

# ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ В ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ УКРАЇНИ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*Розглядаються концепції локальних електроенергетичних систем (ЛЕС), основні напрямки та механізми систем керування попитом (DSM), включаючи енергоефективність та реагування на попит.*

**Ключові слова:** системи керування попитом, локальні електроенергетичні системи, реагування на попит.

## Abstract

*The concepts of local energy systems (LES) are examined, along with the main directions and mechanisms of demand-side management (DSM), including energy efficiency and demand response.*

**Keywords:** demand-side management (DSM), local energy systems (LES), demand response.

## Вступ

Одним із перспективних напрямів енергоменеджменту є система керування попитом (Demand-side Management - DSM), яка дозволяє ефективно координувати споживання електроенергії на рівні кінцевих споживачів без необхідності значних капіталовкладень у нові генеруючі потужності [1].

У роботі розглядаються напрямки DSM, їх цілі, механізми та сфери застосування. Основою для аналізу виступають сучасні наукові підходи, висвітлені в літературі, що стосуються енергоменеджменту та розумних мереж, зокрема концепції інтегрованих систем керування.

## Основна частина

Сучасна енергетика в Україні переживає період трансформації, змінюючись з традиційної централізованої системи до більш гнучких, розподілених та інтелектуальних систем. У цьому контексті ключову роль починають відігравати локальні електроенергетичні системи (ЛЕС).

ЛЕС – це частина загальної електроенергетичної системи, що об'єднує споживачів та джерела розосередженого генерування (в тому числі ВДЕ) і установки збереження енергії (УЗЕ) в межах певної географічної або технологічної зони.

ЛЕС може включати різноманітні джерела генерування, зокрема малі гідроелектростанції (МГЕС), сонячні (ФЕС) та вітрові електростанції (ВЕС), біогазові установки та дизель генератори (ДГ) [2]. Прикладом ЛЕС можуть слугувати промислові підприємства, територіальні громади, великі комерційні об'єкти, а також сучасні мікромережі, здатні працювати як автономно, так і синхронізовано з загальною мережею.

Для ефективного функціонування ЛЕС необхідно впроваджувати сучасні технології енергоменеджменту, зокрема керування попитом. Системи керування попитом (DSM) – це комплекс заходів та програм, спрямованих на зміну обсягів та графіку споживання електроенергії з метою підвищення ефективності функціонування електроенергетичної системи. DSM можна умовно поділити на дві великі категорії: заходи з підвищення енергоефективності (Energy Efficiency), спрямовані на довгострокове зниження загального рівня споживання, та заходи з керування навантаженням або реагування на попит (Demand Response, DR), що фокусуються на короткостроковій зміні моделей споживання у відповідь на потреби енергосистеми [3].

В таблиці 1 узагальнено основні напрямки DSM, їх цілі, механізми та сфери застосування, що забезпечує фундаментальне розуміння різноманітних підходів у рамках DSM. Це важливо, оскільки DSM охоплює широкий спектр стратегій, і розуміння їхніх цілей та механізмів є критичним для оцінки досліджень, спрямованих на їх удосконалення.

Таблиця 1. Напрямки DSM

| Напрямки DSM                                                | Основна ціль                                                               | Механізм                                                                               | Сфера застосування                 |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Зрізання піків (Peak Clipping)                              | Зменшення попиту в періоди пікового навантаження                           | Пряме управління навантаженням, цінові сигнали, стимули                                | Житловий, комерційний, промисловий |
| Заповнення провалів (Valley Filling)                        | Збільшення попиту в періоди мінімального навантаження                      | Стимулюючі тарифи, програми зарядки УЗЕ в нічний час                                   | Житловий, промисловий              |
| Перенесення навантаження (Load Shifting)                    | Переміщення споживання з пікових на непікові періоди                       | Тарифи за часом використання (ToU), ціноутворення в реальному часі (Real-Time Pricing) | Житловий, комерційний, промисловий |
| Стратегічне збереження (Strategic Conservation)             | Зменшення загального річного споживання енергії                            | Програми енергоефективності, стандарти обладнання, освіта споживачів                   | Усі сектори                        |
| Ціноутворення за часом використання (Time-of-Use, ToU)      | Заохочення споживачів до зміни часу споживання                             | Диференційовані ціни на електроенергію в різні періоди доби                            | Житловий, комерційний              |
| Ціноутворення в критичні піки (Critical Peak Pricing)       | Значне зниження попиту під час коротких періодів високого навантаження/цін | Дуже високі ціни протягом обмежених годин критичного піку                              | Комерційний, промисловий           |
| Пряме управління навантаженням (Direct Load Control)        | Зменшення навантаження енергопостачальною компанією під час піків          | Дистанційне відключення/регулювання приладів споживачів                                | Житловий                           |
| Реагування на попит на основі стимулів (Incentive-based DR) | Зменшення або перенесення навантаження у відповідь на стимули              | Фінансові винагороди за зміну споживання                                               | Комерційний, промисловий           |

Основні напрямки впливу на добовий графік електроспоживання відображені на рисунку 1 [4].

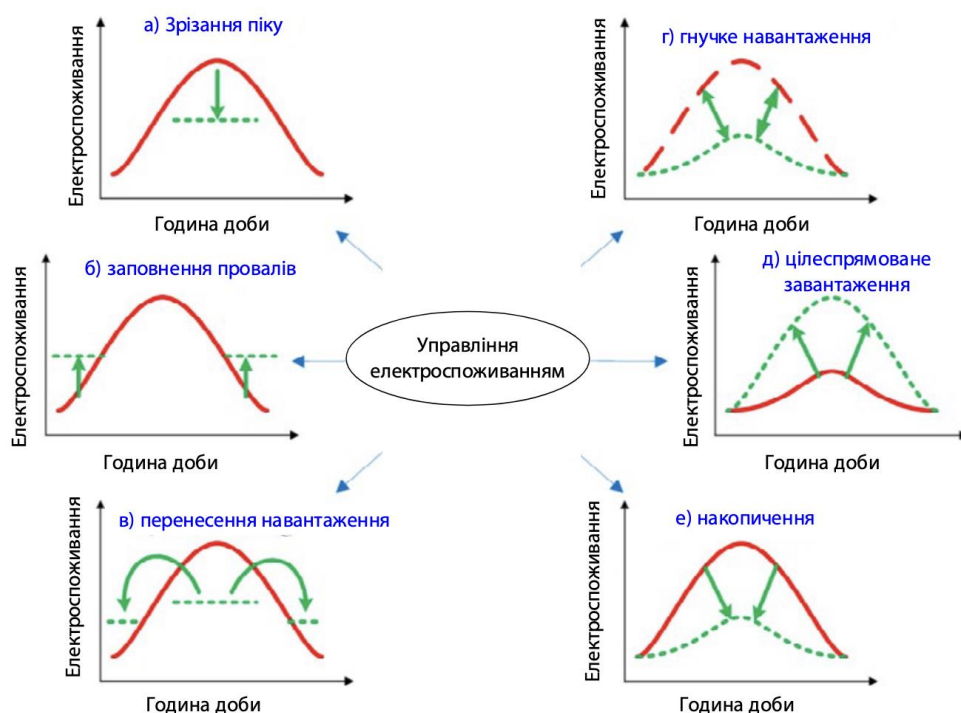


Рисунок 1. – Основні напрямки впливу на добовий графік електроспоживання.

Проте DSM не є просто набором окремих програм, це динамічний процес взаємодії між постачальниками електроенергії, операторами мереж та кінцевими споживачами. Ефективна реалізація програм DSM неможлива без відповідної технологічної інфраструктури. Ключовими елементами є "розумні" лічильники, системи моніторингу та керування типу SCADA або EMS, надійна комунікаційна інфраструктура, пристрої безпосереднього керування навантаженням, установки збереження енергії та платформи агрегації [5].

### Висновки

ЛЕС, що об'єднують споживачів, джерела розосередженої генерації та установки збереження енергії, створюють передумови для підвищення надійності, ефективного інтегрування ВДЕ та економічних зисків. Впровадження систем керування попитом (DSM) у локальних електроенергетичних систем (ЛЕС) є одним із дієвих інструментів для вирішення комплексних завдань. Системи керування попитом, що включають заходи з енергоефективності, дозволяють змінювати обсяги та графіки споживання електроенергії, оптимізуючи роботу енергосистеми без значних капіталовкладень у нову генерацію.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Rezaei N., Ahmadi A., Deihimi M. A Comprehensive Review of Demand-Side Management Based on Analysis of Productivity: Techniques and Applications. *Energies*. 2022. Vol. 15, iss. 20. Art. no. 7614.
2. Лежнюк П. Д., Комар В. О., Сікорська О. В. Розосереджене генерування в задачах підвищення енергоефективності розподільних електричних мереж: Монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2023. 195 с.
3. Elazab R., Abdelnaby A. T., Ali A. A. Impacts of multiple demand-side management strategies on microgrids planning: a literature survey. *Clean Energy*. 2024. Vol. 8, no. 1. P. 36–54.
4. Rollo A., Serafini P., Aleotti F., Cilio D., Morandini E., Moneta D., Rossi M., Zulianello M., Angelucci V. Load Shifting and Demand-Side Management in Renewable Energy Communities: Simulations of Different Technological Configurations. *Energies*. 2025. Vol. 18, iss. 4. Art. no. 872.
5. Chatuanramtharnghaka B., Deb S., Singh K. R., Ustun T. S., Kalam A. Reviewing Demand Response for Energy Management with Consideration of Renewable Energy Sources and Electric Vehicles. *World Electric Vehicle Journal*. 2024. Vol. 15, iss. 9. Art. no. 412.

**Насадюк Руслан Миколайович** — аспірант кафедри електричних станцій та систем, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [nalsur507@gmail.com](mailto:nalsur507@gmail.com)

**Комар Вячеслав Олександрович** — д.т.н., професор, завідувач кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [kvo1976@ukr.net](mailto:kvo1976@ukr.net)

**Ruslan NASADIUK** — PhD student at the Department of Electrical Power Stations and Systems, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [nalsur507@gmail.com](mailto:nalsur507@gmail.com)

**Viacheslav KOMAR** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electric Power Stations and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [kvo1976@ukr.net](mailto:kvo1976@ukr.net)