

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОГЕНЕРАЦІЙНО- ТЕПЛОАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ ТА ЕЛЕКТРИЧНИМИ КОТЛАМИ

К. т. н., доц. Остапенко О. П., Панчук Ю. В., Павлович Є. О.
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-теплоасосними установками (КТНУ) та електричними котлами (ЕК), 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.

Аналіз енергоефективності застосування комбінованих КТНУ в теплових схемах джерел енергопостачання проведено в низці публікацій [1-5].

В нашому дослідженні проаналізовано енергоефективність системи «Джерело приводної енергії КТНУ – СЕ з КТНУ та ЕК – споживач теплоти від СЕ» на прикладі СЕ з парокомпресійними КТНУ та ЕК. Перевагою такого підходу є врахування втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії в КТНУ та ЕК з метою визначення енергоефективних режимів роботи СЕ. Досліджувані СЕ на основі комбінованих КТНУ та ЕК можуть повністю або частково забезпечувати власні потреби в електричній енергії та забезпечувати потреби опалення та гарячого водопостачання споживачів. Когенераційний привод КТНУ може бути забезпечений на основі газових двигунів-генераторів українського виробництва. Також проаналізовано ефективність використання в ЕК електроенергії з енергосистеми України та від КТНУ. Схеми СЕ з КТНУ та ЕК наведені в роботах [6-7].

Енергоефективність досліджуваних СЕ, згідно з [1-5], в значній мірі визначається оптимальним розподілом навантаження між КТНУ та ЕК у складі СЕ та характеризується часткою навантаження КТНУ у складі СЕ β , яка визначається як відношення теплової потужності КТНУ до теплової потужності СЕ $\beta = Q_{\text{КТНУ}} / Q_{\text{СЕ}}$.

В дослідженнях [2-5] запропоновано здійснювати комплексну оцінку енергоефективності СЕ з КТНУ та ЕК за комплексним безрозмірним критерієм енергоефективності:

$$K_{\text{СЕ}} = (1 - \beta) \cdot K_{\text{ЕК}} + \beta \cdot K_{\text{КТНУ}}, \quad (1)$$

де $K_{\text{ЕК}}$ – безрозмірний критерій енергоефективності пікового джерела теплоти у складі СЕ (електричного котла) з [2-5], $K_{\text{КТНУ}}$ – безрозмірний критерій енергоефективності комбінованих КТНУ у складі СЕ з [2-5].

Безрозмірний критерій енергоефективності КТНУ у складі СЕ, згідно з дослідженнями [1, 5] визначається:

$$K_{\text{КТНУ}} = Q_{\text{КТНУ}} / Q_{\text{т}} = \eta_{\text{ЕД}} \cdot \eta_{\text{ЕП}} \cdot \varphi^{\text{КТНУ}} \cdot \eta_{\text{тп}}, \quad (2)$$

де $Q_{\text{т}}$ – потужність, витрачена газопоршневим двигуном-генератором для вироблення електричної енергії для привода КТНУ, $\eta_{\text{ЕД}}$ – ефективний ККД газопоршневого двигуна (ГПД); $\eta_{\text{ЕП}}$ – ККД електричного двигуна з урахуванням втрат енергії в блоці управління двигуном з [8-9], $\varphi^{\text{КТНУ}}$ – дійсний коефіцієнт перетворення КТНУ з дослідження [8-9], $\eta_{\text{тп}}$ – ККД теплового потоку, що враховує втрати енергії та робочого агента в трубопроводах та обладнанні теплонасосної установки.

Безрозмірний критерій енергоефективності пікового ЕК у складі СЕ $K_{\text{ЕК}}$, згідно з [2-5], одержаний на основі рівняння енергетичного балансу для систем «Джерело електричної енергії – ЕК – споживач теплоти від СЕ» з урахуванням впливу джерел енергії для пікового ЕК та з урахуванням втрат енергії при генеруванні та постачанні електричної енергії до ЕК.

В загальному випадку для ЕК як пікового джерела теплоти для СЕ безрозмірний критерій енергетичної ефективності, згідно з [2-5], визначається:

$$K_{\text{ЕК}} = Q_{\text{ЕК}} / Q_{\text{т}} = \eta_{\text{ЕЛ}}^{\text{к}} \cdot \eta_{\text{ЕК}}, \quad (3)$$

де $Q_{\text{ЕК}}$ – теплова потужність водогрійного ЕК, $Q_{\text{т}}$ – потужність, витрачена електростанцією для вироблення електричної енергії, $\eta_{\text{ЕЛ}}^{\text{к}}$ – загальний ККД генерування та постачання електричної енергії до ЕК, визначається за формулою: $\eta_{\text{ЕЛ}}^{\text{к}} = \eta_{\text{ЕС}} \cdot \eta_{\text{ЛЕП}}$, де $\eta_{\text{ЕС}}$ – усереднене значення ККД електростанцій в Україні або альтернативних джерел електричної енергії (на базі парогазових установок (ПГУ), газотурбінних установок (ГТУ), сонячних електростанцій термодинамічного циклу (СЕС), вітроенергетичних електростанцій (ВЕС)), з дослідження [8]; $\eta_{\text{ЛЕП}}$ – ККД розподільчих електричних мереж в Україні з [8], $\eta_{\text{ЕК}}$ – ККД електричного котла.

Для випадків застосування СЕ з КТНУ та з піковим ЕК загальний ККД генерування та постачання електричної енергії до ЕК визначається як $\eta_{\text{ЕЛ}}^{\text{к}} = \eta_{\text{ЕД}} \cdot \eta_{\text{ЕП}}$ у разі використання електроенергії від КТНУ, або за вказаною вище формулою для випадків споживання електричної енергії з енергосистеми на основі традиційних або альтернативних джерел електричної енергії.

В роботі [5] визначені значення безрозмірного показника енергоефективності ЕК у складі СЕ, які становлять: $K_{\text{ЕК}}^{\text{ЕС}} = 0,302 \dots 0,318$ для ЕК за умови використання електроенергії з енергосистеми та $K_{\text{ЕК}}^{\text{к}} = 0,223 \dots 0,319$ для ЕК в СЕ малих потужностей за умови використання електроенергії від КТНУ.

Аналіз енергоефективності СЕ в нашому дослідженні проведений 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 енергоефективності СЕ з КТНУ малої потужності, за умов максимальної ефективності ГПД та ЕК, зі споживанням електроенергії піковим ЕК від КТНУ. В цьому дослідженні, згідно з [1, 5, 9], враховані: значення ефективного ККД ГПД $\eta_{ЕД} = 0,42$ та значення ККД електричного двигуна з урахуванням втрат енергії в блоці управління двигуном $\eta_{ЕП} = 0,8$. Піковим джерелом теплоти в СЕ для цих умов передбачена електрична котельня з $\eta_{ЕК} = 0,95$. Значення безрозмірного критерію енергоефективності ЕК для випадків споживання електричної енергії від КТНУ буде становити $K_{ЕК} = 0,319$. Для досліджених режимів роботи СЕ значення комплексного безрозмірного критерію енергоефективності СЕ становлять $K_{СЕ} = 0,39 \dots 1,92$ за умови $\beta = 0,1 \dots 0,9$ та $K_{СЕ} = 2,1$ за умови $\beta = 1$.

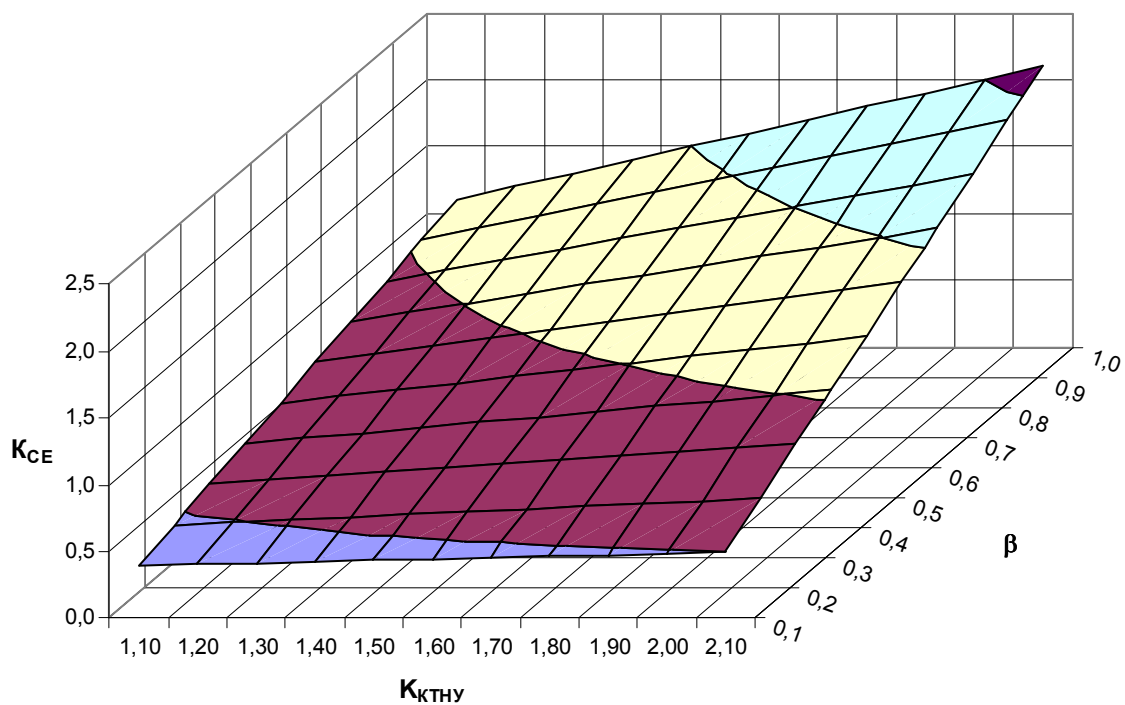


Рис. 1 Значення безрозмірного критерію енергоефективності СЕ з КТНУ малої потужності, за умов максимальної ефективності ГПД і ЕК та споживанням електроенергії електрокотлом від КТНУ

На основі аналізу досліджень [1, 5] визначено, що для випадків $K_{КТНУ} > 1$ та $K_{СЕ} > \eta_{ЕК}$ запропоновані енергоефективні СЕ з КТНУ та ЕК можуть бути рекомендовані як вискоефективні системи енергозабезпечення, які можуть скласти альтернативу сучасним вискоефективним електричним та паливним котлам. Запропоновані в дослідженні СЕ з КТНУ та піковими ЕК, згідно з [5], будуть більш ефективними, ніж сучасні вискоефективні електричні та паливні котли, якщо частка навантаження КТНУ в СЕ становить $\beta > 0,4$.

Визначено, що за вказаних вище енергоефективних режимів роботи КТНУ з [1-5], проаналізовані нами енергоефективні СЕ з КТНУ та ЕК можуть бути запропоновані як вискоефективні системи енергозабезпечення, які можуть скласти альтернативу сучасним вискоефективним електричним та паливним котлам.

З метою оцінки енергоефективності СЕ з КТНУ та ЕК ми рекомендуємо 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>.