

ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ КОМБІНОВАНИХ КОГЕНЕРАЦІЙНО- ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Обґрунтовано показники з оцінки енергетичної ефективності систем енергозабезпечення (СЕ) на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок (КТНУ), з метою визначення ефективних режимів роботи СЕ на основі комбінованих КТНУ з урахуванням комплексного впливу змінних режимів роботи, джерел приводної енергії для парокompресійних теплонасосних установок (ТНУ) різних рівнів потужності, з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії.

Ключові слова: енергетична ефективність, система енергозабезпечення, когенераційно-теплонасосна установка, безрозмірний критерій енергетичної ефективності.

Abstract

The indexes of energy efficiency evaluation of energy supply systems (ES), based on combined cogeneration heat pump installations (CHPI) are substantiated, that aimed to the determination of effective operation modes of ES, based on the combined CHPI with taking into consideration complex impact of variable operation modes, sources of drive energy of steam compressor installations (HPI) of various levels of power, taking into account energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy.

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

Вступ

Застосування систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок дозволить знизити споживання природного або альтернативного газу на 30-45 % у порівнянні з котельними установками еквівалентної потужності, а також одержати більш дешеву за собівартістю електроенергію у порівнянні з мережевою (на 30-40 %). Когенераційний привод компресорів ТНУ може бути забезпечений на основі газових двигунів-генераторів, що випускаються українськими підприємствами: «Первомайськдизельмаш» та ДП «Завод ім. В. О. Малишева» [1-2].

Метою дослідження є обґрунтування показників з оцінки енергетичної ефективності систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок, з метою визначення ефективних режимів роботи СЕ на основі комбінованих КТНУ з урахуванням комплексного впливу змінних режимів роботи, джерел приводної енергії для парокompресійних теплонасосних установок різних рівнів потужності, з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії.

Результати дослідження

В роботі [1] досліджувалась ефективність систем енергозабезпечення на основі парокompресійних ТНУ малої (до 1 МВт) та великої потужностей з когенераційним приводом від газопоршневого двигуна-генератора (ГПД). Використання когенераційних установок для приводу теплових насосів дозволяє уникнути додаткових втрат електроенергії при транспортуванні та передбачає утилізацію теплоти відхідних газів після газового двигуна, що забезпечує кращу енергетичну ефективність. Дослі-

джувані СЕ на основі комбінованих КТНУ можуть повністю або частково забезпечувати власні потреби в електричній енергії та забезпечувати потреби опалення та гарячого водопостачання споживачів. Схеми систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок наведені в роботах [3-4].

Згідно з дослідженням [1], дійсний коефіцієнт перетворення КТНУ може бути визначений як:

$$\varphi^{\text{CHPI}} = (\varphi_t + K_{\text{GPE}}^h) \cdot \eta_{\text{hp}} \quad (1)$$

де φ_t – теоретичне значення коефіцієнта перетворення ТНУ без урахування потужності утилізаційного обладнання ГПД; K_{GPE}^h – тепловий коефіцієнт ГПД, який дорівнює відношенню теплової утилізаційної потужності ГПД до його електричної потужності, η_{hp} – енергетичний ККД ТНУ, який враховує всі втрати енергії в теплому насосі з [5-6].

Теплова потужність СЕ на основі комбінованих КТНУ, згідно з [1-4], визначається з урахуванням потужності ТНУ та утилізаційного обладнання когенераційного приводу ТНУ $Q_{\text{CHPI}} = Q_c + \Sigma Q_{\text{ut}}$, де Q_c – потужність конденсатора ТНУ, ΣQ_{ut} – потужність утилізаційного обладнання когенераційного приводу ТНУ. В дослідженні [1] запропоновано безрозмірний критерій енергетичної ефективності для СЕ на основі КТНУ:

$$K_{\text{ES}} = Q_{\text{CHPI}}/Q_h = \eta_{\text{EM}} \cdot \eta_{\text{ED}} \cdot \varphi^{\text{CHPI}} \cdot \eta_{\text{hf}} \quad (2)$$

де Q_h – потужність, витрачена газопоршневим двигуном-генератором для вироблення електричної енергії для приводу ТНУ, η_{EM} – ефективний ККД газопоршневого двигуна; η_{ED} – ККД електричного двигуна з урахуванням втрат енергії в блоці управління двигуном з [5-6], η_{hf} – ККД теплового потоку, що враховує втрати енергії та робочого агента в трубопроводах та обладнанні ТНУ.

За умови $K_{\text{ES}} = 1$ система енергозабезпечення на основі КТНУ передає до споживача таку ж теплову потужність, яка була витрачена для вироблення електроенергії для приводу ТНУ. Чим більше значення цього показника, тим більш ефективною та конкурентоздатною буде система енергозабезпечення на основі КТНУ.

Висновки

Запропонований підхід з оцінювання енергетичної ефективності СЕ на основі КТНУ має низку переваг:

- дозволяє оцінювати вплив змінних режимів роботи КТНУ з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії;
- враховує режими роботи парокompресійних ТНУ;
- враховує вплив джерел приводної енергії парокompресійних ТНУ різних рівнів потужності з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії в КТНУ;
- враховує енергетичну ефективність систем енергозабезпечення на основі КТНУ різних рівнів потужностей;
- запропоновані показники енергетичної ефективності можуть бути використані для оцінювання енергетичної ефективності систем енергозабезпечення на основі КТНУ з різними холодоагентами, джерелами низькотемпературної теплоти та схемними рішеннями ТНУ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. 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>.
2. 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>.
3. Ткаченко С. Й. Парокompресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання. Монографія / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2009. – 176 с.
4. Остапенко О. П. Холодильна техніка та технологія. Теплові насоси : навчальний посібник / О. П. Остапенко. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 123 с.

5. Остапенко О. П. Енергетична ефективність парокompресійних 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>.

6. Остапенко О. П. Енергетичні переваги застосування парокompресійних 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>.

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

Вадим Володимирович Лещенко — студент групи ТЕ-15мн, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vad0894@yandex.ua

Роман Олегович Тіхоненко — студент групи ТЕ-15мн, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: scorpio12t@mail.ru

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

Vadym V. Leshchenko – Student of the Faculty of Civil Engineering, Heat Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vad0894@yandex.ua

Roman O. Tikhonenko – Student of the Faculty of Civil Engineering, Heat Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: scorpio12t@mail.ru