

Висновки. Для зменшення незапланованих перерв у електропостачанні споживачів у мережах 6...10 кВ виникає необхідність підвищення надійності розподільних мереж та їх інтелекту в рамках концепції Smart Grid. За рахунок можливості відімкнення лінії у безструмову паузу значно розширюються функціональні можливості системи моніторингу для локалізації КЗ на ПЛІ 6...10 кВ та знижуються капітальні вкладення в лінії електропередавання.

1. Блинов И.В., Парус Е.В., Танкевич С.Е., Журавлев И.В. Применение индикаторов повреждений для определения аварийных участков радиальных воздушных линий электропередачи // Электрические сети и системы. – 2015. – № 6. – С. 8–12.
2. ИКЗ-3 Индикаторы короткого замыкания. [Электронный ресурс]: <http://mirmsk.ru/ikz-3-indikatory-korotkogo-zamykani>.
3. Мірошник О.О., Черемісін М.М. Моніторинг навколишнього середовища на основі системи відомчих автоматизованих метеопостів в енергетиці України // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХНТУСГ, 2005. – Вип. 37, Т. I. – С. 3–7.
4. Пазій В.Г., Сиротенко М.О., Мірошник О.О. Обґрунтування вибору оптимальної кількості та місць встановлення показників місць коротких замикань в ПЛІ 10 кВ на базі PLC технологій // Вісник ХНТУСГ «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХНТУСГ, 2016. – Вип. 175. – С. 27–29.
5. Пазій В.Г. Підвищення ефективності пристроїв контролю адресності місць коротких замикань в електричних розподільних мережах 6-10 кВ на базі PLC технологій // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 153. – С. 29–31.
6. Тарасов В.В. Монтаж, наладка, експлуатація електрооборудованя. Часть I. Воздушные и кабельные линии электропередачи: Учеб. пос. – Томский политехн. ун-т. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2010. – 146 с.

УДК 621.316

В.Г. Пазій, А.А. Мірошник, докт. техн. наук, **А.М. Мороз**, докт. техн. наук

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко,
ул. Рождественская, 19, г. Харьков, 61052, Украина

Повышение эффективности системы мониторинга распределительных сетей средствами интеллектуального разъединителя с PLC-каналом связи

Предложены метод и устройство локализации мест повреждений в радиальных воздушных линиях электропередачи, что позволяет сократить время поиска повреждения и уменьшить недоотпуск электроэнергии потребителю за счет локализации и отключения только аварийного участка без отключения всей линии. Библ. 6, рис. 4.

Ключевые слова: повреждение в воздушных линиях, Power Line Communication, интеллектуальный разъединитель.

V. Pazyi, A. Miroshnyk, A. Moroz

Kharkov Petro Vasilenko National Technical University of Agricultural,
Rizdviana, 19, Kharkiv, 61052, Ukraine

Improving the efficiency of the distribution network monitoring system by means of intelligent disconnect with PLC communication channels

The proposed method and device for localizing fault locations in radial overhead transmission lines, which allows to reduce the time for searching of damage and downsize unloading of electricity to the consumer, by localizing and disconnecting only the emergency area, without unlocking the entire line. References 6, figures 4.

Key words: damage in air lines, Power Line Communication, intelligent disconnecter.

Надійшла 07.09.2017

Received 07.09.2017

УДК 621.311:681.5+536.24

БАГАТОПОВЕРХОВІ БУДИНКИ ЯК АКТИВНІ СПОЖИВАЧІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

М.П. Тимченко, Н.М. Фіалко, чл.-кор. НАН України

Інститут технічної теплофізики НАН України,

вул. Желябова, 2а, Київ-57, 03057, Україна

e-mail: tnp_books@ukr.net <http://orcid.org/0000-0003-4426-713X>

Показано доцільність використання взаємопов'язаних за допомогою «інтелектуальних електричних мереж» (ІЕМ) квартирних систем електропостачання (СЕП) і теплопостачання (СТП) у багатоповерхових будинках (БПБ) в якості кінцевих активних споживачів ІЕМ. Проаналізовано добовий графік навантаження (ДГН) в зимовий день 12.21.2016 і основні фактори його нерівномірності. Одержано показники, з'явлені з даними 21.12.2005 р. Запропоновано засоби компенсації нерівномірності ДГН за допомогою трансформації традиційних споживачів-регуляторів у вигляді БПБ в активних споживачів на основі *Smart Grid* концепції.

Паралельно функціонуючі та взаємодіючі СЕП БПБ і СТП БПБ інтерпретовано як складові мультиагентної системи управління великими мережевими ресурсами. Бібл. 10, рис. 2, табл. 2.

Ключові слова: *Smart Grid*, добовий графік навантаження, активний споживач, теплопостачання.

Створення інтелектуальних електричних мереж (ІЕМ) на базі концепції *Smart Grid* стає одним із головних напрямів підвищення енергетичної та економічної ефективності виробництва, розподілу і фінального споживання енергії будь-якої природи. Головними організаціями в розробці та впровадженні концепції *Smart Grid* в Україні є Інститут електродинаміки НАН України, Інститут енергозбереження та енергоменеджменту та НДІ прикладної електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» (НТУУ КПІ). Ними розроблені методичні, алгоритмічні та технічні бази для комплексного визначення і регулювання робочих й аварійних режимів систем електропостачання (СЕП). Зокрема, в ОЕС України впроваджено: інформаційно-діагностичний комплекс «РЕГІНА»; системи моніторингу перехідних режимів «РЕГІНА-Ч», «РЕГІНА-PMU», які спроможні вирішувати питання WAMS, WACS, WAPS; автоматизована система управління підстанцією; система реєстрації параметрів і визначення місця ушкодження на фідерах контактної мережі змінного і постійного струму залізниць; електронний модуль високівольтного інтелектуального вимірювального перетворювача струму та напруги; мобільна багатофункціональна автоматична вимірювальна система для комплексної діагностики електроустаткування всіх класів напруги «ВЕКТОР-2.0М» та інші автоматичні засоби регулювання СЕП [2, 4, 5, 7-9]. В країні на сьогодні проведено певний обсяг робіт з забезпечення задач керування інтегрованими системами з метою підвищення економічності, надійності, якості, раціоналізації структури, інформатизації СЕП. Опублікування двох монографій [4, 5] фіксує етап практичного початку перетворення "розумних" мереж на інтелектуальні¹ [6-10]. Очікується, що наступним еволюційним кроком розвитку електроенергетики стане модернізація на базі концепції *Smart Grid* не тільки електричних мереж, але усіх інших компонентів електроенергетичного комплексу [4-6, 10]. Але сьогодні один із головних принципів концепції *Smart Grid*, а саме визнання кінцевого споживача активним і при цьому рівноправним з іншими традиційними учасниками енергетичного ринку (генеруючими та розподільними компаніями) суб'єктом електроенергетики реалізовано ще не повною мірою.

Метою роботи є розробка засобів підвищення ефективності багаторівневих децентралізованих СЕП і СТП за рахунок організації їх спільної роботи, забезпечення спроможності працювати з технологічними потоками і процесами різноманітної фізичної природи, контролю внутрішньомережних і міжмережних перетоків теплоносіїв, сумісності з системами обробки та передачі даних великої щільності, у тому числі з багатозв'язними потоками вимірювальної, фінансової, ринкової (тарифної та цінової) інформації від масових споживачів із застосуванням ройового інтелекту та мультиагентного (за [6]) багатокритеріального підходу до завдань керування в умовах неповної визначеності.

Коло розповсюдження ІЕМ все ще невелике, у тому можна переконатися, якщо розглянути добовий графік навантаження (ДГН) ОЕС України у зимовий день, який звичайно збігається з днем зимового сонцестояння 21 грудня. ДГН ОЕС України у зимовий день 21.12.2016 р. представлено на рис. 1. Графік побудовано за даними ДП «НЕК» «Укренерго» [1, 3].

¹Основні відмінності в структурі, динаміці розвитку "розумних" та інтелектуальних електромереж С.П. Денисюк визначив так: "У інтелектуальній мережі на перше місце виходять завдання оцінки і керування ризиками та узгодження інтересів множини суб'єктів системи, в той час як «розумна» мережа вирішує завдання диспетчеризації і диспетчерського керування в умовах суворой ієрархічної структури [2].

На цьому рисунку зображено криві сумарної генерації та її складових – основних видів генерації. У дужках наведено дані відповідного добового виробництва електричної енергії в абсолютних величинах та відсотках. Двома вертикальними лініями показано межі пільгової (з 23:00 до 7:00) тарифної зони електроспоживання. Середньодобове навантаження $P_{\text{сер.}}$ показано штриховою лінією. При проходженні у 17:30 максимальних навантажень 24,3 ГВт покриття електроспоживання в ОЕС України забезпечували АЕС (навантаження 11,0 ГВт; 45,4 %), ТЕС (8,99 ГВт; 36,9 %), ТЕЦ (2,32 ГВт; 9,5 %), ГЕС+ГАЕС (1,99 ГВт; 8,2 %). Частка НДЕ на цю годину була майже нульовою. Потужність споживання – 23,2 ГВт і різниця між потужностями виробництва та споживання електричної енергії склала 1,1 ГВт, або 4,55 %. За добу 21.12.2016 р. було вироблено 532,9 ГВт-год, у тому числі АЕС – 265,6 ГВт-год (49,8 %), ТЕС – 182,6 (34,3 %), ТЕЦ 56,9 (10,7 %), ГЕС+ГАЕС – 26,3 (4,9 %), НДЕ – 1,5 (0,3 %). Середньодобова потужність ОЕС України оцінюється величиною $P_{\text{сер.}}=532,9/24=22,2$ ГВт.

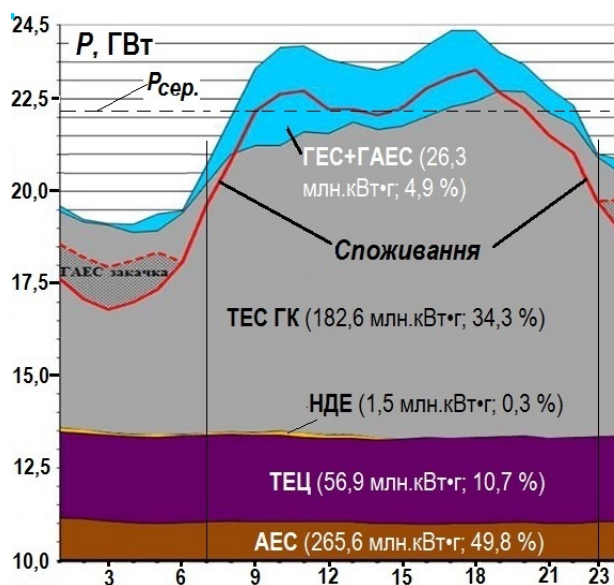


Рис. 1

У табл. 1 наведено значення показників добового графіка навантажень: коефіцієнта нерівномірності $k_{\text{нер}}$ (відношення величини мінімального навантаження до максимального), коефіцієнта заповнення $k_{\text{зап}}$ (відношення величини середнього навантаження до максимального), абсолютного і нормованого розмаху коливань ΔP графіка навантажень у зимові режимні дні 21.12.2005 та 21.12.2016 рр. Відносні величини $k_{\text{нер}}$, $k_{\text{зап}}$, $\Delta P/P_{\text{макс}}$ практично не змінилися, а зменшення абсолютної величини ΔP (на 17 %) пропорціональні падінню (на 20 %) електро-виробництва з 187 (2005) до 155 (2016) млрд. кВт-год.

З рис. 1 і табл. 1 випливає, що ОЕСУ характеризується значною нерівномірністю ДГН. Найбільша проблемність ДГН пов'язана

з компенсацією нічного провалу. Його відносна глибина практично не зменшилася впродовж останніх 11 років, а абсолютна величина сягає приблизно 10 % від середньозваженого добового навантаження. Як свідчить звітний документ НКРЕКП [3], у регулюванні ДГН основна роль належить ТЕС. У 2016 р. балансування попиту та пропозиції електричної енергії в ОЕС України відбувалося шляхом планування виробництва та споживання за день до доби постачання. Оператори (диспетчери) оптового ринку енергії (ОРЕ), у тому числі ДП «НЕК «Укр-енерго» здійснюють регулювання в режимі реального часу за допомогою видачі оперативних команд виробникам електричної енергії, які підключені до ОЕС України. Найбільше (за обсягами *надвиробництва*) для балансування ОЕС України застосовувались блоки Трипільської, Ладижинської та Запорізької ТЕС, а для розвантаження при балансуванні ОЕС України найбільше використовувались (за обсягами *недовиробництва*) блоки Курахівської, Вуглегірської та Запорізької ТЕС [3]. Правила ОРЕ передбачають платежі ТЕС, які беруть участь у балансуванні. Ці платежі зменшуються, якщо виробник електроенергії порушує режим роботи – припускає недотримання графіка або невиконання команди. Горизонт планування – на добу вперед.

На підставі сказаного можна стверджувати, що в ОЕС України поки ще діє традиційний (тобто не *Smart Grid*) енерготехнологічний ланцюг, який характеризується жорсткою

Таблиця 1

Дата	Абсолютні значення, ГВт				Відносні значення		
	$P_{\text{макс}}$	$P_{\text{мін}}$	$P_{\text{ср}}$	ΔP	$k_{\text{нер}}$	$k_{\text{зап}}$	$\Delta P/P_{\text{макс}}$
21.12.05	27,613	20,97	24,3	6,65	0,759	0,880	0,27
21.12.16	24,4	19,1	21,7	5,30	0,783	0,889	0,24

вертикально (зверху вниз) структурованою схемою, без зворотного по каналу енергія *on-line* зв'язку зі споживачами (у тому числі масовими) [3]. Ця схема керування ОЕС України сьогодні зберігає працездатність, оскільки внесок НДЕ в електроенергобаланс країни поки ще незначний (рис. 1). Але з огляду на високі темпи приросту НДЕ за останні роки і стратегічні орієнтири розвитку енергетики в Україні ситуація має швидко змінитися і потребувати як докорінної зміни схеми ринку ОРЕ, так і розробки відповідних інформаційних технологій і технічних платформ, необхідних для модернізації існуючих енерготехнологій. СЕС, ВЕС характеризуються стохастичною генерацією, коли вона може бути надмірною в інтервалах провалів споживання енергії, навпаки, дефіцитною у пікові години ДГН.

Ще однією важливою обставиною, вплив якої знаходить опосередковане відображення в будові ДГН (рис. 1), є суттєві зміни в структурі споживачів електричної енергії, які спостерігаються за останні роки. Згідно з енергетичною статистикою в Україні в 2016 р. пропорція обсягів споживання електричної енергії "побутовими споживачами"/"непобутовими споживачами" (промисловість, транспорт, будівництво, сільське господарство і т.п.) склала 1:2,2, тобто третина усієї (31,2 %) виробленої в Україні електроенергії витрачається у побуті. В абсолютних числах побутові споживачі спожили у 2016 році 36,5 ГВт-год, непобутові – 80,4 ГВт-год [3]. При цьому у 2016 р. вперше було відмічено, що частка споживання електричної енергії населенням у загальному електроенергобалансі країни переважила частку споживання електроенергії промисловим сектором. Тобто масові побутові користувачі перетворюються в один із головних факторів формування добового графіка навантажень і багато у чому визначають глибину і тривалість нічного провалу та локальних піків споживання у добовому та тижневому циклах навантаження ОЕС України.

Ці обставини означають, що пріоритети пошуку методів і технічних засобів компенсації нерівномірності ДГН ОЕС України слід шукати серед кінцевих користувачів – малопотужних (із середньою квартирною установчою потужністю до 11 кВт), але численних (16,528 млн точок первинного обліку у 2016 р.). Гіпотетична потенційна потужність кінцевих споживачів України оцінюється величиною до $16,528 \cdot 10^6 \times 11 \text{ кВт} \approx 182 \text{ ГВт}$. Ця величина перевищує як встановлену потужність енергоблоків України (52 ГВт, у 3,5 разу), так і фактичну потужність реального навантаження ОЕС України. Наприклад, у зимовий день 21.12. 2016 р. при середньодобовій температурі зовнішнього середовища $-5,4^\circ\text{C}$ потужність реального навантаження ОЕС України дорівнювала 24,35 ГВт, тобто у 7,5 разу була меншою, ніж гіпотетична потужність кінцевих побутових споживачів України.

«Прихована» енергія нічного провалу ОЕС залишається єдиним вільним і вже на сьогодні доступним мережним ресурсом енергетики України. Його потужність оцінюється величиною від 2 і до 5...7 ГВт. Для порівняння потужність задіяних у виробництві електричної енергії 21.12.2016 р. всіх українських ТЕЦ складала 2,32 ГВт, а сумарна потужність ГЕС+ГАЕС – 1,99 ГВт.

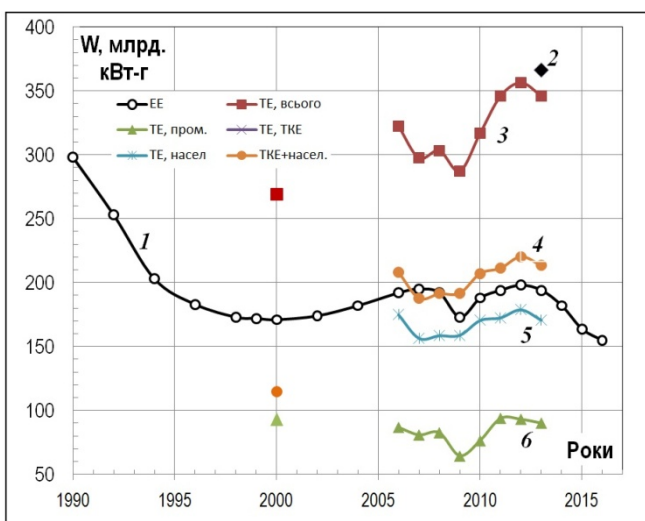


Рис. 2

На рис. 2 зображено криві динаміки виробництва і споживання енергії в Україні. Крива 1 відображає виробництво електричної енергії (ЕЕ) за період 1990-2016 рр., криві 2-6 – споживання теплової енергії (ТЕ) за період 2000, 2006-2013 рр. за групами споживачів. Точка 2 відповідає загальному обсягу виробленої теплової енергії в Україні у 2013 р. (366 млрд. кВт год); крива 3 – загальному споживанню ТЕ; 4 – сумарному споживанню ТЕ населенням та комунальним сектором; 5 – споживанню ТЕ населенням; 6 – споживанню ТЕ іншими споживачами. При побудові графіків 2-6 використовувались дані М.М.

Кулика, В.Д. Білодіда, Держстатслужби України. Якщо зіставити обсяги виробництва теплової і електричної енергії (рис. 2), можна помітити, що на одиницю електричної енергії припадає дві одиниці виробництва теплової енергії. При цьому найбільшою статтею витрат енергії вважаються побутові потреби. Серед них домінують витрати на опалення будинків. Для попередніх розрахунків цією статтею можна й обмежитися, а витрати, наприклад, на гаряче водопостачання (ГВП), приготування їжі врахувати коефіцієнтом запасу 1,15-1,3. Розповсюдженою практикою є обмежене використання електричної енергії з метою допоміжного обігрівання приміщень за час відключеного централізованого теплопостачання (ЦТС). Енергоефективні технології електротеплоакумуляційного опалення, які використовують резерв нічного провалу ДГН, вже два десятки років знаходяться в розробці та впровадженні.

У табл. 2 наведено відомості щодо споживання теплової енергії в Україні, які одержані В.Д. Білодідом та іншими розробниками, шляхом розрахунків та оцінок статистичних даних щодо використання енергії, витрат палива, закупленого населенням, використання інших джерел для генерування теплоти, які публікуються у виданнях Держстату. Представлена динаміка енергоспоживання України та структура груп споживачів теплової енергії (ЕЕ – електроенергія; ТЕ – теплоенергія; ТКЕ – теплокомуненерго або комунальний сектор). У чисельнику – абсолютні величини, у знаменнику – відносні частки у річному енергобалансі споживання теплової енергії (за даними Держстату). На рис. 2 наведено узагальнені дані енергоспоживання на опалення та інші цілі. З аналізу даних рис. 2, табл. 2 випливає, що у балансі споживання теплової енергії категорії споживачів теплової енергії розташовуються у такому порядку (за убаванням): населення → промисловість → житлово-комунальне господарство (ЖКГ). На частку інших секторів (транспорт, сільське господарство і т.п.) у балансі споживання теплової енергії залишається 8,5...12 %. Отже, основним споживачем теплової енергії в Україні є населення. Його частка впродовж восьми років з 2006 по 2013 рр. складала від 49,3 до 55,3 % річного балансу споживаної теплової енергії. На той же час частка промисловості коливалася від 22,4 до 27,2 % й поступалася витратам населення. При цьому на відміну від промисловості ця енергія витрачалася цілком на потреби життєзабезпечення і не брала участі у створенні доданої вартості. Підприємства теплокомуненерго споживали 10,3...12,3 %, інші галузі (транспорт, будівництво і т.п.) – 5,8...12,3 %.

Таблиця 2

Споживач	Од.вим.	2000 ¹	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ЕЕ, всього	млрд.кВт·год	171	192	195	192	173	188	194	198	194	182	164	155
ТЕ ² , всього	млрд.кВт·год	226	322	297	303	287	317	346	356	346			
ТЕ, ТКЕ+ населення	млрд.кВт·год	115	208	188	191	192	207	211	220	213			
	%	43,7	64,6	63,2	63,1	66,8	65,4	61,1	61,8	61,6			
ТЕ, населення ³	млрд.кВт·год		175	157	159	159	171	173	179	171			
	%		54,3	52,6	52,3	55,3	53,8	49,9	50,2	49,3			
ТЕ, промисловість ⁴	млрд.кВт·год	92	87	81	83	64	76	94	93	90			
	%	35,4	26,9	27,2	27,2	22,4	24,1	27,1	26,2	26,1			
ТЕ, ТКЕ	млрд.кВт·год		33	31	33	33	37	39	41	43			
	%		10,3	10,6	10,8	11,5	11,6	11,2	11,6	12,3			
ТЕ, інші	млрд.кВт·год	55	27	29	29	31	33	41	43	43			
	%	20,9	8,5	9,6	9,7	10,8	10,5	11,8	12,0	12,3			

Примітки: Дані про споживання теплової енергії у 2000 р.¹ та у 2005–2013 рр.,² з урахуванням виробленої теплоти на основі купленого населенням палива (природний газ, вугілля, дрова, електроенергія, джерела відновлюваної енергії тощо);³ з урахуванням виробленої теплоти з використанням електроенергії.

З точки зору енергоефективності теплозабезпечення, БПБ є більш кращим архітектурно-інженерним і технічним рішенням, ніж малоповерхові будівлі (МПБ). Так, нормативні максимальні питомі тепловитрати на опалення у БПБ у 1,5 до 2-х разів нижчі, ніж у МПБ. Більша частина населення України мешкає у містах, тобто проживає у БПБ, які опалюються ЦТС. Типологія ЦТС складається найменше з чотирьох типів систем: автономного, помірно-децентралізованого, децентралізованого і централізованого теплопостачання. У свою чергу

типологія БПБ складна і потребує окремого дослідження, зокрема, з точки зору встановлених і перспективних систем опалення. Тому при розробці гібридних СЕП+СТП у масштабі економіки країни велика увага має бути надана масовим кінцевим споживачам енергії рівня окремих квартир в БПБ.

Відоме визначення поняття "активний споживач", яке наведено С.П. Денисюком і Т.М. Базюком у Віснику Вінницького політехнічного інституту, 2014, № 3. Його можна адаптувати по відношенню до кінцевого активного споживача на рівні квартири таким чином². Квартирний активний споживач (КАС) – це споживач систем електро- і теплопостачання, поведінка якого, по-перше, залежить від поточного і прогнозного стану двох ринків енергії – теплової і електричної, по-друге, впливає на них через систематичні дії і реакції, які націлені на багатокритеріальну оптимізацію витрат, у тому числі за рахунок стабілізації ДГН, збільшення власного та колективного прибутку. Крім регулювання з метою стабілізації ДГН змінним навантаженням СЕП_{кв} і СТП_{кв}, ще одним стимулом до розвитку КАС та формування мікромереж є можливість пристосування до миттєвих цін на ринку енергії. Критичним фактором перетворення звичайного споживача на активного є явні прибутки, що впливають з такого перетворення.

Множини квартир, розташованих у секції, на поверсі, стояку, під'їзді, будинку, групі будинків, кварталу, мікрорайону, району, місті, можуть утворювати локальні, районні, регіональні СЕП й СТП відповідної таксономії. Наприклад, сукупність квартир БПБ є об'єктом регулювання на рівні індивідуального теплового пункту (ІТП) БПБ. Кожна i -та квартира багатоповерхового будинку із загальною кількістю $n_{кв}$ квартир характеризується своєю специфічною конфігурацією систем електро- (СЕП) і теплопостачання (СТП) з конкретним добовим, тижневим і сезонним профілями їх навантаження. Іншими словами, згадані СЕП ^{i} _{кв} і СТП ^{i} _{кв} ($i \in [1, n_{кв}]$) належать до систем нижчого (елементарного) рівня. У цілому квартира є найменшою обліково неподільною (елементарною) частинкою енергетичних (електричної і теплової) мереж.

Точка приєднання квартири є першою межею балансової належності енергоспоживаючих установок, розташованих у квартирі, а власник квартири є абонентом тієї чи іншої енергетичної (теплової й електричної) мережі. Традиційно СЕП_{кв} і СТП_{кв} керуються в ручному режимі. Лише в нових будинках можуть бути реалізовані частково автоматизовані та навіть повністю автоматичні режими енергоспоживання. Частина споживачів СЕП_{кв} вже зараз користується перевагами багатозонних тарифів, а частка споживачів СТП_{кв} за певних умов у змозі самостійно визначитися з видом теплової генерації. Тобто мешканці цих об'єктів відповідають ряду вимог активних споживачів.

Споживання енергії, яке відбувається в СЕП ^{i} _{кв} і СТП ^{i} _{кв}, має як індивідуальний характер, так і багато загальних рис поведінки.

Як зазначалося, багато питань пов'язано з типологією БПБ і особливостями їх приєднання до мереж СЕП і СТП. Наприклад, найбільш придатною на сьогоднішній день гібридною системою теплопостачання є бівалентна система на базі ЦТС (як основного джерела теплоти, яке забезпечує технічно обумовлену мінімальну температуру для даного класу приміщень) і електротеплоакумуляційне опалення (як доводчик до заданої, наприклад, комфортної у такому приміщенні) температури. Накопичення теплоти може відбуватися в огорожувальних конструкціях, акумуляторах теплової енергії. Останні можуть мати квартирну, прибудинкову або районну потужність і розташування.

Висновок. При реалізації в Україні інтелектуальних енергетичних мереж на базі концепції *Smart Grid* роль квартирних активних споживачів (КАС) БПБ не обмежується лише простим інтегруванням засобів розосереджених генерації та акумуляції енергії в електричні мережі. Завдяки існуванню енергоефективних технологій опалення і гарячого водопостачання (зокрема, електротеплоакумуляційних), КАС БПБ одержують мультиагентні властивості й

² В англійській літературі широко використовується термін «prosumer» – лексема, яка складається з двох основ: «producer» – виробник та «consumer» – споживач.

спроможні активно впливати на попит енергії. Потенціал КАС ПБП достатній, щоб формувати попит на електричну енергію і таким чином здійснити стабілізацію ОЕС України з одночасним досягненням економічної та енергетичної ефективності, а також комфортності теплостачання.

1. Графік виробництва/споживання електроенергії в ОЕС України за 21 грудня 2016 року. <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/Pages/ua/DetailsNew.aspx?nID=3417&urlNews=/pages/ua/ipsoperation.aspx>
2. Денисюк С.П. Формування технологічного базису модернізації розподільних електричних мереж на основі концепції SmartGrid // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2012. – № 1. – С. 90–97.
3. Звіт про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2016 році http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Materialy_zasidan/2017/berezen/30.03.2017/p25_30-03-2017.pdf
4. Интеллектуальные электроэнергетические системы: элементы и режимы / Под общ. ред. А.В. Кириленко. – К.: ІЕД НАН України, 2014. – 409 с.
5. Интеллектуальні електричні мережі: елементи та режими / За заг. ред. О.В. Кириленка. – К.: ІЕД НАН України, 2016. – 400 с.
6. Кириленко О. В., Денисюк С. П., Танкевич С. Є., Базюк Т. М. Інформаційне та нормативне забезпечення організації мультиагентного керування електроенергетичної системи із активним споживачем // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2016. – № 1. – С. 29–34.
7. Кириленко О.В., Якименко Ю.І., Жуйков В.Я., Денисюк С.П. Перетворювачі параметрів електроенергії в Smart системах енергетики // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України (Мат. І Міжнар. наук.-техн. конф. «Інтеллектуальні енергетичні системи – ІЕС'10»): Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАНУ, 2010. – С. 17–23.
8. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Баталов А.Г., Денисюк С.П. Технологічний базис інтелектуальної об'єднаної енергетичної системи України // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. (Спец. вип.) Ч. 1 – К.: ІЕД НАНУ, 2011. – С. 20–31.
9. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення // Техн. електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 44–50.
10. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В., Денисюк С.П. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні // Техн. електродинаміка. – 2012. – № 5. – С. 52–67.

УДК 621.311:681.5+536.24

М.П. Тимченко, Н.М. Фіалко, чл.-корр. НАН України

Институт технической теплофизики НАН Украины,

ул. Желябова, 2а, Киев-57, 03057, Украина

e-mail: tnp_books@ukr.net

Многоэтажные здания как активные потребители интеллектуальных электрических сетей

Показана целесообразность использования взаимосвязанных при помощи «интеллектуальных электрических сетей» (ИЭС) квартирных систем электроснабжения (СЭС) и теплоснабжения (СТС) в многоэтажных домах как конечных активных потребителей ИЭС. Проанализирован суточный график нагрузки (СГН) в зимний день 12.21.2016 и основные факторы его неравномерности. Получены показатели, сопоставимые с данными 21.12.2005 г. Предложены средства компенсации неравномерности СГН при помощи трансформации традиционных потребителей-регуляторов в виде многоэтажных домов (МЭД) в активных потребителей на основе Smart Grid концепции. Параллельно функционирующие и взаимодействующие СЭС МЭД и СТС МЭД интерпретированы как составляющие мультиагентной системы управления большими сетевыми ресурсами. Библиограф. 10, рис. 2, табл. 2.

Ключевые слова: Smart Grid, суточный график нагрузки, активный потребитель, теплоснабжение.

M.P. Tymchenko, N.M. Fialko

Institute of Engineering Thermophysics, NAS of Ukraine,

Zhelyabov St., 2a, Kyiv-57, 03057, Ukraine

Multi-storey buildings as prosumers of intelligent electric grids

It is shown usefulness of using interlinked through “intelligent electric networks (IEN) of apartment power supply systems (PSS) and heat supply systems (HSS) in multi-storey buildings (MSB) as final active consumers of IEN. Daily load curve (DLC) in the winter day of 12.21.2016 and main factors of irregularities of DLC were analysed. The obtained results are compared with data of 12.21.2005. Means of compensation of DLC irregularities with help of transformation of traditional consumers-regulators (as MSB) in active consumers (prosumers) on the base of Smart Grid conception were proposed. Simultaneously functioning and interacting PSS and HSS of MSB are interpreted as parts of multi-agent system of management of large network resources. References 10, figures 2, tables 2.

Key words: Smart Grid, daily load curve, prosumer, heat supply.

Надійшла 11.09.2017

Received 11.09.2017