

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи



Харківський національний університет
радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ

Метод прийняття рішень для планування на основі штучного інтелекту для мікромереж

Виконав ст.групи СПм-22-6
Тухтаров В.Б.

Керівник
Доц.каф.ЕОМ Ляшенко О.С.

Актуальність, мета та задачі роботи

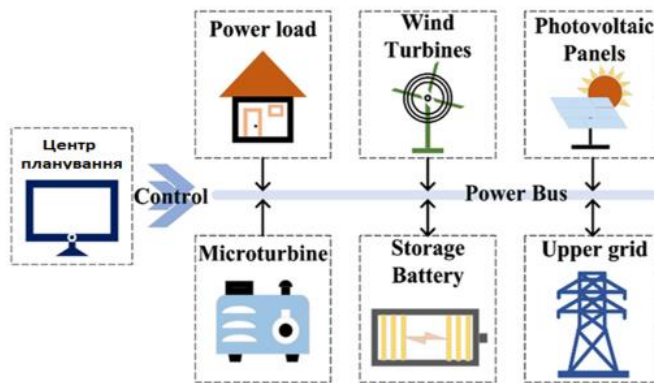
У сучасному світі мікромережі стають все більш популярними, як ефективний спосіб управління енергією та підвищення енергетичної незалежності. Але процес планування роботи мікромереж може бути складним, враховуючи багато факторів, які необхідно врахувати. Штучний інтелект (ШІ) пропонує інноваційний підхід до оптимізації планування роботи мікромереж, забезпечуючи більш ефективне, економне та надійне управління енергією.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження методу прийняття рішень для планування роботи мікромережі на основі штучного інтелекту.

Задачі

- Провести аналіз роботи мікромереж
 - Розглянути можливість використання штучного інтелекту (нейронних мереж) для оптимізації розподілу навантаження
 - Запропонувати метод прийняття рішень щодо внутрішньоденного планування на основі DNN
-

Загальна структура мікромережі



Конкретна структура мікромережі, що досліджувалася в цій роботі, показана на рисунку, де стрілки вказують напрямок потоку потужностей.

Структура мікромережі

Оптимізація розподілу навантаження

Традиційний підхід

Традиційний підхід до розподілу навантаження в мікромережах зазвичай ґрунтується на евристичних методах або ручному плануванні. Цей підхід може бути неефективним і не враховувати всі нюанси енергетичного балансу.

ШІ-підхід

ШІ-підхід дозволяє оптимізувати розподіл навантаження за допомогою алгоритмів нейронних мереж. ШІ може аналізувати великі обсяги даних про споживання енергії, погоду та інші фактори, щоб визначити найкращий спосіб розподілу навантаження в реальному часі.



Прогнозування попиту на енергію

1 Точне прогнозування

ШІ-алгоритми можуть аналізувати історичні дані про споживання енергії, враховуючи погоду, час доби, день тижня, сезонні коливання та інші фактори, щоб створити точні прогнози майбутнього попиту на енергію.

2 Управління джерелами

Точні прогнози допомагають ефективно управляти джерелами енергії, такими як сонячні батареї або вітрові турбіни, щоб забезпечити стабільний баланс енергії в мікромережі.

3 Зменшення витрат

Точне прогнозування дозволяє мінімізувати витрати на енергію, ефективно плануючи використання джерел енергії та зменшуючи потреби в покупці енергії з зовнішньої мережі.



Цільова функція

Метою оптимального планування роботи мікромережі на добу наперед є мінімізація загальних щоденних операційних витрат. Загальні експлуатаційні витрати системи включають експлуатаційні та пускові витрати МТ, а також витрати на зарядку/розрядку SB та вартість купівлі/продажу UG. Вищезазначене можна виразити так:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^T \sum_{l=1}^N (C_{MT,i,t} + U_{MT,i,t}) + \sum_{i=1}^T (C_{SB,t} + C_{UG,t})$$

$$\begin{cases} C_{MT,i,t} = a_i P_{MT,i,t}^2 + b_i P_{MT,i,t} + c_i u_{on,i,t} \\ U_{MT,i,t} = CU_i u_{su,i,t} \\ C_{SB,t} = CS_{SB} P_{SB,t} \\ C_{UG,t} = P_{UG,t} e_t \end{cases}$$

де $C_{MT,i,t}$, $C_{SB,t}$, $C_{UG,t}$ є експлуатаційними витратами МТ, SB та UG на час t , відповідно. $U_{MT,i,t}$ це початкова вартість i -го МТ на час t . Рівняння (2) є детальним виразом вартості кожного пристрою, де a_i , b_i , c_i є факторами витрат i -го МТ, CU_i це початкова вартість i -го МТ. CS_{SB} і e_t є факторами витрат SB і ціною електроенергії UG на час t . $P_{MT,i,t}$, $P_{SB,t}$, $P_{UG,t}$ є силою i -го МТ, SB та UG одночасно t , відповідно. $u_{on,i,t}$ і $u_{su,i,t}$ є двійковими змінними для i робочий та пусковий стани на час t , відповідно.

Форми поточної оптимізації MPC протягом дня

У цій роботі мережа рішень щодо планування DNN використовується як оптимізатор для MPC (model predictive control) для виконання оптимізації в межах дня.

MPC — це чергування процесів безперервної локальної оптимізації та безперервної реалізації ролей контролю. Завдяки отриманню ультракороткострокової прогнозовної інформації про потужність у режимі реального часу під час внутрішньоденного планування та використанню фактичних результатів планування та нової прогнозовної інформації як зворотного зв'язку, форми постійної оптимізації MPC можуть значно зменшити вплив невизначеностей мікромержі на оптимальне робоче планування.

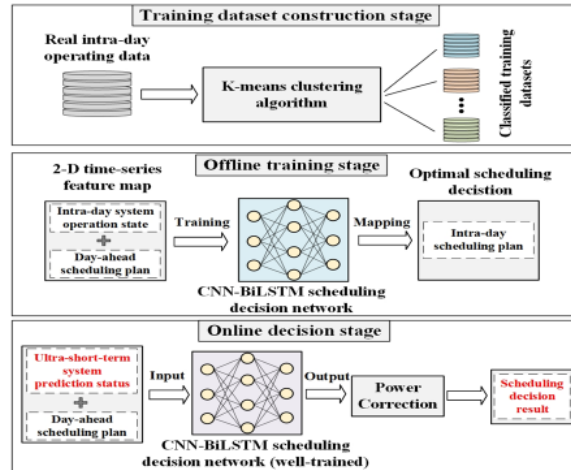
Загальні кроки оптимізації MPC можна виразити наступним чином:

- 1 На основі поточного моменту та поточного стану системи за певною моделлю прогнозування отримується стан системи в майбутньому періоді.
- 2 На основі стану системи в майбутньому періоді вирішується задача оптимізації в цьому періоді для отримання послідовності керування в цьому періоді.
- 3 До системи застосовується лише дія першого моменту керуючої послідовності, а вищевказані кроки повторюються для наступного моменту.

Загальна структура методу прийняття рішень щодо внутрішньоденного планування на основі DNN

Загальна структура методу внутрішньоденного планування на основі DNN показана на рисунку, який в основному включає:

- етап створення навчального набору даних,
- етап навчання в автономному режимі
- етап прийняття рішення в режимі онлайн.

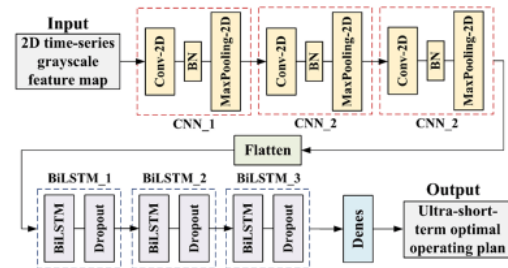




Мережа прийняття рішень щодо внутрішньоденного планування CNN-Bi LSTM

Структура CNN-Bi LSTM.

Оскільки зв'язок відображення між робочим станом системи та рішенням щодо планування є складним, у цій роботі використовується багаторівнева мережа CNN-Bi LSTM для глибокого аналізу даних. Ця мережа в основному складається з тришарового CNN і тришарового Bi LSTM і пов'язана шаром Flatten.



CNN в основному виділяє функцію кореляції потужності, тоді як Bi LSTM зосереджується на вилученні функції часового ряду потужності.

Рівень пакетної нормалізації може вирішити проблему чисельної нестабільності в DNN, роблячи розподіл окремих функцій в одній партії подібним.

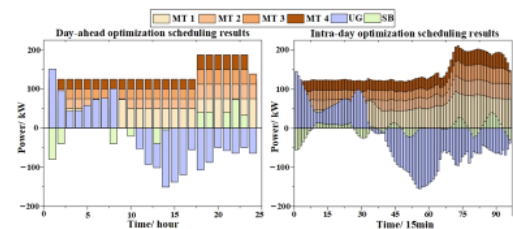
В роботі рівень BN вставляється між кожним шаром згортки та шаром об'єднання, щоб нормалізувати функції в мережі та прискорити навчання.

Рівень вилучення — це рівень, який використовується після кожного Bi LSTM для підвищення ефективності узагальнення мережі. Нарешті, дані налаштовуються на векторний вихід у вказаному розмірі через повністю зв'язаний (щільний) шар. Конкретна структура запропонованого CNN-Bi LSTM у цьому документі показана на рисунку.

Аналіз ефективності запропонованого методу

Оптимальна кількість кластерів K-середніх була визначена як 3. Випадково вибраний день у кожній категорії даних використовується як тестовий сценарій. 3 типи сценаріїв протестовано в таблиці. В якості показників оцінки ефективності запропонованого методу в даній роботі використовуються експлуатаційні витрати та RMSE. Чим менше ці два показники, тим кращий план розкладу.

Тип сценарія	Розмір навчальної вибірки/день	Час навчання/с	RMSE	Час прийняття рішення протягом повного дня
1	165	278,18	5,7683	0,3599
2	91	171,54	8,9152	0,3761
3	106	196,42	7,3725	0,3698



Порівняльний аналіз різних методів

У частині оптимізації протягом дня порівнюються традиційні математичні моделі MPC, CNN-Bi SLTM і CNN-Bi SLTM-PBC. Результати наведені в таблиці

Метод	Розрахунок час/с	Операційні витрати	RMSE	Чи порушує це обмеження?
Traditional MPC	125.4531	14.973	0	ні
CNN-Bi LSTM	0.3599	15.779	5.7683	так
CNN-Bi LSTM-PBC	0.4636	15.320	3.6411	ні

Експлуатаційні витрати, розраховані за допомогою CNN-Bi LSTM і CNN-Bi LSMT-PBC, лише на 5,38% і 2,32% вищі, ніж традиційний метод MPC, відповідно, але ефективність розрахунку покращена приблизно в 300 разів. Це вказує на те, що мережа прийняття рішень щодо планування на основі DNN буде імітувати фактичний план роботи оптимального планування та значно зменшить складність вирішення проблеми оптимального планування за допомогою навчання та нелінійного відображення великої розмірності.

Висновки

У цій кваліфікаційній роботі пропонується дворівневий метод прийняття рішень щодо оптимального планування на основі DNN для мікромереж, який усуває обмеження традиційних методів на основі математичної моделі. Замість вивчення внутрішнього механізму проблеми оптимізації метод базується на мережі DNN, яка використовує масове історичне навчання даних прийняття рішень для безпосередньої побудови зв'язку відображення між відомими вхідними даними та результатами прийняття рішень.

В роботі було вирішені наступні задачі:

- Проведено аналіз роботи мікромереж
- Розглянуто можливість використання штучного інтелекту (нейронних мереж) для оптимізації розподілу навантаження
- Запропоновано метод прийняття рішень щодо внутрішньоденного планування на основі нейронних мереж





Публікація

Подана стаття в науковий журнал «СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОМИСЛОВОСТІ»

Ляшенко О.С., Тухтаров В.Б. Метод прийняття рішень для планування роботи мікромережі за допомогою штучного інтелекту

Вихід збірника статей планується на липень місяць 2024 р.