

## МЕТОДИ СТАБІЛІЗАЦІЇ НАПРУГИ В DC-МІКРОМЕРЕЖАХ ПРИ РІЗКИХ ЗМІНАХ ГЕНЕРАЦІЇ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Міщенко Д.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Сучасний етап розвитку енергетики характеризується активним впровадженням концепції Microgrid, серед яких системи постійного струму (DC-мікромережі) посідають особливе місце завдяки вищій ефективності інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та відсутності проблем з реактивною потужністю та синхронізацією. Ключовим елементом таких мереж є сонячні фотоелектричні станції (СЕС). Проте інтеграція СЕС створює серйозні виклики для стабільності напруги в шині постійного струму через стохастичний характер сонячної інсоляції. Різкі зміни генерації (ефект «хмарності») призводять до значних перехідних процесів, що може спричинити відключення чутливого обладнання або пошкодження акумуляторних систем.

Для забезпечення надійної роботи DC-мікромереж необхідно застосовувати комплексні методи стабілізації, які можна розділити на три основні рівні:

- Апаратні методи: використання гібридних систем зберігання енергії (HESS), що поєднують акумуляторні батареї (висока енергоємність) та суперконденсатори (висока швидкість реакції). Це дозволяє компенсувати як тривалі дефіцити потужності, так і миттєві піки струму.

- Алгоритмічні методи керування: застосування адаптивних стратегій керування перетворювачами, таких як метод віртуального опору (Droop Control) та прогнозує керування на основі моделі (Model Predictive Control – MPC). MPC дозволяє враховувати динаміку системи та передбачати коливання напруги ще до їх критичного прояву.

- Інтелектуальні методи: використання нейронних мереж та алгоритмів нечіткої логіки (Fuzzy Logic) для оптимізації параметрів PID-регуляторів у режимі реального часу залежно від поточної інтенсивності генерації СЕС [1].

Аналіз світових досліджень та практичних впроваджень показує, що найбільш ефективним є багаторівневе ієрархічне керування, де первинний рівень стабілізує напругу локально, а вторинний – здійснює енергоменеджмент всієї мікромережі. Головною проблемою залишається висока вартість систем накопичення та складність розробки універсальних алгоритмів, стійких до кіберзагроз та похибок у прогнозуванні погоди.

Впровадження ефективних методів стабілізації є критично важливим для декарбонізації енергетики та створення автономних енергоефективних систем, здатних працювати в умовах високої невизначеності генерації.

### Література:

1. Vakulenko, I. (2025). Smart grids: From local initiatives to global transformation. The Academic Research and Publishing UG (i. G.), Hamburg, Germany, 129 p. <https://doi.org/10.61093/978-3-911748-04-9/2025>