

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СТАТИЧНОГО РОЗПОДІЛУ ГЕНЕРАЦІЇ ДЛЯ ГАЗОПОРШНЕВИХ ЮНІТІВ В УМОВАХ НЕВЕЛИКОГО МАЙДАНЧИКУ

*д-р техн. наук, доц. Д.С. Іванов, Житомирський державний
університет, м. Житомир*

В роботі виконана розробка математичної моделі для оптимізації розподілу генерованої потужності між газо-поршневими установками (ГПУ) в умовах окремих майданчиків генерації, а також розроблено програмне забезпечення, що реалізує цю модель, та виконано його тестування в реальних умовах. Обраний підхід дозволяє абстрагуватися від обмежень зовнішньої мережі та втрат при передачі між віддаленими вузлами, зосереджуючись натомість на внутрішній енергоефективності.

В науковому сенсі задача розподілу генерації є добре вивченою [1 – 4] та найчастіше формулюється як задача частково-цілочисельного програмування (MILP) [5 – 6]. MILP ефективно моделює дискретні змінні – такі як запуск/зупинка агрегатів та ступінчасті зміни навантаження, – які є критично важливими для управління ГПУ. Хоча наявна література охоплює оптимізацію великомасштабних мереж та складних багатоджерельних ізольованих систем, існує чітка потреба в дослідженні проблеми економічного диспетчерування, адаптованої спеціально для малих промислових майданчиків. Це практичне обмеження мотивує мету даної роботи.

Постановка задачі. Розробка математичної моделі для оптимізації розподілу генерованої потужності між ГПУ в умовах окремих невеликих (4 – 8 ГПУ) майданчиків генерації, а також розробка програмного забезпечення, що реалізує цю модель, та його тестування в реальних умовах.

Нехай задана кількість n та технічні характеристики ГПУ, що утворюють сайт генерації. Зазвичай, згідно з документацією ГПУ, її робота не є сталою. Вона визначається кількома інтервалами або режимами роботи. Для кожного інтервалу ми знаємо точки (x_k, y_k) , де x_k – це брутто-потужність (валова потужність), а y_k – параметр питомих витрат цього інтервалу. Тому всі характеристики ГПУ представлені у вигляді кусково-лінійних функцій.

Задача економічного диспетчерування спрямована на визначення рівнів генерації для кожної з n наявних ГПУ шляхом мінімізації цільової функції за дотримання набору технічних обмежень. Загалом до побудованої функції оцінювання включено близько п'ятнадцяти обмежень на роботу ГПУ: вартість старту, рівномірність генерації, швидкість росту/скидання генерації тощо.

Основним критерієм оптимальності є мінімізація загальних витрат паливного ресурсу на експлуатацію за розрахунковий інтервал часу. Цей критерій разом із додатковими обмеженнями безпосередньо задають оптимізаційну задачу. Хоча ця задача є нелінійною, вона відноситься до MILP та може бути вирішена за прийнятний для АСУ час.

Задачі такого типу можна розв'язувати різними способами. У програмній реалізації процедура символічно формує набір правил, що відповідають цільовій функції та обмеженням, після чого викликає солвер Gurobi, який формує цільове розподілення генерації.

Апробація пропонованого методу для генеруючої станції з 8 ГПУ показує задовільні результати. Пошук оптимальної дистрибуції на комп'ютері з 12-и ядерним процесором займає приблизно одну секунду. Цей показний цілком прийнятний з практичної точки зору та дозволяє дуже швидко формувати управляючі команди на запити від оператора енергоринку на зміну цільової потужності. Програмне забезпечення, що розроблене на основі пропонованої моделі, включено складовою частиною в SCADA систему керування генеруючою станцією.

Подальший розвиток моделі буде включати розширення, яке буде брати до уваги перехідні процеси генеруючих установок та довготривале планування генерації в межах торгових графіків. Важливим напрямком подальших досліджень також є підтримка систем накопичення та зберігання енергії (БЕСС). Це потребує моделювання як процесів їхнього заряджання, так і розряджання.

Список літератури: 1. Wood A. J., Wollenberg. Power Generation, Operation, and Control / A. J. Wood, B. F. Wollenberg, G. B. Sheblé. – Wiley, 2013. 2. Zhu J. Optimization of Power System Operation / J. Zhu. – IEEE Press/Wiley, 2022. 3. Wu Qingxia. Deep-learning-based scheduling optimization of wind-hydrogen-energy storage system on energy islands / Qingxia Wu, Peng Long, Han Guoqing, Shu Jin, Yuan Meng, Wang Bohong // Energy. – Elsevier, 2025. – Vol. 320(C). 4. Kumar A. Multi-market participation of electricity-hydrogen DC microgrid with correlated uncertainties / A. Kumar, A. Singh [et al.] // Energy. – Elsevier, 2025. – Vol. 333. 5. Superchi F. Towards sustainable energy independence: A case study of green hydrogen as seasonal storage integration in a small island / F. Superchi, A. Bianchini, L. Ferrari // Renewable Energy. – Elsevier, 2025. – Vol. 245. 6. Villarreal N. High energy costs in insular energy systems and the potential for integrating innovative renewable solutions / N. Villarreal, J. Lazo, D. Watts // Renewable Energy. – Elsevier, 2025. – Vol. 246.