

УДК 621.316:621.311.153

Г.І. КОМЕНДА (Луцький державний технічний університет, Луцьк)

## СПОЖИВАЧІ-РЕГУЛЯТОРИ ЯК ОСНОВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ ЗАСІБ ОПТИМІЗАЦІЇ ГРАФІКА ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Розглянуто питання оптимізації графіка електричного навантаження (ГЕН) промислового підприємства. Класифіковано заходи для покращання його параметрів. Наведено методику виявлення споживачів-регуляторів як основного технічного заходу регулювання ГЕН.

Проблема раціонального використання енергетичних ресурсів набуває державного значення для України, енергетика якої та економіка в цілому перебувають у складній ситуації. Про це свідчить Закон України "Про енергозбереження", прийнятий Верховною Радою України в липні 1994 року. У планах щодо реалізації політики з енергозбереження пріоритет надається організаційним і технічним заходам, які можна швидко реалізувати для підвищення рівня експлуатації енергогосподарств споживачів енергоресурсів, а також розробленню науково обґрунтованих норм витрат енергоресурсів у виробничій діяльності споживачів і здійсненню якісного обліку фактичних витрат усіх видів енергоресурсів. Оцінюючи ефективність споживання енергоресурсів промисловими підприємствами України, вітчизняні та закордонні експерти дійшли висновку, що на багатьох з них енергоресурсів на виробничі потреби витрачається не більш за 50%, решта втрачається. Основною енергією, що використовується підприємствами під час здійснення виробничої діяльності, є електрична, яку вони споживають в обсязі 60% виробленої в країні. Електроенергія з надлишком витрачається не лише у виробничому процесі, а й під час транспортування системою електропостачання підприємства [1-3].

Очевидно, що промисловість має пріоритет з огляду на можливість впровадження технологій підвищення ефективності споживання енергії. В цій галузі можна досягти максимального ефекту за мінімальних витрат і зусиль. Це зумовлено низкою причин: по-перше, промисловість є найпотужнішим споживачем енергії; по-друге, споживання тут обмежене відносно невеликою кількістю споживачів.

Важливим фактором підвищення ефективності вибору раціональних режимів електроспоживання є правильне визначення основних напрямів з регулювання добових графіків навантаження промислових підприємств, що полягають у пошуку взаємовигідних відносин між постачальником енергії та споживачем. Такі відносини базуються на режимній взаємодії електроенерге-

тичної системи зі споживачами електроенергії, яка дозволяє розв'язати комплекс взаємопов'язаних задач формування оптимального графіка електричного навантаження на будь-якому часовому інтервалі за рахунок деформації графіків навантажень споживачів.

Існують заходи, здійснювані підприємствами для покращання режимних показників ГЕН, оптимальної організації електроспоживання, відповідно, зменшення витрат електричної енергії на виробництво одиниці продукції та зменшення енергоємності та собівартості одиниці продукції. Ці заходи, як відомо, розподілено на дві групи [1-3].

**Група 1.** Заходи, що не потребують додаткових капіталовкладень (безвидаткове управління електроспоживанням). Для їх розробки і виконання необхідно провести організаційно-технічну підготовку, пов'язану, приміром, зі зміною графіка роботи електроприймачів, які без збитків можна перевести на роботу поза годинами максимуму енергосистеми [1], тобто споживачів-регуляторів.

**Група 2.** Заходи, здійснення яких потребує додаткових капіталовкладень (залучення коштів у раціоналізацію й управління електроспоживанням). До цієї групи належать [1]:

- встановлення обладнання з більш інтенсивним режимом роботи;
- спорудження додаткових складів, для зберігання запасів сировини тощо;
- встановлення додаткових потужностей;
- встановлення обладнання з кращими енергетичними характеристиками.

У загальному випадку покращання процесу електроспоживання можна представити у вигляді залежних субпроцесів, кінцевий стратегічний результат реалізації яких – енергозбереження та економія паливно-енергетичних ресурсів.

Незалежним і відправним (але не обов'язковим) субпроцесом (рис. 1) є залучення коштів до раціоналізації та управління електроспоживанням (субпроцес 2), що породжує позитивні ефекти, розширюючи потенційні обсяги безвидаткового управління електроспоживанням (субпроцес 3) і раціоналізації електроспоживання (суб-

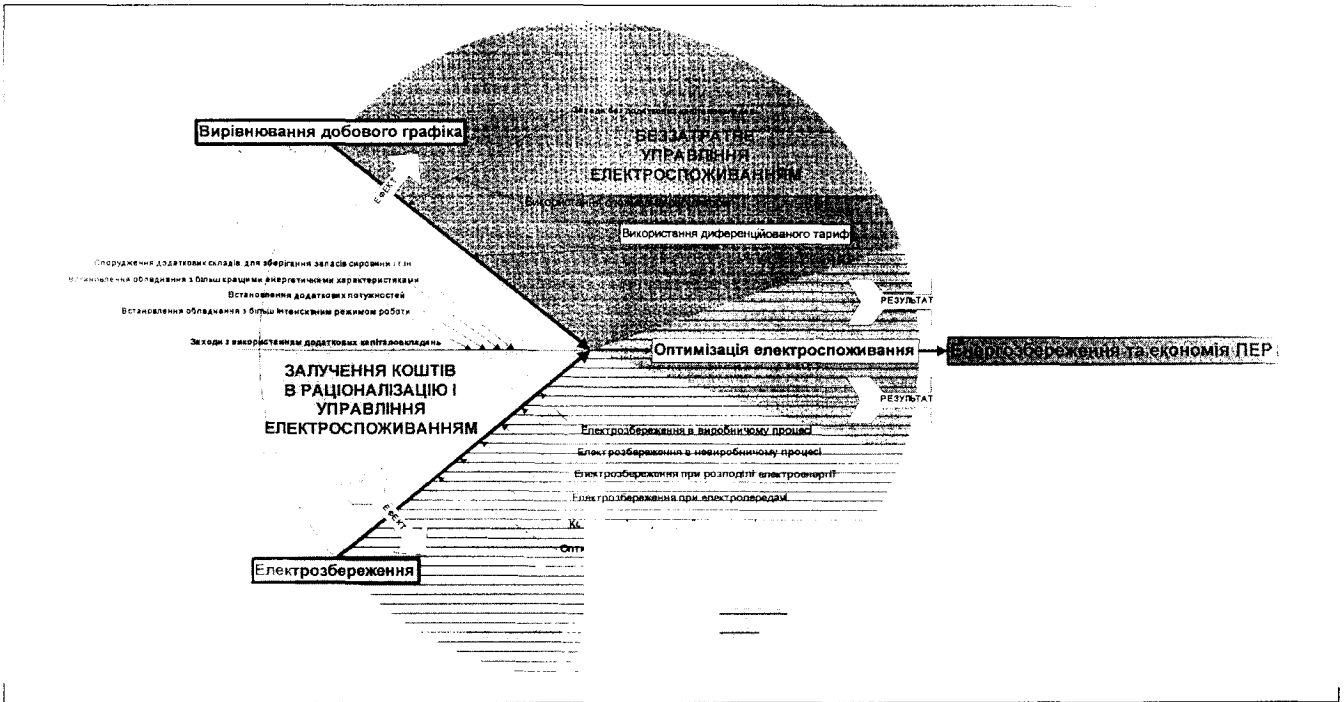


Рис. 1.

процес 4). На основі синтезу субпроцесів 3 і 4 отримуємо оптимізацію електроспоживання, реалізація якої призведе до покращання параметрів згаданого вище стратегічного результату.

Першочерговими для здійснення на підприємствах є заходи, що належать до категорії безвидаткового управління електроспоживанням, через те, що вони не потребують додаткових коштів, дозволяють значно впорядкувати технологічний процес і згладити графік навантаження.

Впровадження заходів даної групи дає змогу підняти реалізацію політики енергозбереження на об'єкті на новий, якісно вищий рівень. Економія енергії здійснюється насамперед за рахунок зменшення технічної складової втрат унаслідок зменшення добової нерівномірності графіка електричного навантаження. На промислових підприємствах впровадження заходів даної групи дає змогу значно зменшити оплату за електроспоживання внаслідок зменшення добової нерівномірності графіка електричного навантаження, при використанні диференційованих тарифів.

Крім того, це справляє позитивний вплив на підвищення якості електропостачання – покращується надійність електропостачання, оскільки максимальне навантаження частково переноситься в зону більшого резерву потужності енергосистеми.

Дана група заходів найбільш ефективно може бути реалізована з використанням споживачів-регуляторів [2]. При цьому, як показано в [3], отримана в енергосистемі економія може переви-

щити додаткові затрати (можлива зміна технологічного циклу роботи) на організацію роботи споживачів-регуляторів.

Достатньо вагомим чинником, який змушує промислове підприємство покращувати свій графік навантаження, є система тарифів, що використовується при розрахунку за спожиту електричну енергію. Цій вимозі відповідають диференційовані системи тарифів [5]. Використання диференційованих тарифів значно підвищує економічний ефект від використання споживачів-регуляторів.

Для досягнення максимальної ефективності використання електричної енергії необхідно розглянути всю систему виробництва і споживання електричної енергії. Важливим фактором підвищення ефективності вибору раціональних режимів електроспоживання є правильне визначення основних напрямів регулювання добових графіків електричного навантаження промислових підприємств.

При цьому слід зауважити, що створений споживач-регулятор залежить від об'єктивних обставин його роботи і технологічної групи обладнання, до якої він входить. За одних умов він дійсно є споживачем-регулятором, за інших – втрачає свої якості. Крім цього, оскільки вибраний споживач-регулятор здебільшого є окремим потужним агрегатом, що суттєво впливає на добовий графік навантаження об'єкта, то перед використанням його як споживача-регулятора доцільно проаналізувати та оцінити його енергетичні характеристики.

Призначення споживача-регулятора – здійснення свого функціонального технологічного завдання і зміна свого технологічного процесу таким чином, щоб отримати максимально можливий графіковирівнюючий ефект для підприємства. Зазвичай, як споживачі-регулятори розглядались лише окремі потужні приймачі електричної енергії, режим роботи яких може значно впливати на графік споживання електричної енергії. Втім, поняття споживача-регулятора є дуже нечітким, для кожного окремого підприємства воно набуває певних ознак, тому для забезпечення максимальної ідентифікації споживачів-регуляторів необхідно розширити границі поняття і розглядати як окремі потужні приймачі електричної енергії, так і групи малопотужних електроприймачів, об'єднаних технологічним процесом, сумарний графік споживання електроенергії котрих також суттєво впливає на графік споживання електричної енергії підприємства [4]. Приміром, на підприємстві невеликої потужності певного споживача визначено споживачем-регулятором. Для даного підприємства він відкриє свій електрозберігаючий і графіковирівнюючий потенціал, проте якщо аналогічний приймач буде встановлено на значно потужнішому підприємстві, то ймовірно, він не матиме ознак споживача-регулятора. Можна навести ще один приклад: нехай на підприємстві наявна група приймачів електричної енергії, що об'єднані технологічним циклом. Один споживач з цієї групи не має достатніх задатків до регулювання графіка електричного навантаження підприємства, але вся група має достатній великий потенціал, що не може бути створений на базі одного споживача. Отже, під поняттям споживача-регулятора слід розуміти не лише одного споживача, а й групу споживачів електричної

енергії, що є споживачем-регулятором тільки для конкретного підприємства.

Доцільно ввести основний критерій належності до поняття споживач-регулятор, який полягає у визначенні відносного потенціалу графіковирівнювання технологічної одиниці.

Постає проблема виявлення, ідентифікації та класифікації споживачів-регуляторів серед множини електроприймачів об'єкта дослідження. Процес виявлення споживачів-регуляторів складний і має спиратись на чітке розуміння параметрів технологічного процесу й одиниці обладнання, що виступає як споживач-регулятор. Крім цього, слід зважати на принципи регулювання добового графіка, що викликає суміщення інформаційної бази трьох незалежних гілок процесу діяльності об'єкта (інформаційної, технологічної і енергетичної). Це є складним для здійснення, оскільки залежить від багатьох факторів; знання і досвіду експертів.

Для спрощення, уніфікації процесу виявлення та ідентифікації споживачів-регуляторів необхідно сформуванати методик, яка б істотно спростила завдання експертів. З цією метою слід визначити початкові параметри ідентифікації ознак споживача-регулятора: трьох параметрів – потужності, потенціалу графіковирівнювання і технологічної групи споживача. Найпростіше сформуванати дану методик за допомогою використання об'єктно-орієнтованого підходу в поєднанні з засобами традиційної математики.

Нехай у нас наявна множина приймачів (об'єктів)  $O$ , яку складають всі приймачі електричної енергії певного підприємства  $[1, n]$  із потужністю  $P_n$  (рис. 2). Їй підпорядковані три субмножини властивостей об'єктів:

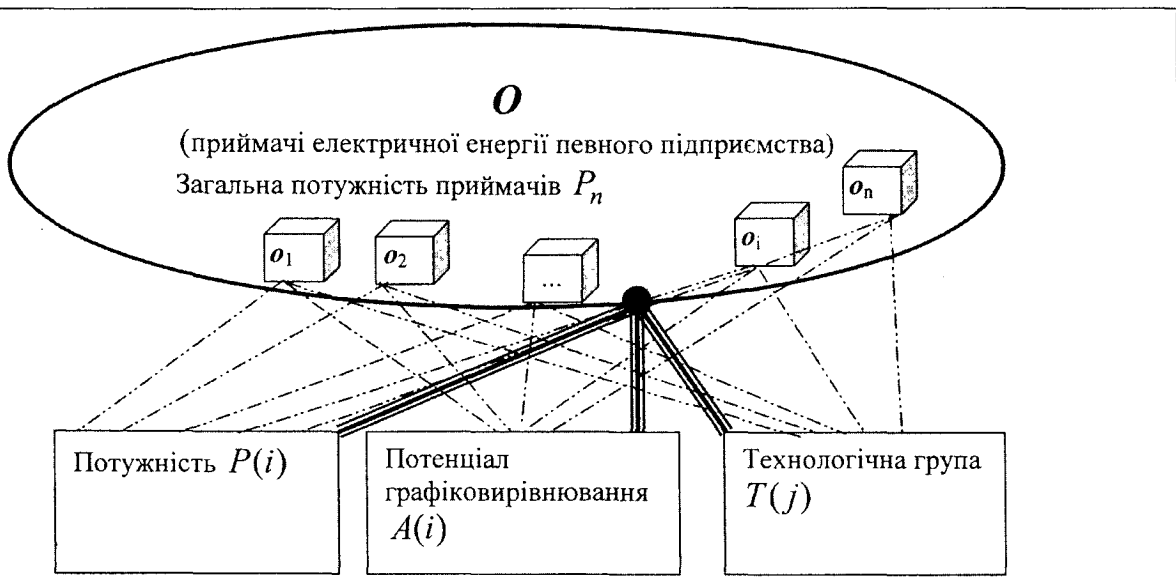


Рис. 2. Множина приймачів  $O$

– потужність –  $P$ ;  
 – потенціал графіковирівнювання (можливість бути використаним при регулюванні графіка електричного навантаження) (0...100%) (0% – споживач не може змінювати свій режим роботи через об’єктивні причини; 100% – споживач може вільно використовуватись для регулювання графіка електричного навантаження) –  $A$ ;  
 – технологічна група (одночасна робота і об’єднання технологічним процесом) (0 – уособлений, 1 ...  $m$  бере участь у технологічному процесі  $j$ -ї групи споживачів, де  $m$  – кількість груп споживачів) –  $T$ ;  
 Необхідно виявити, які з елементів множини  $A$  є найбільш оптимальними споживачами-регуляторами ГЕН підприємства.

Знайдемо відносне значення елементів субмножини  $P$  до загальної потужності підприємства  $P_n$ :

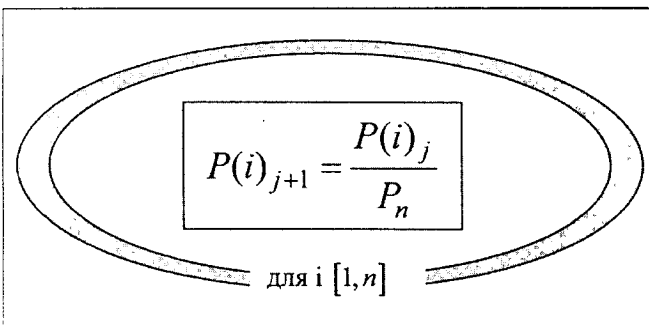


Рис. 3. Відносне значення елементів субмножини  $P$

де  $n$  – кількість елементів множини  $O$  і співрозмірних з нею субмножин  $P, A, T$  (кількість одиниць електроспоживаючого обладнання на підприємстві);  $j$  – ітераційний крок обчислення.

Знайдемо значення відносного потенціалу графіковирівнювання і відносного потенціалу технологічної групи об’єктів  $A$ :

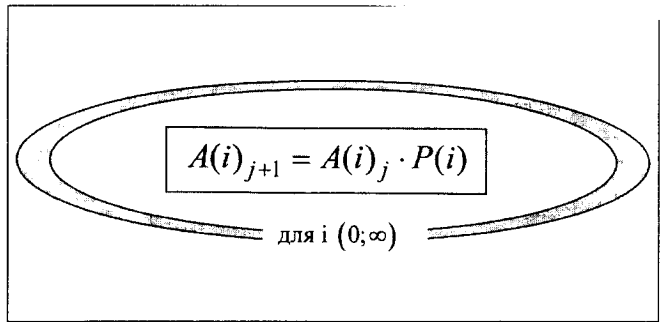


Рис. 4. Відносне значення потенціалу графіковирівнювання

У результаті отримано впорядкований стовпець-множину електроспоживаючих об’єктів підприємства, серед перших елементів якої будуть міститись окремі споживачі-регулятори, а в останніх – споживачі-регулятори, групи споживачів електричної енергії, що об’єднані технологічним процесом.

Для наочності доцільно побудувати бульбашкову діаграму (центри бульбашок незмінні на декартовій площині), але з одним значенням – відносним графіковирівнювальним потенціалом технологічної групи об’єктів.

На діаграмі буде зображено концентричні кола. Зовнішнє коло – найбільш оптимальна технологічна група для регулювання ГЕН, внутрішнє – найменш оптимальна технологічна група для регулювання ГЕН (рис. 6).

Слід зауважити, що процес виявлення споживача-регулятора є частиною комплексу операцій, які необхідно здійснити з метою оптимізації добового графіка навантаження.

Для реалізації задачі пошуку та ідентифікації споживача-регулятора промислового підприємства, необхідно побудувати модель з урахуванням

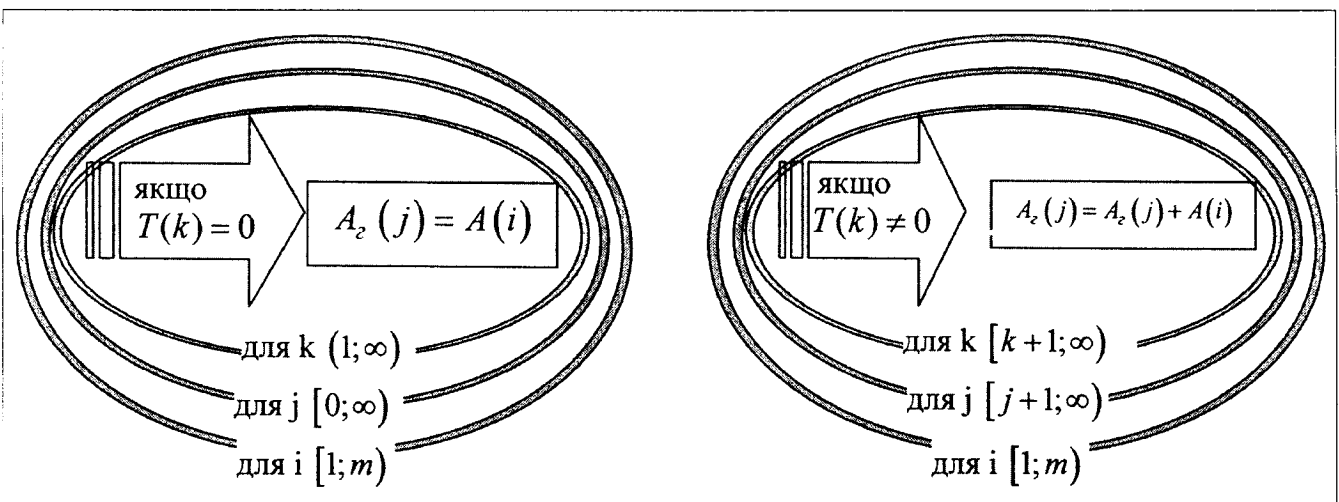


Рис. 5. Відносний потенціал технологічної групи об’єктів

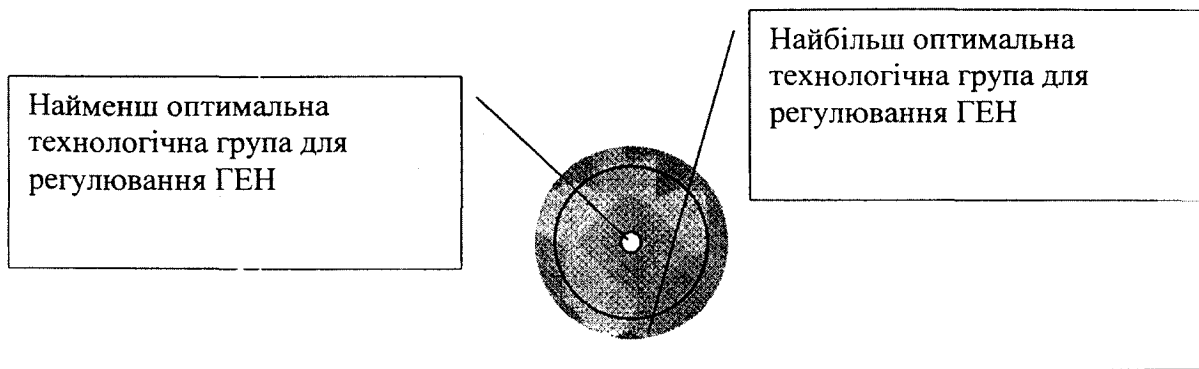


Рис. 6. Бульбашкова діаграма оптимальності споживача-регулятора для певних умов регулювання

комплексу означених вище параметрів, яка була б універсальною для будь-якого об'єкта дослідження.

**Висновки**

1. Однією з вагомих складових, що впливають на реалізацію процесу енергозбереження та економії паливно-енергетичних ресурсів, є оптимізація електроспоживання, яка утворюється внаслідок синтезу раціоналізації електроспоживання і управління електроспоживанням на підставі використання споживачів-регуляторів, за умов диференціації тарифів, – основного технічного заходу процесу безвідаткового управління електроспоживанням.

2. Поняття споживача-регулятора є нечітким і для кожного конкретного випадку воно набуває особливих ознак. Під споживачем-регулятором слід розуміти не лише одного споживача, а й групу споживачів електричної енергії. Основний критерій належності до поняття споживач-регулятор – величина відносного потенціалу графіковирівнювання, яка визначається на основі експертних оцінок і методики виявлення споживачів-регуляторів.

3. Подальше вдосконалення системи безвідаткового управління електроспоживанням залежить від результатів сумісної взаємодії між двома сторонами процесу електропостачання-електроспоживання (енергосистемою-споживачем).

1. Гордеев В.И. Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 182 с.  
 2. Дикмаров С.В., Садовский Г.Г. Регулирование мощности при производстве и потреблении электроэнергии. К.: Техніка, 1981. – 126 с.  
 3. Копытов Ю.В. Оптимизация режимов электропотребления – резерв экономии топливно-энергетических ресурсов. – В сб.: Повышение надежности и качества электро- и теплоснабжения г. Москвы. – М.: МДНТП, 1983.  
 4. Давиденко Л.В., Коменда Т.І. Оптимізація параметрів моделі електроспоживання промпідприємства // Vth international modelling school of AMSE-UaPI, Crimea (Ukraine). – 2000. – P. 55-59.  
 5. Михайлов В.В. Комплексный подход при решении проблемы выравнивания графиков электропотребления // Промышленная энергетика. – 1977. – №1. – С. 3-4.  
 6. Михайлов В.В. Тарифы и режимы электропотребления. – М.: Энергоатомиздат, 1986.