

СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ

Сокол Я.О. – гр. МГЕМ-1-24, магістрант, yansokol3@gmail.com

Романюк Є.О. – к.т.н., доцент, romanyuk.yo@knutd.edu.ua

Демішонкова С.А. – к.т.н., доцент demishonkova.sa@knutd.edu.ua

Київський національний університет технологій та дизайну

Метою роботи є розробка інтегрованої системи керування електричною потужністю навчального корпусу з функціями моніторингу, оптимізації навантаження та зниження пікового споживання для підвищення енергоефективності та зменшення витрат на електропостачання.

Актуальність. Навчальні заклади є значними споживачами електроенергії, витрачаючи до 14 млрд доларів щорічно лише у США. Університетські корпуси мають унікальні профілі споживання з чіткою добовою та тижневою циклічністю, що створює можливості для оптимізації через системи управління енергією будівель (BEMS). Дослідження показують, що впровадження інтелектуальних систем керування потужністю дозволяє знизити споживання на 15-30% без капітальних інвестицій в обладнання [1, 2, 3].

Особливістю навчальних корпусів є висока концентрація навантажень у денні години (8:00-18:00) з практично повним відключенням у вечірній час та вихідні дні. Це створює високі пікові навантаження та низький коефіцієнт використання встановленої потужності (30-40%), що призводить до збільшених тарифів за пікову потужність. Інтеграція систем моніторингу на основі IoT-датчиків з алгоритмами керування дозволяє досягти економії 20-25% через зміщення навантажень та підвищення енергоефективності [4, 5].

Розроблена система (рис. 1) інтегрує п'ять категорій навантажень навчального корпусу: освітлення (LED-системи з датчиками присутності та освітленості), HVAC (системи опалення, вентиляції та кондиціонування), комп'ютерні класи та IT-обладнання, ліфти та інженерні системи, AV-обладнання лекційних аудиторій.

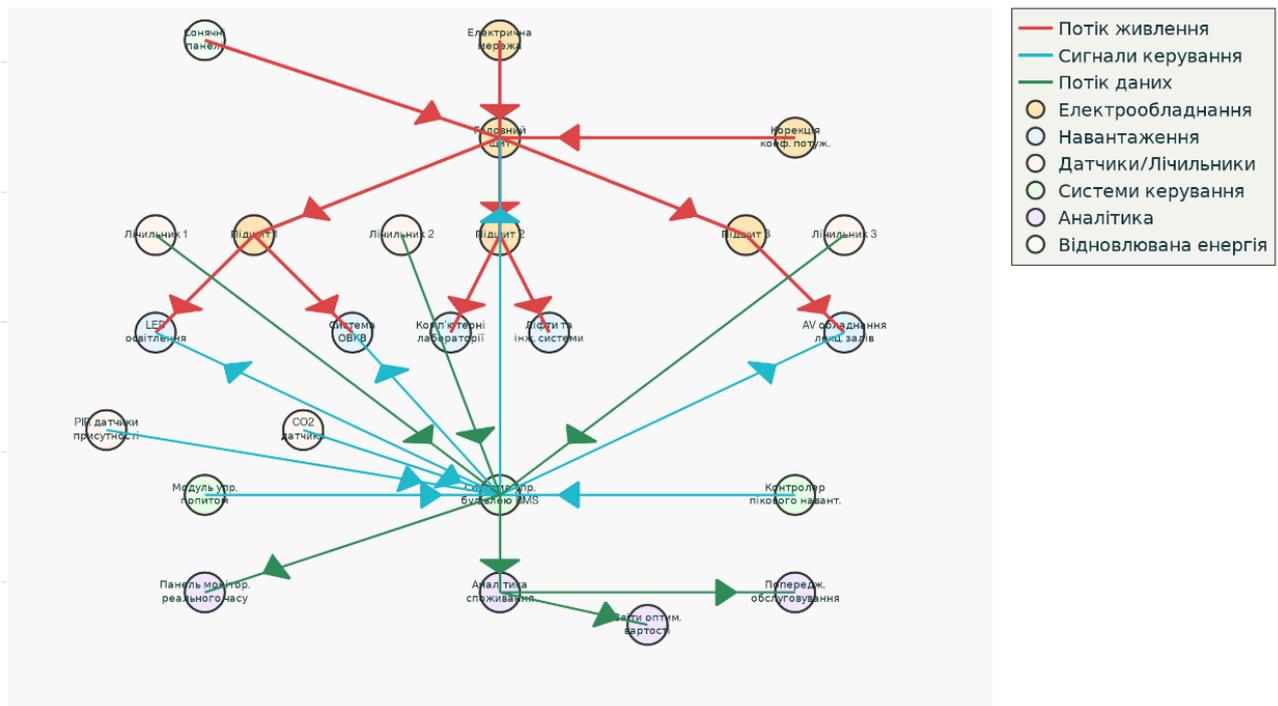


Рисунок 1 – Архітектура системи керування потужністю навчального корпусу

Рівень моніторингу включає розумні лічильники на кожному розподільному щиті з частотою вимірювання 1 сек для відстеження миттєвої потужності, напруги, струму та коефіцієнта потужності. Датчики присутності (PIR) встановлені в аудиторіях та коридорах для детектування завантаженості приміщень. Датчики CO₂ у великих аудиторіях керують вентиляцією на основі реальної кількості людей.

Контролер системи управління будівлею (BMS) на базі промислового ПЛК збирає дані від усіх датчиків та лічильників через протоколи Modbus TCP/IP та BACnet. Модуль управління попитом (Demand Response) автоматично знижує некритичні навантаження при досягненні порогу пікової потужності. Контролер пікового навантаження відстежує 15-хвилинні інтервали усереднення для мінімізації плати за максимальну потужність. Блок корекції коефіцієнта потужності підтримує $\cos \phi > 0.95$ через автоматичне ввімкнення конденсаторних батарей.

Система реалізує чотири рівні оптимізації споживання:

1. Керування на основі розкладу занять через інтеграцію з системою управління навчальним процесом, яка дозволяє автоматично вмикати освітлення, HVAC та AV-обладнання за 15 хвилин до початку заняття та вимикати через 10 хвилин після завершення. Це виключає споживання у порожніх аудиторіях.

2. Адаптивне керування HVAC – система яка використовує стратегію передумов нагріву/охолодження: приміщення доводяться до комфортної

температури до приходу учасників освітнього процесу, після чого система переходить у економний режим з корекцією на основі датчиків CO₂ та присутності. Економія на опаленні/охолодженні становить 25-35%.

3. Зміщення пікових навантажень, а саме при наближенні до порогу пікової потужності система автоматично: знижує яскравість освітлення на 20% у порожніх коридорах, відкладає увімкнення ліфтів на верхні поверхи (пріоритет нижнім), тимчасово підвищує уставку кондиціонерів на 1-2°C.

4. Корекція коефіцієнта потужності через автоматичне ввімкнення конденсаторних установок при зниженні $\cos \varphi < 0.92$ для уникнення штрафних санкцій від енергопостачальника.

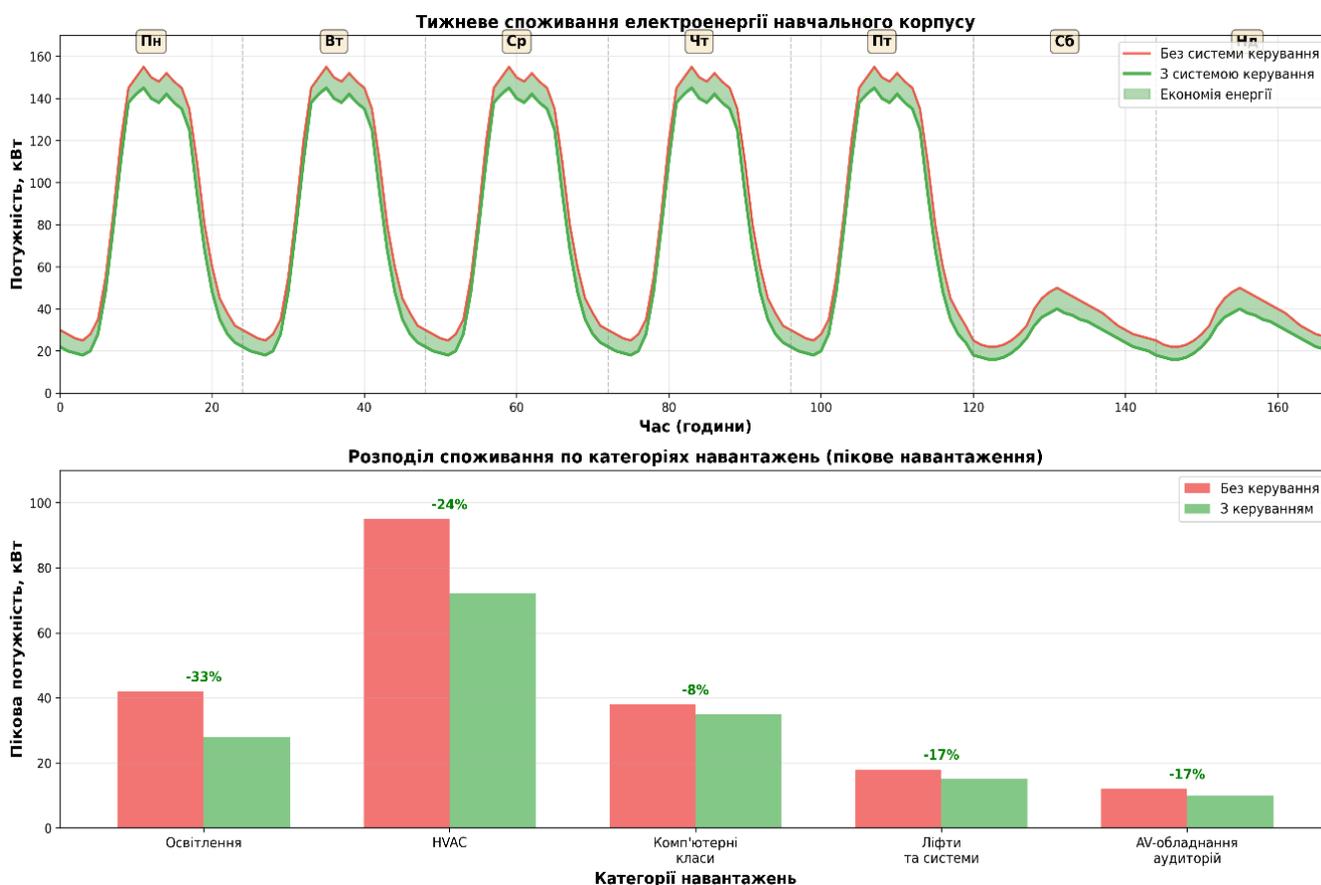


Рисунок 2 – Тижнєве споживання електроенергії навчального корпусу та розподіл споживання по категоріях навантажень

Графіки на рисунку 2 демонструють ефективність системи. На верхньому графіку показано тижнєве споживання: червона лінія – базове споживання без керування з піками до 155 кВт у будні дні, зелена лінія – оптимізоване споживання з піками 145 кВт. Тижнева економія становить 899 кВт·год (18.5%). Чітко видно зниження споживання у вихідні дні (субота-неділя) до 40-50 кВт проти 25-40 кВт з оптимізацією. На нижньому графіку наведено

деталізацію структури пікових навантажень по категоріях. HVAC становить найбільшу частку (95 кВт → 72 кВт, економія 24%), освітлення (42 кВт → 28 кВт, економія 33%), комп'ютерні класи (38 кВт → 35 кВт, економія 8% через оптимізацію режиму сну), ліфти (18 кВт → 15 кВт, економія 17% через диспетчеризацію), АV-обладнання (12 кВт → 10 кВт, економія 17%).

Панель візуалізації надає операторам інтерфейс для: моніторингу споживання у реальному часі по поверхах та приміщеннях, перегляду прогнозів пікових навантажень на наступні 4 години, аналізу історичних даних з можливістю порівняння тижнів/місяців, налаштування порогів та сценаріїв автоматичного керування, формування звітів про економію та рекомендацій щодо оптимізації.

Висновок. Розроблена система керування потужністю навчального корпусу на основі інтеграції розумних лічильників, датчиків присутності, BMS-контролера та алгоритмів оптимізації забезпечує зниження споживання електроенергії на 18-25% та пікового навантаження на 15-20%. Інтеграція з розкладом занять та адаптивне керування HVAC дозволяють виключити споживання у порожніх приміщеннях без погіршення комфорту. Система окупається протягом 12-18 місяців за рахунок зниження витрат на електроенергію та уникнення штрафів за низький коефіцієнт потужності.

Список використаних джерел:

1. Energy Management for Universities and Schools / Electroindustries Group. 2025. URL: <https://www.electroind.com/energy-management-for-universities/>
2. An Intelligent Power Management System for Energy Saving / Y. Huang and other. IEEE. 2024. DOI: 10.1109/ICICSP60876.2024.10602691
3. Toward an Intelligent Campus: IoT Platform for Remote Monitoring and Control of Smart Buildings / M.A. Ahmed and other. Sensors. 2022. Vol. 22, №23. DOI: 10.3390/s22239045
4. Building Energy Management System for the Demand Response of a Residential Green Building / M. Hassan and other. IEEE. 2024. DOI: 10.1109/ECCE60305.2024.10931939
5. School Energy Monitoring: Cut Costs 15-25% / Envigilance. 2025. URL: <https://envigilance.com/how-monitoring-systems-help-schools-reduce-energy-costs/>