

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПАРОКОМПРЕСІЙНИХ ТЕПЛОАСОСНИХ УСТАНОВОК З ЕЛЕКТРИЧНИМ ПРИВОДОМ

К.т.н., доц. Остапенко О.П., Лещенко В.В., Тіхоненко Р.О.
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця
olgaost@rambler.ru

Науковий керівник: к.т.н., доц. Остапенко О.П.

Мета дослідження – визначення енергетичної ефективності парокompресійних теплоасосних установок (ТНУ) з електроприводом та оцінка обсягів економії енергоресурсів від впровадження парокompресійних ТНУ з електричним приводом з урахуванням впливу джерел приводної енергії парокompресійних ТНУ та врахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії; визначення ефективних режимів роботи парокompресійних ТНУ з електричним приводом.

Нами в дослідженні [1] проаналізовано енергетичну ефективність системи «Джерело приводної енергії ТНУ – ТНУ – споживач теплоти від ТНУ» на прикладі парокompресійних ТНУ з електричним приводом компресора. Перевагою такого підходу є врахування втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії до ТНУ з метою визначення ефективних дійсних режимів роботи ТНУ з електричним приводом.

Проведений аналіз енергетичної ефективності парокompресійних ТНУ малої (до 1 МВт) та великої потужностей з електричним приводом компресора, з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії. Дослідження проведено для випадків використання в електроприводних ТНУ електроенергії від електростанцій різних типів, а також для усереднених значень ККД електростанцій в Україні.

Для парокompресійних ТНУ з електричним приводом в дослідженні [1] запропонований безрозмірний критерій енергетичної ефективності:

$$K_{\text{ТНУ}} = Q_{\text{ТНУ}}/Q_{\text{Т}} = \eta_{\text{ЕЛ}} \cdot \varphi \cdot \eta_{\text{ТП}}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{ТНУ}}$ – теплова потужність ТНУ, $Q_{\text{Т}}$ – потужність, витрачена на електростанції для вироблення електричної енергії для привода ТНУ, $\eta_{\text{ЕЛ}}$ – загальний ККД генерування, постачання і перетворення електричної енергії з дослідження [1]; φ – коефіцієнт перетворення парокompресійних ТНУ з електроприводом, $\eta_{\text{ТП}}$ – ККД теплового потоку, що враховує втрати енергії та робочого агента в трубопроводах та обладнанні ТНУ.

Значення загального ККД генерування, постачання і перетворення електричної енергії до ТНУ з електроприводом, згідно з [1], може бути визначене:

$$\eta_{\text{ЕЛ}} = \eta_{\text{ЕС}} \cdot \eta_{\text{ЛЕП}} \cdot \eta_{\text{ЕП}}, \quad (2)$$

де $\eta_{\text{ЕС}}$ – усереднене значення ККД електростанцій в Україні, або ККД

альтернативних джерел електричної енергії (на базі парогазових установок (ПГУ), газотурбінних установок (ГТУ), сонячних електростанцій термодинамічного циклу (СЕС), вітроенергетичних електростанцій (ВЕС)), з дослідження [1]; $\eta_{ЛЕП}$ – ККД розподільчих електричних мереж в Україні з [1], $\eta_{ЕП}$ – ККД електричного двигуна з урахуванням втрат енергії в блоці управління двигуном з [1].

За умови $K_{ТНУ} = 1$ теплонасосна установка передає до споживача таку ж теплову потужність, яка була витрачена для вироблення електроенергії для привода ТНУ. Чим більше значення цього показника, тим більш ефективним та конкурентоздатним буде тепловий насос.

В дослідженні [1] запропоновано метод визначення областей ефективного використання парокompресійних ТНУ з електричним приводом за безрозмірним показником енергетичної ефективності ТНУ $K_{ТНУ}$ з урахуванням впливу джерел приводної енергії парокompресійних ТНУ та врахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії до ТНУ.

На рис. 1 показані значення безрозмірного показника енергетичної ефективності ТНУ малої потужності з електроприводом в залежності від теоретичних значень коефіцієнта перетворення [1]. Дослідження проведено для випадків використання в ТНУ електроенергії від електростанцій різних типів, а також для усереднених значень ККД електростанцій в Україні. Пунктирною лінією на рис. 1 показане граничне значення показника енергетичної ефективності ТНУ $K_{ТНУ} = Q_{ТНУ}/Q_T = 1$. Як зазначалось раніше, для випадків $K_{ТНУ} = Q_{ТНУ}/Q_T > 1$ використання ТНУ з електроприводом є доцільним. Вище пунктирної лінії на рис. 1 визначена область ефективного використання ТНУ з електроприводом.

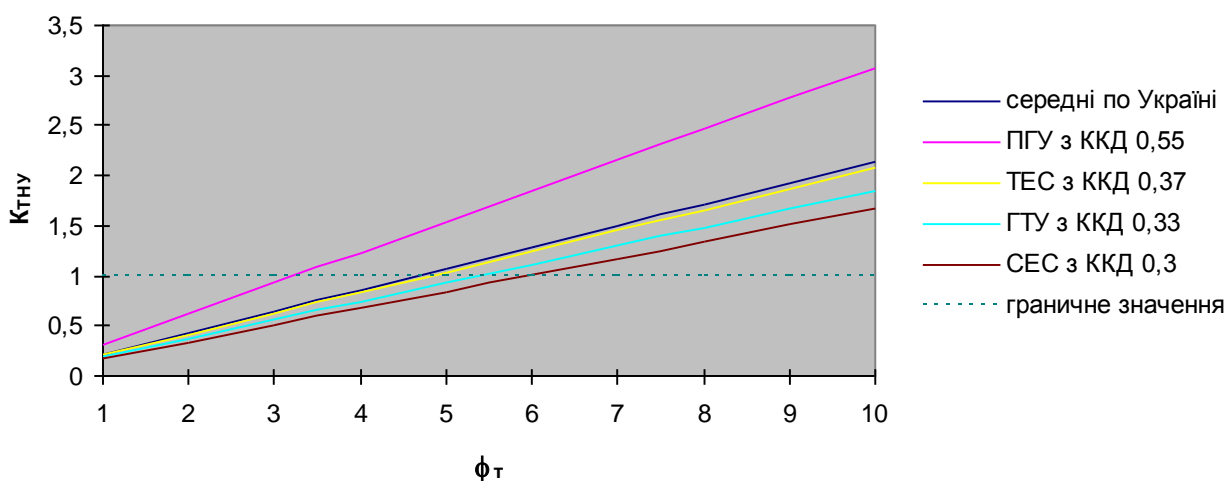


Рис. 1. Значення безрозмірного показника енергетичної ефективності ТНУ малої потужності з електроприводом в залежності від теоретичних значень коефіцієнта перетворення

Ефективна інтеграція парокompресійних ТНУ з електричним приводом в промисловість та енергетику обґрунтовується забезпеченням економії умовного

палива від впровадження. Економія умовного палива (у відсотках) від застосування парокompресійних ТНУ з електричним приводом, згідно з [2], визначається як:

$$\Delta B_y = \left(1 - \frac{\eta_{д.т.}^H}{\varphi_{д.} \cdot \eta_{ЕЛ}} \right) \cdot 100, \quad (3)$$

де $\eta_{д.т.}^H$ – ККД-нетто заміщуваного джерела теплоти, $\eta_{ЕЛ}$ – загальний ККД генерування, постачання і перетворення електричної енергії за формулою (2), $\varphi_{д.}$ – дійсний коефіцієнт перетворення парокompресійних ТНУ з електроприводом.

Ефективне впровадження парокompресійних ТНУ з електричним приводом в промисловість та енергетику буде досягатися за умови: $\varphi_{д.} > \eta_{д.т.}^H / \eta_{ЕЛ}$. В нашому дослідженні оцінено економію умовного палива від впровадження парокompресійних ТНУ малої та великої потужностей з електричним приводом з урахуванням впливу джерел приводної енергії парокompресійних ТНУ та з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії.

На рис. 2 показані значення економії умовного палива (у відсотках) від застосування парокompресійних ТНУ малої потужності з електроприводом в залежності від дійсних значень коефіцієнта перетворення. Дослідження проводилось для випадків використання в ТНУ електроенергії від електростанцій різних типів, а також для усереднених значень ККД електростанцій в Україні. В дослідженні враховано, що ККД-нетто заміщуваного джерела теплоти $\eta_{д.т.}^H = 0,8$. Залежності, показані на рис. 2, дозволяють визначити для електроприводних ТНУ мінімальні дійсні значення коефіцієнта перетворення, вище яких застосування певного виду ТНУ забезпечує економію умовного палива та є доцільним.

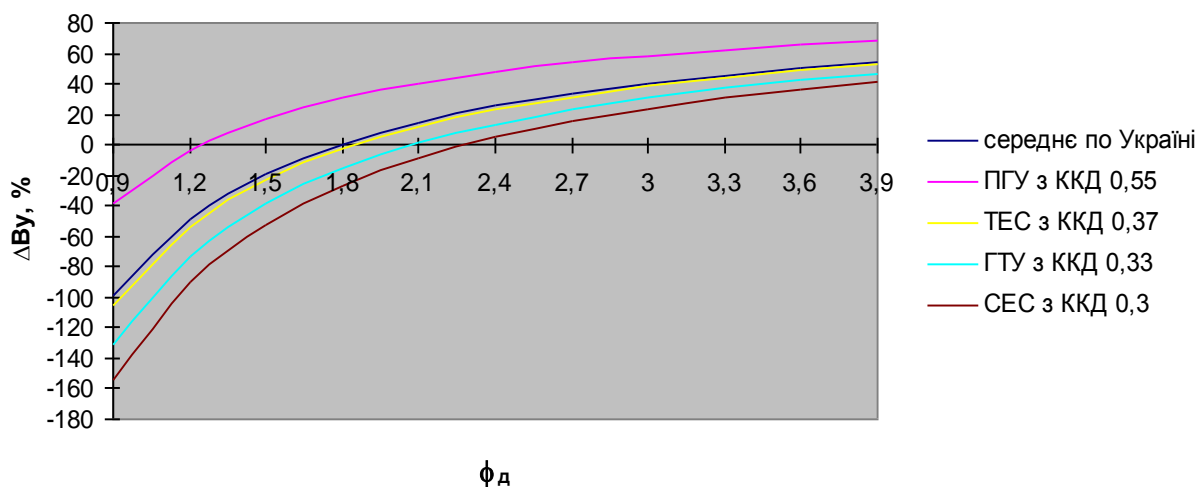


Рис. 2. Значення економії умовного палива (у відсотках) від застосування парокompресійних ТНУ малої потужності з електроприводом в залежності від дійсних значень коефіцієнта перетворення

Запропоновані результати досліджень [1-2] визначають енергетичні переваги застосування парокомпресійних ТНУ та дозволяють визначити ефективні режими роботи парокомпресійних ТНУ з електричним приводом, за яких забезпечується економія умовного палива від впровадження ТНУ і застосування ТНУ є доцільним.

Для парокомпресійних ТНУ з електричним приводом в [1-2] визначені області їх ефективного використання за безрозмірним показником енергетичної ефективності та економією умовного палива; визначені мінімальні теоретичні та дійсні значення коефіцієнта перетворення ТНУ, вище яких застосування певного виду ТНУ забезпечує економію умовного палива та є доцільним.

За результатами досліджень [1-2] визначено, що достатня енергетична ефективність ТНУ з електричним приводом для різних джерел приводної енергії парокомпресійних ТНУ, з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії, забезпечується при $\varphi_d \geq 2,5$. Висока енергетична ефективність ТНУ з електричним приводом для різних джерел приводної енергії парокомпресійних ТНУ, з урахуванням втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії, забезпечується при $\varphi_d \geq 3,5$.

Результати досліджень [1-2] добре узгоджуються із статистичними даними з досліджень [3-4] щодо дійсних коефіцієнтів перетворення ТНУ, що випускаються фірмами LG, Mitsubishi, MHPUL, MHPUE, FUJITSU, McQUAY, HPVU, «Енергія», «Тритон-ЛТД».

Результати досліджень [1-2] дозволяють оцінити економію умовного палива від застосування парокомпресійних ТНУ з електричним приводом для різних режимів роботи ТНУ та дозволяють здійснити вибір ефективних режимів роботи парокомпресійних ТНУ з врахуванням впливу джерел приводної енергії парокомпресійних теплових насосів та втрат енергії при генеруванні, постачанні і перетворенні електричної енергії.

Список літератури:

1. 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. – 9 с. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/3821/5562>.

2. 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. – 9 с. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/3976/5776>.

3. Ильин Р. А. Новый подход к оценке эффективности тепловых насосов / Р. А. Ильин, А. К. Ильин // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2010. – № 2. – С. 83–87.

4. Калнинь И. М. Техника низких температур на службе энергетики / И. М. Калнинь // Холодильное дело. – 1996. – №1. – С. 26–29.