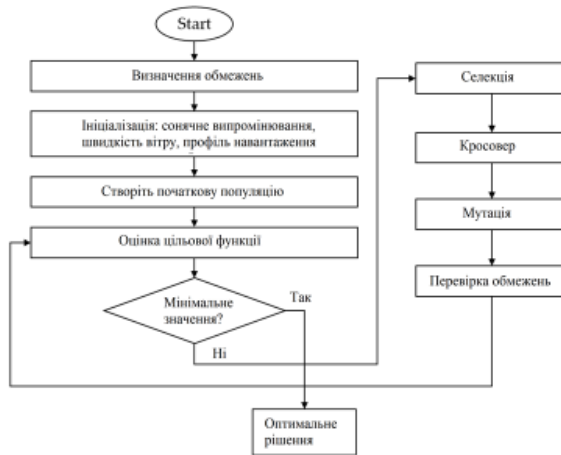
Класифікація методів енергоменеджменту мікромережі

Підходи до вирішення основної проблеми енергоменеджменту
<ul style="list-style-type: none"> - Змішане цілочисельне лінійне та нелінійне програмування - Евристичні методи оптимізації <ul style="list-style-type: none"> > Генетичний алгоритм > Оптимізація рою частинок - Контроль, заснований на правилах - Нечітке логічне управління
Підходи до управління невизначеністю
<ul style="list-style-type: none"> - Стохастична оптимізація - Надійна оптимізація - Програмування з обмеженим шансом - Прогнозне керування моделлю

Вибір методів енергоменеджменту залежить від системи мікромережі та вимог.

Методи вирішення проблем енергоменеджменту можна класифікувати різними способами. На цьому слайді ці методи систем управління класифікуються наступним чином.

Генетичний алгоритм

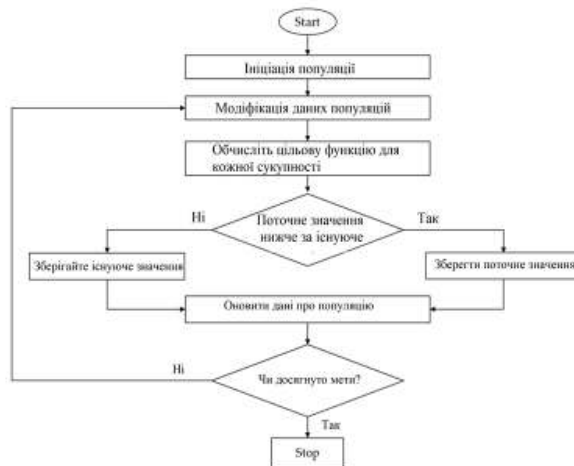


Генетичний алгоритм (ГА) є часто використовуваним евристичним методом оптимізації для вирішення проблем оптимізації, і він має здатність оптимізувати багатовимірні проблеми. Генетичний алгоритм розробляється на різних етапах, як показано на рисунку.

Щоб вирішити задачу оптимізації для системи управління мікромережі, ГА розглядає системні змінні, обмеження, параметри та цільову функцію, як показано на рисунку.

ГА розроблено для планування генераторів, систем зберігання акумуляторів і контрольованих навантажень. Загальні експлуатаційні витрати, викиди мікромережі та інші цілі оптимізовані, одночасно задовольняючи всі вимоги рівності та нерівності за допомогою відповідного стану.

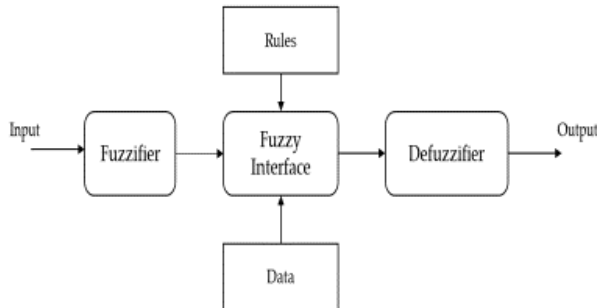
Оптимізація роєм частинок



Оптимізація роєм частинок — це метод евристичної оптимізації на основі популяції, який можна застосовувати в широкому діапазоні додатків, пов'язаних із мікромережею. Частинки використовують як особисте найкраще рішення, так і найкраще рішення, знайдене роєм, щоб спільно рухатися до оптимуму.

Рисунок ілюструє типовий алгоритм ОРЧ, який використовується для програм управління енергією мікромережі.

Нечітке логічне управління



На рисунку показана блок-схема системи нечіткої логіки. Контролер нечіткої логіки містить в основному три частини: фазифікатор, нечіткий інтерфейс і дефазифікатор.

Фазифер перетворює вхідні дані в лінгвістичну змінну, і цей процес називається фазифікацією.

Дефазифікатор повертає результат шляхом перетворення з лінгвістичної змінної, і цей процес називається дефазифікацією.

Система інтерфейсу є системою, заснованою на правилах.

Нечіткі контролери не потребують складного математичного моделювання.

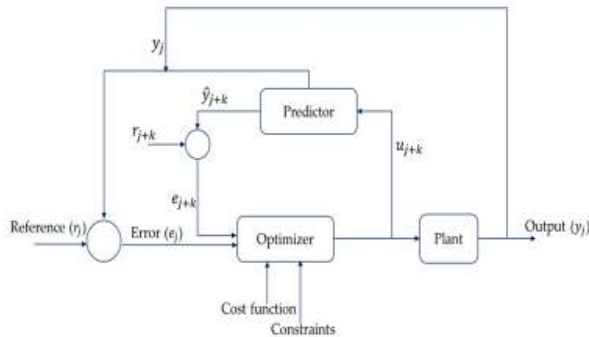
Управління енергією на основі нечіткої логіки використовується для різних цілей. Контролер нечіткої логіки генерує вихідні дані про те, чи слід заряджати або розряджати акумулятор, а також швидкість заряджання чи розряджання

Переваги та недоліки методів оптимізації

Метод	Переваги	Недоліки
1	2	3
Змішані цілочислові методи лінійного та нелінійного програмування	Наявність ефективних програмних пакетів. Найбільш гнуче моделювання. Оптимальне рішення.	Обчислювальна складність.
Загальний алгоритм	Можливість використання комплексної рецептури. Він може впоратися з багатьма цілями та обмеженнями. Широко використовується в багатьох сферах.	ГА не може забезпечити математичну оптимальність свого результату.
Оптимізація рою частинок (ОРЧ)	Він має швидкий час конвергенції. Зазвичай використовується для визначення розмірів розподілених генераторів. Він може вирішувати широкий спектр проблем, одночасно досягаючи ряду цілей.	ОРЧ не може забезпечити математичну оптимальність свого виходу.

1	2	3
Методи на основі правил	Цей підхід дозволяє значно зменшити обчислювальну складність. Цей метод легко застосувати на різних типах сховищ після встановлення основних правил.	Рішення може бути неоптимальним.
Методи керування нечіткою логікою	Отримайте більше гнучкості. Його можна легко поєднати з іншими методами.	Рішення може бути неоптимальним. Потрібен якісний процесорний блок.

Модель прогнозного контролю



Традиційні детерміновані системи мають механізм зворотного зв'язку для коригування початкового диспетчерського рішення для компенсації варіацій у невизначених змінних рішення.

Серед них модель прогнозного керування (МПК) привертає значну увагу в мікромережових системах як багатообіцяюча схема керування з кількома перевагами, такими як можливість включення методів оптимізації та здатність інтегрувати обмеження та збурення в прогнозовані керуючі рішення.

МПК — це схема дискретного керування часом, у якій кожен крок часу розв'язує задачу оптимального керування без циклу для обраного горизонту керування. Рисунок ілюструє блок-схему типової структури МПК.

Процес оптимізації на основі МПК



Прогнозний контроль моделі зазвичай реалізується шляхом розробки моделі з релевантними та керуваними змінними, а потім мінімізацією функції вартості між еталонними значеннями та потенційними значеннями контрольованих змінних. Вибирається мінімальна різниця для активації наступного періоду. Загальний процес оптимізації на основі МПК показано на рисунку.

Структурні моделі МПК для мікромереж мають переваги, оскільки вони використовують динамічну поведінку компонентів мікромережі, зокрема моделі заряду та розряду батареї. Типові методи контролю більше не ефективні проти флуктуацій, але МПК отримав більше уваги завдяки своїй гнучкості щодо включення обмежень і нелінійності.

Ще однією перевагою МПК перед іншими методами керування є його просте розширення до випадку багатьох змінних. Метод МПК може забезпечити відступаючий горизонт прогнозування за допомогою механізму зворотного зв'язку, який також ефективно зменшує вплив невизначеностей.

Висновки

В ході роботи було проведено:

- Аналіз побудови мікромереж
- Розглянуто та проаналізовано існуючі системи керування
- Проаналізовано класифікацію методів енергоменеджменту мікромереж, які можна використовувати для управління попитом.
- Запропоновано процес оптимізації на основі МПК

Апробація результатів



ДОДАТОК Б
Апробація результатів

Національний університет оборони
Азербайджанської республіки

Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"

Харківський національний
університет радіоелектроніки

Національний аерокосмічний університет
імені М. Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"

Університет технології і гуманітарних наук
(м. Бельсько-Бяла, Польща)

ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

Тези доповідей одинадцятої міжнародної
науково-технічної конференції

16 – 17 листопада 2023 року

Том 3: Секція 4

Баку – Харків – Бельсько-Бяла –2023

**ГНУЧКІ МЕХАНІЗМИ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ
ДЛЯ ЦЕНТРІВ ОБРОБКИ ДАНИХ**

Колтун Ю.М., Крюкова І.В., Петрук О.О.

Харківський університет радіоелектроніки, Харків, Україна

На сьогоднішній день потреба в електроенергії і енергоспоживання центрів обробки даних різко зростає через збільшення комунікаційних і обчислювальних потреб ІТ-служб. Збільшення попиту та управління енергією в центрах обробки даних є необхідністю. Завдяки автоматизованій інфраструктурі ІКТ, яка підтримується технологією IoT, такі типи управління стають більш дійсними, ніж будь-коли.

Метою доповіді є побудова гнучких механізмів, які дозволяють керувати попитом електроенергії для різноманітних центрів обробки даних.

У доповіді розглядається управління з двох різних точок зору: мінімізація загального споживання енергії та зменшення пікового попиту на електроенергію протягом періодів реагування на попит. Обидві точки зору позитивно впливають на загальну вартість володіння центрами обробки даних [1]. Розглянуто потенційні механізми в центрах обробки даних, які забезпечують гнучкість разом із гнучкими контрактами, такими як екологічний рівень обслуговування та угоди про попит і пропозицію. Ми розширили сучасний рівень, запровадивши методологічні блоки та основи систем управління для двох згаданих вище перспектив. Отримані результати підтверджують теоретичну модель, підкреслюючи чудовий потенціал гнучких угод про рівень обслуговування: 33% загальної економії енергії та 50% зниження споживання електроенергії протягом періодів попиту-відповіді у випадку об'єднання центрів обробки даних.

З інтеграцією відновлюваних джерел енергії в електромережу та їх надзвичайно переривчастою поведінкою це зумовило необхідність кращого планування виробництва електроенергії з боку постачання, щоб виробництво відповідало попиту і, отже, зберігало стабільність енергосистеми [2]. Збереження стабільності мережі було реалізовано за допомогою концепції управління попитом і реагування на попит.

Список літератури

1. Basmadjian, R.; Botero, J.F.; Giallani, G.; Hesselbach, X.; Klingert, S.; de Meer, H. Making Data Centres Fit for Demand Response: Introducing GreenSDA and GreenSLA Contracts. *IEEE Trans. Smart Grid* 2018, 9, 3453–3464.
2. Varela, M.; Skorin-Kapov, L.; Ebrahimi, T. Quality of service versus quality of experience. In *Quality of Experience: Advanced Concepts, Applications and Methods*, Springer: Berlin, Germany, 2014; pp. 85–96.