

ДО ПИТАННЯ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

¹Вінницький Національний Технічний Університет

Анотація

Проаналізовано основні принципи побудови автоматизованих систем керування холодильною установкою, визначено основні показники ефективності їх функціонування, зокрема енергоефективність, точність підтримання температурного режиму, динамічні характеристики та надійність. Сформульовано основні задачі синтезу системи керування, спрямованої на мінімізацію енергоспоживання при забезпеченні заданих показників якості регулювання.

Ключові слова: холодильна установка, автоматизована система керування, енергоефективність, оптимізація режимів роботи, температурне регулювання, динамічні характеристики.

Abstract

The main principles of designing automated control systems for refrigeration units have been analyzed. The key performance indicators of their operation have been identified, including energy efficiency, temperature control accuracy, dynamic characteristics, and reliability. The problem statement for the synthesis of a control system aimed at minimizing energy consumption while ensuring the required control quality indices has been formulated.

Key words: refrigeration unit, automated control system, energy efficiency, operating mode optimization, temperature control, dynamic characteristics.

Вступ

Сучасні холодильні установки широко застосовуються в промислових, комерційних та побутових системах і характеризуються значним рівнем енергоспоживання, що обумовлює актуальність підвищення їх енергоефективності та якості керування [1].

У сучасних умовах розвитку енергетики та екологічних вимог особлива увага приділяється вдосконаленню систем автоматизованого керування, які забезпечують оптимізацію режимів роботи холодильних установок та зменшення енергетичних витрат

Аналіз сучасних досліджень показує, що ефективність функціонування холодильних установок визначається такими показниками, як енергоефективність (зокрема коефіцієнт продуктивності), точність підтримання температурного режиму, динамічні характеристики та надійність роботи [2].

Значну роль у підвищенні ефективності відіграє впровадження інтелектуальних та адаптивних методів керування, зокрема алгоритмів оптимізації, моделей на основі даних та сучасних регуляторів, що дозволяють враховувати змінні теплові навантаження і зовнішні умови [3]. Разом з тим, існуючі підходи до керування холодильними установками не завжди забезпечують оптимальне співвідношення між енергоспоживанням та якістю регулювання, що зумовлює необхідність подальших досліджень у напрямі синтезу ефективних автоматизованих систем керування та оптимізації їх режимів роботи.

Мета дослідження полягає у аналізі основних показників ефективності функціонування холодильної установки та обґрунтуванні підходів до синтезу автоматизованої системи керування, спрямованої на мінімізацію енергоспоживання при забезпеченні заданих показників якості температурного регулювання.

Об'єктом дослідження є процес функціонування холодильної установки як об'єкта автоматизованого керування, що характеризується змінними тепловими навантаженнями, енергоспоживанням та динамічними режимами роботи.

Основна частина

Охолодження в холодильній машині організовується за принципом всмоктування теплової енергії при кипінні рідини. Температура, під час якої речовина починає кипіти, залежить від властивостей і тиску зовнішнього середовища. Чим більший тиск, тим більше температура закипання рідини. При рівних атмосферних обставин різні рідинні речовини мають різною температурою кипіння. Принцип роботи холодильної машини приведений на рис. 1.

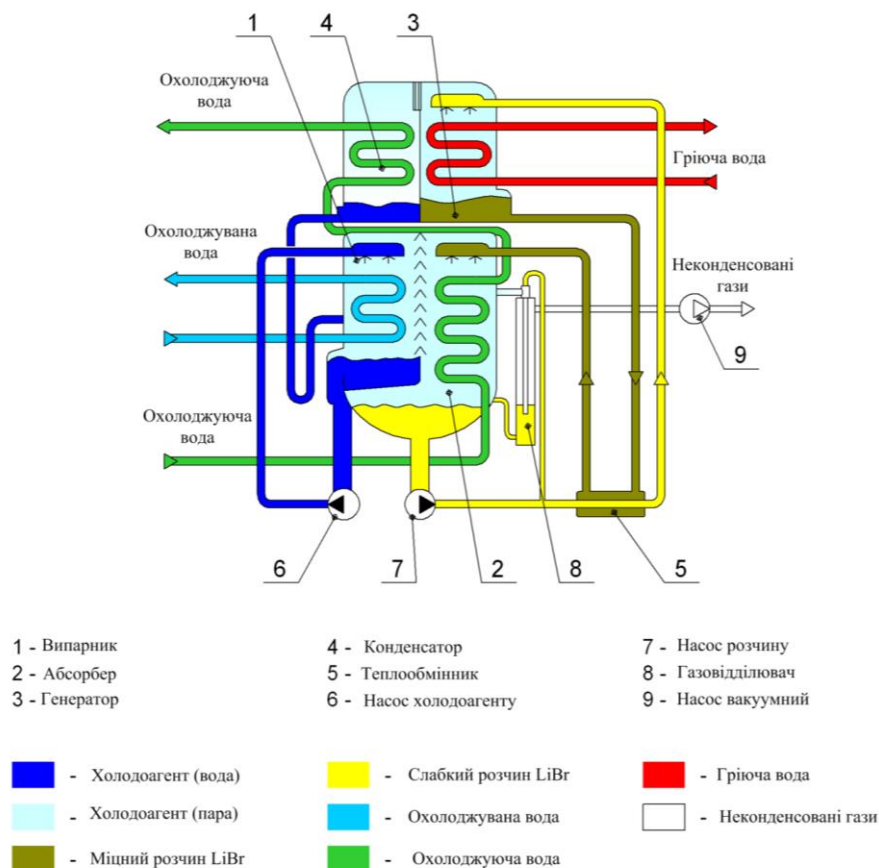


Рис. 1. Принцип роботи холодильної машини

Основне обладнання холодильної установки в сукупності складає холодильну машину (ХМ), призначену для неперервного отримання холоду при допомозі замкненого кола процесу випарювання і конденсації постійної кількості холодоагенту (ХА). Рідкий ХА кипить в кожухотрубному випарювачі, відбираючи тепло в оточуючого його проміжного холодоносія. Пари ХА відсмоктуються і стискаються компресором, а потім охолоджуються в конденсаторі, де холодоагент переходить в рідкий стан в результаті охолодження його водою. Із конденсатора рідкий ХА через ресивер і дроселюючі пристрої подається назад у випарник. В якості ХА використовується аміак. Проміжним теплоносієм є розсіл – розчин повареної солі або хлористого кальцію. Охолоджений у випарнику розсіл перекачуються центробіжним насосом до холодильних камер і інших споживачів холоду.

Ефективність роботи холодильної установки визначається її холодопродуктивністю (ХП) і точністю підтримання температури охолоджуваного середовища. Ці параметри залежать від багатьох факторів, до яких відносяться опір трубопроводів подачі рідкого аміаку в конденсатор, потужність

компресора, витрати і температура води, що охолоджує пари аміаку, теплове навантаження споживачів холоду.

Для забезпечення найкращих умов роботи холодильної установки необхідно підтримувати відповідність між тепловим навантаженням споживачів і ХП холодильної машини. При тривалому перевищенні ХП теплового навантаження пожується нижче допустимого рівня допустимого значення T охолоджувального середовища і може відбутись замерзання проміжного холодоносія, а в деяких випадках і ХА. При недостатній ХП із-за підвищеного теплового навантаження підвищується вище допустимого значення T охолоджувального середовища, можуть виникати гідравлічні удари в системі циркуляції ХА. Точність підтримання T охолоджувального середовища залежить від збурюючих впливів. Стабілізація основного з них – T проміжного холодоносія – дозволяє підвищити точність підтримання вихідного параметру і покращити умови роботи ХМ.

Ефективність функціонування холодильної установки визначається рядом ключових показників, серед яких:

- енергоефективність (коефіцієнт продуктивності, витрати електроенергії на одиницю охолоджувальної потужності);
- точність підтримання температурного режиму;
- динамічні характеристики (час реакції на зміну навантажень, стабільність регулювання);
- надійність роботи системи.

Аналіз літературних джерел [4-5] показав, що традиційні системи керування холодильною установкою часто не забезпечують оптимальне поєднання енергоспоживання та якості регулювання, особливо при змінних теплових навантаженнях та зовнішніх впливах. Це обумовлює необхідність застосування методів оптимального та адаптивного керування.

Для дослідження запропоновано використання структурної моделі холодильної установки, що включає в себе:

- компресор;
- конденсатор;
- випарник;
- розширювальний клапан;
- сенсори температури та тиску;
- регулятор (ПД або адаптивний).

Математична модель встановлює зв'язок між змінними температури та тиску в контурах і споживаною потужністю компресора, що дозволяє оцінити вплив керуючих сигналів на якість регулювання.

З метою мінімізації енергоспоживання та забезпечення заданих показників якості регулювання запропоновано систему керування, яка поєднуватиме:

- класичний ПД-регулятор для стабілізації швидких змін температури;
- адаптивний блок керування, що коригує параметри ПД-регулятора у реальному часі залежно від теплового навантаження;
- можливість інтеграції оптимізаційного алгоритму, що прогнозує зміни зовнішніх умов та оптимізує роботу компресора і клапана для мінімізації енергоспоживання.

Серед очікуваних результатів впровадження такої системи слід відзначити зниження енергоспоживання до 20–30%, покращення точності підтримання температури $\pm 0,5$ °С, скорочення часу реакції системи на зміну навантажень на 15–25%, підвищення надійності роботи системи за рахунок адаптації до зовнішніх змін.

Висновки

У роботі досліджено принципи побудови автоматизованої системи керування холодильною установкою та визначено ключові показники її ефективності, такі як енергоефективність, точність підтримання температурного режиму, динамічні характеристики та надійність. Обґрунтовано критерії

оптимальної роботи установки в умовах змінних теплових навантажень і зовнішніх впливів. Для мінімізації енергоспоживання при забезпеченні заданих показників якості регулювання запропоновано систему керування, яка поєднує класичний ПІД-регулятор для стабілізації швидких змін температури та адаптивний блок, що в реальному часі коригує параметри регулятора залежно від теплового навантаження. Такий підхід забезпечує ефективну, надійну та енергооптимізовану роботу холодильної установки..

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Схиртладзе А. Г. Автоматизація технологічних процесів та виробництв: Посібник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, В.Г. Хомченко. — М. : Абрис, 2012. — 565 с.
2. Брюханов В. Н. Автоматизація виробництва. / В.Н. Брюханов. — М. : Вища школа, 2005. — 367 с.
3. Битюков В.К., Волчкевич Л.І., Голоденко Б.А. Автоматизація технологічних процесів промислових виробництв: навчальний посібник. — Вороніж: ВГТА, 2007. — 212 с.
4. Іванов, А.А. Автоматизація технологічних процесів та виробництв: Навчальний посібник / А.А. Іванов — М. : Форум, 2012. — 224 с.
5. Автоматизація виробничих процесів: підручник. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. К.: Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
6. Береза А. М. Основи створення інформаційних систем: навч. посіб. / А. М. Береза. — 2 вид., перероб. і доп. — К.: КНЕУ, 2001. — 214 с.

Шарандак Олександр Володимирович — ст. гр. ЕМСА-22б, факультет Електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, ел. пошта: sharandaksasha43@gmail.com.

Паянок Олександр Анатолійович — канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, ел. пошта: oapayanok@gmail.com.

Науковий керівник: **Паянок Олександр Анатолійович** — канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Sharandak Oleksandr Volodymyrovych— student of the group EMSA-22b, Faculty of electrical power engineering and electromechanics, Vinnytsia national technical university, e-mail: sharandaksasha43@gmail.com

Payanok Oleksandr Anatoliyovych – PhD, Associate Professor of the Department of computerized electromechanical systems and complexes, Vinnytsia national technical university, e-mail: oapayanok@gmail.com.

Scientific advisor: Payanok Oleksandr Anatoliyovych – PhD, Associate Professor of the Department of computerized electromechanical systems and complexes, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia.