

Жуковський В.Р.

Державний університет «Одеська політехніка»

АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ

Перші опалювальні системи з'явилися ще в Стародавньому Римі, а тепер їхні вдосконалені аналоги доступні всім і кожному. Для забезпечення безперебійної подачі гарячої води й опалення приміщень сьогодні використовують різне спеціалізоване обладнання. Останнім часом особливу популярність мають водогрійні котли. Вони вирізняються підвищеним терміном служби та чудовою якістю подачі води. Крім того, вони досить прості в установці й обслуговуванні.

Основне призначення водогрійного котла полягає в якісному та швидкому нагріванні води, яка використовується для найрізноманітніших потреб. Перш за все – для опалення приватних будинків, гарячого водопостачання, а також для опалення промислових і громадських будівель і споруд. Ефективна робота та пристрій водогрійного котла безпосередньо пов'язані між собою.

Устаткування більшої частини теплових станцій використовується 10-20 і більше років, його фізичний ресурс вичерпано, воно морально застаріло. Найліпшим рішенням у цій ситуації є вдосконалювання повномасштабних інтегрованих автоматизованих систем управління технологічним процесом (АСУ ТП) замість застарілих систем, а також впровадження актуального технологічного обладнання, що дає змогу максимально використовувати можливості систем управління й, відповідно, домогтися якісно нового рівня технології.

У роботі досліджується проблема регулювання водогрійних котлів та обґрунтовується, чому варто впроваджувати автоматичну систему регулювання навантаження водогрійних котлів.

Також досліджується розроблення автоматичної системи регулювання навантаження водогрійних котлів, яка дає змогу підтримувати навантаження регулюванням тепловими параметрами, та було побудовано мнемосхему автоматичної системи управління навантаженням водогрійного котла за допомогою SCADA системи TRACE MODE, саме ця програма була обрана через свою розширену функціональність.

Ключові слова: автоматична система регулювання, система теплопостачання, збурення, котел, навантаження.

Постановка проблеми. Сьогодні переважна більшість опалювальних систем у сучасних житлових і промислових споруд обігрівается за допомогою водогрійних котлів, які відрізняються від інших джерел генерування теплової енергії чудовою якістю подачі води та водночас значним терміном експлуатації. Не меншою є роль водогрійних котлів і для потреб гарячого водопостачання та опалення приватних будинків. Проте в процесі нагріву води до необхідної температури та її подальшого підтримання на необхідному рівні виникає потреба тепловтрат. Окрім того, моральна та технічна зношеність значної частини водогрійних котлів, більшість з яких було введено в експлуатацію ще в радянські часи, змушує спеціалістів шукати способи більш якісного управління технологічним процесом. Тому одним із найоптимальніших рішень цієї проблеми є впровадження АСУ – автоматизованої системи

управління технологічним процесом водогрійних котлів, що дасть можливість ефективно використати всі наявні можливості системи нагріву й опалення, а також зекономити значні гроші й запобігти тепловтратам.

Постановка завдання. Мета статті – проаналізувати особливості обґрунтування та впровадження автоматичної системи регулювання навантаження водогрійних котлів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Водогрійні котли сьогодні справедливо мають велику популярність серед населення, до того ж їхня загальна кількість нещодавно зростає. Проте головною проблемою їх експлуатації є неправильне регулювання основних параметрів технологічного процесу, оскільки навіть за найменших відхилень від базових показників тиску, температури, об'єму води та кількох інших важливих даних ефективність використання водогрійного

котла суттєво знижується. Як указують [3, с. 25; 5, с. 105; 4, с. 45], основними проблемами цього явища варто назвати такі:

1) значне перевищення експлуатаційного терміну більшості водогрійних котлів, особливо в промислових спорудах і житлових багатоквартирних будинках;

2) зниження кваліфікації персоналу, який обслуговує водогрійні котли, особливо у віддалених регіонах країни;

3) зниження якості налаштування та ремонту водогрійних котлів через зниження вимог їхніх власників і недостатню кваліфікацію ремонтників;

4) зниження уваги з боку держави, профільних міністерств, відомств та організацій до цієї проблематики.

Водночас проблема поліпшення енергоефективності водогрійних котлів постійно перебуває в центрі уваги дрібних і середніх комерційних фірм, які й спеціалізуються на їх ремонті та обслуговуванні. Проте [2, с. 84] радше проводять фізичну заміну агрегатів і вузлів без зміни основних принципів його функціонування. А саме впровадження автоматичної системи регулювання навантаження водогрійних котлів, на нашу думку, є сьогодні найоптимальнішим розв'язанням.

АСУ призначено для поліпшення управління технологічним процесом водогрійного котла через регулювання в автоматичному режимі системи його навантаження. Ієрархічно вона має трирівневу структуру та складається з нижнього, середнього та верхнього рівнів:

1. Нижній рівень АСУ представлено датчиками температури, тиску, рівня витрат палива, різноманітними виконавчими механізмами, місцевими постами, що виконують роль засобів дистанційного керування, а також іншими об'єктами, які дають змогу оператору контролювати весь процес як у ручному режимі, так і в автоматичному.

2. Середній рівень АСУ представлено її основним модулем, який реалізує власне логіку управління системою водонагріву та ґрунтується на програмованому контролері. Основними функціями цього модуля є збір інформації, її обробка, управління котлом для його захисту від позаштатних ситуацій. Окрім того, у роботу модуля також входить подача за потреби попереджувальних сигналів і сигналів про аварію на об'єкті, а також подача сигналів до штатної котельної автоматики. Усі елементи середнього рівня АСУ водогрійного котла встановлено в шафі управління, на лицьовій стороні якої закріплюють панель для виконання

завдання відбиття основних параметрів технологічного процесу.

3. До верхнього рівня АСУ водогрійного котла входять усі засоби, які здатні реалізувати відбиття, архівування та протоколювання інформації про технологічний процес, а також дистанційно керувати основним модулем завдяки функції прямого регулювання або зміни основних параметрів технологічного процесу.

Для побудови АСУ водогрійного котла варто провести його аналіз як об'єкта управління. Для якісного проходження технологічного процесу варто виділити низку параметрів, які безпосередньо впливають на сам технологічний процес. Об'єктом АСУ є сам котел, на якого чинять вхідний вплив три основних параметри: тиск газів, температура води й тиск повітря, які підводяться до водогрійного котла насосами (вода), вентилятором (повітря) та газорозподільчим пристроєм (газ). Безпосередньо в пальнику пальна суміш згоряє, віддаючи своє тепло в топку котла й нагріваючи так воду.

Вихідний вплив котла чинять димовий газ і нагріта вода (рис. 1).

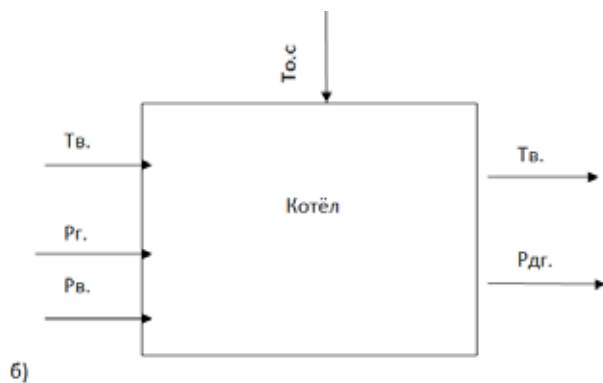


Рис. 1. Функціональна схема нагріву води в котлі – схема процесу САУ

Регулювання тиску газу у водогрійному котлі передбачено для нівелювання істотного впливу температури зовнішнього середовища ($T_{з.с.}$), яка істотно впливає на температуру води на виході ($T_{в.}$). Окрім першого фактора, на температуру води на виході впливають температура зворотної води в мережі ($T_{з.в.}$) та норма витрати газу, який подається на пальник (рис. 2).

Тому для створення схеми АСУ навантаження водогрійного котла треба ввести показник регулятора навантаження P , пов'язаний із плунжером пневматичного розбризкувача та який працює на основі подачі здвоєних імпульсів – витрат палива та повітряного тиску (рис. 3).

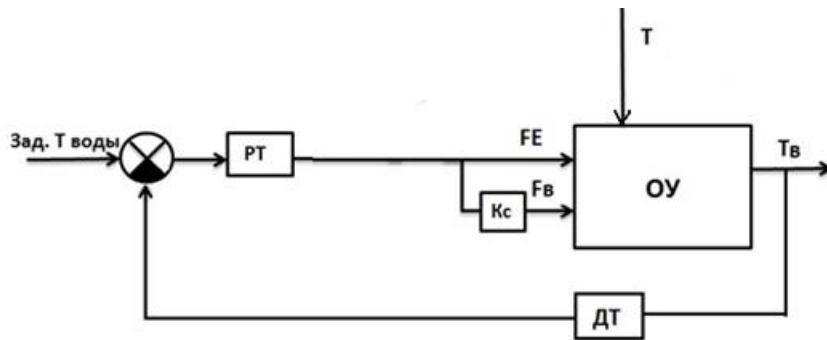


Рис. 2. Структурна схема САУ

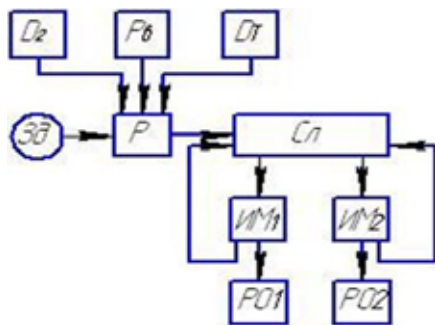


Рис. 3. Структурна схема регулювання повітря з регулятором Р (паливо-повітря)

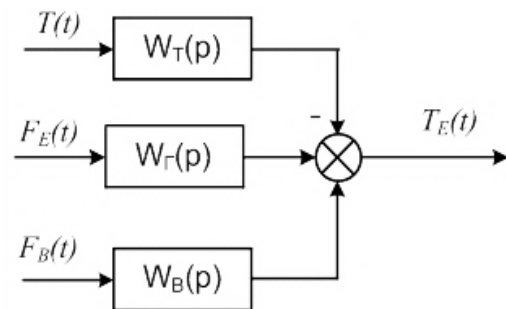


Рис. 4. Структурна схема моделі САУ водогрійного котла

Щоб математично описати елементи САУ водогрійного котла, варто знати показники:

- $T_e(t)$ – температури води на виході;
- $F_e(t)$ – витрати газу;
- $F_b(t)$ – витрати повітря;
- $T(t)$ – температури води на вході (рис. 4).

На практиці для розрахунку регулювального клапана експериментально визначаємо потрібні показники: тиск води перед регулювальним органом $P_1=64$ кгс/см², тиск води після регулювального органу $P_2=63$ кгс/см², температуру води $t=150$ °С, витрати води $Q=40$ кг/с=170 м³/год.

Водночас перепад тиску на регулювальному органі становить

$$\Delta P_{pk} = 1 \text{ МПа} = 10 \text{ бар}$$

Далі варто розрахувати коефіцієнт пропускної спроможності регулювального клапана за формулою

$$K_v = Q \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{pk}}} = 170 \sqrt{\frac{0.851}{10}} = 49.6 \text{ м}^3/\text{год}$$

Водночас виділимо 20 % запасу

$$K_v' = K_v * 1,2 = 60 \text{ м}^3/\text{год}$$

Максимальна пропускна спроможність регулювального клапана становить (згідно з каталогом) $K_v \text{ max}=100$ м³ та діаметр 6 см. Визначивши величини об'ємних максимальних витрат (бл. 3428 м³/год), об'ємних мінімальних витрат (за

умови 20 % $Q_{\text{min}}=0.2 Q=34$ м³/год) та максимального й мінімального значення відносності витрат:

$$\mu_{\text{max}} = \frac{Q}{Q_{\text{max}}} = \frac{170}{342.8} = 0.5 \text{ та } \mu_{\text{min}} = \frac{Q_{\text{min}}}{Q_{\text{max}}} = \frac{34}{342.8} = 0.1,$$

можна визначити коефіцієнт передачі регулювального клапана:

$$K_{po} = \frac{\mu_{\text{max}} - \mu_{\text{min}}}{\Delta S} = \frac{0.5 - 0.1}{0.38} = 1.052 \frac{\text{м}^3/\text{год}}{\% \text{хода} PO}$$

Для налаштування регулятора використаємо методіку регулювання багатомних теплових процесів, що мають запізнення (метод Л.І. Простора). Отримана крива розгону дала можливість визначити співвідношення

$$a = \frac{\ddot{A}}{T_a} = \frac{50}{180} = 0.277.$$

Знаючи ці параметри, за методикою Кона визначаємо оптимальні налаштування регулятора:

$$k = k_M \cdot k_p \Rightarrow k = k_M \cdot k_p$$

Ці обчислення дали змогу створити функціональну схему автоматизації навантаження водогрійного котла (рис. 5).

На практиці для апробації результатів дослідження було обрано аналоговий перетворювач температури «Метран К2712, врізний витратомір стисненого повітря й газів VA 400, датчик тиску із функцією перетворення «Сафір ТН-2160», тер-

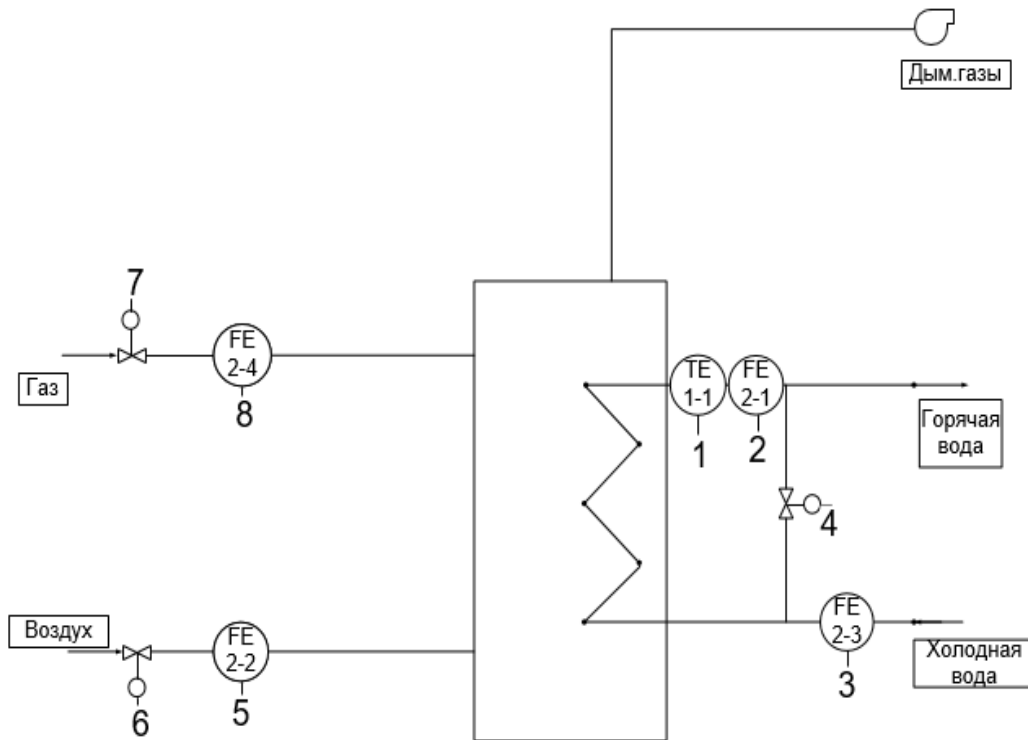


Рис. 5. Функціональна схема автоматизації навантаження водогрійного котла



Рис. 6. Мнемосхема АСУ навантаження водогрійного котла

моперетворювач опору, термометр опору, витратомір із датчиком Голла, перетворювач частоти обертання, нормуючий перетворювач, безконтактний вимикач і контролери зв'язку. Як програмне забезпечення було обрано програму SCADA (TRACE MODE), яка завдяки унікальній технології побудови дає можливість створити зв'язки між вузлами розподіленої системи управління, між джерелами даних SCADA і каналами, створити джерела даних за відомою конфігурацією контролера тощо (рис. 6).

Висновки. Отже, результатом дослідження стало обґрунтування та побудова схеми автоматизованої системи управління навантаження водогрійного котла.

Було побудовано функціональну схему автоматизації, мнемосхему (за допомогою програми SCADA (TRACE MODE), математичну модель АСУ.

Також було обґрунтовано, чому варто впроваджувати автоматичну систему регулювання навантаження водогрійних котлів.

Список літератури:

1. Кон Л.І., Юсим В.М. Апроксимація перехідних функцій складних регульованих об'єктів із запізненням, рішення лінійних диференціальних рівнянь. Методичні вказівки з курсу «Теорія автоматичного регулювання». Одеса : ОПИ, 1976. 116 с.
2. Плетнев Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике. 4е изд., стер. Москва : Издательский дом МЭИ, 2007. 175 с.
3. Сабанин В.Р., Кормилицин В.И., Костык В.И., Волков М.А. Совершенствование режимно-наладочных работ на котлах малой и средней мощности. *Энергосбережение и водоподготовка*. 2013. № 6 (86). С. 24–28.
4. Стрикаль О.І. Автоматизація котлоагрегату КВГМ-180. НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського». Київ, 2019. 83 с.
5. Шарапов В.И., Ротов П.В. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения. *Новости теплоснабжения*. 2007. 164 с.

Zhukovskiy V.R. ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF IMPLEMENTATION OF THE AUTOMATIC LOAD REGULATOR SYSTEM OF HEATING BOILERS

The first heating systems appeared in ancient Rome, and now their advanced counterparts are available to everyone. Today, various specialized equipment is used to ensure uninterrupted hot water supply and space heating. Recently, hot water boilers have become especially popular. They have a long service life and excellent water supply. In addition, they are quite easy to install and maintain.

The main purpose of the boiler is high-quality and fast heating of water, which is used for a variety of needs. First of all, for heating of private houses, hot water supply, and also for heating of industrial and public buildings and constructions. Efficient operation and the device of the boiler are directly related.

The equipment of most thermal power plants is used for 10–20 years or more, its physical resource is exhausted, it is obsolete. The best solution in this situation is to improve full-scale integrated automated process control systems (ACS) instead of outdated systems, as well as the introduction of up-to-date technological equipment that allows maximum use of control systems and thus achieve a qualitatively new level of technology.

The problem of regulation of hot water boilers is investigated in the work, and it is substantiated why it is necessary to introduce an automatic system of regulation of loading of hot water boilers.

The development of an automatic load control system for hot water boilers is also being investigated and allows to support the load by regulating the thermal parameters and was built a mnemonic of the automatic control system of the boiler load using the SCADA system TRACE MODE, this program was chosen because of its advanced functionality.

Key words: automatic control system, heat supply system, perturbation, boiler, load.