

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ ТА ПАЛИВНИМИ КОТЛАМИ

К. т. н., доц. Остапенко О. П., Войцех І. Г., Лебідь І. Ю.
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця
ostapenko1208@gmail.com

Науковий керівник: к. т. н., доц. Остапенко О. П.

Метою дослідження є аналіз енергоефективних систем енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплонасосними установками (КТНУ) та паливними котлами (ПК), визначення ефективних режимів роботи СЕ з урахуванням комплексного впливу змінних режимів роботи, джерел приводної енергії для парокомпресійних КТНУ різних рівнів потужності, з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії.

Зважаючи на актуальність поставленого питання, за останні роки проведено низку досліджень з ефективності застосування комбінованих КТНУ в теплових схемах джерел енергопостачання [1-5]. Застосування КТНУ забезпечує зниження на 30-45% споживання природного або альтернативного газу, порівняно з котельними установками еквівалентної потужності, та вироблення дешевшої на 30-40 % за собівартістю електроенергії (порівняно з мережевою). Значно більший ефект може бути досягнутий в комбінованих СЕ з КТНУ та ПК. Когенераційний привод КТНУ може бути забезпечений на основі газових двигунів-генераторів, що випускаються українськими підприємствами: «Первомайськдизельмаш» та ДП «Завод ім. В. О. Малишева».

В нашому дослідженні здійснено аналіз енергоефективних СЕ з КТНУ та ПК. Досліджувані СЕ на основі комбінованих КТНУ та ПК можуть повністю або частково забезпечувати власні потреби в електричній енергії та забезпечувати потреби опалення та гарячого водопостачання споживачів. Схеми СЕ з КТНУ та ПК наведені в роботах [6-7].

Згідно з [1-5] енергоефективність СЕ визначається оптимальним розподілом навантаження між КТНУ та ПК у складі СЕ, який характеризується часткою навантаження КТНУ у складі СЕ β та визначається як відношення теплової потужності КТНУ до теплової потужності СЕ $\beta = Q_{\text{КТНУ}} / Q_{\text{СЕ}}$.

В нашому дослідженні здійснено аналіз енергоефективності системи «Джерело приводної енергії КТНУ – СЕ з КТНУ та ПК – споживач теплоти від СЕ» на прикладі СЕ з парокомпресійними КТНУ та ПК. Перевагою такого підходу є врахування втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії в КТНУ та ПК з метою визначення ефективних режимів роботи та схем СЕ.

В роботах [2-5] запропоновано здійснювати комплексну оцінку енергетичної ефективності СЕ з КТНУ та ПК за комплексним безрозмірним критерієм енергетичної ефективності:

$$K_{CE} = (1 - \beta) \cdot K_{ПК} + \beta \cdot K_{КТНУ}, \quad (1)$$

де $K_{ПК}$ – безрозмірний критерій енергетичної ефективності пікового джерела теплоти у складі СЕ (водогрійного ПК) з [2-5], $K_{КТНУ}$ – безрозмірний критерій енергетичної ефективності комбінованих КТНУ у складі СЕ з [2-5].

Безрозмірний критерій енергетичної ефективності КТНУ у складі СЕ, згідно з [1, 5] визначається:

$$K_{КТНУ} = Q_{КТНУ} / Q_T = \eta_{ED} \cdot \eta_{EP} \cdot \varphi^{КТНУ} \cdot \eta_{TP}, \quad (2)$$

де Q_T – потужність, витрачена газопоршневим двигуном-генератором для вироблення електричної енергії для привода КТНУ, η_{ED} – ефективний ККД газопоршневого двигуна; η_{EP} – ККД електричного двигуна з урахуванням втрат енергії в блоці управління двигуном з [8-9], $\varphi^{КТНУ}$ – дійсний коефіцієнт перетворення КТНУ з дослідження [8-9], η_{TP} – ККД теплового потоку, що враховує втрати енергії та робочого агента в трубопроводах та обладнанні теплонасосної установки.

Безрозмірний критерій енергетичної ефективності водогрійного ПК у складі СЕ $K_{ПК}$, згідно з [2-5], одержаний на основі рівняння енергетичного балансу для систем «Джерела електричної енергії та палива – ПК – споживач теплоти від СЕ» з урахуванням впливу джерел енергії для ПК та з урахуванням втрат енергії при генеруванні та постачанні електричної енергії до котла (котельної). В цьому випадку споживання електричної енергії ПК в СЕ безпосередньо не пов'язано з процесом генерування теплоти в котлі, а частка споживання електричної енергії на власні потреби є незначною, тому суттєво не впливає на значення показника $K_{ПК}$.

Запропонований комплексний безрозмірний критерій енергетичної ефективності СЕ K_{CE} може бути використаний для вибору найбільш ефективного пікового джерела теплоти для певного виду СЕ.

Запропонований роботі [5] підхід з оцінювання енергетичної ефективності СЕ з КТНУ та ПК дозволяє оцінювати комплексний вплив змінних режимів роботи СЕ, пікових джерел теплоти СЕ та виду споживаної ними енергії, джерел приводної енергії парокompресійних КТНУ, з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії.

В нашому дослідженні значення безрозмірного критерію енергетичної ефективності СЕ визначені за умов зміни частки навантаження КТНУ в діапазоні $\beta = 0,1 \dots 1,0$. Дослідження проведено для режимів енергоефективної роботи КТНУ зі значеннями безрозмірного критерію енергоефективності КТНУ $K_{КТНУ} = 1,1 \dots 2,1$ на основі результатів з досліджень [1-5, 8-9].

На рис. 1 показані значення безрозмірного критерію енергетичної ефективності СЕ для режимів енергоефективної роботи КТНУ, за умов максимальної ефективності пікового водогрійного ПК. Значення безрозмірного критерію енергетичної ефективності водогрійного ПК буде становити $K_{ПК} = \eta_{ПК} = 0,9$. Для досліджених режимів роботи СЕ значення комплексного

безрозмірного критерію енергетичної ефективності СЕ становлять $K_{CE} = 0,92 \dots 1,98$ за умови $\beta = 0,1 \dots 0,9$ та $K_{CE} = 2,1$ за умови $\beta = 1$.

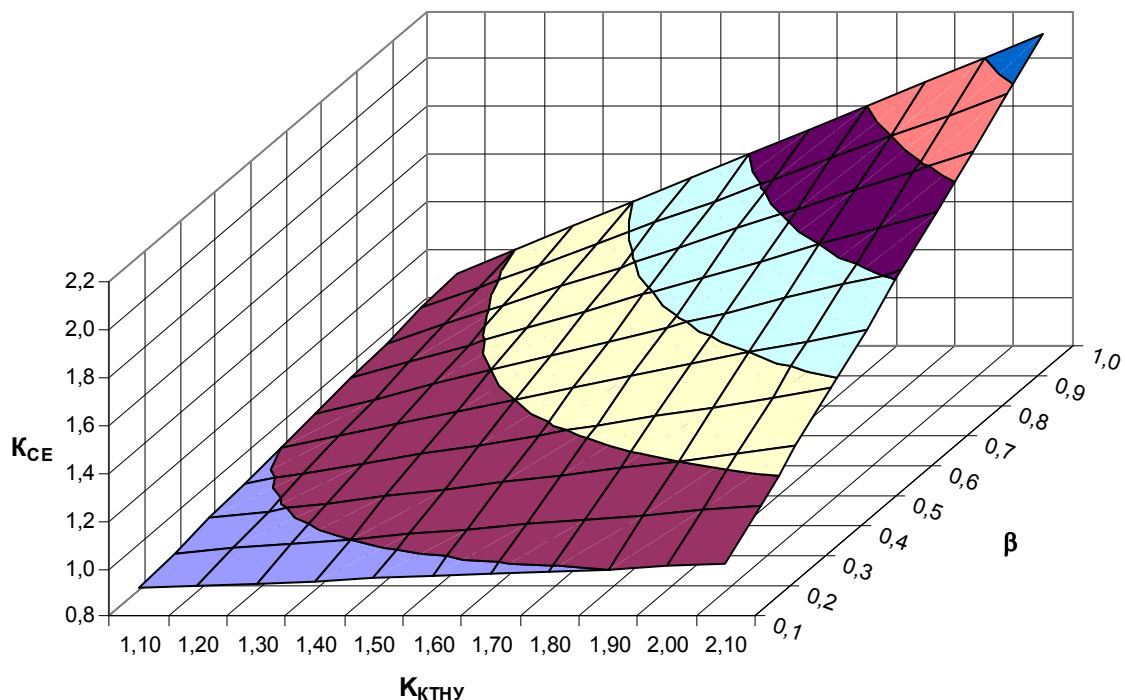


Рис. 1. Значення безрозмірного критерію енергетичної ефективності СЕ для режимів енергоефективної роботи КТНУ, за умов максимальної ефективності пікового водогрійного ПК

В роботі [5] визначено, що для СЕ з КТНУ та ПК для значень частки навантаження КТНУ $\beta > 0,7$ ефективність та вид ПК незначно впливають на енергетичну ефективність СЕ за умови енергоефективних режимів роботи КТНУ. Для інших режимів роботи СЕ їх енергетичну ефективність та конкурентоспроможність в значній мірі будуть визначати вид та ефективність ПК, за умови енергоефективних режимів роботи КТНУ.

На основі аналізу результатів досліджень [2-5] визначено, що використання ПК як пікового джерела теплоти в СЕ є значно ефективнішим, ніж використання пікового електрокотла з різними варіантами джерел електроенергії (від енергосистеми України або від КТНУ), що підтверджується більшими значеннями безрозмірного критерію енергетичної ефективності пікового джерела теплоти у складі СЕ та безрозмірного критерію енергетичної ефективності СЕ для різних режимів роботи, за умови зміни частки навантаження КТНУ у складі СЕ в діапазоні $\beta = 0,1 \dots 1,0$.

Згідно з результатами дослідження [5], для СЕ з КТНУ та ПК фіксуються більші значення безрозмірного критерію енергетичної ефективності СЕ для всіх досліджених режимів роботи, порівняно з іншими варіантами СЕ та сучасними вискоелефективними електричними та паливними котлами. Згідно з [5], енергетична ефективність СЕ з КТНУ та ПК майже в два рази перевищує ефективність сучасних вискоелефективних електричних та паливних котлів.

Визначено, що за енергоефективних режимів роботи КТНУ, визначених на основі результатів досліджень з [1-5], запропоновані енергоефективні СЕ з КТНУ та ПК можуть бути рекомендовані як високоєфективні системи енергозабезпечення, які можуть скласти альтернативу сучасним високоєфективним електричним та паливним котлам.

Для здійснення оцінки енергоефективності різних варіантів СЕ з КТНУ та ПК пропонуємо використовувати результати з досліджень [1-6, 8-9].

Список літератури:

1. Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. В. Лещенко, Р. О. Тіхоненко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/454/452>.

2. Остапенко О. П. Комплексна оцінка енергетичної ефективності парокомпресійних теплонасосних станцій з когенераційним приводом [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 3. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/2/2>.

3. Остапенко О. П. Методичні основи комплексного оцінювання енергетичної ефективності парокомпресійних теплонасосних станцій з електричним та когенераційним приводом / О. П. Остапенко // Наукові праці ОНАХТ. – 2015. – Вип. 47. – Т. 2. – С. 157 – 162.

4. Olga P. Ostapenko. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants: monograph / Olga P. Ostapenko. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 62 p.

5. Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок та пікових джерел теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 1. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua>.

6. Ткаченко С. Й. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання. Монографія / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2009. – 176 с.

7. Остапенко О. П. Холодильна техніка та технологія. Теплові насоси : навчальний посібник / О. П. Остапенко. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 123 с.

8. Остапенко О. П. Енергетична ефективність парокомпресійних теплових насосів з електричним та когенераційним приводами [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. В. Лещенко, Р. О. Тіхоненко // Наукові праці ВНТУ. – 2014. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/421/419>.

9. Остапенко О. П. Енергетичні переваги застосування парокомпресійних теплових насосів з електричним та когенераційним приводами [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. В. Лещенко, Р. О. Тіхоненко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 1. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/437/435>.