

СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ В ТЕПЛОВИХ СХЕМАХ ОПАЛЮВАЛЬНИХ КОТЕЛЬНИХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Узагальнені результати досліджень з використання енергоефективних систем енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплонасосними установками (КТНУ) в теплових схемах опалювальних котельних.

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

Abstract

The results of the studies of application of energy efficient energy supply systems (ESS) with cogeneration heat pump installations (CHPI) in thermal schemes of heating boiler rooms are generalized.

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

Вступ

Актуальність роботи. Системи енергозабезпечення (СЕ) з когенераційними та теплонасосними установками (КТНУ) мають високу енергетичну та економічну ефективність порівняно з традиційними джерелами теплозабезпечення, що підтверджено значною кількістю публікацій вітчизняних та закордонних авторів [1 – 13].

Мета дослідження – узагальнення результатів досліджень з використання енергоефективних систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками в теплових схемах опалювальних котельних.

Результати дослідження

В нашому дослідженні [1] проведено оцінювання ефективності СЕ з КТНУ для теплової схеми опалювальної котельні в м. Хмельницький. В дослідженні [1] виконано комплексну оцінку енергоекономічної ефективності СЕ на основі КТНУ та пікового джерела теплоти (ПДТ) (опалювальної газової водогрійної котельні) за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ, з публікацій [5 – 8], який має вигляд:

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

де K_{ESS} – комплексний безрозмірний критерій енергетичної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ з досліджень [9 – 11];

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

β – частка навантаження КТНУ у складі СЕ з досліджень [9 – 13];

K_{PSH} – безрозмірний критерій енергоефективності ПДТ у складі СЕ з досліджень [9 – 11];

K_{CHPI} – безрозмірний критерій енергоефективності пароконденсійних КТНУ, запропонований та обґрунтований в дослідженнях [9 – 11].

Як зазначено в дослідженнях [5 – 8], економічно ефективні режими роботи СЕ з КТНУ будуть забезпечуватись за умови $\Delta E_i^{ESS} > 0$. Енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи СЕ з КТНУ та ПДТ будуть забезпечуватись за умови $K_{ESS}^{en.ec.} > 1$. Чим більшим буде значення показника $K_{ESS}^{en.ec.}$, тим більш енергоефективними, економічно ефективними та конкурентоздатними будуть СЕ з КТНУ та ПДТ.

В нашому дослідженні [1] показані результати оцінки енергоекономічної ефективності теплової схеми опалювальної котельні з СЕ та КТНУ потужністю понад 1 МВт (на прикладі теплової схеми опалювальної котельні в м. Хмельницький). В дослідженні ефективність теплової схеми опалювальної котельні з СЕ з 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 газопоршневого двигуна (ГПД)) на основі результатів досліджень [9 – 11].

На рис. 1 показана область енергоекономічної роботи теплової схеми опалювальної водогрійної котельні з СЕ з КТНУ потужністю понад 1 МВт, за умов максимальної ефективності ГПД та пікових паливних котлів, визначена на основі результатів досліджень [1 – 2, 5]. Ця область визначена за показником енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ з формули (1), за умов максимальної ефективності ГПД та пікового паливного котла.

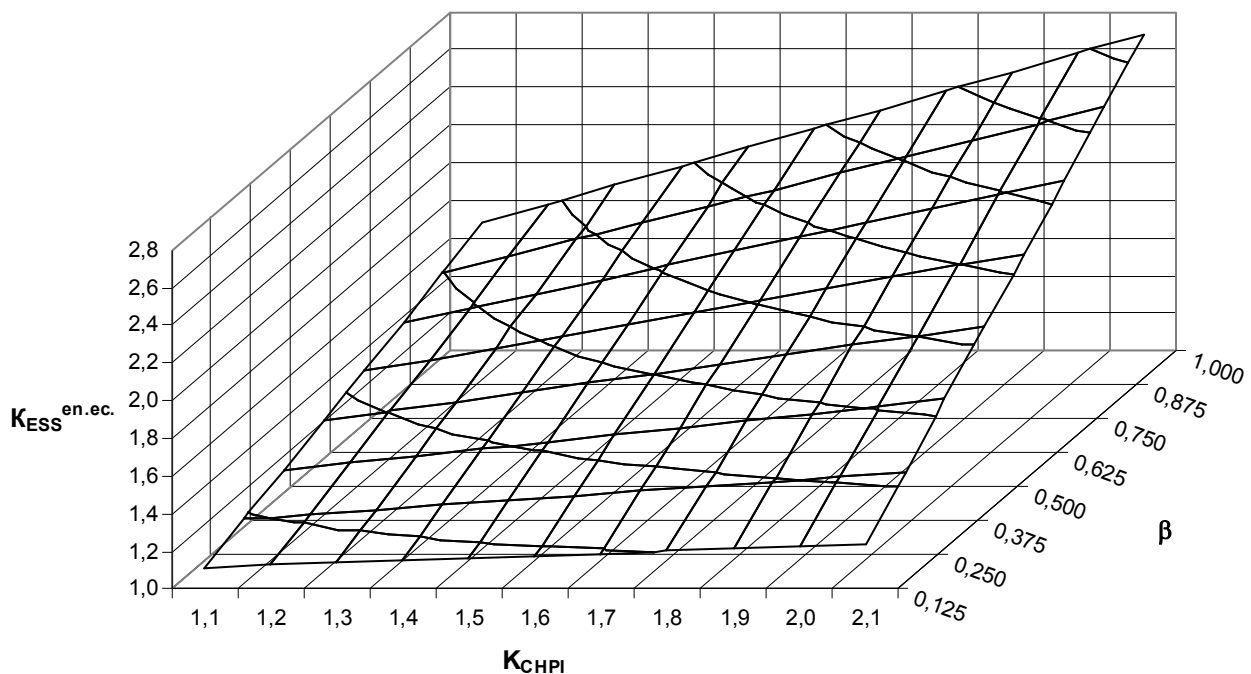


Рисунок 1 – Область енергоекономічної роботи теплової схеми опалювальної водогрійної котельні з СЕ з КТНУ потужністю понад 1 МВт, за умов максимальної ефективності ГПД та котлів

В нашому дослідженні, згідно з [8 – 9], враховані такі показники обладнання СЕ: значення ефективного ККД ГПД $\eta_{EM} = 0,42$; значення ККД електродвигуна, з урахуванням втрат енергії в блоці управління $\eta_{ED} = 0,9$. Як пікове джерело теплоти передбачена діюча водогрійна опалювальна паливна котельня на природному газі з $\eta_{FB} = 0,9$. Значення безрозмірного критерію енергоефективності паливного котла, згідно з [8 – 10], становить $K_{PSH}^{FB} = 0,9$. Джерелом теплоти для КТНУ є теплота відхідних газів від контактного утилізатора теплоти відхідних газів котельні.

Запропонований в роботах [5 – 13] підхід дозволив визначити область високої енергоекономічної ефективності теплової схеми опалювальної водогрійної котельні з комбінованою з СЕ з КТНУ за умов максимальної ефективності ГПД та пікових паливних котлів, за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енергоекономічної ефективності та розробити рекомендації з режимів високо-

ефективної експлуатації СЕ з КТНУ для теплової схеми опалювальної котельні (на прикладі теплової схеми котельні в м. Хмельницький).

Висновки

В роботі [1] розглянуті питання з підвищення ефективності теплової схеми опалювальної котельні (на прикладі котельні в м. Хмельницький) із застосуванням СЕ з КТНУ, із визначення енергоефективних режимів експлуатації теплової схеми котельні з СЕ з КТНУ, проведена оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Хмельницький. Досліджено варіанти з підвищення ефективності теплової схеми опалювальної котельні (на прикладі котельні в м. Хмельницький) із застосуванням СЕ з КТНУ. Досліджено та оцінено вплив режимів роботи теплової схеми котельні (на прикладі котельні в місті Хмельницький) із застосуванням СЕ з КТНУ на показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні. Визначено енергоефективні режими та умови застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні (на прикладі котельні в місті Хмельницький). Розроблено методичні рекомендації із підвищення енергоефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні в місті Хмельницький) із застосуванням СЕ з КТНУ.

За результатами проведених досліджень [1 – 2, 5] визначена область енергоекономічної роботи теплової схеми опалювальної котельні з СЕ з КТНУ потужністю понад 1 МВт, за умов максимальної ефективності ГПД та пікових паливних котлів. Запропонований в роботах [5 – 13] підхід дозволив визначити область високої енергоекономічної ефективності теплової схеми водогрійної опалювальної котельні з СЕ з КТНУ, за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енергоекономічної ефективності та розробити рекомендації з режимів високоефективної експлуатації СЕ з КТНУ для теплової схеми опалювальної котельні.

Практичні рекомендації (наведені в роботі [1]) по застосуванню СЕ з КТНУ в тепловій схемі опалювальної котельні містять: оцінку ефективності варіантів застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні з обґрунтуванням вибору енергоефективних та економічно обґрунтованих умов застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні для теплопостачання, розробку технології монтажу і автоматизації обладнання для обраного варіанту застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні. За обраним варіантом модернізації теплової схеми з встановленням СЕ з 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 потужністю 1000 кВт. За рахунок впровадження комбінованої КТНУ в тепловій схемі опалювальної котельні в м. Хмельницький буде забезпечено економію природного газу в обсязі $\Delta V_p = 23,4\%$. Визначено, що у випадку застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі опалювальної котельні забезпечується зниження собівартості теплової енергії після модернізації теплової схеми. Термін окупності капіталовкладень становить 4,1 року, також зменшуються експлуатаційні витрати після модернізації на 6,07 млн. грн./рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лебідь І. Ю. Система енергозабезпечення з когенераційними та теплонасосними установками в тепловій схемі котельні в місті Хмельницький / І. Ю. Лебідь // Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності «теплоенергетика». – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 168 с.
2. Остапенко О. П. Варіантний аналіз енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками в тепловій схемі котельні санаторію / О. П. Остапенко, В. М. Портнов // 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. 48 – 50.
3. Шит М. Л. Комбинированная система централизованного теплоснабжения и горячего водоснабжения на базе ТЭЦ и квартальных тепловых насосов [Электронный ресурс] / М. Л. Шит, В. И. Бурчиу // Problemele energeticii regionale. – 2015. – №3(29). – Режим доступа к журн.: http://journal.ie.asm.md/assets/files/09_03_29_2015.pdf. (Дата звертання 01.06.18).

4. Mueller S. Balancing fluctuating renewable energy generation using cogeneration and heat pump systems / Mueller S. et.al. // Energy technology. – 2014. – N. 2 (1). – P. 83-89.
5. 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).
6. 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.
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. 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).
9. 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).
10. Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок і пікових джерел теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 1. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/462/460>. (Дата звертання 01.06.18).
11. 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.
12. 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.
13. 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).

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

Ігор Юрійович Лебідь — магістр зі спеціальності «теплоенергетика», м. Ладижин

Віктор Миколайович Портнов — 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

Ihor Yu. Lebid – Master of Heat Power Engineering, Ladyzhyn

Viktor M. Portnov – Applicant of Educational Degree "Bachelor", Student of the Faculty of Civil Engineering, Heat Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia