

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ КЕРУВАННЯ СПОЖИВАЧАМИ-РЕГУЛЯТОРАМИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Щербак І. Є.

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

В роботі запропоновано підключати споживачі-регулятори у міських розподільних електричних мережах. Створено алгоритм вибору потужності споживачів-регуляторів для підключення до мережевої трансформаторної підстанції.

**Постановка проблеми.** Графік електричного навантаження (ГЕН) об'єднаної енергосистеми (ОЕС) має суттєву нерівномірність. Останні три роки коефіцієнт нерівномірності ГЕН ОЕС знаходиться у межах 0,68-0,78, причому має тенденцію до зменшення, що свідчить про подальше збільшення розуцілення ГЕН. Зазначене підтверджує актуальність та необхідність регулювання ГЕН.

Вирівнювання ГЕН дозволить скоротити витрати паливно-енергетичних ресурсів, зменшити кількість ТЕС, для роботи в маневреному режимі, покращити підтримання балансу потужності та частоти в ОЕС.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Проблема нерівномірного ГЕН виникла ще на початку становлення електроенергетичних систем [1]. З 1930 року для зменшення піку ГЕН почали переводити стрілку годинника на годину вперед. Вирівнювання ГЕН на промислових підприємствах (ПП) розглянуто у багатьох роботах [2]. В роботі [3] присвячена увага виявленню резервів технологічних процесів на ПП з метою регулювання ГЕН. У роботі [4] розглядається метод регулювання ГЕН у побутовому секторі. Аналіз літератури показав, що основна увага приділяється вирівнювання ГЕН ПП.

Водночас до регулювання ГЕН ОЕС доцільно залучати населення, комунально-побутових споживачів та непромислових споживачів, доля споживання електроенергії (ЕЕ) яких з кожним роком збільшується.

**Мета статті** є виявлення рівня електроенергетичної системи, де найбільш ефективно підключати споживачі-регулятори (СР) та дослідження можливостей підключення СР до діючої мережевої трансформаторної підстанції.

**Основний матеріал дослідження.** ГЕН ОЕС складається з безлічі ГЕН різних споживачів електроенергії і на його формування технічно складно вплинути. Враховуючи принцип суперпозиції можна стверджувати, що формування рівномірного режиму електроспоживання споживачів на нижчих рівнях ієрархії електроенергетичної системи призведе до вирівнювання ГЕН ОЕС вцілому. На рис. 1 представлені стимули та технічні засоби регулювання навантаження на ієрархічних рівнях електроенергетичної системи.

Перший рівень – це централізоване регулювання ГЕН. Здійснюється введенням в роботу ГЕС, ГАЕС та розвантаженням ТЕС на відповідну величину резервної потужності або їх зупинкою в години проходження мінімуму енергосистеми.

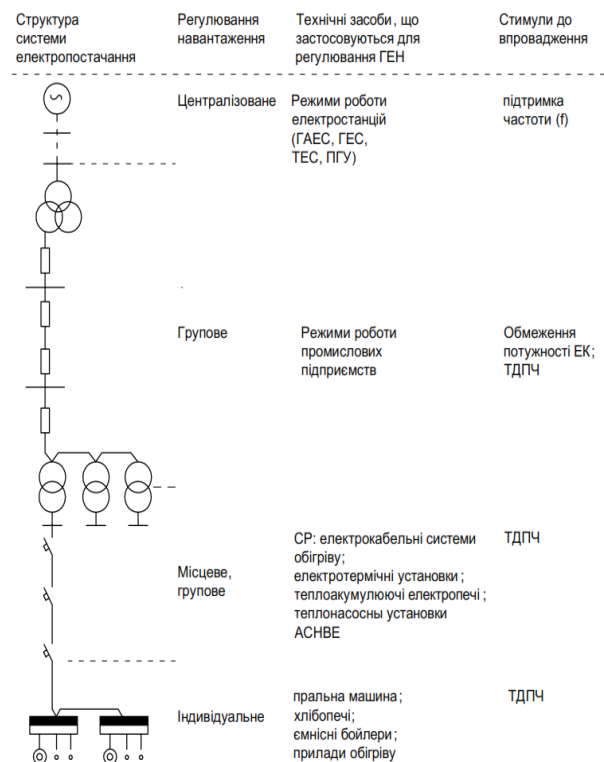


Рисунок 1 – Методи, технічні засоби та стимули регулювання ГЕН на рівнях ієрархічної структури електроенергетичної системи

Проблема дефіциту маневрених потужностей вирішується також регуляторним механізмом через вимушене лімітування енергопостачання, адміністративне втручання в управління грошовими потоками на оптовому ринку електроенергії.

Для регулювання споживання електричної потужності енергопостачальні організації на підставі договірних величин споживання ЕЕ визначають граничні величини споживання електричної потужності, що встановлюється споживачам на період контролю в години ранкового та вечірнього максимуму навантаження енергосистеми.

За відсутності резерву генеруючих потужностей енергопостачальна організація може виконувати часткове відключення споживачів від мережі живлення.

До того ж енергопостачальні організації економічно зацікавлюють споживачів до зміни свого режиму електроспоживання шляхом введення тарифів диференційованих за періодами часу (ТДПЧ).

На другий рівень виділенні методи та засоби ви-

рівнювання ГЕН, що застосовуються на ПП. За 20 років існування ТДПЧ потенціал їх упровадження в промисловій групі практично вичерпано. До того ж в зв'язку з економічною кризою, спостерігався суттєвий спад споживання ЕЕ промисловістю. Відповідно можливості регулювання ГЕН, які в основному покладалися на цю сферу зменшилися. В цілому впровадження СР, що є активними елементами електричної мережі, відповідає концепції Smart Grid та спрямоване на регулювання навантаження у режимі реального часу надалі повинно набувати широкого поширення.

Населення, побутове навантаження та непромислові споживачі - групи, що займають значну частку у електроспоживанні, при цьому рівномірно розподілені по країні наразі практично не залучаються до розрахунків за ТДПЧ. Саме цю потужну групу споживачів можна віднести до третього рівня місцевого регулювання навантаження, де найбільш перспективно формувати режими електроспоживання додатково підключаємих СР.

На четвертому рівні знаходиться індивідуальне регулювання навантаження. В останні роки збільшилась кількість побутової техніки, що має технічну можливість (відстрочка старту, таймер та ін.) для використання ЕЕ у нічний період, за ТДПЧ. Наприклад, квартирні ємнісні бойлери, пральні машини, хлібопечі, посудомийні машини, електричні конвектори та ін. Проте досі населення практично не користується ТДПЧ. Передусім через те, що придбання та встановлення багатотарифних електролічильників дорого коштує та довго окупається. До того ж, необхідно виконувати обмеження, які при цьому накладаються. Тому такий захід не може вважатися ефективним через відсутність належних важелів впливу на регулювання ГЕН населення.

Об'єктами міста, де можуть застосовуватись СР можуть бути - житлові будинки, торгові центри, заклади охорони здоров'я тощо. В якості СР на даних об'єктах можуть застосовуватись автоматизовані системи нагріву води електроенергією (АСНВЕ). Вибір саме такого типу СР зумовлений рівномірністю розподілення його навантаження протягом року з незначним зниженням у літній період (на 25%).

З метою виявлення можливості підключення нового СР до діючих міських розподільних мереж та його надійного функціонування практичний інтерес представляє дослідження можливості підвищення ефективності електроспоживання за рахунок більш інтенсивного використання встановленого обладнання електричних мереж.

Для цього розглянемо засади проектування систем електропостачання міст. Для вибору устаткування підстанцій, перетину та матеріалу провідників, конфігурації мережі важливим є визначення розрахункових електричних навантажень споживачів. При додаванні навантажень різних груп споживачів треба враховувати коефіцієнти сумісності. Відповідно розрахункове навантаження мікрорайону при змішаному живленні від ТП споживачів електроенергії житлових, громадських будинків і споруд визначається за формулою

$$P_{м.р.} = P_{max} + k_1 P_1 + k_2 P_2 + \dots + k_n P_n, \quad (1)$$

де  $P_{max}$  – найбільше з навантажень споруд, що отримують живлення від ТП, кВт;

$P_1 \dots P_n$  – розрахункові навантаження, що отримують живлення від шин низької напруги ТП, кВт;

$k_1 \dots k_n$  – їхні коефіцієнти участі в максимумі навантажень, що враховують частку електричних навантажень споруд відносно споруди з найбільшим навантаженням.

Таке обчислення розрахункового електричного навантаження можливе при стандартній конфігурації добових ГЕН об'єктів. Зважаючи, на те, що СР не працюють в години максимального навантаження основних споруд та мають не стандартну конфігурацію врахування їх потужності за стандартною формулою не може бути здійснено.

Вибір потужності та числа трансформаторів понижувальної трансформаторної підстанції (ТП) здійснюється залежно від щільності навантаження та визначається сумарним навантаженням споживачів з урахуванням їх участі у максимумі. Оптимальними вважаються коефіцієнти завантаження трансформаторів у нормальному режимі  $K_{zn} = 0,6 - 0,8$ , у аварійному режимі  $K_{за} = 1,2 - 1,6$ . Тобто у нормальному режимі ТП мають резерв 20-40% номінальної потужності в період максимуму ГЕН, в періоди нічного мінімуму це значення значно зростає. При проектуванні та експлуатації ТП необхідно намагатися, щоб фактичне завантаження трансформаторів було близьке до економічного.

Для здійснення попередньої оцінки потужності СР, що можуть бути підключені до ТП 10/0,4, що експлуатується розроблено алгоритм зміни навантаження СР залежно від роботи основного навантаження ТП, представлений на рис.2.

Найбільш точними моделями є стохастичні моделі, що базуються на моделюванні випадкового процесу зміни завантаження трансформатора з використанням ймовірнісної вихідної інформації [5]. Вибирати потужність СР необхідно враховуючи навантажувальну здатність трансформаторів за критерієм термічного зносу ізоляції.

1. Ввести початкові дані для розрахунку.

Вхідними даними для моделювання є:

Параметри трансформатора згідно МГОСТ 14209-97;

- коефіцієнти, що залежать від типу системи охолодження трансформатора;

- режим навантаження (змодельований ГЕН ТП);

- кількість дискретних моментів часу на які розбивається  $T=24$  години (інтервал часу  $t=30$  хв);

- температура навколишнього середовища. приймається постійною в часі.

2. Визначити  $K_{zi}$  ( $i=48$ ) для змодельованого ГЕН.

3. Розраховують максимальну температуру найбільш нагрітої точки  $\theta_n$  за методикою наведеною в ДСТУ 14209-97.

4. Результати розрахунків порівнюють із допустимим значенням, якщо  $\theta_{hi} < \theta_{ндоп}$  вірно, то виконуються наступні дії:

а)  $K_{zi}$  збільшується;

б) система повертається до обчислення  $\theta_{hi}$ .

5. У випадку коли нерівність невірна, то викону-

ється обчислення зносу ізоляції  $L$ .

6. до тих пір поки знос ізоляції ( $L_{\text{доб}}$ ) не досягне значення 1.

7. Зменшуємо на 1 ступінь (обираємо попереднє значення).

8. Визначаємо максимальну потужність з якою може працювати ТП у період на який припадає основне навантаження СР із 23:00 до 07:00.

9. Визначаємо потужність СР, що може бути додатково підключена в кожен дискретний момент часу.

10. Визначаємо середню дискретність СР, що може бути додатково підключена. Підсумовуємо потужність СР, що може бути додатково підключена в кожен дискретний момент часу та ділимо на кількість дискретних моментів часу.

11. Алгоритм завершує роботу.

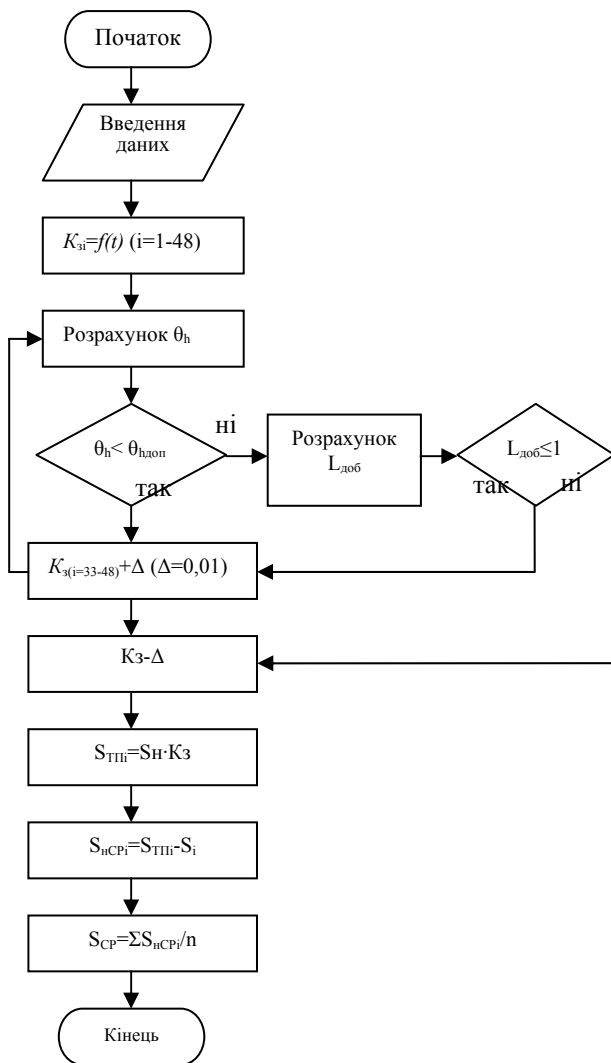


Рисунок 2 – Алгоритм вибору потужності СР при підключенні до діючої ТП

**Висновки.** Перспективно залучити населення та непромислових споживачів до регулювання ГЕН шляхом впровадження в даних секторах народного господарства споживачів-регуляторів.

Аналіз вибору параметрів елементів міської розподільної мережі виявив завищення значень встановленого обладнання, враховуючи вимоги до надійності

роботи, що свідчить про резерв встановленої потужності. Отже, можливо здійснювати підключення додаткового навантаження СР. Виявити їх можливу потужність при підключенні до конкретної ТП можливо користуючись розробленим алгоритмом.

### Список використаних джерел

1. Дарманчев А. К. Разработка производственного задания и оперативное управление работой сложных систем / А. К. Дерманчев. - ОНТИ М-Л 1936. – 38 с.
2. Гордеев В. И. Регулирование максимума загрузки промышленных электрических сетей / В. И. Гордеев. – М.: Энергоатомиздат, 1986. - 184 с.
3. Розен В. П. Використання внутрішніх резервів технологічних процесів при керуванні режимами електроспоживання промислових підприємств / В. П. Розен, М. В. Прокопеч // Автоматизація виробничих процесів: Всеукр. Наук.-техн. Журн. – 2006. - №1(22). – С.26-30
4. Черкашина Г. І. Підвищення енергоефективності системи електропостачання за рахунок управління електричним навантаженням у побутовому секторі: автореф. Дис.. к.т.н: 05.14.02 / - Х., 2015. – 20 с.
5. Щербак І. Є. Моделювання режимів роботи споживачів-регуляторів в міських розподільних мережах / І. Є. Щербак // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, - 2014. - №153. – С. 119-121

### Анотація

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ-РЕГУЛЯТОРАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Щербак И. Е.

*В работе предложено подключать потребители-регуляторы к объектам городских распределительных сетей. Создан алгоритм выбора мощности потребителей-регуляторов для подключения к сетевой трансформаторной подстанции.*

### Abstract

#### RESEARCH MANAGEMENT CAPABILITIES CONSUMERS, REGULATORS, DEPENDING ON LOAD CAPACITY TRANSFORMERS

I. Shcherbak

*The consumer-regulators connect up of objects of urban distribution network are offered. The algorithm of the connection option consumer-regulators of capacity the transformer substations has been constructed.*