

Хіль В.В.

Державний університет «Одеська політехніка»

ПОРІВНЯННЯ КЛАСИЧНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ПЕРВИННОГО ПЕРЕГРІВУ ПАРИ З ВВЕДЕННЯМ ПОХІДНОЇ У ДОВІЛЬНІЙ ТОЧЦІ З НЕЧІТКИМ РЕГУЛЯТОРОМ

У наш час автоматизують практично всі виробничі процеси. Які, у свою чергу, сприяють випуску продукції, зниженню собівартості та поліпшенню якості продукції, знижують чисельність персоналу, який займається обслуговуванням цього процесу, та підвищують надійність і довговічність машин. За рівнем автоматизації теплоенергетика займає одне із ключових місць серед інших промислових галузей. Енергетичні установки характеризуються великою кількістю безперервних процесів, що протікають у них. При цьому вироблення електричної і теплової енергії повинно відповідати навантаженню. Практично всі операції на теплоенергетичних установках автоматизовані.

Завдання, яке підлягає подальшому розгляду, поширене в практиці регулювання температури перегріву пари в пароперегрівачах енергетичних агрегатів. Налагодження таких систем ускладнено високими вимогами до якості перехідних процесів, особливо щодо першого динамічного відхилення. Дійсно, якщо під впливом збурень відбудеться надмірний перегрів металу пароперегрівача, то виникнуть умови для втрати ним необхідної міцності. Наслідком може стати витік пару з пароперегрівача і виникнення аварійної ситуації.

Підтримка температури перегріву пари має важливе значення для забезпечення надійної роботи паросилових установок. Найбільш поширеним способом регулювання температури перегріву пари є охолодження перегрітої пари вприскуванням живильної води або власного конденсату.

Для регулювання перегріву вторинної пари застосовується газопаровий теплообмінник. Для захисту від надмірного перегріву труб вихідного пакету при знижених навантаженнях в контурі охолоджувача існує аварійний вприскування, який при нормальній роботі котла не використовується.

У даній роботі наведений приклад із регулюванням температури на заданому рівні, де використовується автоматична система регулювання первинного перегріву пари з введенням похідної в довільній точці. Ми її порівняємо із системою, у якій цю систему регулює нечіткий регулятор.

Ключові слова: пароперегрівач, перегрітий пар, первинний перегрів пари, автоматична система регулювання, конвективний пароперегрівач, економайзер, гаряче повітря, нечітка логіка, регулятор, перехідний процес регулювання.

Постановка проблеми. Поширеним способом регулювання температури перегріву пари є зменшення температури перегрітої пари шляхом вприскування живильної води або власного конденсату. Система регулювання первинного перегріву пари з введенням похідної в довільній точці використовується для регулювання температури.

Тому дуже важливо знайти оптимальні налаштування в регуляторі, бо саме від цього залежить якість перехідного процесу, а відповідно і ККД цілого циклу процесів. Тому буде розглянуто альтернативу існуючому ПІ регулятору з введенням похідної у довільній точці – нечіткий регулятор.

Аналіз існуючих систем регулювання температури перегріву пари. Опираючись на матеріал наукової літератури, а саме [1–3], я дійшов до висновку, що АСР температури перегріву пари методом вприскування власного конденсату проєктувалися з уведенням додаткового впливу по

витраті пари, але широкого застосування вони не знайшли. Існують АСР із різного роду зв'язками типу «люфт» між окремими схемами регулювання температури перегрітої пари на ділянках парового тракту котла. Вони не одержали широкого поширення через відсутність стандартних датчиків типу «Люфт» і через труднощі налагодження їх.

Автоматизація парогенераторних установок дає значні переваги:

- 1) забезпечує зменшення чисельності обслуговуючого персоналу, тобто підвищення продуктивності його праці;
- 2) приводить до зміни характеру й полегшення праці обслуговуючого персоналу;
- 3) збільшує точність підтримки параметрів вироблюваної пари;
- 4) підвищує безпеку праці й надійність роботи обладнання;
- 5) збільшує економічність роботи парогенератора.

Автоматизація барабанного парового котла містить у собі автоматизацію безлічі його складових частин технологічних ділянок у тому числі пароперегрівника.

Температура перегрітої пари на виході котла відноситься до найважливіших параметрів, що визначають економічність і надійність роботи парової турбіни й енергоблоку в цілому. Відповідно до вимог ПТЕ [1] припустимі тривалі відхилення температури перегрітої пари від номінального значення для параметрів перегрітої пари $P_{III} = 14$ МПа й $t_{III} = 450$ °С становить убік збільшення 5 °С, а убік зменшення 10 °С. Такі жорсткі вимоги до якості перехідних процесів й суттєва інерційність пароперегрівника як об'єкта регулювання температури змушують застосовувати для регулювання температури перегрітої пари на виході котла автоматичні системи регулювання (АСР) із додатковим імпульсом по похідній від проміжної вихідної координати. Такі системи вимагають ретельного налагодження й складні в експлуатації, особливо у випадку застосування засобів автоматизації, що настроюються на лінійні об'єкти й використовують незмінні параметри налаштувань.

Під час налагодження системи регулювання необхідне знання динамічних властивостей об'єкта, які можуть бути отримані двома способами: експериментально безпосередньо на об'єкті або аналітично під час виведення й дослідження його математичної моделі.

Перший спосіб трудомісткий, вимагає застосування спеціальних вимірювальних і самописних пристроїв, втручання в роботу об'єкта, участі в експерименті кваліфікованого персоналу. Деякі виміри, наприклад, вихідного сигналу термопари під час вимірювання відхилення температури на 5°С...10°С вимагають застосування високочутливих і високоточних самописних пристроїв.

Другий спосіб більш універсальний, вимагає суттєво менших витрат, має значну інформативність, особливо під час застосування універсальних пакетів прикладних програм на сучасних ПЕОМ, однак він відрізняється меншою точністю при його застосуванні на конкретному об'єкті. У багатобічних дослідженнях складних об'єктів перевагу варто віддавати аналітичним методам дослідження.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження системи регулювання температури перегріту пари на виході котла й підвищення якості перехідних процесів. У даній роботі ми порівняємо два способи регулювання одного об'єкта. На

малюнках буде представлено дві моделі, які регулюють температуру пару при впорскуванні води. Ми порівняємо якість регулювання двох способів.

Виклад основного матеріалу. Перегріта пара – пар, нагрітий до температури, що перевищує температуру кипіння при даному тиску. Перегріта пара використовується в циклах різних теплових машин із метою підвищення їх ККД. Отримання перегрітої пари відбувається у спеціальних пристроях – пароперегрівачах. Це пристрій, призначений для перегріву пара, тобто підвищення його температури вище критичної. Використання перегрітої пари дозволяє значно підняти ККД парової установки. Перегріта пара широко застосовується для живлення турбін на теплових електростанціях, з початку ХХ століття використовувався на всіх типах паровозів. Також були розроблені проекти ядерних реакторів, де частина технологічних каналів повинні були використовуватися для перегріву пара перед подачею в турбіни.

Пароперегрівач – це система трубчастих каналів, що проходять через топку. Для того щоб зменшити відкладення накипу на стінках, пароперегрівачі підключаються до системи після паросепараторов, що відокремлюють дрібні краплі води. Освіта накипу призводить до збільшення теплового опору стінок каналів, що, у свою чергу, призводить до перегріву та вигорання елементів пароперегрівача.

Динамічні властивості об'єкта за каналами збурювання й регулюючому каналу характеризуються значною інерційністю, що визначається інерційністю теплообмінників пароперегрівника, а також інерційністю термопар, використаних як первинні датчики виміру температури пари.

Так звані класичні системи регулювання дають не цілком оптимальне рішення задачі управління регулювання процесу, оскільки не надають можливості створення певної єдиної аналітичної залежності, що виражає вектор керуючих впливів при всіх можливих станах об'єкту управління, що особливо критично при різних змінах. У такому випадку раціонально звернутися до алгоритмів інтелектуального управління, які в загальному визначенні мають здатність до розуміння і навчання щодо об'єкта управління, збурень, зовнішнього середовища, умов роботи. Так, для багатьох технічних і промислових додатків, зокрема для керування електроприводами, в більшості випадків застосовуються інтелектуальні регулятори, побудовані на основі алгоритмів нечіткої логіки і штучних нейронних мереж.

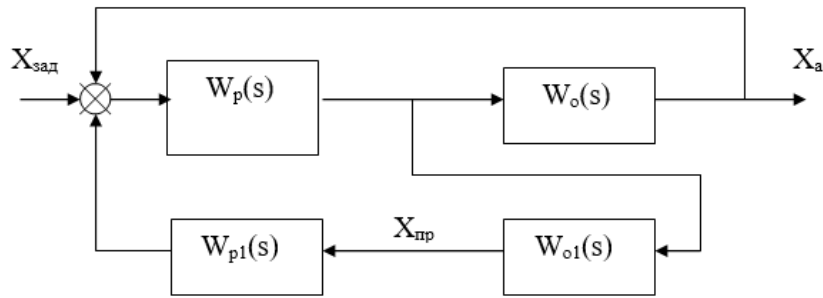


Рис. 1. Структурна схема АСР температури перегрітої пари

$W_{oi}(s)$ – передатна функція малоінерційного об’єкта за каналом «витрата вприскування – температура пари за охолодженням вприскування»;

$W_o(s)$ – передатна функція інерційного об’єкта за каналом «витрата вприскування – температура пари за пароперегрівником»;

$W_{pi}(s)$ – передатна функція диференціатора;

$W_p(s)$ – передатна функція регулятора вприскування.

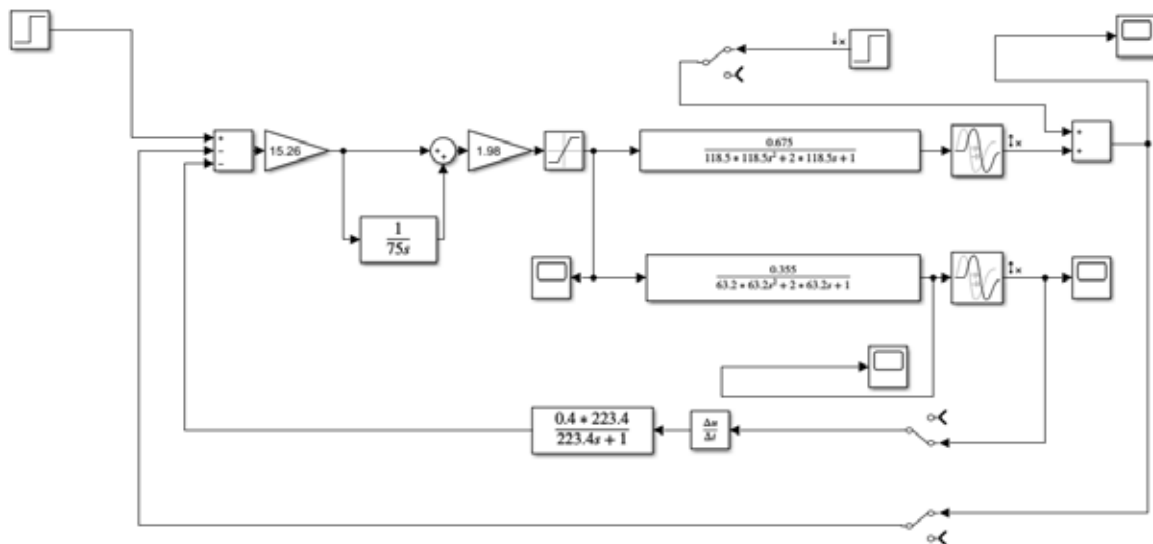


Рис. 2. АСР первинного перегріву пари з введенням похідної у довільній точці

Для реалізації заданих показників якості регулювання в різних галузях промисловості з початку винаходу і по теперішній час найбільш часто використовуваними залишаються пропорційно-інтегрально (ПІ)-регулятори, переваги яких широко відомі [1]. Існує безліч методик оптимального налаштування регуляторів, що використовуються в різних технологічних процесах [2; 3]. Однак за наявності складних об’єктів із безліччю внутрішніх перехресних зв’язків, нелінійних елементів і ланок запізнювання, параметри яких до того ж в процесі експлуатації змінюються в широких межах, традиційний метод ПІ-регулювання не може забезпечити прийнятну якість управління, тому актуальності набувають різні адаптивні методи [4; 5]. Останнім часом у вирішенні таких завдань використовуються методи інтелектуального управління, зокрема, апарат нечіткої

логіки, який переважно реалізується у вигляді різних типів регуляторів. Однак у цих роботах, як правило, використовується один апріорно заданий тип регулятора, і не наводиться порівняння з іншими типами нечітких регуляторів (НР). Також представляє інтерес аналіз роботи нечітких систем управління під час зміни параметрів об’єкта регулювання. Таким чином, ставиться завдання на прикладі системи регулювання температури пари первинного перегріву провести синтез і розглянути роботу основних типів НР прямої дії, виявити характерні особливості, а також порівняти їх роботу з традиційним пропорційно-інтегральним (ПІ)-Регулятором, в тому числі і в умовах зовнішніх і параметричних збурень.

Було взято стару схему, з такими ж налаштуваннями. Та на її основі ми примінили нечіткий регулятор.

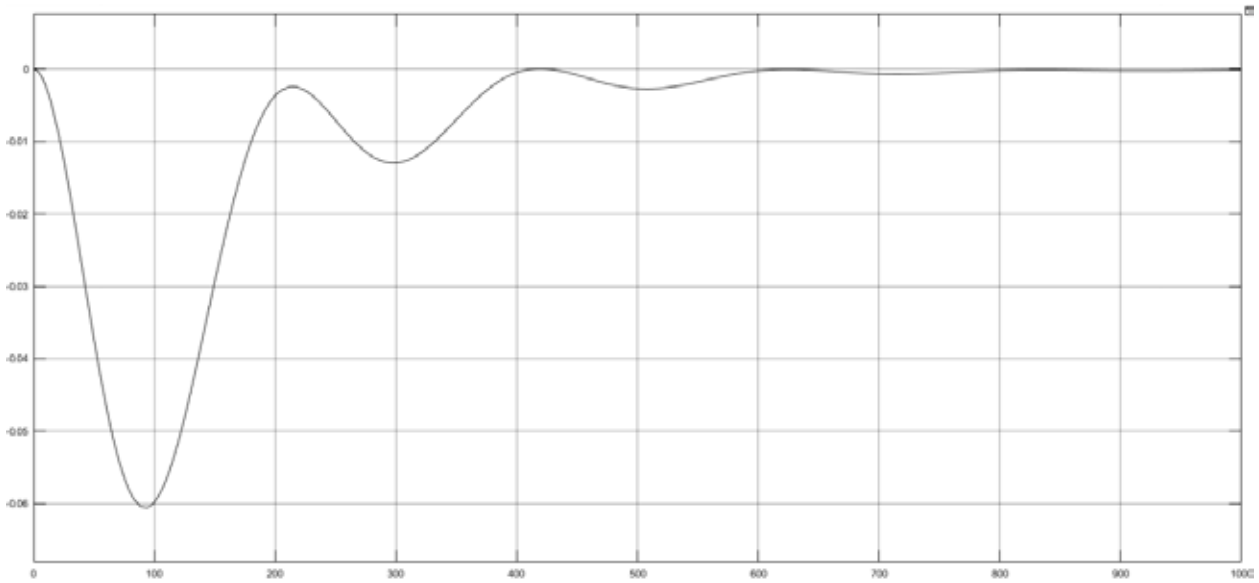


Рис. 3. Графік перехідного процесу

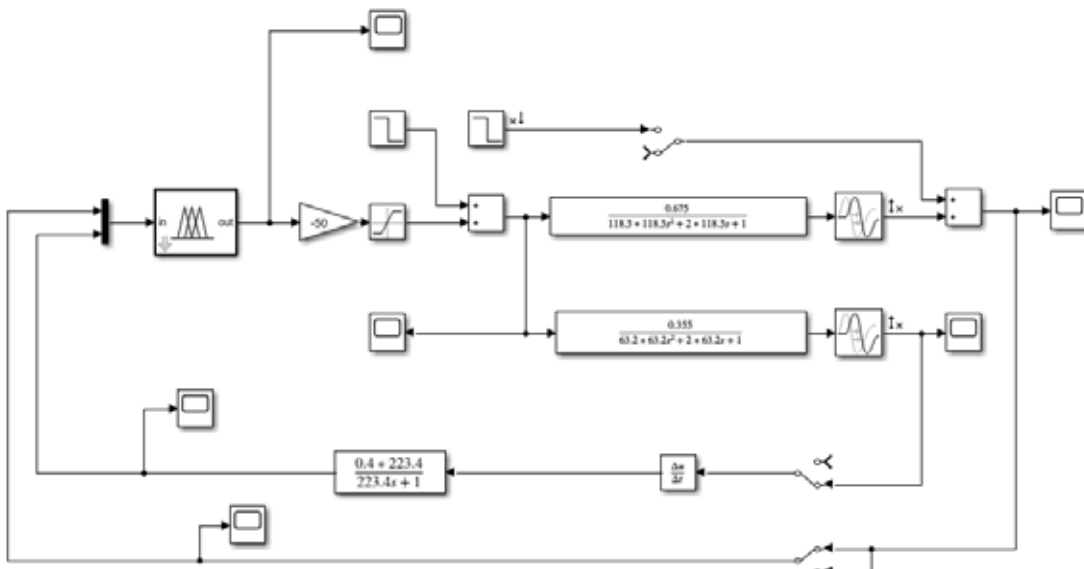


Рис. 4. АСР первинного перегріву пари з використанням нечіткого регулятора

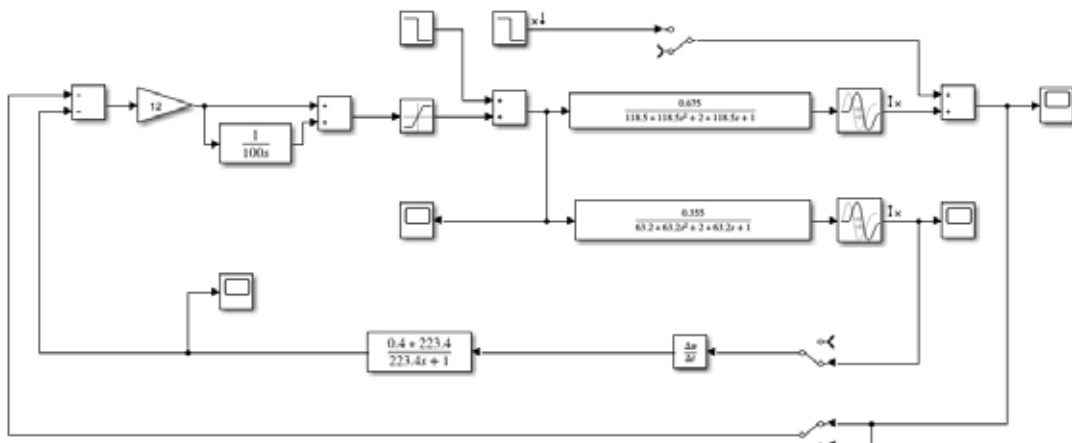


Рис. 5. АСР первинного перегріву пари з похідною у довільній точці (завдання 0)

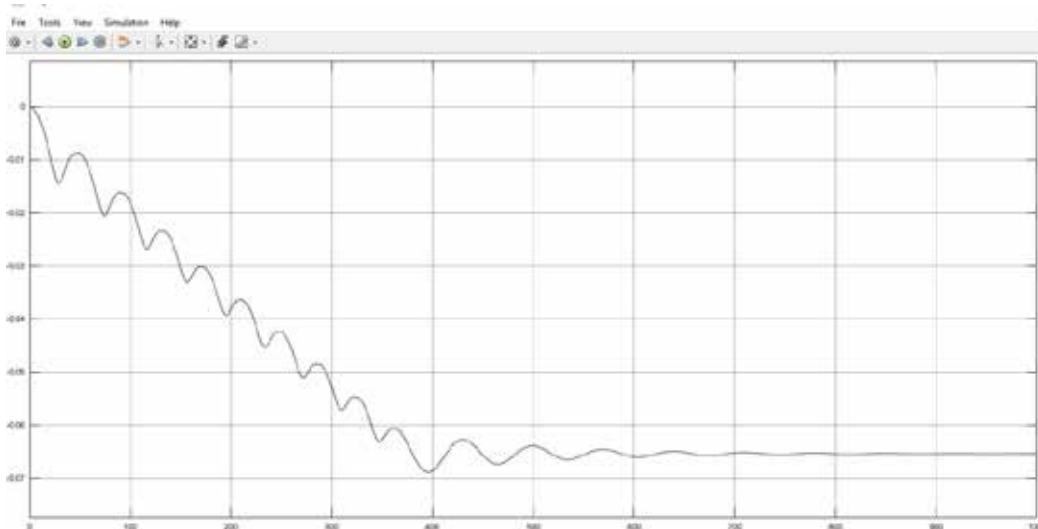


Рис. 6. Графік перехідного процесу з використанням нечіткого регулятора

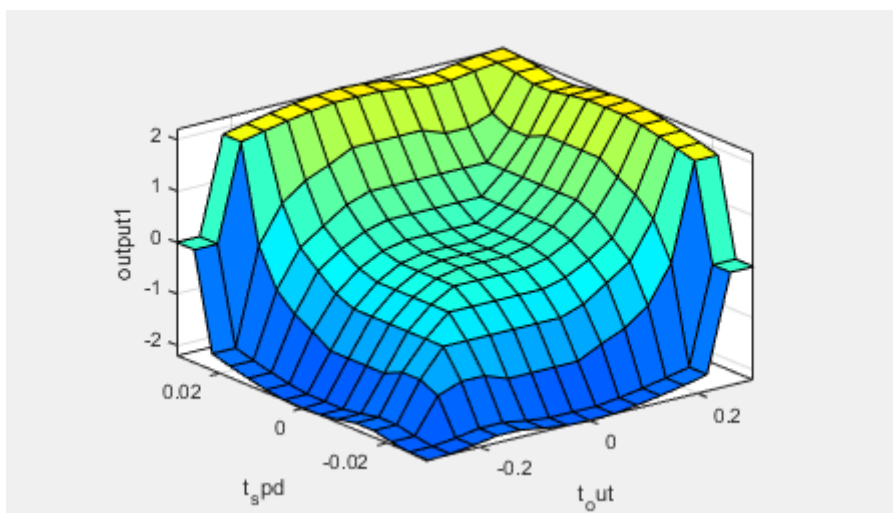


Рис. 7. Простір правил нечіткого регулятора

Після того як ми подали сигнал по каналу збурення, у нас з'явився графік перехідного процесу.

Ми інтегрували у нашу схему нечіткий регулятор. Налаштували методом послідовного наближення та отримали такі результати.

Висновки. Підтримка необхідної величини температури перегріву пари має важливе значення для забезпечення надійної роботи паросилових установок.

Найбільш поширеним способом регулювання температури перегріву пари є охолодження перегрітої пари вприскуванням живильної води або власного конденсату. Ми порівняли дві системи регулювання первинного перегріву пару з введенням похідної у довільній точці та нечітким регулятором. Та дійшли висновку що класичний регулятор ПІ із похідною введеною в довільній точці справляється краще зі своєю задачею.

Список літератури:

1. Д.Я. Кузьменко. Регулювання і автоматизація парових котлів. Москва : Енергія, 1978. 45 с.
2. Плетньов Г.П. Автоматичне регулювання і захист теплоенергетичних установок електростанцій. Москва : Енергія, 1976. 76 с.
3. Кон Л.Й. Методичні вказівки й таблиці для вибору налаштувань ПІ та ПІ регуляторів в одноконтурних системах регулювання теплових об'єктів з запізненням. Одеса : ОНПУ, 2003. 127 с.
4. Леоненков А.Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech. Санкт-Петербург : БХВ, 2003. 720 с.

5. Мелихов А.Н. и др. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. Москва : Наука, 1990. 272 с.
6. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. Москва : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2013. 798 с.
7. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под. ред. Д.А. Поспелова. Москва : Радио и связь, 1982. 490 с.
8. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / Под ред. Р.Р. Ягера. Москва : Радио и связь, 1986. 408 с.
9. Васильев В.И. Интеллектуальные системы управления: теория и практика. Уфа : УГАТУ, 2007. 446 с.
10. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2001. 201 с.

Khil V.V. PORTIVE CLASSIC AUTOMATIC SYSTEMS FOR REGULATING THE FIRST OVERLOOKING OF THE STEAM WITH THE INPUTED STEADY AT THE ADVANCED REGULATOR WITH AN INACCURATE REGULATOR

Nowadays, almost all production processes are automated. Which in turn positively contribute to production, cost reduction and product quality improvement. Reduces the number of personnel involved in the maintenance of this process and increases the reliability and durability of machines. In terms of automation, thermal power is one of the key places among other industries. Power plants are characterized by a large number of continuous processes occurring in them. In this case, the generation of electrical and thermal energy must correspond to the load. Almost all operations on thermal power plants are automated.

The task to be further considered is common in the practice of regulating the temperature of superheated steam in superheaters of power units. Debugging such systems is complicated by high requirements for the quality of transients, especially for the first dynamic deviation. Indeed, if under the influence of perturbations there is an excessive overheating of the metal of the superheater, then there will be conditions for the loss of the necessary strength. The result can be a leak of steam from the superheater and an emergency.

Maintaining the temperature of superheated steam is important to ensure reliable operation of steam plants. The most common way to control the temperature of superheated steam is to cool the superheated steam by injecting feed water or its own condensate.

A gas-steam heat exchanger is used to regulate the overheating of the secondary steam. To protect against excessive overheating of the pipes of the output package at low loads in the circuit of the cooler – there is an emergency injection, which is not used during normal operation of the boiler.

This paper presents an example with temperature control at a given level where an automatic control system of primary steam overheating with the introduction of a derivative at an arbitrary point is used. We compare it with a system in which this system is regulated by a fuzzy regulator.

Key words: *superheater; superheated steam, primary steam overheating, automatic control system, convective superheater, economizer, hot air, fuzzy logic, regulator, transient control process.*