

УДК 621.311

В. А. МАЛЯРЕНКО, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрою ЕМ ХНАМГ, м. Харків  
 І. Д. КОЛОТИЛО, канд. техн. наук, гол. спеціаліст ЧП «Енергосбережение плюс»  
 І. Є. НЕЧМОГЛОД, магістр  
 Харківська національна академія міського господарства, м. Харків

## НЕРІВНОМІРНІСТЬ ГРАФІКА НАВАНТАЖЕННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМИ І СПОСОБИ ЙОГО ВИРІВНЮВАННЯ

*Рассмотрены возможные направления покрытия пиковых нагрузок и в целом выравнивания графика неравномерности. Показано, что одним из возможных эффективных способов решения данной проблемы может быть использование электрической энергии вырабатываемой ТЭС и АЭС в ночное время для теплоснабжения, в частности, для горячего водоснабжения зданий.*

*Розглянуті можливі напрямки покриття пікових навантажень і в цілому вирівнювання графіку нерівномірності. Показано, що одним з можливих ефективних способів вирішення цієї проблеми може бути використання електричної енергії, що виробляється на ТЕС та АЕС в нічний час для теплопостачання, зокрема для гарячого водопостачання будівель.*

### Вступ

Енергетична галузь і міське господарство пов'язані найтіснішим чином. Енергетика є одночасно елементом містобудівельної бази та елементом забезпечення інфраструктури міста. Вона присутня скрізь – в житлово-комунальному господарстві, промисловості, на транспорті. Тому цілий ряд питань розвитку міста безпосередньо пов'язаний з вирішенням проблем енергетики.

### Основна частина

Одним із проблемних питань функціонування систем енергопостачання є нерівномірність графіка навантаження. Проблема покриття нерівномірності графіків електричного навантаження характерна для будь-якої енергосистеми світу.

Постійно зростаюча нерівномірність споживання електроенергії в часі, що досягає в ряді енергосистем протягом доби 40–45 %, а також можливість частих скидів навантаження при великій протяжності ліній електропередачі вимагають від енергоблоків, в тому числі, найбільш потужних і економічних, активної участі в оперативному і аварійному регулюванні частоти та потужності енергосистеми [1]. У зв'язку з цим при виробництві електроенергії відбувається перевитрата палива, а також прискорюється знос генеруючих потужностей.

Одним із способів вирішення проблеми нерівномірності графіка навантаження є акумуляція надлишків енергії, що виробляється під час нічного провалу, з подальшим використанням під час максимуму навантаження.

Існують різні типи акумуляторів енергії. В енергетиці найбільшого поширення набули акумулятори, запасуючі механічну енергію (воздушні акумулятори, гідроакуючі електростанції), а також теплові акумулятори. Разом з тим, потрібні пошуки нових нетрадиційних методів вирішення проблеми вирівнювання пікових і напівпікових навантажень. Безперечно, що найбільш ефективний державний підхід, при якому проблема покриття нерівномірності графіків електричного навантаження може бути вирішена наступним чином:

- створенням оптимальної структури генеруючих потужностей енергосистеми;
- використанням перетоків з сусідніми енергосистемами;
- залученням споживачів до вирівнювання графіка навантаження енергосистеми за рахунок адміністративних (обмежуючих) і економічних (стимулюючих) заходів.

Типовий графік електричного навантаження, що відображає добові ритми життя суспільства, наведено на рис. 1. Виділимо три характерні зони: зону мінімального

навантаження (нічні години або нічний провал) з потужністю не більше  $P_{\text{мін}}$ , зону середнього або напівпікового навантаження з потужністю  $P_{\text{нп}}$  в діапазоні  $P_{\text{мін}} \leq P_{\text{нп}} \leq P_{\text{макс}}$  і зону максимального або пікового навантаження з потужністю не більше  $P_{\text{макс}}$ .

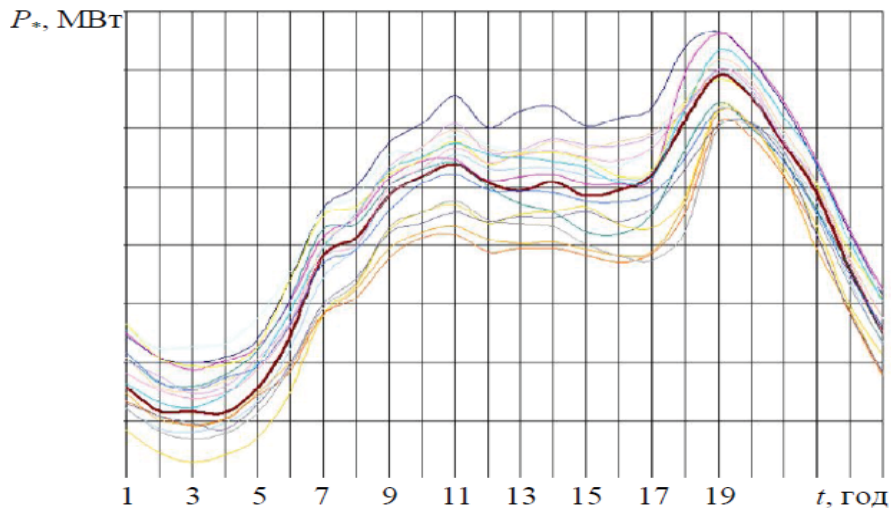


Рис. 1. Типовий добовий графік електричного навантаження

Напівпікова зона характеризується значним одноразовим протягом доби зростанням навантаження у ранкові години і її глибоким спадом в кінці доби, а пікова – підйомами (до рівня максимального навантаження) і спаданням (до рівня напівпікової зони) навантаження. Зазвичай присутні один або два максимуми споживання електроенергії: ранковий і вечірній. Перший пов'язаний найчастіше з ранковою зміною роботи промислових підприємств. Другий являє собою поєднання споживання працюючих у вечірню зміну підприємств зі споживанням електроенергії в житловому секторі і сфері побутового обслуговування населення. Тому другий пік по своїй величині завжди перевищує перший [3].

У загальному випадку добовий графік навантаження енергосистеми має чергуючі між собою провали, підйоми, спади і піки, які визначають в цілому його нерівномірний характер. Це, по суті, сума добових графіків навантаження різних споживачів.

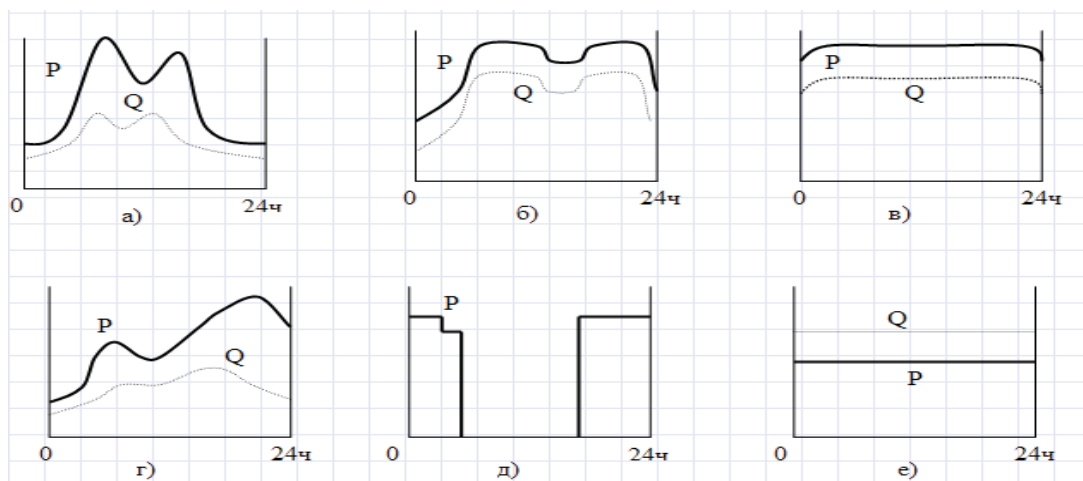


Рис. 2 Добові графіки активного та реактивного навантаження:  
а – однозмінного підприємства; б – двозмінного підприємства;  
в – трізмінної підприємства; г – комунально-побутового навантаження;  
д – вуличного освітлення; е – водопроводу і насосних станцій [4]

Особливо слід відзначити наступне. Як показує аналіз наведених графіків навантаження різних споживачів (Рис. 2), характер графіка комунально-побутового навантаження якісно повторює графік навантаження енергосистеми. Тобто, навантаження

комунально-побутових споживачів не тільки істотно впливає на загальний графік навантаження енергосистеми, але і може впливати на його формування в цілому.

Зупинимося більш детально на можливих шляхах покриття і вирівнювання графіка навантаження енергосистеми. Головний закон функціонування будь-якої енергосистеми – безперервне забезпечення балансу попиту і пропозиції на електроенергію шляхом оперативного покриття графіка навантаження відповідним виробленням електроенергії на генеруючих джерелах з гарантованою поставкою її у вузли споживання. У разі порушення цього закону в енергосистемі змінюються частота мережі змінного струму і розрахункові рівні напруги, що може призвести до масових відключень споживачів або виходу з ладу генеруючого, транспортуючого і розподільного обладнання та електроустановок споживачів.

Ефективність покриття нерівномірності графіків навантаження енергосистеми, в першу чергу, визначається складом і характеристиками енергоблоків енергосистеми. Ефект від можливого вирівнювання графіка навантаження може і повинен отримувати кожен з трьох учасників цього процесу: держава, енергосистема і споживачі. У зв'язку з цим, вирівнювання графіка навантаження енергосистеми не може бути випадковим процесом, а вимагає проведення цілеспрямованих заходів з відповідним матеріальним і фінансовим забезпеченням.

Перспективно використання з цією метою споживачів-регуляторів (СР), які здатні до обмеження або перенесення частини свого електричного навантаження з одних годин доби на інші (при добовому регулюванні) або з робочих днів на вихідні (при тижневому регулюванні). Всі СР умовно можна розділити на дві групи: групу, що є частиною енергосистеми і реалізує поєднану функцію виробництва-споживання електроенергії; масову групу СР, які знаходяться поза енергосистемою і використовують електроенергію у власних цілях.

До першої групи СР слід віднести акумулюючі електростанції, в першу чергу, гідроакумулюючі електростанції (ГАЕС). Головна перевага яких полягає у споживанні електроенергії в години мінімального навантаження енергосистеми. За рахунок цього в рамках добового графіка навантаження досягається зменшення нічного провалу, знижується нерівномірність навантаження і відпадає необхідність розвантаження або зупинки великих блоків ТЕС у нічний час. До переваг можна також віднести їх високоманеврену генерацію в години максимального навантаження енергосистеми за рахунок раніше акумульованого енергоресурсу.

Як вже було наведено, особливе місце належить ГАЕС. Вони, на відміну від інших станцій, включаючи ТЕС і ГЕС, мають подвійний регулюючий ефект. Так, практично одна і та ж встановлена потужність (у режимі генерації і в насосному режимі) в одному випадку використовується для підйому нічного провалу добового графіка навантаження (при роботі в режимі зарядки станції), а в іншому – для покриття піків (в режимі розрядки). Такі станції є одним з найефективніших інструментів вирівнювання та покриття добового графіка навантаження в енергосистемах, до складу яких переважно входять потужності ТЕС і АЕС, ККД яких становить 72–75 %.

З аналогічності графіків навантаження енергосистеми і споживання електроенергії в системах житлово-комунального господарства впливає реальна можливість вирівнювання графіка навантаження шляхом використання електричної енергії для вирішення проблеми енергопостачання об'єктів житлово-комунального господарства, зокрема, централізованого гарячого водопостачання житлових будинків. При цьому вирішуються дві пов'язані між собою проблеми: покриття нічного провалу і зниження споживання електричної енергії в години пікового навантаження.

Слід зазначити, що за відсутності в енергосистемі збалансованої структури генеруючих потужностей головною можливістю вирівнювання графіків може стати режимна взаємодія енергосистеми зі споживачами на основі адміністративних або економічних заходів. Перші пов'язані з примусовим обмеженням навантаження споживачів у певні години доби і приносять споживачам прямий і непрямий збиток, який може істотно перевищити вигреш енергосистеми від ефекту вирівнювання добового графіка навантаження. У цьому випадку неефективність адміністративних заходів призводить до збитків для держави в цілому, хоча енергосистема і

може тимчасово опинитися у виграші.

Шлях економічної зацікавленості споживачів електроенергії у вирівнюванні графіка навантаження не новий і налічує не одне десятиліття. При використанні економічних заходів, це пов'язано з введенням у відносини між енергосистемою і споживачами ефективної системи диференційованих за часом доби тарифів на електроенергію – погодинних тарифів. Слід врахувати, що в результаті масового і «хорошого» регулювання з боку споживачів енергосистема хоча і зменшить свій грошовий збір за відпущену електроенергію (так звані доходи, що випадають), але ці фінансові втрати виявляться компенсованими зниженням вартості її основних фондів, експлуатаційних витрат та інших витрат, які визначають в цілому рівні тарифів на електроенергію.

### Висновки

В умовах нестримного зростання світових цін на органічне паливо одним з факторів стримування зростання тарифів на електричну енергію в енергосистемах з переважанням АЕС і ТЕС є, поряд з енергозбереженням, вирівнювання графіків електричних навантажень енергосистеми.

Ущільнення графіків електричних навантажень в добові, тижневі та сезонні інтервали представляє міжгалузеву проблему, рішенням якої повинні займатися три сторони: держава, енергосистема і споживачі.

Це пов'язано з істотними інвестиціями (кредитними ресурсами) в енергетику та інші енергоємні галузі господарства, в яких є потенційні споживачі-регулятори вирівнювання навантаження.

Ефективним способом вирівнювання навантаження мережі може виявитися використання надлишку електричної енергії для організації централізованого гарячого водопостачання житлових будинків. При цьому споживачі, що використовують електроустановки для нагріву води можуть стати для енергосистеми керованими споживачами-регуляторами, які запасують енергію під час внепікових годин споживання електричної енергії і використовують її в години максимуму навантаження, тим самим вирівнюючи графік споживання електроенергії в енергосистемі.

### Список літератури

1. [http://www.superheater.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=168&Itemid=171](http://www.superheater.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=168&Itemid=171) Маневренность.
2. [http://esco-ecosys.narod.ru/2009\\_2/art025.htm](http://esco-ecosys.narod.ru/2009_2/art025.htm) ЭСКО Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» № 2, февраль 2009, Б. Патон, А. Халатов
3. [http://www.energetika.by/arch/~page\\_\\_m21=10~news\\_\\_m21=169](http://www.energetika.by/arch/~page__m21=10~news__m21=169) Выравнивание графика электрической нагрузки энергосистемы
4. <http://electrolibrary.narod.ru/3/37.htm> Графики нагрузок потребителей электрической энергии.

## NON-UNIFORMITY OF THE LOADING OF THE POWER SUPPLY SYSTEM AND WAYS OF ITS SMOOTHING

V. A. MALYARENKO, Dr. Tech. Sci., Pf.

I. D. KOLOTILO, Cand. Tech. Sci.

I. E. NECHMOGLOD, Master

*Analysis of non-uniformity of loading of the power supply system of Ukraine is presented. Possible directions of covering of peak loadings and smoothing of the non-uniformity graph as a whole are considered. It is shown that one of possible effective ways of solution to the given problem could be the use of electric energy produced by heat power stations and atomic power stations as a heat supply and, in particular, hot water supply of buildings.*

Поступила в редакцию 10.05 2011 г.