

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ В ТЕПЛОВИХ СХЕМАХ ПРОМИСЛОВО-ОПАЛЮВАЛЬНИХ КОТЕЛЬНИХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Узагальнені результати досліджень з використання енергоефективних систем енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплонасосними установками (КТНУ) в теплових схемах промислово-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 industrial-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. За високої вартості імпортованих паливно-енергетичних ресурсів в Україні, підвищеного попиту на електричну енергію в години пікового споживання (особливо в опалювальний період), з метою зменшення навантаження на енергосистему України, в сучасних умовах надзвичайно актуальною постає технологія створення енергогенеруючих потужностей на основі комбінованих когенераційних і теплонасосних установок. Ця технологія передбачає застосування комбінованих когенераційно-теплонасосних установок (КТНУ), що дозволить знизити споживання природного або альтернативного газу на 30-45 % у порівнянні з котельними установками еквівалентної потужності, а також одержати більш дешево за собівартістю електроенергію у порівнянні з мережевою (на 30-40 %). Системи енергозабезпечення (СЕ) з КТНУ мають високу енергоефективність, що підтверджується багатьма публікаціями [1 – 10].

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

Результати дослідження

В нашому дослідженні [1] проведено оцінювання ефективності СЕ з КТНУ для теплової схеми котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси. В дослідженні [1] виконано комплексну оцінку енергоекономічної ефективності СЕ на основі КТНУ та пікового джерела теплоти (ПДТ) (газової водогрійної котельні) за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ, з публікацій [3 – 6], 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 [7 – 9];

ΔE_i^{ESS} – відносна економічна ефективність (у частках) для СЕ з КТНУ та ПДТ для i -го режиму роботи СЕ з досліджень [3 – 6];

β – частка навантаження КТНУ у складі СЕ з досліджень [7 – 11];

K_{PSH} – безрозмірний критерій енергоефективності ПДТ у складі СЕ з досліджень [7 – 9];

K_{CHPI} – безрозмірний критерій енергоефективності парокompресійних КТНУ, запропонований та обґрунтований в дослідженнях [7 – 9].

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 [3 – 6].

В нашому дослідженні [1] показані результати оцінки енергоекономічної ефективності теплової схеми водогрійної котельні з СЕ та КТНУ потужністю понад 1 МВт (на прикладі теплової схеми котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси). В дослідженні ефективність теплової схеми водогрійної 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 $K_{CHPI} = 1,1 \dots 1,6$ (за умов мінімальної ефективності газопоршневого двигуна (ГПД)) на основі результатів досліджень [7 – 9].

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

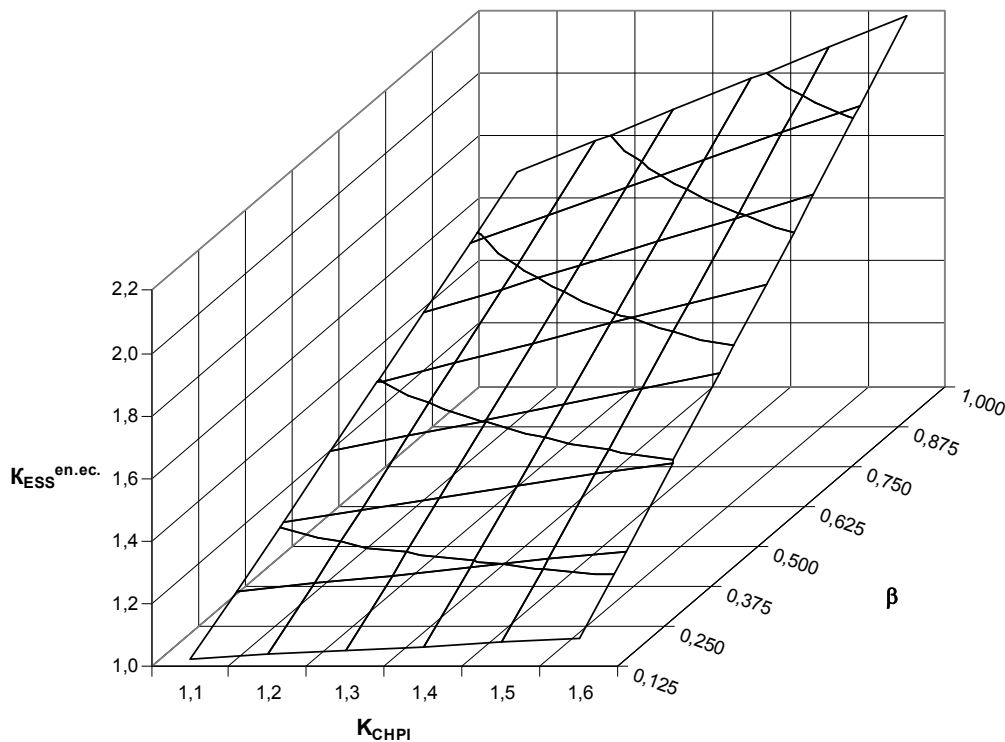


Рисунок 1 – Область енергоекономічної роботи теплової схеми котельні з СЕ з КТНУ потужністю понад 1 МВт, за умов мінімальної ефективності ГПД та котлів

В нашому дослідженні згідно з [7 – 8] враховані такі показники обладнання СЕ: значення ефективного ККД ГПД $\eta_{EM} = 0,31$; значення ККД електродвигуна, з урахуванням втрат енергії в блоці

управління $\eta_{ED} = 0,9$. Як пікове джерело теплоти передбачена діюча водогрійна паливна котельня на природному газі. Значення безрозмірного критерію енергоефективності паливного котла становить $K_{PSH}^{FB} = 0,8$. Джерелом теплоти для КТНУ є теплота відхідних газів від контактного утилізатора теплоти відхідних газів котельні.

Запропонований в роботах [3 – 11] підхід дозволив визначити область енергоекономічної ефективності теплової схеми водогрійної котельні з СЕ з КТНУ за умов мінімальної ефективності ГПД та пікових паливних котлів, за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енергоекономічної ефективності та розробити рекомендації з режимів вискоелективної експлуатації СЕ з КТНУ (на прикладі теплової схеми котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси).

Висновки

В роботі [1] розглянуті питання з підвищення енергоефективності теплової схеми промислово-опалювальної котельні (на прикладі котельні підприємства «Хімреактив») з використанням енергоефективної СЕ з КТНУ, визначення раціональних режимів застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні для забезпечення теплових та електричних навантажень споживачів, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси. Досліджено та оцінено вплив режимів роботи теплової схеми котельні (на прикладі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси) із застосуванням енергоефективних СЕ з КТНУ на показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні. Визначені енергоефективні режими та умови застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні (на прикладі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси). Розроблено методичні рекомендації із підвищення енергоефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси) із застосуванням енергоефективних СЕ з КТНУ.

За результатами проведених досліджень [1 – 2] визначена область енергоекономічної роботи теплової схеми котельні з СЕ з КТНУ потужністю понад 1 МВт, за умов мінімальної ефективності ГПД та котлів. Запропонований в роботах [3 – 11] підхід дозволив визначити область енергоекономічної ефективності теплової схеми промислово-опалювальної котельні з СЕ з КТНУ за умов мінімальної ефективності ГПД та пікових паливних котлів, за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енергоекономічної ефективності та розробити рекомендації з режимів вискоелективної експлуатації СЕ з КТНУ для теплової схеми промислово-опалювальної котельні.

Практичні рекомендації (наведені в роботі [1]) по застосуванню СЕ з КТНУ в тепловій схемі промислово-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 тепловій схемі котельні, в роботі [1] обґрунтовано встановлення двох теплових насосів ТН-1000 та ТН-3000, які працюють 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 17ГД100М з потужністю 1600 кВт. За рахунок впровадження СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси забезпечується економія природного газу в кількості $\Delta V_p = 25,8\%$. У випадку застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі промислово-опалювальної котельні забезпечується зниження собівартості теплової енергії після модернізації теплової схеми. Термін окупності капіталовкладень в нове обладнання становить 3,55 року, також зменшуються експлуатаційні витрати після модернізації на 9,73 млн. грн./рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Войцех І. Г. Енергоефективна система енергозабезпечення в тепловій схемі котельні підприємства «Хімреактив» в місті Черкаси / І. Г. Войцех // Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності «теплоенергетика». – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 164 с.

2. Остапенко О. П. Аналіз ефективності системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками в тепловій схемі котельні олійно-жирового комбінату / О. П. Остапенко, А. Д. Волошин // 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. 51-53.
3. 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).
4. 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.
5. 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.
6. 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).
7. 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).
8. 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).
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.
11. 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 Григорович Войцех — магістр зі спеціальності «теплоенергетика», м. Київ

Андрій Дмитрович Волошин — здобувач освітнього ступеня «бакалавр», студент групи ТЕ-16мс, 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 G. Voitsek – Master of Heat Power Engineering, Kyiv

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