

УДК 621.3:620.96

**КОМБІНОВАНА СИСТЕМА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ  
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА АЛЬТЕРНАТИВНИХ  
ДЖЕРЕЛ І АКУМУЛЯТОРІВ ЕНЕРГІЇ**

*Є.О. Антипов, асистент*

*e-mail: nni.elektrik@gmail.com*

*Розглядається можливість створення енергозберігаючих систем енергопостачання споживачів з використанням сонячної енергії та акумуляторів енергії. Обґрунтована необхідність використання акумулятора теплоти, що працює на фазових перетвореннях теплоакumuлюючого матеріалу, в складі таких систем.*

***Ключові слова: комбінована система, акумулятор енергії, поновлювані джерела енергії, енергопостачання.***

В останнє десятиліття приділяється значна увага розробці та створенню „гібридних” (комбінованих) систем для енергопостачання споживачів, відзначається активізація роботи в галузі створення і впровадження різноманітних акумулюючих установок до їх складу. Схемні рішення, конфігурація і призначення таких систем надзвичайно різноманітні. Вони екологічно кращі порівняно з традиційними системами, бо забезпечують певну економію енерговитрат на реалізацію робочих процесів. Актуальність і перспективність цих систем безсумнівна, адже їхнє впровадження дозволить вирішити проблему покриття піків графіка електричного навантаження в енергосистемах, оптимізувати режими роботи ліній електропередач і поліпшити екологічну обстановку в районах спорудження енергооб’єктів.

Однак, створення комбінованих систем енергозабезпечення споживачів з використанням традиційних та/або поновлюваних джерел енергії вимагає включення до їх складу систем акумулювання або резервного енергоживлення, що обумовлено певними особливостями використання енергії поновлюваних джерел. Основними з них є: нерівномірний географічний розподіл та

стохастичних характер її надходження, мала питома концентрація енергетичних ресурсів та висока вартість енергогенеруючого устаткування джерел поновлюваної енергетики [1-3].

Зазначене обумовлює необхідність використання кількох різнорідних джерел та акумуляторів енергії в складі однієї системи, які здатні забезпечити накопичення надлишку генерованої системою енергії, з подальшим її використанням в інші періоди часу, для яких потреба в ній зростає. Наприклад, акумуляція надлишкової енергії Сонця, в період його найбільшої активності, та її споживання в нічні години доби. Інший варіант – можливість накопичення електричної енергії в нічний час, з послідувачим її використанням в денний період. При цьому, вартість такої енергії, при використанні багатотарифних лічильників електроенергії, значно знижується.

**Мета досліджень** – створення екологічно чистих, енергозберігаючих систем енергозабезпечення споживачів з використанням сонячної енергії та акумуляторів енергії різних типів.

**Матеріали та методика досліджень.** Загальновідомо, що в промислово розвинутих країнах обсяг споживання енергії в денний час, коли працює більшість підприємств і громадський транспорт, істотно перевищує рівень її споживання вночі. Ця відмінність помітна як відносно електроенергії, так і вуглеводневих енергоносіїв (особливо, природного і зрідженого нафтового газу). Саме тому, вже давно були створені автономні установки [4] та системи енергопостачання на основі як рідинних (не обов'язково водяних), так і теплоакумуляторів з твердим акумулюючим матеріалом [5], які оснащені (переважно, але не обов'язково електричними) нагрівачами.

Такі системи дозволяють запасати надлишкову енергію вночі, а витратити її в інший час, що особливо вигідно в країнах з розвинутою тепловою та/або атомною генерацією, в яких нічний тариф на електроенергію диференційований по годинах доби і, є значно нижчий за денний тариф [6].

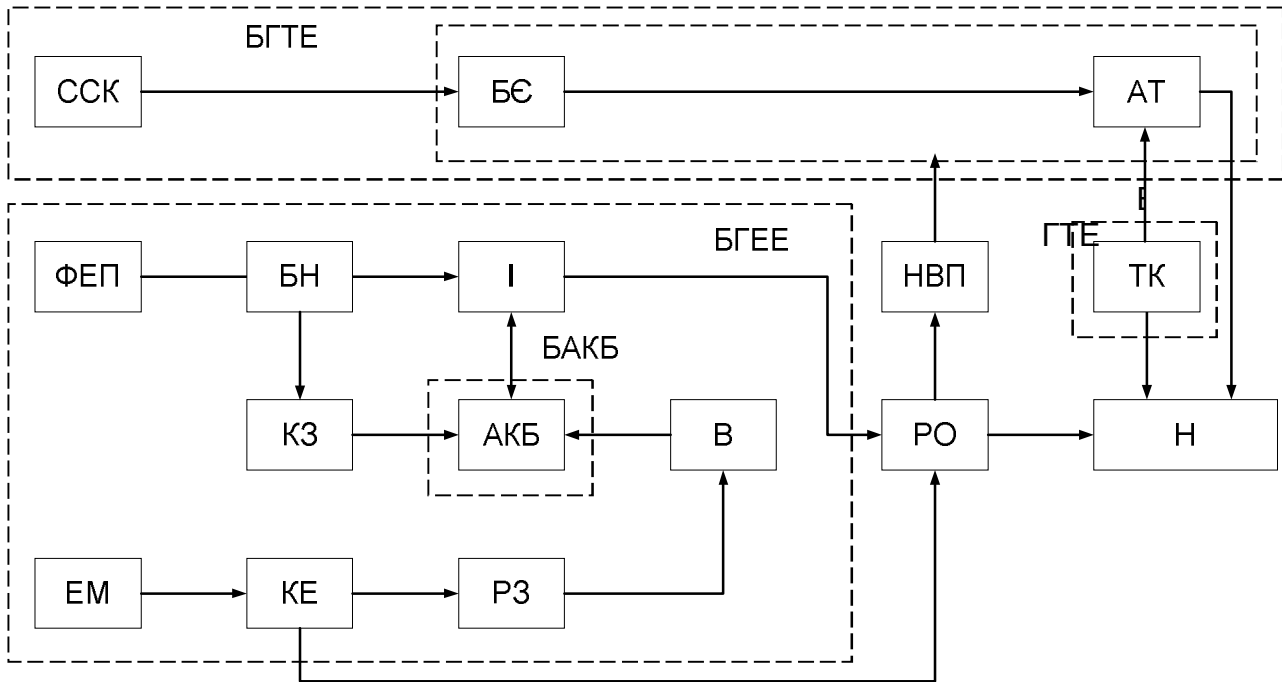
Іншим, можливим варіантом використання в якості енергогенеруючих систем, є установки на базі поновлюваних або альтернативних джерел енергії.

Але, на противагу енергетиці на традиційному паливі, потужність поновлювальних джерел, яку отримують з навколишнього середовища, нам не підконтрольна. Тому, виникає необхідність в акумуляції надлишків такої, доступної для перетворення, енергії поновлюваних джерел в накопичувачах енергії різних типів та конструкцій, з метою її подальшого використання. Завдяки застосуванню акумуляторів енергії забезпечується не лише стабільне і неперервне енергопостачання, а й зростає коефіцієнт використання поновлюваних джерел енергії завдяки накопиченню надлишкової і низькопотенціальної енергії, яка безпосередньо не може використовуватися споживачами. При цьому, не лише згладжуються коливання в енергомережі, а й з'являється можливість перетворювати один вид енергії в інший, залежно від потреб споживача.

**Результати досліджень.** Узагальнюючи результати ряду наукових розробок [7-9] і практичних експериментів як вітчизняних, так і закордонних дослідників, розроблена нова система комбінованого енергозабезпечення споживачів, яка базується на використанні енергії сонячного випромінювання та/або електричної мережі з можливістю накопичення її надлишку в акумуляторах електричної та теплової енергії. Така система призначена для покриття електричного та теплового навантаження споживача з підвищенням економічної ефективності систем опалення та/або гарячого водопостачання за рахунок використання сонячної енергії та акумулятора теплоти.

На рисунку 1 представлена функціональна схема варіанта комбінованої сонячно-мережної системи з акумуляторами енергії. Як бачимо, система складається з трьох основних блоків: БГЕЕ – блок генерації електричної енергії, БАКБ – блок акумуляторних батарей та БГТЕ – блок генерації теплової енергії, до складу яких входять: фотоелектричні перетворювачі (ФЕП), які перетворюють сонячну енергію в електричну для покриття навантаження (Н), електрична мережа (ЕМ), підключення до якої відбувається в періоди, коли енергії генерованої ФЕП недостатньо для покриття Н, за умови повного розряду блоку акумуляторних батарей (АКБ). При підвищенні рівня сонячної

активності, для того щоб не відбувався перезаряд акумуляторів, у системі передбачені контролер заряду (КЗ) від фотоелектричних перетворювачів, та регулятор заряду (РЗ) від мережі. Вони призначені для забезпечення оптимального процесу заряду АКБ з метою збільшення терміну служби й підвищення ефективності їхньої роботи.



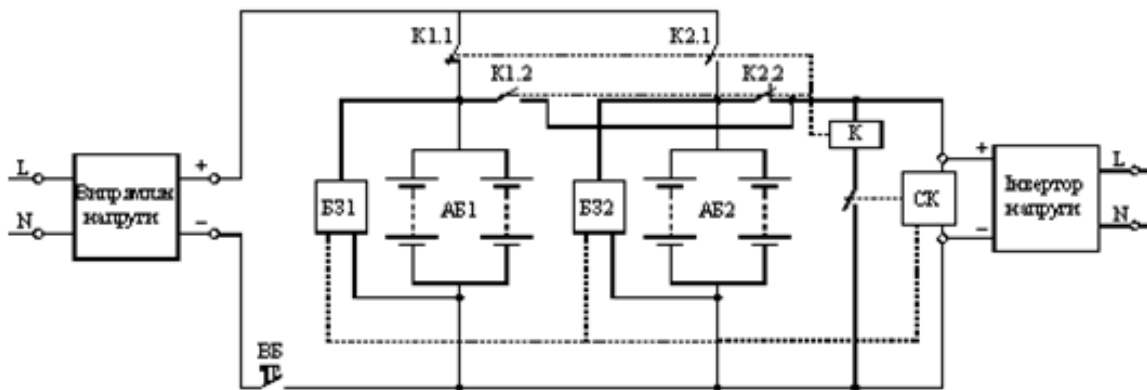
**Рис. 1. Блок-схема функціонування комбінованої системи енергозабезпечення з акумуляторами енергії:**

БГЕЕ – блок генерації електричної енергії; БАКБ – блок акумуляторних батарей; БГТЕ – блок генерації теплової енергії

Перетворення напруги ФЕП з постійної в змінну здійснюється за допомогою інвертора (І), зворотнє – випрямляча (В). Для відключення системи від електричної мережі, у періоди надлишкової інсоляції та повного заряду блоку АКБ, або її підключення – коли існує дефіцит потужності системи для покриття навантаження, в системі передбачений комутуючий елемент (КЕ). Передача енергії від генеруючих джерел до споживача здійснюється через розподільне обладнання (РО).

Розроблена комбінована система, як вже було зазначено, передбачає використання блоку акумуляторних батарей, принципова схема якого

представлена на рисунку 2. Як бачимо, сам блок складається з двох груп АКБ та оснащений системою керування (СК), яка здійснює контроль за комутацією відповідної групи акумуляторних батарей (АКБ1 або АКБ2). При цьому, кожна група АКБ, по сигналу датчика розряду групи АКБ (БЗ1 або БЗ2), по чергово під'єднується до випрямляча напруги електричної мережі або до фотоелектричного перетворювача для їх заряджання та до інвертора напруги – для живлення споживачів таким чином, щоб одна група блоку АКБ завжди мала максимальний ступінь заряду ( $\approx 100\%$ ) і була готовою для резервного живлення споживачів.



**Рис. 2. Принципова схема блоку акумуляторних батарей:**

АБ1, АБ2 – групи акумуляторних батарей; БЗ1, БЗ2 – блок захисту;

К – силовий контактор; СК – система керування

При такій схемі система завжди матиме принаймні одну повністю заряджену групу АКБ для живлення споживачів: у тому разі, коли ФЕП працює не на повну потужність (або перевищеному рівні її споживання), а в кращому випадку – ще й частково заряджену другу групу АКБ, яка залишиться підключеною через інвертор напруги до споживачів для їх живлення до моменту досягнення мінімально-допустимого ступеня розряду цієї групи АКБ.

В окремий блок, виділена група споживачів (циркуляційні насоси, джерела резервного підігріву проміжного теплоносія), які складають навантаження власних потреб (НВП) розробленої системи.

В складі даної системи також передбачено автоматично регульоване баластове навантаження (БН), яке призначене для утилізації можливої надлишкової потужності генерованої ФЕП. В якості БН виступають, окрім блоку АКБ, система додаткового багатоярусного підігріву теплообмінної поверхні акумулятора теплоти (АТ) нової конструкції. Підключення останньої дозволяє не лише інтенсифікувати процес акумуляції, а й здійснити накопичення надлишку генерованої електричної енергії в ньому, перетворивши її при цьому в теплову, з наступним використанням в період довготривалих перепадів у надходженні енергії від поновлювальних джерел. Але, за умови підвищеної хмарності або інтенсивного використання теплової енергії, виробленої системою сонячних колекторів (ССК), яка, через буферну ємність (БЄ), йде на потреби гарячого водопостачання (ГВП) споживача, а також в перехідний та опалювальний періоди, можлива відсутність надлишкової енергії, тоді робота системи переходить в режим її споживання, а не генерації. В цьому випадку, покриття дефіциту теплової енергії здійснюється за рахунок включення до складу такої системи твердопаливного котла (ТК), а електричної – з мережі.

Залежно від прийнятих умов експлуатації розробленої системи, остання може працювати в кількох основних режимах:

1. Надлишку як електричної, так і теплової енергії.
2. Профіциту електричної та дефіциту теплової енергії, і навпаки.
3. Дефіциту як електричної, так і теплової енергії.

Розглянемо роботу такої системи в більш важких умовах її експлуатації, коли блок акумуляторних батарей та акумулятор теплоти мають мінімальний початковий заряд. В такому випадку робота системи в перших двох режимах здійснюється наступним чином.

Нагрітий теплоносій з сонячних колекторів надходить до теплообмінника буферної ємності. Конструктивно остання являє собою теплоізовану ємність із змійовиком (контур сонячних колекторів) та джерелом резервного підігріву теплоносія (води), у випадку зниження рівня інтенсивності сонячного

випромінювання або підвищеній хмарності. Нагріта таким чином вода в БЄ використовується на потреби ГВП та/або надходить до акумулятора теплоти, де вона використовується для плавлення акумулюючого матеріалу в ньому. Таким чином відбувається процес накопичення теплоти в АТ. При цьому, вся генерована фотоелектричними перетворювачами електрична енергія витрачається на потреби споживача, окрім навантаження, яке необхідне для власних потреб системи, а її надлишок акумулюється блоком АКБ. Споживання електричної енергії з мережі відсутнє. Твердопаливний котел відключений.

Але, при підвищеній хмарності або роботи системи в перехідний або опалювальний періоди, коли теплове навантаження (система опалення) споживача підключене до акумулятора теплоти, теплової енергії генерованої сонячними колекторами, для забезпечення потреб Н, не кажучи вже про можливість її акумуляції, може бути недостатньою. В цьому разі частина (надлишок) виробленої фотоелектричними перетворювачами електричної енергії використовується на додатковий підігрів або теплоносія та/або безпосередньо теплообмінної поверхні в об'ємі акумулюючого матеріалу АТ нової конструкції, інтенсифікуючи при цьому процес її накопичення. У випадку можливого дефіциту також і потужності ФЕП, в роботу включається або твердопаливний котел, або блок акумуляторних батарей. Одна з двох груп АКБ останнього повинна бути повністю зарядженою від електричної мережі вночі (в період дії пільгового тарифу на електричну енергію), та знаходитись в режимі повної готовності до автономного живлення споживачів, а також системи додаткового підігріву теплообмінної поверхні акумулятора теплоти, при роботі останнього в режимі "розряд". Друга група АКБ – в цей час, а також при періодичних зниженнях випрямленої напруги ФЕП нижче від рівня її номінального значення, для споживачів цієї групи акумуляторних батарей, розряджається. За умови повного розряду обох груп АКБ, система переходить в режим повного споживання енергії з електричної мережі, до моменту або підвищення рівня сонячної активності (чи зменшення хмарності), або зниження потужності навантаження споживача.



У випадку, коли споживання теплової енергії відсутнє, а заряд блоку акумуляторних батарей мінімальний, вся генерована фотоелектричними перетворювачами електрична енергія витрачається на потреби споживача, окрім навантаження НВП, а її надлишок акумулюється. Накопичення теплової енергії відбувається лише за рахунок продуктивності сонячних колекторів, а в умовах підвищеної сонячної активності, ще й додатково від енергії ФЕП. Споживання електричної енергії з мережі при цьому відсутнє.

Використання розробленої системи переважно передбачається в місцях, де фотоелектричні перетворювачі та сонячні колектори виступають в якості основного джерела енергії, а електрична мережа та твердопаливний котел – допоміжного. При цьому, включення до складу такої системи комбінованого енергозабезпечення споживачів акумуляторів теплової та електричної енергії не лише підвищує енергетичну та економічну ефективність її роботи, а й значно розширює можливості її використання для різних регіонів нашої країни.

### **Висновки**

Узагальнюючи результати проведеного літературно-патентного аналізу, з метою підвищення енергетичної ефективності систем енергозабезпечення споживачів, в тому числі, і від енергії поновлюваних джерел, розроблено нову систему комбінованого енергоживлення споживачів з використанням традиційних та альтернативних джерел і акумуляторів енергії. Нова система поєднує як різні принципи акумулювання (ємнісне акумулювання та акумулювання з використанням теплоти фазового переходу), так і використання декількох джерел первинної енергії, а саме, теплових та електричних джерел. Таке технічне рішення значно розширює сферу практичної реалізації таких систем комбінованого енергоживлення, а відсутність механічних вузлів у складі розробленої системи суттєво підвищує загальну надійність процесу енергозабезпечення споживача в цілому.

### **Список літератури**

1. Кривцов В.С. Неисчерпаемая энергия. Кн. 1. Ветрогенераторы / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т



«Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2003. – 400 с.

2. Кривцов В.С. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэнергетика / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2004. – 519 с.

3. Кривцов В.С. Неисчерпаемая энергия. Кн. 3. Альтернативная энергетика / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Учебник. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2007. – 643 с.

4. Каталог інноваційних пропозицій в галузі енергозбереження. – Львів: ЛВЦНТЕІ, 2008. – 108 с.

5. Каталог продукції заводу “Теплотехніка” [Електронний ресурс] // Режим доступу – <http://www.teplotehnika.dp.ua/>.

6. Інформація про диференційовані за годинами доби тарифи на електричну енергію [Електронний ресурс] // Режим доступу – <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0599-12>.

7. Соловей О.І. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: Навчальний посібник / О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен, О.О. Ситник, А.В. Чернявський, Г.В. Курбака. За заг. ред. О.І. Солов'я. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 484 с.

8. Н.М. Мхитарян. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. – Київ: Наукова думка, 1999. – 314 с.

9. Басок Б.І. Схемні рішення оснащення енергосективного будинку системою теплозабезпечення / Б.І. Басок, О.М. Недбайло, М.В. Ткаченко, І.К. Божко, М.П. Новіцька // Промышленная теплотехника. – 2013. – № 1. – С. 50–56.

**КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРАДИЦИОННЫХ И  
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ И АККУМУЛЯТОРОВ ЭНЕРГИИ**

***Е.А. Антипов***

*Рассматривается возможность создания энергосберегающих систем энергоснабжения потребителей с использованием солнечной энергии и аккумуляторов энергии. Обоснована необходимость использования аккумулятора теплоты, который работает на фазовых превращениях теплоаккумулирующего материала, в составе таких систем.*

***Комбинированная система, аккумулятор энергии, возобновляемые источники энергии, энергоснабжение.***

***COMBINED SYSTEM ENERGY CONSUMERS USING TRADITIONAL  
AND ALTERNATIVE SOURCES OF ENERGY AND BATTERIES***

***E. Antipov***

*The possibility of creating energy-efficient systems, power supply of consumers using solar energy and battery power. The necessity of the use of heat accumulators, which works on phase transitions heat accumulating material in the composition of these systems.*

***The combined system, energy storage, renewable energy sources, energy supply.***