

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМБІНОВАНИХ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Узагальнені результати досліджень з підвищення енергоефективності теплової схеми котельні із застосуванням комбінованих когенераційно-теплонасосних установок (КТНУ).

Ключові слова: енергоефективність, система енергозабезпечення, когенераційно-теплонасосна установка, пікове джерело теплоти, безрозмірний критерій енерго-еколого-економічної ефективності.

Abstract

The results of the studies of increasing of energy efficiency of thermal scheme of boiler room with applications of combined cogeneration heat pump installations (CHPI) are generalized.

Key words: energy efficiency, energy supply system, cogeneration heat pump installation, peak source of heat, dimensionless criterion of energy-ecological-economic efficiency.

Вступ

Актуальність роботи. Зважаючи на актуальність енерго- та ресурсозбереження, а також підвищення ефективності енерговикористання в системах теплопостачання та енергозабезпечення, за останні роки питанням з дослідження енергетичної та економічної ефективності систем енергозабезпечення (СЕ) з комбінованими когенераційно-теплонасосними установками (КТНУ) було присвячено низку публікацій вітчизняних та закордонних авторів, проведено низку досліджень з розробки методів оцінки енергетичної та енергоекономічної ефективності застосування комбінованих КТНУ в теплових схемах джерел енергопостачання [1 – 2].

Мета дослідження – узагальнення результатів досліджень з підвищення енергоефективності теплової схеми котельні із застосуванням комбінованих когенераційно-теплонасосних установок.

Результати дослідження

В нашому дослідженні [1] проведено комплексне оцінювання ефективності системи енергозабезпечення з комбінованою КТНУ (з приводом від газопоршневого двигуна (ГПД)) та піковим джерелом теплоти (ПДТ) – водогрійним котлом на природному газі для теплової схеми котельні в м. Бар. В нашому дослідженні [1] здійснено комплексну оцінку ефективності теплової схеми водогрійної котельні з комбінованою КТНУ за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ з дослідження [3]:

$$K_{ESS}^{compl.} = K_{ESS} + \Delta E_i^{ESS} + \Delta EC_i^{ESS} = (1 - \beta) \cdot K_{PSH} + \beta \cdot K_{CHPI} + \Delta E_i^{ESS} + \Delta EC_i^{ESS}, \quad (1)$$

де K_{ESS} – комплексний безрозмірний критерій енергетичної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ з досліджень [4 – 5];

ΔE_i^{ESS} – відносна економічна ефективність (у частках) для СЕ з КТНУ та ПДТ для i -го режиму роботи СЕ з дослідження [6];

ΔEC_i^{ESS} – відносна екологічна ефективність (у частках) для СЕ на основі КТНУ та ПДТ для i -го режиму роботи СЕ з досліджень [5 – 8];

β – частка навантаження КТНУ у складі СЕ з досліджень [4 – 5];

K_{PSH} – безрозмірний критерій енергоефективності ПДТ у складі СЕ з дослідження [4];

K_{CHPI} – безрозмірний критерій енергоефективності парокompресійних КТНУ, запропонований та обґрунтований в дослідженнях [4, 9 – 10].

Як зазначено у роботі [3], екологічно безпечні, енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи СЕ з КТНУ та ПДТ забезпечуються за умови $K_{ESS}^{compl.} > 1$. Чим більшим буде значення показника $K_{ESS}^{compl.}$, тим більш енергоефективними, екологічно безпечними та економічно ефективними та конкурентоздатними є СЕ з КТНУ та ПДТ.

В нашому дослідженні [1] показані результати комплексної оцінки ефективності теплової схеми водогрійної котельні з комбінованою КТНУ потужністю понад 1 МВт (на прикладі котельні в м. Бар). В нашому дослідженні ефективність теплової схеми водогрійної котельні з комбінованою КТНУ визначена для зміни частки навантаження КТНУ в межах $\beta = 0,1 \dots 1,0$. Дослідження проведені для режимів енергоефективної роботи КТНУ з $K_{CHPI} = 1,1 \dots 2,1$ (за умов максимальної ефективності ГПД) на основі результатів досліджень [4, 7, 9]. На рис. 1 показана область енергоекономічної та екологічно безпечної роботи теплової схеми водогрійної котельні з комбінованою КТНУ потужністю понад 1 МВт. Ця область визначена за показником енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ з формули (1), за умов максимальної ефективності ГПД та пікового паливного котла.

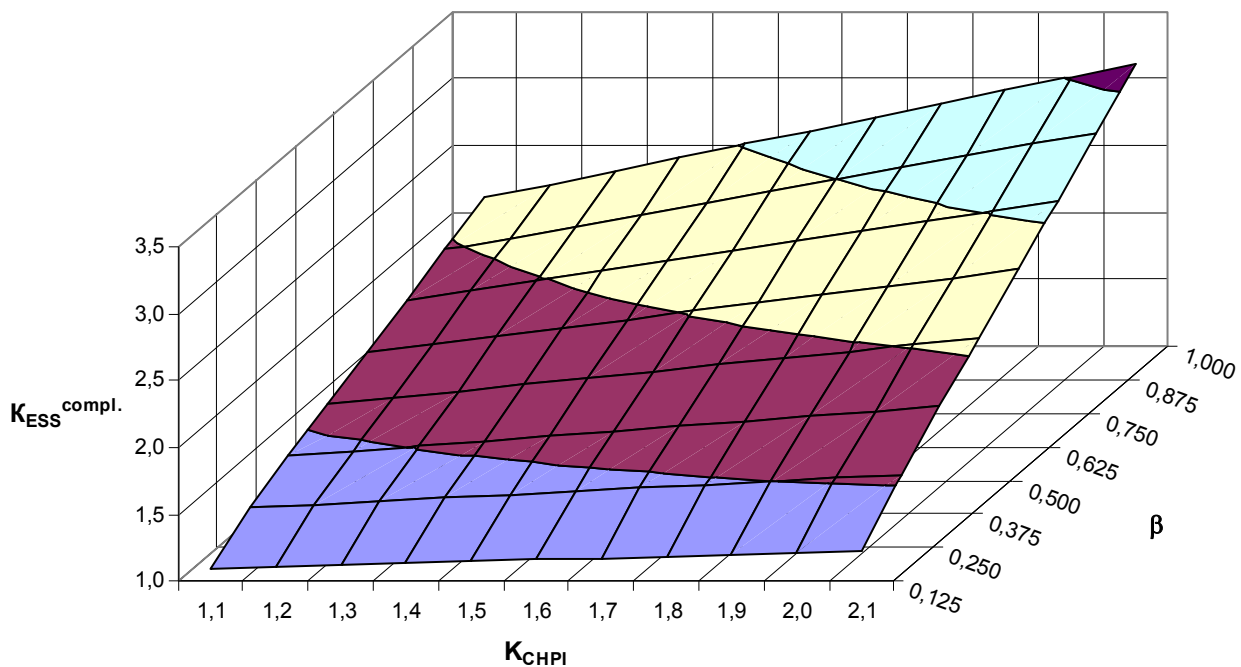


Рисунок 1 – Область енергоекономічної та екологічно безпечної роботи теплової схеми водогрійної котельні з комбінованою КТНУ потужністю понад 1 МВт за умов максимальної ефективності ГПД та котлів

В нашому дослідженні згідно з [4, 7, 9], враховані такі показники обладнання СЕ: значення ефективного ККД ГПД $\eta_{EM} = 0,42$; значення ККД електродвигуна, з урахуванням втрат енергії в блоці управління $\eta_{ED} = 0,8$. Як пікове джерело теплоти передбачена діюча паливна котельня з $\eta_{FB} = 0,9$. Значення безрозмірного критерію енергоефективності паливного котла, згідно з [4], становить $K_{PSH}^{FB} = 0,9$. З метою оцінювання відносної екологічної ефективності застосування в тепловій схемі котельні комбінованої КТНУ як альтернативне джерело теплоти передбачалась паливна котельня відповідної потужності на природному газі. Джерелом теплоти для КТНУ є теплота вторинних енергоресурсів від контактного утилізатора теплоти відхідних газів котельні.

Запропонований в роботах [3, 7] підхід дозволив визначити область високої ефективності теплової схеми водогрійної котельні з комбінованою КТНУ, за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енерго-еколого-економічної ефективності, та розробити рекомендації з режимів високоєфективної експлуатації КТНУ в тепловій схемі котельні.

Висновки

В роботі [1] розглянуті питання з підвищення енергоефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні в м. Бар) із застосуванням комбінованих когенераційно-теплонасосних установок, із визначення енергоефективних режимів експлуатації теплової схеми котельні з комбінованою КТНУ, проведена оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування комбінованої КТНУ в тепловій схемі котельні. Досліджено засоби з підвищення ефективності теплової схеми котельні із застосуванням комбінованих когенераційно-теплонасосних установок, досліджено та оцінено вплив режимів роботи теплової схеми котельні (на прикладі котельні в місті Бар) із застосуванням комбінованих когенераційно-теплонасосних установок на показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні. Визначено енергоефективні режими та умови застосування комбінованих когенераційно-теплонасосних установок в тепловій схемі котельні (на прикладі котельні в місті Бар). Розроблено методичні рекомендації із підвищення енергоефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні в місті Бар) із застосуванням комбінованих когенераційно-теплонасосних установок.

За результатами проведених досліджень [1 – 2] визначена область енергоекономічної та екологічно безпечної роботи теплової схеми водогрійної котельні з комбінованою КТНУ потужністю понад 1 МВт. Запропонований в роботах [3, 7] підхід дозволив визначити область високої ефективності теплової схеми водогрійної котельні з комбінованою КТНУ, за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енерго-еколого-економічної ефективності, та розробити рекомендації з режимів високоєфективної експлуатації КТНУ в тепловій схемі котельні.

Практичні рекомендації (наведені в роботі [1]) по застосуванню комбінованої КТНУ в тепловій схемі котельні містять: оцінку ефективності варіантів застосування комбінованої КТНУ в тепловій схемі котельні з обґрунтуванням вибору енергоефективних та економічно обґрунтованих умов застосування комбінованих КТНУ в тепловій схемі котельні для теплопостачання, розробку технології монтажу і автоматизації обраного варіанту застосування КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів теплової схеми котельні. За обраним варіантом модернізації теплової схеми з встановленням КТНУ в роботі [1] обґрунтовано встановлення теплового насоса ТН-3000, який працює в середньому опалювальному режимі та режимі гарячого водопостачання. Джерелом низькотемпературної теплоти для КТНУ є теплота від контактного утилізатора та поверхнева вода. Підібрано КТАН-утилізатор марки КТАН-2,3УГ з теплопродуктивністю 0,3-3 МВт. Привод компресора КТНУ буде забезпечено від газопоршневого двигуна-генератора марки 11ГД100М з номінальною потужністю 1000 кВт. За рахунок впровадження комбінованої КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Бар забезпечується економія природного газу в обсязі $\Delta V_p = 22,12\%$. У випадку застосування КТНУ в тепловій схемі забезпечується зниження собівартості теплової енергії після модернізації теплової схеми. Термін окупності капіталовкладень становить 3,8 року, також зменшуються експлуатаційні витрати після модернізації на 6,41 млн. грн./рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Панчук Ю. В. Підвищення енергоефективності теплової схеми котельні в місті Бар із застосуванням комбінованих когенераційно-теплонасосних установок / Ю. В. Панчук // Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності «теплоенергетика». – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 177 с.
2. Остапенко О. П. Дослідження ефективності системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосною установкою в тепловій схемі опалювальної водогрійної котельні в м. Славути / О. П. Остапенко, П. Д. Форсюк // Актуальні проблеми сучасної енергетики: Матеріали Третьої Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (23 – 25 травня 2018 р., Херсон). – Херсон: Херсонський національний технічний університет, 2018. – С. 54-56.

3. Остапенко О. П. Методичні основи з комплексного оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2017. – № 3. – Режим доступу до журн.: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/515/507>. (Дата звертання 01.06.18).
4. Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. В. Лещенко, Р. О. Тихоненко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/454/452>. (Дата звертання 01.06.18).
5. Остапенко О. П. Наукові основи з оцінювання систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок / О. П. Остапенко // Актуальні проблеми енергетики та екології: матеріали XVI Всеукраїнської науково-технічної конференції (5 – 7 жовтня 2016 р., м. Одеса). – Херсон : ФОП Грінь Д. С., 2016. – С. 15 – 17.
6. Остапенко О. П. Показники енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок та пікових джерел теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. М. Портнов, А. Д. Волошин // Електронне наукове видання матеріалів XLVI науково-технічної конференції Вінницького національного технічного університету (22 – 24 березня 2017 р., Вінниця). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2017/paper/view/2875/2248>. (Дата звертання 01.06.18).
7. Остапенко О. П. Методичні основи з оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти / О. П. Остапенко // Наукові праці ОНАХТ. – 2017. – Т. 81. – Вип. 1. – С. 136 – 141.
8. Остапенко О. П. Комплексна оцінка енергетичної ефективності парокompресійних 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>. (Дата звертання 01.06.18).
9. Остапенко О. П. Методичні основи комплексного оцінювання енергетичної ефективності парокompресійних теплонасосних станцій з електричним та когенераційним приводом / О. П. Остапенко // Наукові праці ОНАХТ. – 2015. – Вип. 47. – Т. 2. – С. 157 – 162.
10. Ostapenko O. P. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants: monograph / O. P. Ostapenko. – Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 64 p.

Ольга Павлівна Остапенко — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ostapenko1208@gmail.com

Юрій Вікторович Панчук — магістр зі спеціальності «теплоенергетика», м. Київ

Павло Дмитрович Форсюк — здобувач освітнього ступеня «бакалавр», студент групи ТЕ-146, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Olga P. Ostapenko – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ostapenko1208@gmail.com

Yurii V. Panchuk – Master of Heat Power Engineering, Kyiv

Pavlo D. Forsiuk – Applicant of Educational Degree "Bachelor", Student of the Faculty of Civil Engineering, Heat Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia