

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**ХІ МІЖНАРОДНА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ**

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І
АВТОМАТИЗАЦІЯ – 2018**

Збірник доповідей

Частина I

Одеса,
4-5 жовтня 2018

ЗМІСТ

<i>PUTILINA DARIA, MEDVEDEV MAXYM, TROYNINA ANASTASYA</i>	3
<i>VYATKIN SERGEY I., ROMANYK ALEXANDER N.</i>	5
<i>VYATKIN S.I., ROMANYUK S.A., PAVLOV S.V.</i>	8
<i>KRASILENKO V.G., LAZAREV A.A., NIKITOVICH D.V.</i>	12
<i>ВОЛКОВ В.Э., КОВАЛЕНКО А.В., МАКСИМОВА О.Б.</i>	19
<i>LOBODA U.G., KIRICHENKO V.I., VOLKOV V.E.</i>	20
<i>VOLKOV V.E., MAKOYED N.A.</i>	22
<i>ГАБУЕВ К.О., ЕГОРОВ В.Б.</i>	24
<i>ГОНЧАР В.О.</i>	27
<i>ГРАТІЙ Т.І., БЕРЕЗОВСЬКА Л.В.</i>	28
<i>ДУБОВКА В. С.</i>	30
<i>ZHYGAILO A.M., DETS D.V.</i>	32
<i>ІВАНОВА Л.В., КРАСНІЄНКО Н.В.</i>	35
<i>КОВАЛЕВСЬКИЙ В. М.</i>	37
<i>КОВАЛЬЧУК Д. А., МАЗУР О.В.</i>	40
<i>ЖУЧЕНКО О. А., КОРОТИНСЬКИЙ А. П.</i>	43
<i>КОТЛИК С.В., КОРНІЄНКО Ю.К., СОКОЛОВА О.П., ПАРФЕНЮК О.Є.</i>	45
<i>КОТЛИК С.В., СІРОМЛЯ С.Г., КУПРІЯНОВ А.Б.</i>	48
<i>KRYVCHENKO Yu., KRYVCHENKO A.</i>	50
<i>LEVINSKYI V.M., LEVINSKYI M.V.</i>	52
<i>МАЗУРОК Т.Л.</i>	53

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОНАСОСНОГО УТИЛІЗАТОРА ТЕПЛА
ПАРОПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ ЯК ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ

Розглянуті результати експериментальних досліджень теплонасосного утилізатора тепла пароповітряних сумішей, за допомогою автоматизованої лабораторної установки, проведено аналіз результатів, дані рекомендації по розробці енергоефективної системи автоматичного керування.

Питання енергозбереження було актуальним завжди, але останнім часом, у зв'язку з постійним зростанням цін на енергоносії, воно стає все більш гострим, і це змушує промислові підприємства все частіше замислюватися про впровадження систем, що дозволяють знижувати питомі витрати енергії на одиницю готової продукції.

Багато технологічних процесів супроводжуються утворенням великої кількості енергетичних відходів у вигляді пароповітряних сумішей [1, 2], які в більшості випадків просто викидаються в навколишнє середовище. Підвищення ефективності роботи таких технологічних процесів можливо за рахунок утилізації тепла їх енергетичних відходів. В [3] була розглянута можливість застосування теплового насоса для глибокої утилізації тепла димових газів в котельні. Застосування теплових насосів з метою утилізації їх теплової енергії можливо і може бути досить ефективним для будь-якого технологічного процесу, де має місце викид пароповітряних сумішей як енергетичних відходів.

Розробка теплонасосної систем глибокої утилізації енергії ППС вимагає проведення попередніх досліджень, для оцінки можливості ефективного використання вторинних енергоресурсів, пошуку оптимальних режимів роботи, синтезу і налагодження енергоефективних алгоритмів управління. Для таких досліджень було розроблено та виготовлено лабораторну установку - автоматизоване робоче місце (АРМ) дослідника процесів утилізації тепла пароповітряних сумішей, яка дозволяє проводити експерименти, як в ручному, так і в автоматичному режимі, налагоджувати алгоритми управління. Опис лабораторної установки, системи збору даних та програмного забезпечення був наведений у [4].

На даний момент із застосуванням АРМ виконаний ряд експериментів з дослідження режимів роботи ТН у складі системи утилізації ППС. Були отримані сімейства квазістатичних залежностей параметрів теплового насоса як об'єкта управління по каналу завантаження випарника. Всі експерименти проводилися в автоматичному режимі. При виконанні кожного експерименту лише один параметр цілеспрямовано змінювався, усі інші параметри були застабілізовані.

На рисунку 1 показані квазістатичні залежності деяких параметрів ТН від положення ЕРВ в діапазоні від 350 до 470 кроків (з 2400 можливих), при цьому були стабілізовані на рівні 25 °C і 35 °C температури води на вході у випарник і конденсатор відповідно, частота обертання компресора на рівні 3000 об/хв, а витрати води через випарник і конденсатор - 300 л/год.

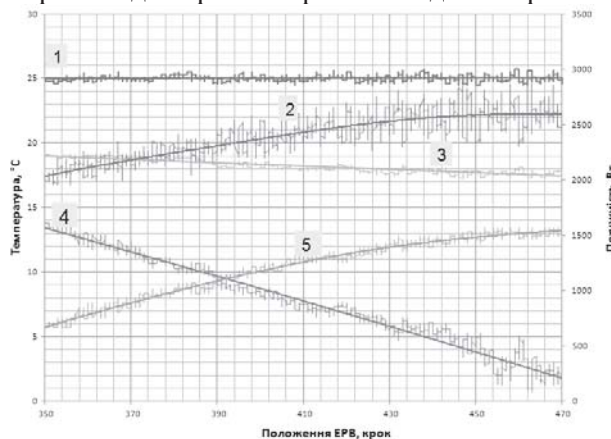


Рисунок 1. Квазістатичні залежності параметрів ТН по каналу керуючого впливу завантаження випарника

1 - Температура води на вході випарника ТН, 2 - Потужність випарника ТН, 3 - Температура води на виході випарника ТН, 4 - Температура перегріву холодоагенту у випарнику ТН, 5 - Температура кипіння холодоагенту у випарнику ТН.

З представлених на рисунку 1 залежностей видно, що при відкритті ЕРВ спостерігається підвищення тиску у випарнику, а також збільшення його теплової потужності. При цьому, очевидно, зростає й енергетична ефективність ТН. Але при цьому також знижується рівень перегріву парів холодоагенту на виході випарника. При зниженні рівня перегріву нижче 4°C збільшується амплітуда його коливань, що може бути пов'язаним з попаданням в зону вимірювання температури холодоагенту на виході випарника крапельної фази у зв'язку з приближенням фронту кипіння. Попадання рідкого холодоагенту в компресор може привести до гідроударів і виходу з ладу компресора, іншими словами до аварійної ситуації. Очевидно, що найбільш ефективний режим роботи випарника відповідає мінімально можливому перегріву, який забезпечує відсутність рідкої фази холодоагенту на вході компресора, проте в цьому режимі існує висока ймовірність виникнення аварійної ситуації (попадання рідкого холодоагенту в компресор). Залежності рівня перегріву від положення ЕРВ – майже лінійні, практично у всіх режимах роботи випарника.

На рисунку 2 представлено сімейство квазістатичних залежностей по каналу «Положення ЕРВ - Перегрів холодоагенту у випарнику ТН» при постійній температурі води на вході у випарник 20°C і при трьох різних температурах води на вході в конденсатор (30°C , 35°C , 40°C).

На рисунку 3 представлено сімейство квазістатичних залежностей по каналу «Положення ЕРВ - Перегрів холодоагенту у випарнику ТН» при постійній температурі води на вході в конденсатор 35°C і при трьох різних температурах води на вході в випарник (20°C , 25°C , 30°C). Обидва експерименту проводилися при частоті обертання компресора 3000 об/хв і витратах води через випарник і конденсатор - 300 л/год .

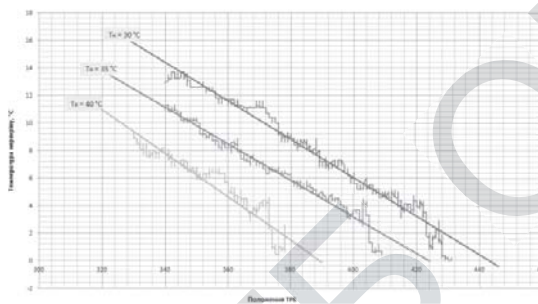


Рисунок 2

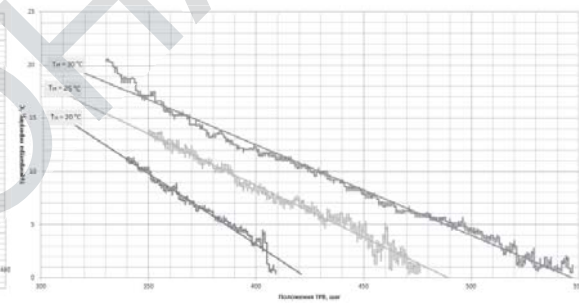


Рисунок 3

На рисунку 4 представлено сімейство квазістатичних залежностей по каналу «Положення ТРВ - Перегрів холодоагенту у випарнику ТН» при постійній температурі води на вході в конденсатор (в даному випадку 35°C) і випарник (в даному випадку 20°C), при різних частотах обертання компресора (50 Гц і 55 Гц).

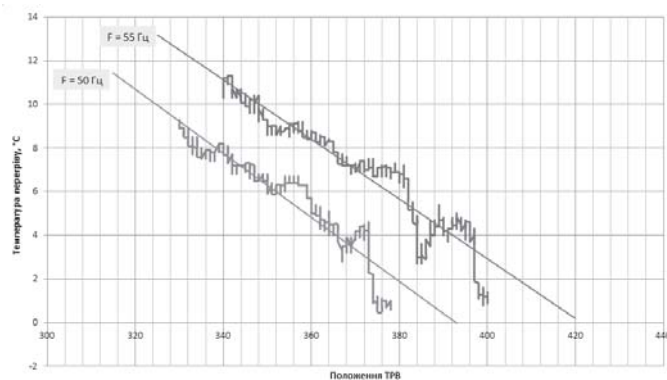


Рисунок 4.

На всіх графіках виведені як дані, отримані безпосередньо в ході експерименту, так і дані отримані в ході лінійної апроксимації результатів експерименту для більш наочного усвідомлення результатів.

Аналіз отриманих квазістатичних характеристик показує, що на значення перегріву холодоагенту на виході випарника істотний вплив роблять положення клапана ЕРВ, а також температури води, що надходить у випарник і конденсатор при постійній витраті через них, та продуктивність (частота обертання) компресора.

Вплив положення ЕРВ є найбільш істотним, і найлегше піддається зміні, тому при реалізації САР ця величина буде керуючим впливом. Решта величини віднесемо до контрольованих збурень. З результатів експериментів видно, що всі впливи викликають зміщення характеристик. Крім того, зміна температури води, що надходить у випарник також призводить до зміни нахилу характеристики, або коефіцієнта передачі об'єкта по каналу «Температура на вході випарника - перегрів». При зміні температури води на вході випарника від 20 до 30 ° С коефіцієнт передачі змінився майже в 2 рази. У той же час коефіцієнт передачі змінюється незначно при зміні температури води, що надходить в конденсатор.

Висновки

Аналіз результатів експериментів показує, що скоріш за все САР традиційної структури не зможе забезпечити стабільну і безаварійну роботу ТН в широкому діапазоні робочих температур і з максимальною ефективністю. Для забезпечення роботи в таких режимах необхідно розробити САР підвищеної динамічної точності, яка повинна відповідати таким вимогам:

1. Бути інваріантною до збурень у вигляді зміни температури охолоджуючої води на вході випарника і конденсатора і продуктивності компресора. Це завдання може бути реалізована за рахунок введення до складу САР коригувальних зв'язків, що виконують зсув керуючого впливу.

2. Мати можливість адаптації до зміни коефіцієнта передачі по каналу керуючого впливу, при зміні температури води на вході випарника [5].

Після рішення цих задач для стабілізації рівня перегріву на мінімально можливому рівні, що відповідає найбільш ефективному режиму доцільно реалізувати в складі САУ функцію гарантування мінімально можливого перегріву, тобто гарантованого, з наперед заданою вірогідністю дотримання обмежень, встановлених регламентами [6].

Дані висновки необхідно враховувати при розробці системи автоматичного управління (САУ) тепловим насосом і системою утилізації тепла ПВС в цілому. Звичайно, для розробки повноцінної САУ необхідно провести ще додаткові дослідження, зокрема дослідження режимів роботи теплоутилизатора.

Перелік використаних джерел

- [1] Сухоцкий А. Б. Вторичные энергетические ресурсы. – 2014.
- [2] Использование теплоты конденсата «глухого» пара и теплоты паровоздушной смеси [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://studbooks.net/1897332/>
- [3] Kovalchuk D., Mazur A., Hudz S. The model for power efficiency assessment of condensation heating installations //Автоматизация технологических та бизнес-процесів. – 2017. – Т. 9. – №. 3.
- [4] Ковальчук Д. А., Мазур О. В., Гудзь С. С. Дослідження процесів утилізації тепла пароповітряних сумішей: лабораторна установка, вимірювані змінні, автоматизація експериментів //Автоматизация технологических та бизнес-процесів. – 2018. – Т. 10. – №. 2.
- [5] Жук А. Ю. Адаптивные системы управления //Молодежный научно-технический вестник. – 2013. – №. 5. – С. 24-24.
- [6] Хобин В. А. Системы гарантирующего управления технологическими агрегатами: основы теории, практика применения //Одесса: ТЕС. – 2008. – Т. 306.

ХІ МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЯ – 2018

ОДЕСА
4 – 5 ЖОВТНЯ, 2018

Збірник включає доповіді учасників ХІ Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація – 2018»

Редакційна колегія: Котлик С.В., Хобін В.А.

Комп'ютерний набір і верстка: Шамрай О.А.

Відповідальний за випуск: Котлик С.В.

ДЛЯ ПОТАТОК

A blank sheet of lined paper with horizontal ruling lines. A large, light gray watermark reading "НЕ ОБРАТ" is oriented diagonally across the page.