

point, which have a probabilistic nature. Offered logician-probabilistic model of process an striking a person for the quantitative evaluation of safety level when servicing of a region electrical station.

***Electric power, probabilistic model, defeat of person of electrical current, distribution system.***

УДК 621.31

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ НА ОСНОВІ ДРОБЛЕННЯ ЇЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТУЖНОСТЕЙ**

***І.В. Феофілов, старший викладач***

*Проаналізовано можливість підвищення надійності та ефективності роботи когенераційної установки, а також зниження її вартості на основі дроблення її енергетичних потужностей.*

***Когенераційна установка, режими узгодження постачальника і споживача енергій, резервні потужності.***

В умовах спаду теплоспоживання, кризи в експлуатації систем централізованого теплопостачання, а також лібералізації енергоринку, реальним шляхом підвищення ефективності енергетичного виробництва є розвиток локальних комбінованих енергоджерел. Нині комбіноване вироблення енергії визнано однією з найперспективніших технологій, що дозволяє забезпечити ефективне енергопостачання поряд з вирішенням завдань збереження палива і зниження шкідливих викидів у навколишнє середовище.

Основною умовою збереження переваг когенераційної технології при її використанні є узгодження енергетичних потужностей постачальника та енергетичних потреб споживача. У статті розглянуто питання підвищення ефективності і надійності когенераційного енергопостачання на основі дроблення постачаючих потужностей когенераційної установки.

**Мета роботи** – підвищення надійності та ефективності, а також зниження вартості когенераційного енергопостачання.

**Методика дослідження** полягає в порівняльному аналізі існуючих схем узгодження постачальника і споживача із запропонованою схемою узгодження.

**Результати досліджень.** Високі енергетичні показники когенераційної технології обумовлені можливістю утилізувати супутнє тепло, що утворюється при прямому виробленні електроенергії. Це тепло відхідних газів, а також тепло системи охолодження (тепло води, оливи

або іншої рідини). Умовою високої ефективності когенераційної установки (КГУ) є найповніше використання цього тепла [1]. У загальному випадку КГУ не може працювати в погодженому режимі із споживачем за електричним та тепловим навантаженням одночасно. Здійснюється узгодження з якого-небудь одного виду виробленої енергії. Тому, на практиці існують такі режими роботи когенераційної установки [2].

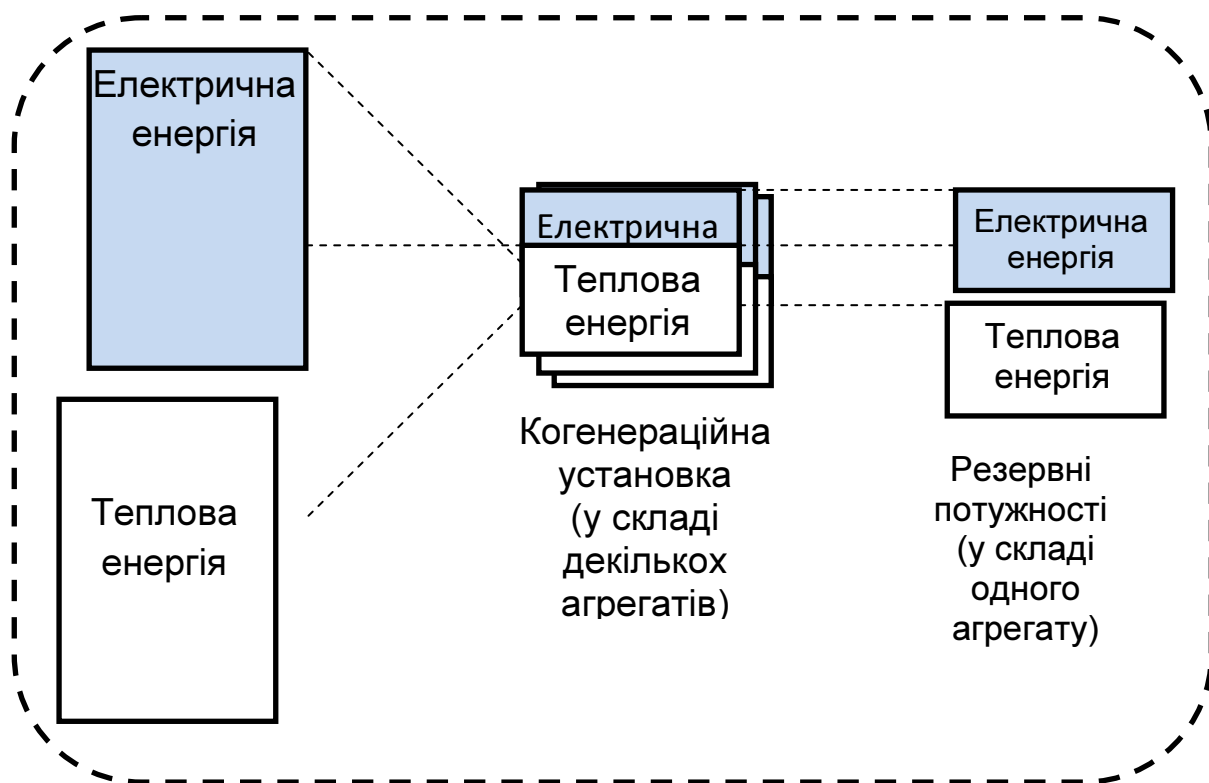
1. **Режими узгодження за тепловим навантаженням:** корисна теплова потужність КГУ у будь-який момент часу дорівнює тепловому навантаженню. Якщо генерована електрична потужність вища, ніж електричне навантаження, то надлишок потужності продається в єдину електромережу; якщо вона менше, то додаткова кількість електроенергії купується з електромережі.

2. **Режими узгодження за електричним навантаженням:** електрична потужність, що генерується, у будь-який момент дорівнює електричному навантаженню споживача. При цьому, якщо кількість виробленої теплової енергії більша, ніж необхідне теплове навантаження, то теплота скидається в довкілля через охолоджувачі (наприклад, градирні) або з вихлопними газами; якщо теплове навантаження споживача більше виробленої в КГУ теплоти, то використовують додаткові теплові потужності: або допалювання палива в котлі-утилізаторі, або допоміжний (піковий) котел.

3. **Змішані режими узгодження** – в деякі періоди часу застосовуються режими узгодження за тепловим навантаженням, в інші періоди часу – режими узгодження за електричним навантаженням. Вибір визначається такими чинниками, як рівень навантажень, вартість палива, тариф на електроенергію в певні дні і години.

4. **Автономний режим узгодження** – повне задоволення КГУ електричних і теплових навантажень споживача в будь-який час. У більшості випадків такий режим узгодження використовують за відсутності близько розташованих постачальників тепла і відсутності зв'язку з єдиною електромережею. І саме тому автономний режим узгодження вимагає наявності резервних когенераційних потужностей в обсязі, що дорівнює енергетичним потужностям КГУ.

Аналіз існуючих режимів узгодження потужностей показує, що, при виході за якихось причин КГУ з ладу, тільки автономний режим узгодження дозволяє зберегти переваги когенераційного вироблення енергії і забезпечити споживача дешевими енергоносіями протягом всього часу. У всіх інших режимах узгодження необхідно буде переходити на постачання споживача електроенергією з єдиної електромережі і теплом від додаткових теплових потужностей, які ще треба мати в резерві. При цьому вартість енергій, що отримує споживач, зростає, а надійність енергопостачання зменшується. Таким чином, автономний режим узгодження є самим енергоефективним і самим надійним серед існуючих, оскільки дозволяє споживачу протягом всього часу одержувати енергоносії, вироблені за когенераційної технологією, але й найдорожчим тому, що в резерві необхідно мати ще одну таку саму КГУ.



**Рис.1. Автономний режим узгодження потужностей з використанням декількох агрегатів у складі однієї когенераційної установки**

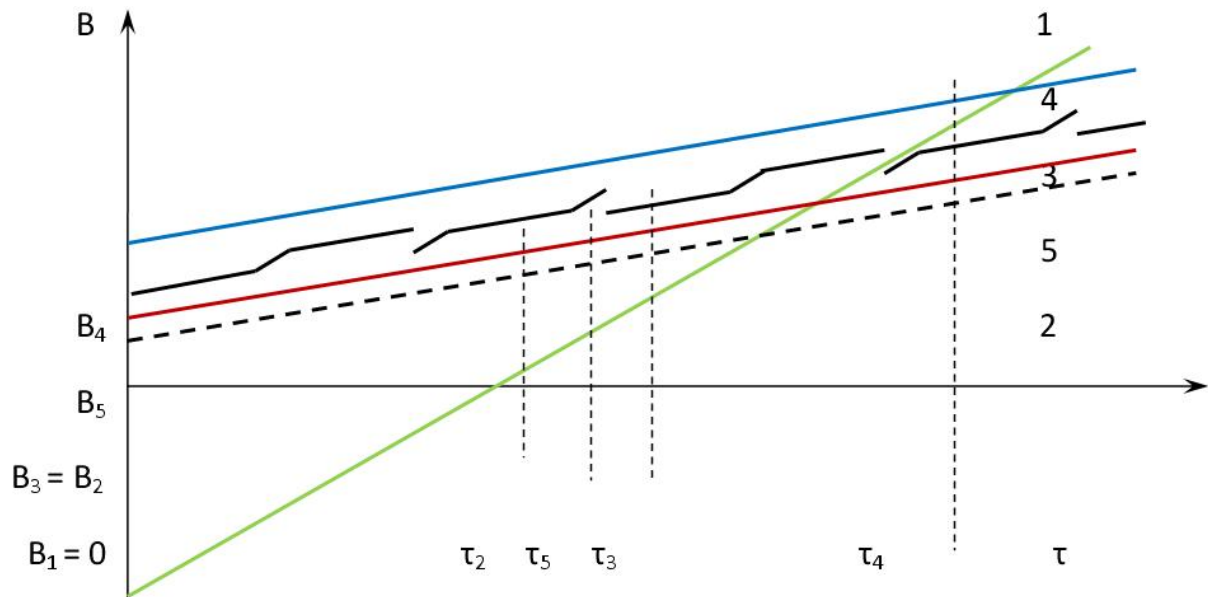
Вартість такої автономної системи можна знизити, якщо замість однієї великої КГУ використовувати декілька менших (рис.1). Тоді в резерві можна тримати КГУ значно меншої потужності і, відповідно, меншої вартості. При цьому загальна вартість всієї когенераційної системи, що використовується для забезпечення споживача енергіями, зменшується. Навіть при виході з ладу ще одного агрегату запропонована когенераційна система буде продовжувати працювати і виробляти енергоносії за когенераційною технологією. Таким чином, дроблення постачаючих потужностей дозволяє підвищити ефективність і надійність роботи когенераційної системи і знизити її вартість.

Принциповий характер витрат і строки окупності КГУ для різних режимів узгодження показано на рис.2.

Взагалі витрати споживача складаються з базових витрат (пов'язаних з придбанням і налагоджуванням необхідного обладнання) і поточних витрат (пов'язаних з вартістю енергоносіїв, що отримує споживач):

$$B = B_i + \Delta B_i \tau,$$

де  $B_i$  – базові витрати споживача залежно від режимів узгодження;  $\Delta B_i$  – поточні витрати споживача в одиницю часу;  $\tau$  – термін енергопостачання споживача, що розглядається.



**Рис.2. Динаміка витрат і строки окупності когенераційних установок в залежності від різних режимів узгодження постачальника і споживача**

На рис.2 пронумерованими лініями відображено:

1 – витрати споживача при централізованому постачанні енергоресурсів. Базові витрати в цьому випадку дорівнюють нулю, оскільки немає необхідності в придбанні енергогенеруючого обладнання. Але поточні витрати – найбільші, що пов'язано з неефективним способом вироблення енергоносіїв, втратами енергоносіїв при їх транспортуванні і зацікавленості постачальника в отриманні прибутку; 2 – витрати споживача при енергопостачанні від КГУ (теорія). Базові витрати споживача складають суттєву величину в порівнянні з першим варіантом, що пов'язано з придбанням необхідного енергогенеруючого обладнання, але через деякий час  $\tau_2$  вони окупаються за рахунок значно менших питомих витрат; 3 – витрати споживача при енергопостачанні від КГУ при відкритих режимах узгодження (перший, другий і третій режими узгодження). На практиці при використанні КГУ термін окупності дещо більше, ніж в теорії:  $\tau_3 > \tau_2$ . Це пов'язано з переходом на централізоване енергопостачання споживача у період аварійних чи регламентних ремонтних робіт на КГУ. У ці періоди поточні витрати збільшуються, що позначається на зростанні і загальних витрат споживача; 4 – витрати споживача при енергопостачанні від КГУ при автономному режимі узгодження. В цьому випадку всі аварійні чи регламентні ремонтні роботи проводять без звертання до централізованих постачальників енергоресурсів, що значно зменшує поточні витрати споживача. Але автономний режим узгодження вимагає наявності резервної когенераційної установки такої самої потужності, що призводить до значного збільшення базових витрат. При цьому термін окупності  $\tau_4$  теж суттєво збільшується; 5 – витрати споживача при енергопостачанні від КГУ в умовах подрібнення енергогенеруючих потужностей. Це дозволяє

тримати в резерві когенераційну установку значно меншої потужності, ніж при автономному режимі узгодження і, відповідно, зменшити базові витрати споживача. При цьому поточні витрати залишаються найменшими як і при автономному режимі узгодження, що дозволяє отримати значно менші терміни окупності ( $t_5 \ll t_4$ ).

Крім того, подрібнення постачаючих потужностей дозволяє більш ефективно і надійно працювати КГУ і при відкритих режимах узгодження. При виході з ладу одного агрегату когенераційної системи інші продовжують працювати в високоефективному когенераційному режимі, а додаткова електроенергія купується з єдиної електромережі в значно меншій кількості. Що стосується недоданого споживачу тепла, то воно може бути отримано на тих агрегатах КГУ, що залишилися при переведенні їх котлів-утилізаторів в активний режим роботи. Це можна здійснити, наприклад, на КГУ на базі ДВЗ за рахунок великих значень коефіцієнта надлишку повітря. Більше того, внаслідок меншої вартості одного окремого агрегату в порівнянні зі всією когенераційною системою, при відкритих режимах узгодження можна також використовувати резервний агрегат меншої потужності. Це дозволить проводити профілактичні і аварійні роботи без звертання до єдиної енергосистеми і використання додаткових теплових потужностей, що значно підвищує ефективність когенераційної установки і зменшує поточні витрати споживача. В результаті чого, протягом всього часу споживач отримує енергії, вироблені за когенераційною технологією. Крім того, постачання його енергіями не залежить від зв'язку із зовнішніми постачальниками, що значно підвищує надійність забезпечення споживача енергіями.

### **Висновки**

1. Дроблення енергетичних потужностей когенераційної установки дозволяє повніше використовувати переваги когенераційної технології. При цьому енергопостачання споживача відбувається з найбільшою ефективністю і найменшими витратами палива.

2. Застосування декількох агрегатів у складі однієї когенераційної установки підвищує надійність постачання споживача енергоресурсами і практично унеможливує вихід з ладу всієї когенераційної установки.

3. Запропоновані схеми дозволяють знизити вартість системи теплопостачання на базі когенераційної установки за рахунок використання значно менших резервних потужностей при автономній схемі енергопостачання, а також за рахунок меншої потреби в додаткових енергоресурсах при відкритій схемі енергопостачання.

### **Список літератури**

1. Гомон В.И. Украина: эффективность малой энергетики / Гомон В.И., Гринштейн В.Е., Долинский А.А и др. – К.: ЕС Energy Centre in Kiev, 1993. – 280 с.

2. Клименко В.Н. Когенерационные системы с тепловыми двигателями: справочное пособие: [в 3 ч.] Ч. 1: Общие вопросы когенерационных технологий/Клименко В.Н., Мазур А.И., Сабашук П.П. – К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2008. – 560 с.

*Проанализирована возможность повышения надежности и эффективности работы когенерационной установки, а также снижение ее стоимости, на основе измельчения ее энергетических мощностей.*

***Когенерационная установка, режимы согласования поставщика и потребителя энергий, резервные мощности.***

*Possibility of efficiency and reliability improvement in cogeneration plant's work was analyzed, as well as decrease of its cost by the way of making several lower capacities instead of powerful one.*

***Cogeneration plant, modes of power provider and consumer coordination, reserve capacities.***

УДК 536.24; 532.5.032

## **ЛАМІНАРНИЙ РУХ ПЛІВКИ ПО ПОХИЛІЙ СТІНЦІ ПІД ДІЄЮ ДОТИЧНИХ НАПРУГ І СИЛИ ВАГИ**

***О.Т. Карпусь, кандидат технічних наук***

*На основі розв'язку диференціальних рівнянь Нав'є-Стокса отримано кут, під яким рухається осереднена течія плівки під дією сили ваги та дотичних напружень повітряного потоку.*

***Математичне моделювання, ламінарна течія плівки, аналітичний розв'язок, кут нахилу течії.***

Забезпечення ефективної роботи тепло- і масообмінного устаткування (випарників, парогенераторів, конденсаторів, деаераторів, підігрівачів, охолоджувачів) залишається важливою задачею. Актуальність її рішення нині зростає, бо цей період характеризується постійним зростанням вартості енергоносіїв, обладнання, а також підвищеною увагою до питань енерго- і ресурсозберігання. Істотне підвищення ефективності устаткування, що забезпечує значне зниження металоємності та енергоспоживання на виробництво продукції, можливо в першу чергу за рахунок інтенсифікації процесів тепло- і масообміну.

У технологічних процесах, рідка фаза часто рухається по стінці у вигляді плівки.

**Мета досліджень** – математичне моделювання руху плівки в трубопроводі або коробі. В результаті досліджень отримані формули, що дозволяють визначити такі важливі характеристики ламінарного плівкового руху, як швидкість, і кут нахилу опосередкованого потоку.

**Методи досліджень та результати розрахунку.** В зв'язку з малою відносною товщиною плівки в порівнянні з еквівалентним діаметром