

ЩОДО ПРИНЦИПІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ

Цілеспрямовані атаки російським агресором об'єднаної енергетичної системи України призвели до її суттєвих руйнувань. Наразі вже близько 50% енергетичної інфраструктури країни зруйновано. Незважаючи на це, система, завдяки професійним, героїчним, відчайдушним зусиллям фахівців галузі продовжує працювати та жити кінцевих споживачів. Також, не можна не враховувати закладений при побудові високий рівень надійності системи, що проявляється в значній кількості джерел генерації, розосереджених за територією України, та високому рівні резервування зв'язків між елементами системи. Попри це, воєнні дії показали слабкі («вузькі») місця об'єднаної енергетичної системи України, у тому числі високий рівень залежності послуг теплопостачання від наявності електричної енергії. Таким чином, необхідна концепція нової, «переможної» енергетичної системи України, у складі і формі якої, будуть враховані усі переваги та недоліки існуючої системи, передовий досвід фахівців галузі, надсучасні технології. Дана стаття присвячена окремим питанням відновлення енергетики України на принципах резервування та керованості. У статті запропонована система керування електричними приладами кінцевого споживача.

Ключові слова: енергетична система, система електропостачання, керування електричним навантаженням, надійність, газовий генератор, розосереджена генерація, когенерація.

Вступ. Історично, енергетична система України будувалась за принципами об'єднаної енергосистеми Радянського Союзу, в першу чергу, для потреб забезпечення енергією промислових виробництв-гігантів. Не мало значення по відношенню до кінцевого споживача, де будуть знаходитись генеруючі джерела електричної енергії, за винятком теплоелектроцентралей (ТЕЦ), які забезпечували споживачів електричною і тепловою енергією і мали найвищий ККД використання енергоресурсів. Необжиті землі, віддалені від великих міст, непридатні для землеробства, у безпосередній близькості до води були ідеальним місцем для побудови потужних електричних атомних чи теплових станцій. Побудовані колами високовольтні магістральні та розподільні мережі забезпечили передавання енергії за місцем споживання з відносно невеликими втратами та високим рівнем резервування елементів системи на випадок аварійних або планових відключень, що унеможливило втрату живлення важливих об'єктів 1 та 2 груп. Споживачі електричної енергії на власному досвіді переконались в високій надійності та стійкості системи за різних умов її експлуатації. Не дивлячись на це, воєнні дії в країні, нажал, відкрили низку питань до компоновки, зв'язків, розташування енергетичних об'єктів, а саме:

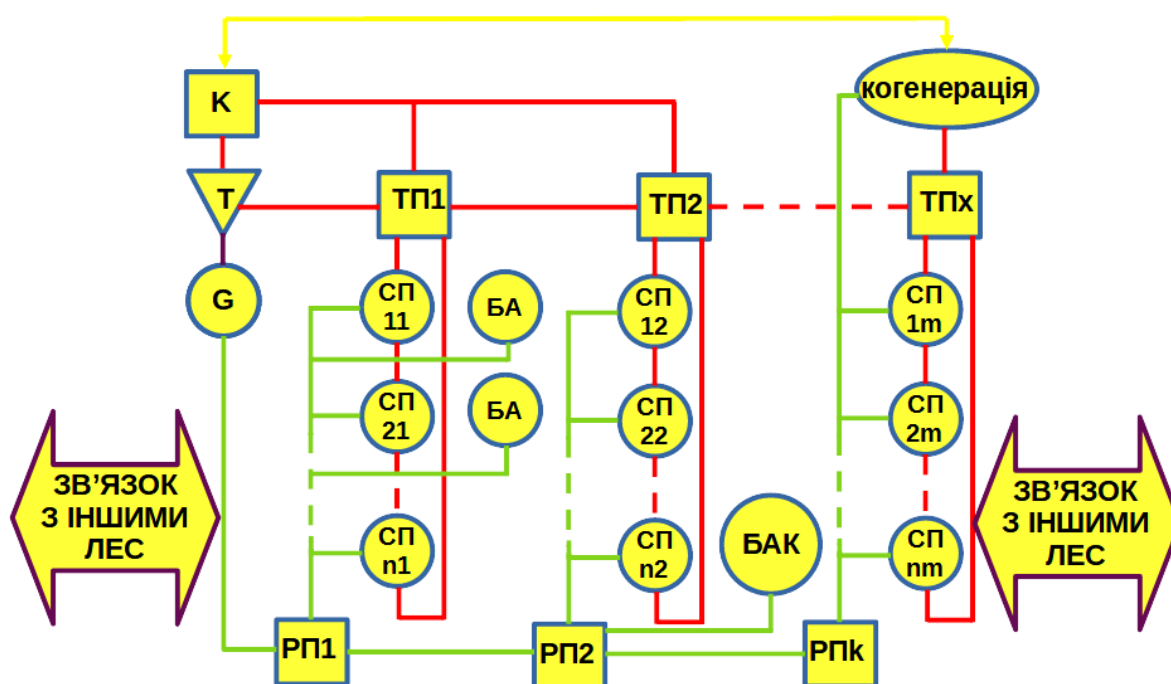
1) руйнування ліній зв'язку електропередавання призвело до значного дефіциту електричної енергії в окремих частинах енергосистеми, де відсутні або мають невелику потужність електричні станції, зокрема, Північного, частини Східного та Південного територіальних управлінь обслуговування мережі [1];

2) значні перерви в електропостачанні викликали потенційну загрозу для систем автономного теплопостачання окремих будинків, здебільшого новобудов, в яких за проектами улаштовані автономні та індивідуальні газові котельні. Вся автоматика, системи циркуляції теплоносія, а відповідно і загалом котельні працюють виключно з наявністю електроживлення.

3) Обмежені комутаційні можливості схем електропостачання на рівні окремих електроприймачів, неможливість обмеження певного рівня потужності на електричних вводах окремих споживачів у відповідні періоди доби призвели до повного блек ауту на рівні районів, мікрорайонів, включно з автономними котельними, побутовими електричними плитами і системами опалення, обладнанням для мобільного зв'язку та надання Інтернет-послуг, іншими електроприймачами, які відносяться до критичної інфраструктури забезпечення життєдіяльності.

Мета статті – розробка підходів та окремих технічних рішень щодо відновлення енергетики України з огляду на виявлені проблеми та недоліки.

Принципи відбудови енергосистеми. Напрямки розвитку енергосистеми, перспективні та базові джерела генерації – предмет дискусії на протязі тривалого часу. Згідно Енергетичної стратегії України на період до 2035 року вже чітко спостерігається тенденція до поступової відмови від теплової генерації, підтримка атомної та відновлювальної енергетики, лібералізація та демонополізація відносин на енергетичному ринку, підвищення енергоефективності та надійності системи. Відбудова енергосистеми повинна відбуватись із застосуванням системного підходу[2]. Україна – країна багатогранна за культурою, національностями, відповідно, за особливостями влаштування життя, способом та структурою виробництва, принципами забудови, співвідношенням сільської та міської місцевості та інше. Таке розшарування безперечно відбивається на характері енерговикористання, а отже структура енергосистеми за територіями не може бути однаковою. Концепція побудови енергетики на базі окремих Microgrid вже давно зайняла своє місце та показала свою ефективність на Європейському просторі та активно обговорюється українською науковою спільнотою[3, 4, 5]. Окремі Microgrid будуть відображати особливості, потреби та можливості як з точки зору генерації енергії так і споживання. Головними перевагами локальних (регіональних) енергосистем і комплексів є резервування джерел генерації та керованість енергетичними процесами виробництва і споживання, починаючи з найнижчих рівнів. Загальний вигляд такої системи наведено на рис.1.



К – котел; Т – турбіна; G – генератор; ТП – тепловий пункт; СП – кінцевий споживач енергії; БА – батареї акумуляторів; РП – електричний розподільна підстанція;

Рисунок 1 – Локальна енергосистема (ЛЕС)

В рамках Microgrid наявні вертикальні та горизонтальні лінії зв'язку, що забезпечує резервування енергозабезпечення кінцевого споживача. Активно використовуються можливості щодо акумулювання теплової та електричної енергії. Зникає необхідність передавання енергії на великі відстані, а отже реалізується можливість максимального використання наявних, у тому числі низькопотенційних джерел енергії та технічного енергопотенціалу території, де улаштовується Microgrid. Власні потреби теплових електроцентралей (ТЕЦ) можуть також бути заживленими від місцевих джерел енергії, приймати участь в регулюванні режимів роботи системи [6]. Збільшується актуальність використання споживачів-просюмерів, здійснення керування режимів роботи локальної мережі за рахунок використання ресурсу кінцевого активного споживача.

На вищих рівнях енергосистеми такі локальні об'єднання зв'язуються між собою за перетоками електричної енергії - здійснюється наступний етап резервування. На вищому рівні здійснюється підключення потужних теплових та атомних електричних станцій (ТЕС, АЕС), які забезпечують базове електроспоживання. Регулювання балансу електричної потужності на вищому рівні, традиційно, виконують гідравлічні та гідроакumuлюючі електричні станції (ГЕС, ГАЕС). Загальний вигляд енергосистеми на базі Microgrid наведено на рис. 2.

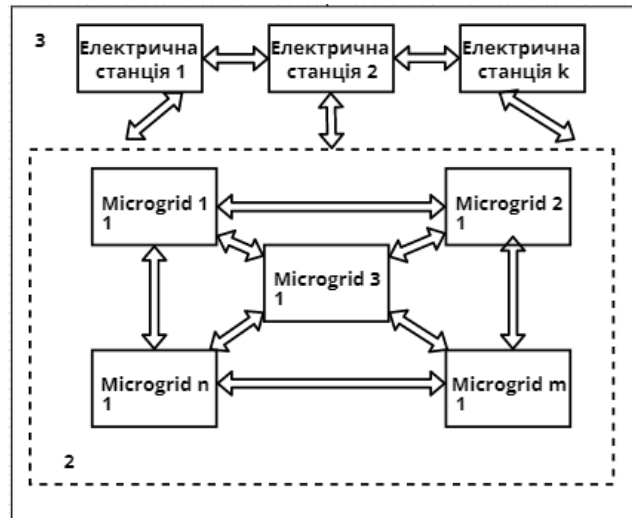


Рисунок 2 – Рівні об'єднаної енергосистеми

Побудована таким чином система є більш надійною:

- кожна локальна енергосистема оснащена джерелами генерації, частина з яких працює на місцевих джерелах енергії, установками та системами акумуляції, таким чином, втрата зв'язку з іншою частиною енергосистеми може призвести до зменшення кількості енергії у Microgrid, але не до повного Блек ауту;
- резервування енергозабезпечення кожного кінцевого споживача, а також наявність акумуляції унеможливує втрату живлення елементів критичної інфраструктури, що безпосередньо знаходяться на території споживача – автоматика дахових котелень, інтернет, зв'язок та інше;
- електричні зв'язки між Microgrid – додаткове джерело живлення;
- збільшення варіацій оптимізації роботи енергосистеми на кожному з рівнів;
- зменшення кроку регулювання балансу електричної потужності (велика кількість джерел малої потужності).

Принципи побудови систем електропостачання кінцевих споживачів

Самодостатність окремих локальних енергосистем визначається, у тому числі, технічною можливістю здійснення балансування режимів в них за активною потужністю, що лежить в основі надійності та сталості їх функціонування. Регулювання режимів може бути реалізоване за рахунок керування електричним навантаженням кінцевих споживачів, тобто їх комутації за визначеним алгоритмом. Отже, при формуванні принципів побудови систем електропостачання кінцевих споживачів даний аспект (технічна можливість комутації окремих споживачів-регуляторів) має бути врахований та запланований.

Крім того, відсутність технічної можливості коректної комутації та керованості побутового електроспоживання призвела до повного блек ауту цього сектору в окремих регіонах України. Дана проблема також виявила необхідність удосконалення побудови систем електропостачання, особливо в умовах використання потужних електроприймачів – електричні водяні нагрівачі, електричні конвектори, кондиціонери, тощо, які суттєво впливають на графіки електричного навантаження окремих джерел живлення та об'єднаної енергетичної системи в цілому. Такі електричні приймачі, як правило, призначені для частих комутацій, більш того, прямо або опосередковано мають здатність накопичувати енергію. Отже, є надійним ресурсом щодо регулювання режимів систем електропостачання, в яких вони працюють, а також є суттєвим ресурсом щодо відключення у періоди суттєвої недостатності електричної потужності в системі задля її балансування. Реалізація такого регулювання можлива при підключенні потужних електроприймачів до окремого вводу. Загальний вигляд системи електропостачання з такою технічною можливістю наведена на рис. 3. На рис. 3 знижувальний трансформатор 1, ввідно-розподільчі установки n будинків (1, 2... n), в якому некеровані споживачі електричної енергії підключені до фазних дротів А, В, С, а керовані споживачі-регулятори - до дроту У, датчики струму 7 з передавальними пристроями 8, що посилають сигнал на прийомопередавальний пристрій 4 мікроконтролера 3, вимикачі 5 з приводами, що підключають кероване навантаження до фаз лінії 0,4 кВ з приймальними пристроями 6, датчики струму 2, встановлені на шинах 0,4 кВ трансформатора і подають сигнал на аналогові входи мікроконтролера 3. Перемикання окремого проводу У з однієї фази на іншу здійснюється на трансформаторній підстанції за вбудованими або вимущеними алгоритмами.

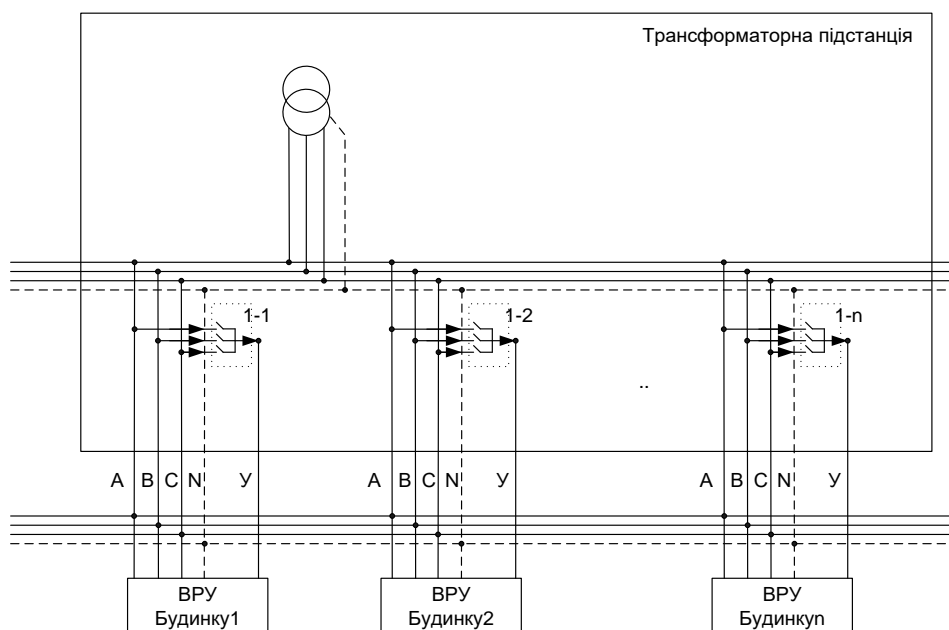


Рисунок 3 - Система електропостачання з можливістю керування окремими електроприймачами [7]

Такий спосіб електропостачання споживачів дозволить значно підвищити можливості керування електричним навантаженням, лишити в роботі мінімальний склад електроприймачів задля покриття необхідних, базових потреб населення: зв'язок, інтернет, освітлення, автоматика автономних газових котелень, тощо.

Внутрішньобудинкова схема реалізації керування електричним навантаженням, на прикладі електричних водяних нагрівачів, наведена на рис. 4

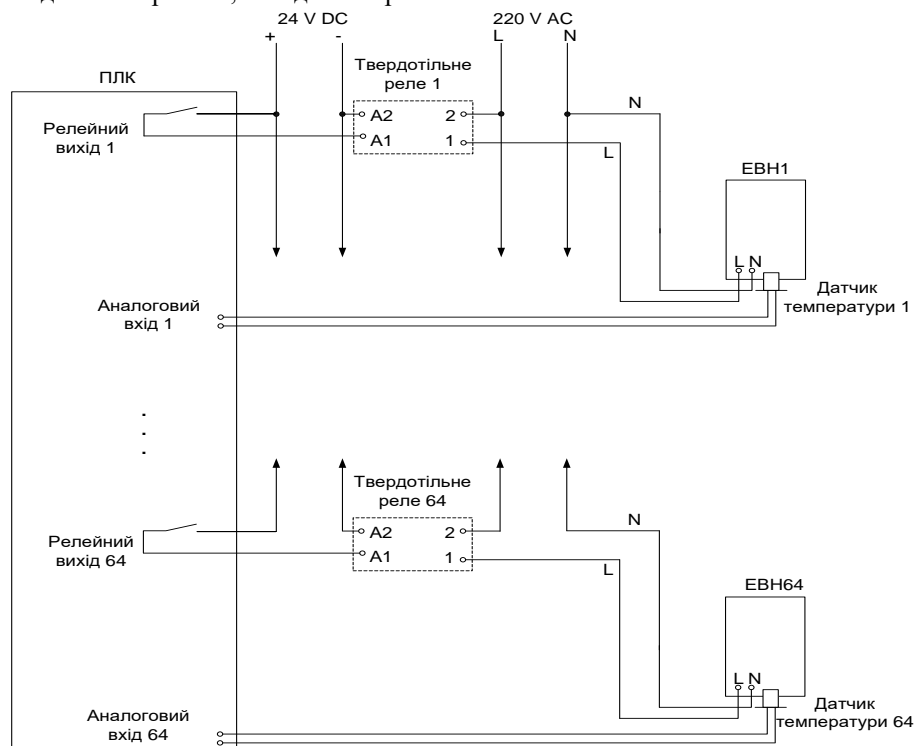


Рисунок 4 – Внутрішньобудинкова схема електропостачання керованого навантаження

Схема побудована на базі програмованого логічного контролера, який є управляючим органом, та твердотільних реле, які виконують функції комутації.

Висновки Наведені у статті принципи та технічні рішення щодо відновлення об'єднаної енергетичної системи України відкривають можливості якісного її оновлення, приведення у відповідність складу системи до потреб, характеру, можливостей кінцевих споживачів, наявного енергопотенціалу

території, підвищення ефективності, надійності та сталості її функціонування, здійснення коректного керування та комутацій в системі.

Список використаної літератури

1. https://ua.energy/pro_kompaniyu.
2. Денисюк С.П. Енергетичний перехід – вимоги до якісних змін у розвитку енергетики // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2019. – № 1. – С. 7–28.
3. <https://www.se.com/ua/uk/work/solutions/microgrids>.
4. Попов В. А. Алгоритм многокритериального управления режимами работы микросетей / В. А. Попов, Е. С. Ярмолюк, П. А. Замковой // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 2. – Р. 61 – 68.
5. Денисюк С.П., Дерев'янюк Д.Г., Горенко Д.С. Особливості оцінювання режимів функціонування локальних систем з джерелами розосередженої генерації та накопичувачами // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2020. – № 1. – С. 7–20.
6. Vanin V., Lasurenko O., Kruhol M. Assessment of Group Regulation Feasibility in Thermal Power Plant Auxiliaries Capacity Control // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2020. - 6(8 (108)), 45-63.
7. Черкашина Г.І. Спосіб електропостачання побутових споживачів / Лазуренко О.П., Черкашина Г.І. // Патент України на корисну модель UA №108869, 10.08.2016, бюл №15.

O. Lazurenko¹, Ph. D, Prof. ORCID 0000-0002-4409-629X

L. Lysenko¹, Ph. D, Assoc. Prof. ORCID 0000-0002-1566-493X

H. Cherkashyna², Ph. D, Assoc. Prof. ORCID 0000-0003-1229-9604

D. Shokarov¹, Ph. D, Assoc. Prof. ORCID 0000-0001-7038-3172

¹National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

²National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ON THE PRINCIPLES OF RESTORATION OF THE UKRAINIAN ELECTRIC POWER SYSTEM

Targeted attacks on the unified energy system of Ukraine have led to its significant destruction. Currently, about 50% of the country's energy infrastructure has been destroyed. Despite this, the system, thanks to the professional, heroic, desperate efforts of industry specialists, continues to work and feed end consumers. Also, one cannot but take into account the high level of reliability of the system, which is manifested in a significant number of generation sources dispersed throughout the territory of Ukraine and a high level of redundancy of connections between the system elements. Nevertheless, the military actions have shown the weaknesses ("bottlenecks") of the united energy system of Ukraine, including the high level of dependence of heat supply services on the availability of electricity. Thus, the concept of a new, "victorious" energy system of Ukraine is needed, in the composition and form of which all the advantages and disadvantages of the existing system, best practices of industry experts, and state-of-the-art technologies will be taken into account. This article is devoted to some issues of restoring the energy sector of Ukraine on the principles of redundancy and controllability. The article proposes a control system for end-user electrical appliances.

Keywords: energy system, power supply system, electric load management, reliability, gas generator, distributed generation, cogeneration.

References

1. https://ua.energy/pro_kompaniyu.
2. Denysiuk S.P. Energy transition - requirements for qualitative changes in energy development // Energy: Economics, Technology, Ecology. - 2019. - No. 1. - P. 7-28.
3. <https://www.se.com/ua/uk/work/solutions/microgrids>.
4. Popov V. A. Algorithm of multi-criteria control of microgrid operation modes / V. A. Popov, E. S. Yarmolyuk, P. A. Zamkovoï // East-European Journal of Advanced Technology. - 2014. - № 2. - P. 61 - 68.
5. Denysiuk S.P., Derevianko D.H., Gorenko D.S. Features of assessing the modes of functioning of local systems with sources of distributed generation and storage devices // Energy: Economics, Technology, Ecology. - 2020. - No. 1. - P. 7-20.
6. Vanin V., Lasurenko O., Kruhol M. Assessment of Group Regulation Feasibility in Thermal Power Plant Auxiliaries Capacity Control // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2020. - 6(8 (108)), 45-63.
7. Cherkashyna H.I. Method of power supply to household consumers / Lazurenko O.P., Cherkashyna H.I. // Patent of Ukraine for utility model UA №108869, 10.08.2016, bulletin №15.

Надійшла 12.11.2022

Received 12.11.2022