

ЛАБОРАТОРНА УСТАНОВКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ТЕПЛООБМІНУ

Островець М.Я., д.т.н., проф., Диптан В.В., Сацький І.С., магістранти
НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Сучасна промисловість і виробництво потребують високого рівня автоматизації і щонайменшого втручання людини на всіх етапах виробництва. Введення автоматизації в управління теплообміном та технологічними процесами загалом дозволяє істотно знизити енерговитрати і полегшити працю людини. АСУ є важливою ланкою у технологічних процесах, а теплообмінні комплекси та теплообмінники є ваговою частиною більшості їх. На сьогодні вони активно використовуються в самих різних галузях промисловості, у тому числі енергетичній, нафтовій, хімічній, газовій та багатьох інших. Контроль та регулювання температури, вологості, тиску та інших технологічних параметрів є ключовими задачами, що постають в АСУ теплообміном.

Мета роботи. Метою роботи є розробка функціональної схеми лабораторної установки автоматизованої системи управління технологічним процесом теплообміну для дослідження процесів і явищ під час теплообміну, їх контролю, регулювання і моніторингу в замкнутому контурі циркуляції води та вивчення основних понять АСУТП та SCADA.

Матеріали досліджень. Функціональна схема лабораторної установки представлена на рис. 1. На установці реалізовано АСУ температурою води з циркуляцією в замкнутому контурі та вентиляції на прикладі теплообмінника, що дозволяє наочно вивчати принципи роботи автоматизованих систем. Лабораторна установка дозволяє вирішувати наступні задачі:

- управління температурою води в ємності - споживачем з точністю ± 5 градусів Цельсія в діапазоні зміни 20..90 градусів;
- організація замкнутого циклу переміщення води між ємністю - джерелом і ємністю - споживачем;
- контроль рівня і температури води в обох ємностях, стану технологічного обладнання: насоса, клапанів, вентиляторів, нагрівача;
- контроль рівня вологості в заданому діапазоні;
- зв'язок з персональним комп'ютером через цифрові порти та збір і обробку інформації;
- розробка програмного забезпечення для контролера та пульта диспетчеризації.

Нижній рівень АСУТП призначений для контролю і управління каналами технологічного агрегату (теплообмінника), а також для формування зв'язків між блоками та обміну інформацією за допомогою інтерфейсу RS-485. Програмований логічний контролер (ПЛК) приймає показники датчиків рівня і датчиків температури та через дискретні виходи за допомогою вбудованих реле керує виконавчими механізмами (насоси, клапан, вентилятори). ПІД-регулятор реалізований програмно і являє собою функціональний програмний блок. ПЛК

отримує значення температури рідини в ємності – джерелі та видає керуючий сигнал регулювання через аналоговий вихід 4-20 мА. За його значенням формується сигнал широтно-імпульсної модуляції (ШИМ), який через симистор підводить живлення до електронагрівача. Завдяки механізму OPC (OLE for Process Control) встановлюється зв'язок між реальними і програмними об'єктами. На верхньому рівні автоматизації розглядаються питання побудови робочого місця оператора за допомогою SCADA-системи та реалізація алгоритмів керування, що здійснюється за допомогою модуля верхнього рівня, який також відповідає за інтерфейс на посту оператора.

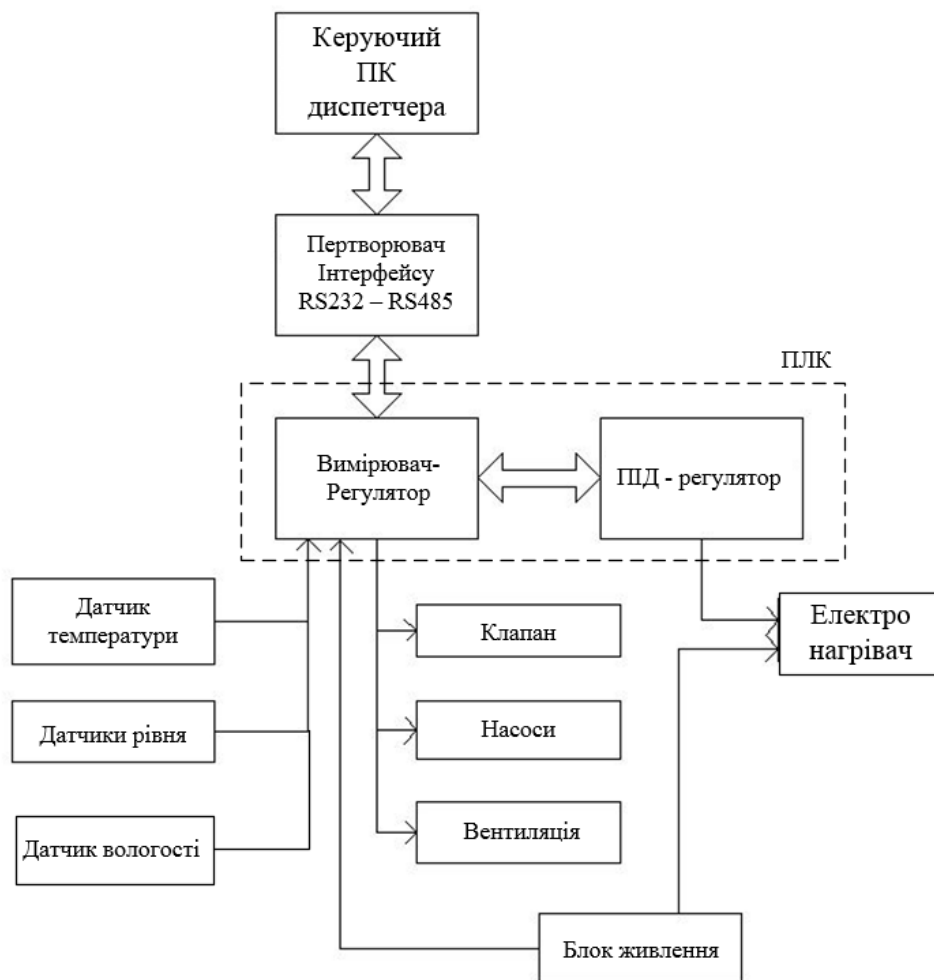


Рисунок 1 – Функціональна схема лабораторної установки

За допомогою ПД-регулятора є можливість плавної зміни потужності нагрівача. Однак враховуючи те, що більшість реальних об'єктів мають велику теплову інерцію, можна говорити не про математично плавній зміні потужності нагрівача, а про зміну середньої за величиною потужності. Середня за часом потужність нагрівача може задаватися шляхом зміни тривалості його включення. Цей метод дає можливість досягти високої точності регулювання при найменших витратах.

Реалізація системи вентиляції та регулювання вологості здійснюється за допомогою нескладної системи керування вентиляторами з обміном повітрям між внутрішнім та зовнішнім середовищем, а також отриманням аналогового сигналу з датчика вологості та температури, обробкою інформації та видачі керуючої дії. Для дотримання визначених норм мікрокліматичних умов для справної роботи електронного обладнання, встановлюється норми вологості і температури повітря та якісне їх відпрацювання, з можливістю втручання та налагодження технологічного процесу та збору й обробки даних оператором.

Замкнутий контур циркуляції води між ємностями відбувається за допомогою двох електронасосів, які перекачують воду між цими ємностями, та електромагнітним клапаном для підвищення надійності, ефективності та якості відпрацювання завдання. Невелика потужність електродвигунів постійного струму, які використовуються в насосах, дозволяє їх підключення напряму через контакти ПЛК (або контакти електронних реле), без застосування додаткового обладнання та зменшення споживаючої потужності комплексу, що дозволяє жити всю систему від одного блоку живлення. Так як процес перекачки води даної системи не є енергозатратним, то контроль потужності роботи електронасосів зводиться до дискретного включення/вимкнення при сталій напрузі. Використання аналогових датчиків рівня дають змогу автоматизувати систему на встановлення необхідного об'єму в кожній ємності та дотримання відповідного рівня.

Контроль стану всього технологічного процесу здійснюється шляхом передачі всіх аналогових та дискретних сигналів єдиною шиною даних через протокол RS-485 до серверної станції та системи диспетчерського управління, де відбувається основна обробка даних та видача керуючих сигналів для отримання заданих результатів. Моніторинг кожного з цих сигналів реалізується візуальною системою диспетчеризації SCADA, спеціально розробленою під конкретний технологічний процес, що дає змогу спостерігати роботу автоматизованої системи, її налагодження та корекції. У випадку збою, коли система не є під наглядом диспетчера, всі дані роботи записуються в журнал, для можливості визначення причин збоїв та впровадження необхідних заходів для їх усунення.

Загальний вигляд установки показано на рис.2, де позначено: 1 – перетворювач інтерфейсу (RS-232 - RS-485), 2 – автоматичний вимикач, 3 – датчики рівня води, 4 – термоелектричні перетворювачі (термопара), 5 – електронагрівач, 6 – електромагнітний клапан, 7 – програмований логічний контролер, 8 – датчик вологості, 9 – електронасос, 10 – світлодіодний індикатор роботи, 11 – отвір для заливання води, 12 – ємність-джерело, 13 – ємність-споживач, 14 – кран аварійного спуску води.

Найважливішим моментом в розробці комплексу автоматизованої системи управління технологічних процесів є правильний підхід до вибору та встановлення системи керування нижнього рівня. Простим рішенням для поставленої задачі є встановлення ПЛК для реалізації системи керування. Це дозволяє істотно знизити затрати на розробку програмного забезпечення та електричних схем, підвищити автономність на надійність. Значною перевагою

використання ПЛК є набір периферійних пристроїв, єдиний модуль та простота їх використання з високою надійністю. До основного недоліку можна зазначити високу ціну ПЛК на сучасному ринку, якщо використовувати їх в не досить складних технологічних процесах, де вся потужність ПЛК не використовуються.

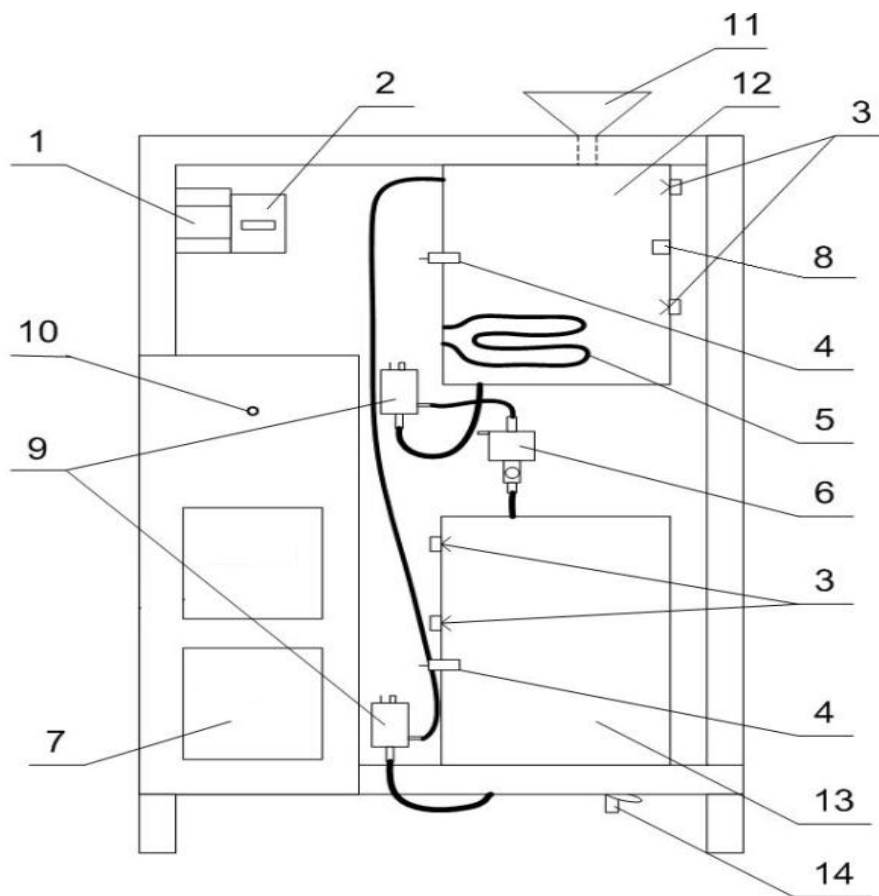


Рисунок 2 – Загальний вигляд установки

Альтернативним рішенням при створенні лабораторної установки АСУ температурою води на базі теплообмінника без використання ПЛК є розробка системи керування на основі мікроконтролера. Оскільки, технологічний процес теплообмінника є відносно повільним, тому особливі вимоги до швидкодії відсутні. Це дозволяє знизити затрати на обладнання без надлишковості та більш глибоко освоїти основні принципи проектування та програмування таких систем як для розробників, так і для користувачів.

На сучасному ринку електроніки можна вибрати за доступну ціну готові електронні плати з мікроконтролерами з можливістю підключення до ПК за допомогою USB. Питанням є лише визначення необхідної кількості портів вводу/виводу, наявності АЦП/ЦАП, ШІМ тощо. Одним із таких рішень є макетна плата мікроконтролера ATMEGA32-USB з необхідними параметрами для даного технологічного процесу. Це також надає змогу використовувати в якості шини даних та програматора USB-порт, а не RS-485. За допомогою макетної області плати ATMEGA32-USB, можна реалізувати будь-які додаткові

можливості контролера, наприклад підключення датчиків температури, рівня та вологості через 1-Wire провід недорогих виробників.

Нагрівачі живляться від мережі змінного струму. Тому природне рішення для управління нагрівом - фазове регулювання потужності силовим модулем. Однак, можна ще спростити рішення, якщо врахувати інерційність нагрівача як навантаження. У цьому випадку можна перейти до режиму регулювання потужності за кількістю цілих півперіодів, пропущених в навантаження. Єдине завдання, що виникає при конструюванні таких регуляторів, - синхронізація моментів відмикання симисторів або тиристорів з нулем мережевої напруги. Рішенням є використання оптосимисторів з детекторами переходу через нуль (Zero Crossing), наприклад MOC3061 - MOC3063, схема якого наведена на рис. 3. Як згадувалось раніше, температуру нагріву можна регулювати з використанням ШІМ. Перевагою використання мікроконтролера ATmega32 є

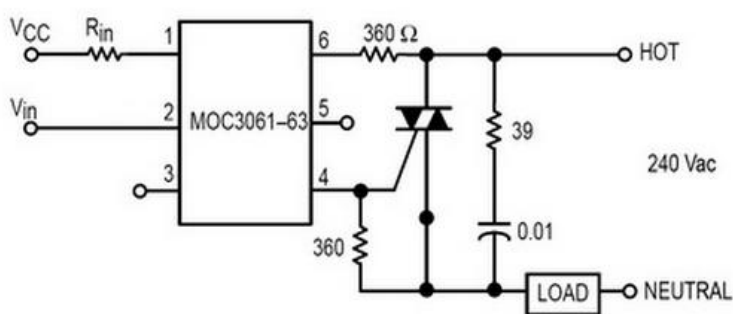


Рисунок 3 – Схема силового модуля

можливість реалізувати апаратно ШІМ з регульованою частотою проходження імпульсів і шпаруватістю. Принципи роботи системи керування на основі плати мікроконтролера ATMEGA32-USB зображено на рис. 4. Керування клапанами, насосами та вентиляторами відбувається

шляхом підключення їх контактів до електронних реле, сигнал на спрацювання до яких поступає від дискретних виходів мікроконтролера.

Математичний опис водяного теплообмінника представляється системою з трьох диференціальних рівнянь першого порядку [1]. Теплообмінник розглядається як об'єкт з зосередженими параметрами, що є придатним для інженерних розрахунків.

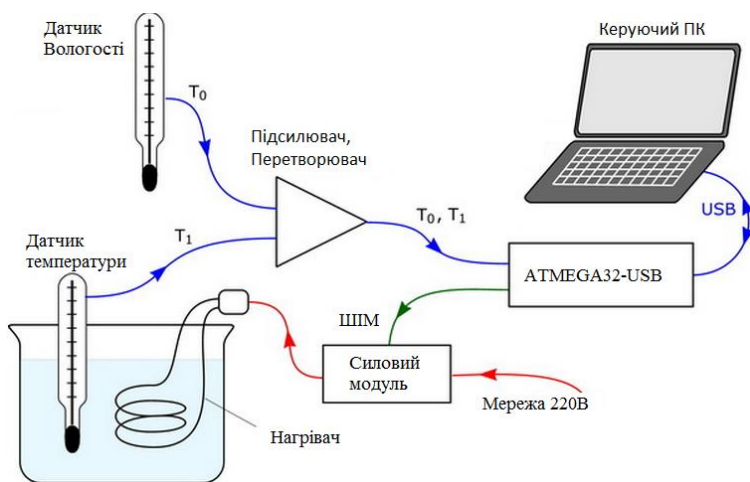


Рисунок 4 – Система керування на основі плати мікроконтролера

Структурна схема теплообмінника, що показана на рис. 5, містить три складові: вода гаряча 1-го контуру, трубна система і вода технічна (холодна). На схемі прийняті наступні позначення: $\Theta_{ХК}, \Theta_{ГК}$ – кінцева температура холодної та гарячої води; $\Theta_{ХН}, \Theta_{ГН}$ – початкова температура холодної та гарячої води; $\Theta_{ТР}$ – середня температура трубної системи.

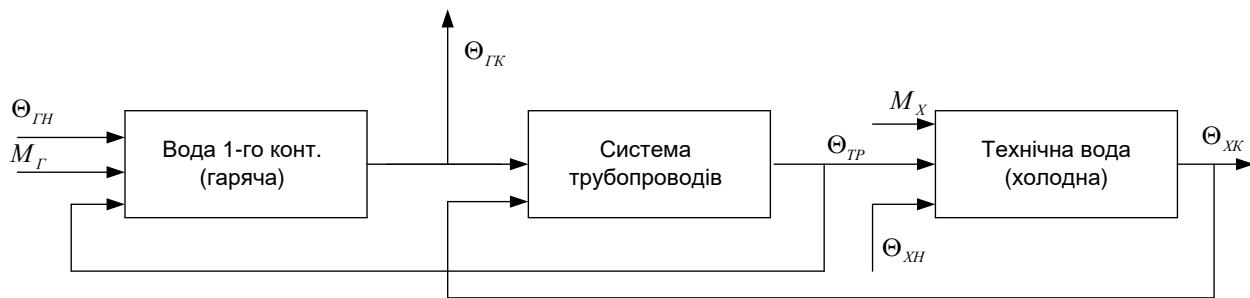


Рисунок 5 – Структурна схема теплообмінника

Лінеаризовані рівняння збереження енергії в зосереджених координатах для холодної води (1), трубної системи (2), гарячої води (3), що приведені до стандартного вигляду у відхиленнях, мають вигляд

$$T_X \frac{d\Delta\Theta_{ХК}}{dt} + \Delta\Theta_{ХК} = K_1\Delta\Theta_{ТР} + K_2\Delta\Theta_{ХН} + K_3M_X; \quad (1)$$

$$T_{ТР} \frac{d\Delta\Theta_{ТР}}{dt} + \Delta\Theta_{ТР} = K_4\Delta\Theta_{ГК} + K_5\Delta\Theta_{ХК}; \quad (2)$$

$$T_G \frac{d\Delta\Theta_{ГК}}{dt} + \Delta\Theta_{ГК} = K_6\Delta\Theta_{ГН} + K_7\Delta M_G + K_8\Delta\Theta_{ТР}, \quad (3)$$

де $T_X, T_{ТР}, T_G$ – постійні часу контуру холодної води, трубної системи, гарячої води; $\Delta\Theta_{ХК}, \Delta\Theta_{ГК}$ – відхилення кінцевої температури холодної води, гарячої води; $\Theta_{ХН}, \Theta_{ГН}$ – відхилення початкової температури холодної води та гарячої води; $\Delta\Theta_{ТР}$ – відхилення середньої температури трубної системи; M_X, M_G – масові витрати холодної води та гарячої води; K_1 – коефіцієнт передачі трубної системи; K_2 – коефіцієнт передачі по $\Theta_{ХК}$; K_3 – коефіцієнт передачі по M_X ; K_4 – коефіцієнт передачі по $\Theta_{ГК}$; K_5 – коефіцієнт передачі по $\Theta_{ХК}$; K_6 – коефіцієнт передачі по $\Theta_{ГН}$; K_7 – коефіцієнт передачі по M_G ; K_8 – коефіцієнт передачі по $\Theta_{ТР}$.

Висновки. Створення АСУ на базі розробленої лабораторної установки дозволить засвоїти основні поняття АСУТП та SCADA, дослідити процеси та явища, що відбуваються під час теплообміну, здійснити їх контроль та моніторинг, порівняти результати експериментальних досліджень з результатами моделювання.

Перелік посилань

1. Демченко В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС/ В.А Демченко – Одесса, «Астропринт». 2001. – с.305.