

ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ТА ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ-РЕГУЛЯТОРІВ ДЛЯ ВИРІВНЮВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Іваніцький С.Б., студент, Кацадзе Т.Л., к.т.н., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Важливою і актуальною проблемою в електроенергетиці України є нерівномірність добових графіків навантаження. Дана проблема ускладнюється ще й тим, що в об'єднаній енергосистемі (ОЕС) України спостерігається значна кількість потужних атомних (АЕС) та теплових (ТЕС) електричних станцій, котрі є неманевреними, тобто не призначені для частих зупинок і пусків; разом з цим спостерігається дефіцит потужностей маневрених станцій, призначених для швидкого та якісного регулювання потужності в будь-який час доби. Ефективним розв'язком проблеми нерівномірності графіків навантаження є залучення споживачів-регуляторів побутового та промислового секторів – споживачів, які мають спроможність змінювати або навіть повністю припиняти споживання активної потужності в певні години доби для вирівнювання графіку навантаження [1].

Мета роботи. Огляд можливості застосування різних промислових та побутових споживачів у якості споживачів-регуляторів, доцільності та ефективності застосування різних типів споживачів-регуляторів на території України.

Матеріали та результати роботи. Для ОЕС України на даний момент спостерігається дефіцит маневрених потужностей близько 2500 МВт; на даний момент для регулювання потужностей в пікових зонах графіка навантаження в Україні окрім гідроелектростанцій (ГЕС) та гідроаккумуляуючих електростанцій (ГАЕС) застосовуються блоки ТЕС. Такий режим роботи ТЕС призводить до зростання собівартості виробництва електроенергії, погіршення роботи самих агрегатів, пов'язаних з процесами підготовки та спалювання палива [2].

Для вирішення даних проблем доцільним буде залучення споживачів для зміщення піків та заповнення провалів споживання у певні години доби. За кордоном вже давно досить успішно застосовують подібні технології та заходи. Це так зване «управління попитом» (англ. Demand Side Management – DSM або Demand Response – DR) – сукупність заходів, спрямованих на підвищення, зниження та перенесення навантажень споживачів та споживачів-регуляторів (англ. Controllable loads) з одного часу доби на інший, що вирівнює споживання протягом доби. В якості споживачів-регуляторів можуть виступати будь-які споживачі або групи споживачів електричної енергії, які мають помітний вплив на сумарне добове навантаження та можуть змінювати свою потужність відповідно до графіка навантаження. Зазвичай за кордоном виділяють три типи споживачів-регуляторів. Класифікацію споживачів-регуляторів наведено на рисунку 1 [3].

До першого типу відносять побутових споживачів, а саме побутові прилади, освітлення квартир, системи кондиціонування повітря в приміщеннях тощо. Цей тип керування вважається пасивним, оскільки вплив на споживачів здійснюється впровадженням різних тарифів для різних періодів доби.

Другий тип включає побутових та промислових споживачів. До таких споживачів-регуляторів відносять пристрої та установки, що здатні зберігати енергію у вигляді теплової, хімічної чи механічної енергії; потужні акумуляторні батареї (АКБ); установки, що пов'язані з зарядкою електромобілів (англ. Vehicle-to-Grid – V2G); комплекси вироблення електроенергії, тепла й холоду (тригенерація, англ. Combined cooling, heat and power – CCHP); промислові підприємства [4].

Третій тип споживачів-регуляторів пов'язаний з розвитком мікромереж (microgrid) та віртуальних електростанцій (Virtual Power Plant –VPP) – інтеграції розподілених джерел генерації, накопичувачів електроенергії та споживачів, котрі керуються з єдиної системи.



Рисунок 1 – Типи споживачів-регуляторів

Враховуючи поточний розвиток енергетики України слід звернути увагу на другий тип споживачів регуляторів, а саме застосування пристроїв акумуляування енергії та використання зміни потужностей промислових підприємств. Зазвичай виділяють три групи промислових споживачів, котрі

можна застосовувати в якості споживачів-регуляторів. Дані про групи промислових споживачів наведено в таблиці 1 [5].

Таблиця 1 – Групи промислових споживачів за типом навантаження

Група промислового навантаження	Приклади промислових підприємств
Механічне навантаження 1	Гідравлічний, кувальний прес; шліфувальні станки; подрібнювачі (відходів з дерева)
Механічне навантаження 2	Холодильні апарати, насоси, потужні вентилятори, компресори
Теплове (термічне) промислове навантаження	Плавильні печі, гальванічні ванни, індукційні печі

До першої групи механічного навантаження відносять обладнання для виробництва, тривала зупинка якого не призведе до порушення технологічного процесу виробництва. Слід зауважити, що для таких машин не передбачена можливість зміни потужності навантаження в широких межах, тобто ці машини зазвичай можуть знаходитися у ввімкненому стані, тобто можуть споживати певну задану потужність, або знаходитися у вимкненому стані.

Обладнання другого типу навантаження зазвичай обладнане регульованими приводами, що дає змогу швидко змінювати потужність в певних межах. До цього типу навантаження відносять насоси, конвеєри, компресори та інші машини, пов'язані з перенесенням об'єктів або перекачуванням рідин чи газів. Незважаючи на здатність змінювати навантаження для цих машин необхідно застосовувати додаткові заходи щодо недопущення перегріву та виходу з ладу, адже часті зміни потужностей (струмів) навантаження та зміни швидкості обертання машин можуть призводити до скорочення терміну служби.

Теплове (термічне) промислове навантаження пов'язане з довготривалими технологічними процесами, зупинка яких призводить до збитків та порушення нормального функціонування обладнання. З цієї причини цю групу навантажень можна застосовувати лише для довготривалого навантаження, наприклад, заповнення нічних провалів графіка навантаження.

Окрім регулювання промислових споживачів досить ефективним заходом регулювання графіків навантаження є застосування установок, котрі перетворюють електричну енергію і накопичують її у вигляді теплової, хімічної чи механічної енергії.

Зважаючи на те, що для України спостерігається тенденція до збільшення потужності побутових споживачів, застосування установок для охолодження та нагріву води призведе до заповнення провалів та зниження пікових зон добового графіка навантаження. Останні роки досить успішним є використання систем нагріву води в США, Швеції, Японії, Італії та інших країнах. Для України застосування теплопостачання в нічний час за рахунок використання електроенергії теж є досить перспективним напрямком. Так, наприклад, в таблиці 2 наведено порівняння вартості одиниці тепла для споживачів станом на 2016 рік. Наприклад, застосування таких систем теплопостачання на базі автоматизованого вузла електронагріву за тарифами за 2015 рік призвело б до

річного економічного ефекту близько 298 920 грн. для установки потужністю 250МВт, що дозволить не лише заповнити нічні провали навантаження, а ще й модернізувати систему опалення [6].

Таблиця 2 – Порівняльний розрахунок вартості одиниці тепла для споживачів, крім населення

Вид генератора теплоти	Джерело тепла (вид тарифу)	Одиниці виміру	Вартість одиниці первинного продукту, грн	Вартість 1кВт*год теплової енергії для споживача, грн. з ПДВ (з урахуванням ККД)
Електронагрівач-термотрансформатор	3-зонний, 7 годинний вночі	кВт*год	0,4506	0,46
	3-зонний, 7 годинний вночі, 11 годин – напівпік		1,24	1,26
Котел на твердому паливі	Дрова	кг	0,8	1,07
	Вугілля		1,2	0,84
Котел на р/паливі	Мазут		2,88	2,364
Централізоване	ТЕЦ	ГКал	1892,29	1,63
Газовий котел	Автономна котельня	м ³	8,98	1,27

Висновки. Для України досить перспективним напрямком є застосування споживачів-регуляторів, котрі зможуть вирівняти добові графіки навантаження. Цей захід дозволить вилучити деякі блоки ТЕС з режиму готовності до швидкого регулювання потужності, що в свою чергу призведе до економії засобів на виробництво електроенергії на позитивно вплине на роботу самих ТЕС. Україна володіє досить потужними промисловими споживачами, значна частина яких здатна приймати участь у регулюванні потужностей в певні години доби, тобто споживачі будуть надавати послуги енергосистемі з компенсації раптових небалансів споживання і генерації. Потужними споживачами-регуляторами можуть виступити і автоматизовані системи з електронагріву води, використання яких вночі вплине позитивно не тільки на режим роботи енергосистеми, але і на споживачів, котрі будуть отримувати тепло за більш низькими цінами.

Перелік посилань

1. Коменда Т І. Споживачі-регулятори як основний технічний засіб оптимізації графіка електричного навантаження // Проблеми загальної енергетики. – 2003. №8. С. 58-62.
2. Бахмачук С.В. Керування графіком навантаження в електричних мережах споживачами-регуляторами // ScienceRise. – 2016. №2/2. С. 50-57.
3. Jingshuang Shen. Controllable Load Management Approaches in Smart Grids // Energies. – 2015.
4. Electric Load Management in Industry [Електронний ресурс] // <https://leonardo-energy.pl/wp-content/uploads/2017/08/Electric-Load-Management-in-Industry.pdf>
5. Michael Starke. Assessment of Industrial Load for Demand Response across U.S. Regions of the Western Interconnect. – 2013. 78 p.
6. Тихоненко С.В. Обґрунтування впровадження споживача-регулятора для керування електричним навантаженням в системі електропостачання // Энергетика, Энергосберегающие технологии и оборудование. – 2016. №2/1. С. 22-25.