

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-5-81-1>

УДК 681.51

Брунеткін О.І., Яроцький М.М.

Одеський національний політехнічний університет

ПРИНЦИПИ РЕГУЛЮВАННЯ ЖИВЛЕННЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА БЛОКУ ВВЕР-1000

Анотація. Парогенератор блоку ВВЕР-1000 є тою основною деталлю, з якої починається другий контур. І доскональне вивчення всіх процесів, які відбуваються в ньому є пріоритетними для більш точного аналізу поведінки об'єкта. Адже сам по собі парогенератор являється доволі складним об'єктом, адже в ньому проходить один з основних процесів, з якого починається генерування електроенергії. Досліджені всі властивості даного парогенератора блоку ВВЕР-1000, які треба застосовувати в подальшому для покращення процесу регулювання живленням. І виведені основні характеристики об'єкта, його властивості і вказані основні принципи, які допоможуть застерегти від помилок у вивченні даного питання. Представлені основні докази доцільності саме тої системи регулювання, яка буде виведена, виходячи з основних властивостей парогенератора і законів регулювання.

Ключові слова: парогенератор, витрата води, витрата пари, тиск, блок ВВЕР-1000.

Yarotskyi Mykhailo, Brunetkin Oleksandr

Odessa National Polytechnic University

PRINCIPLES OF WATER SUPPLY REGULATION OF THE WVER-1000 STEAM GENERATOR

Summary. The steam generator of the WVER-1000 unit is the main part from which this cond circuit begins. And a thorough study of all the processes that take place in it is a priority for a more accurate analysis of the behavior of the object. After all, the steam generator itself is quite a complex object, because it is one of the main processes from which the generation of electricity begins. All the properties of this steam generator of the WVER-1000 unit, which should be used in the future to improve the power control process, have been studied. And the main characteristics of the object, its properties and the basic principles that will help to avoid mistakes in the study of this issue. The basic proofs of expediency of that system of regulation which will be deduced, proceeding from the basic properties of the steam generator and laws of regulation are presented. The detailed study of the basic properties of the object for more accurate prediction of the steam generator in a given situation depending on the specified parameters of the object and the current state of the system based on the parameters set at the beginning. Derivation of the basic laws of regulation of this object looking at the already set parameters and the state of the system at the moment. The basic theoretical knowledge for more effective power management of the WVER-1000 steam generator is derived. Also, for greater objectivity of the study, a comparison was made between different regulatory systems which also have the right to be, but the study which have shortcomings and cannot be used in this work as impractical in terms of regulatory laws. All options for power regulation are considered, but look in the results of regulation simply cannot be included as the main. All available systems and explanations of each of them have been considered in detail for a more objective analysis. That is why the study of this problem is a priority issue. Since the steam generator of the WVER-1000 unit is an integral part of the unit, you need to work with extreme caution while observing all the necessary principles and laws of regulation. Otherwise, a careless attitude to the study of this issue can lead to many errors that will not allow us to fully use the capabilities of this object. Including all available factors in the study of the properties of a given object, many conclusions can be drawn from how to manage this object in order to increase its productivity and at the same time not harm the other processes that run in parallel.

Keywords: steam generator, water consumption, steam consumption, pressure, WVER-1000 unit.

Постановка проблеми. На разі проблематика постає наступна: недостатня обізнаність в організації процесів парогенератора, приводить до прийняття невірних рішень в питанні регулювання живленням парогенератора. І це дуже серйозна проблема, адже вона може призвести до катастрофічних наслідків і якщо це вже буде не аварія, то виведення з роботи блоку ВВЕР-1000 на певний час. І тому було прийнято рішення про опис основних принципів регулювання даним об'єктом, які допоможуть позбавитися від самих частих помилок в регулюванні даним об'єктом. Адже саме парогенератор блоку ВВЕР-1000 є початком другого контуру атомної електростанції, і являє собою один з найважливіших об'єктів без якого неможлива робота.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчаючи останні публікації у відкритих джерелах інформації, були представлені різними статтями на подібну тематику але в основі всіх них лежить одна й та сама ідея, але загального консенсусу по основній теорії регулювання. Були вивчені такі автори як Демченко в яких розкриваються властивості даного об'єкта а також таких авторів як Клюев, Лукас в питаннях теорії автоматичного керування, яку можливо буде застосовувати до даного об'єкта.

Формулювання цілей статті. Дослідити такий об'єкт як парогенератор блоку ВВЕР-1000 і вивести основну теорію яка допоможе в регулюванні живлення даного об'єкта.

Основна частина. Спочатку все таки остаточно визначимося, що об'єкт, який ми сьогодні

розглядаємо є парогенератор блоку ВВЕР-1000. Парогенератор являє собою теплообмінник трубчатого типу, призначений для переробки тепла, що виробляється реактором, для приведення в рух турбіни. Парогенератор дозволяє використовувати ядерне джерело енергії першого контуру енергоблоку, залишаючи при цьому пар другого контуру радіоактивно чистим.

Парогенератор є важливим компонентом циркуляційної петлі першого контуру реактора ВВЕР-1000. Він розташований на кожній петлі першого контуру між корпусом реактора і головних циркуляційних насосів. Парогенератори діють як сполучна ланка між першим і другим контуром енергоблоку, яке забезпечує подачу сухої насиченої пари під тиском 64 кгс/см^2 при температурі $278,5$ градусів Цельсія з вологістю менше за $0,2\%$.

Теплоносій першого контуру проходить по трубах парогенератора, де тепло передається в другий контур, створюючи суху насичену пару. Так як теплоносій першого контуру протікає по трубах, він ніколи не потрапляє і не змішується з середовищем другого контуру. Це дозволяє використовувати ядерне паливо, в той же час підтримуючи радіоактивну чистоту пара.

Поперечний переріз парогенератора блоку ВВЕР-1000 зображений на рис. 1.

Після короткого введення в об'єкт, який буде розглядатися в даній статті, перейдемо до основної теми. А саме до вибору схеми і закону регулювання живлення. Регулювання живлення в парогенераторі зводиться до підтримки рівня живильної води в парогенераторі. Використання пропорційно-інтегрального (ПІ) закону регулювання для астатичного об'єкта з ефектом «набухання», не забезпечує потрібної якості регулювання. Так як інтегральний закон дає погану стійкість системи. Пропорційний закон не допустимий через статичну похибку регулювання [2, с. 56].

Тому для регулювання рівня в парогенераторі використовують комбіновану автоматичну систему регулювання (АСР). Регулювання по відхиленню з П-регулятором і контуром інваріантності по основному збуренню – витраті пари. [1, с. 214]

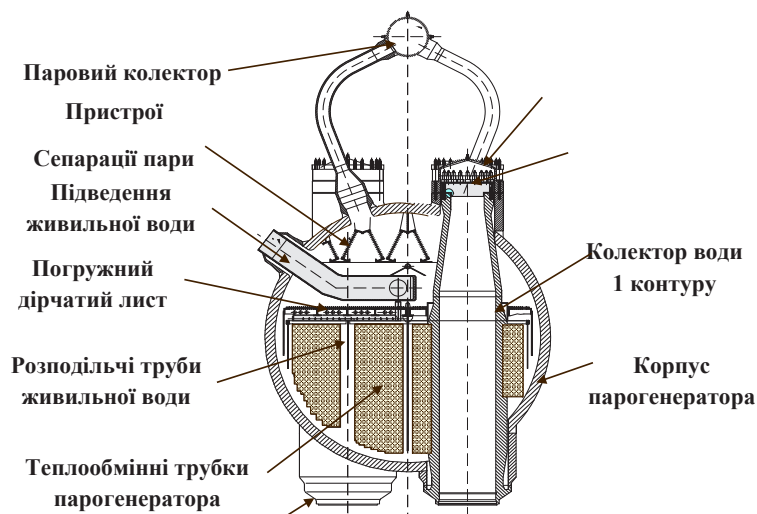


Рис. 1. Поперечний переріз парогенератора блоку ВВЕР-1000

Джерело: [1]

Розглянемо синтез такої АСР. Схема АСР з пристроєм вводу сигналу по витраті води зображена на рис. 2.

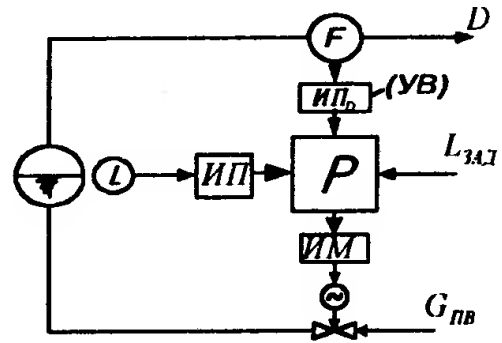


Рис. 2. Схема АСР з пристроєм вводу сигналу по витраті пари:

де ИП – вимірювальний перетворювач;
УВ – пристрій вводу сигналу по витраті пари;
Р – регулюючий пристрій;
ИМ – виконуючий механізм

Джерело: [1]

В даній АСР в регулятор заносяться сигнали по витраті пари та рівню води в парогенераторі. І даний регулятор зрівнюючи сигнали з завданням, наносить керуючий вплив на виконуючий механізм, в якості якого виступає регулюючий клапан живильної води.

Але не дивлячись на приведення більш-менш адекватного прикладу АСР, у неї є свої недоліки які і не дозволяють її використовувати в промисловості.

А недоліки даної 2-х імпульсної АСР наступні:

1) витрата живильної води через регулюючий живильний клапан залежить не тільки від положення клапана, але і від перепаду тиску на даному клапані, адже в процесі експлуатації перепад тиску може змінюватися;

2) в дифманометрах-витратомірах минулих років виробництва, вихідний сигнал був пропорційний квадратному кореню з перепаду тиску.

І тому постає питання в модернізації АСР, адже дана не зможе забезпечити потрібної якості регулювання і може нанести непоправної шкоди як для об'єкта так і для всієї атомної станції.

Тому вказані недоліки 2-х контурної АСР можна виправити за допомогою введення в регулятор третього імпульсу по витраті живильної води від дифманометра-витратоміра. І це вже виходить, що схема буде 3-х імпульсна. Насамперед треба пояснити в чому різниця 2-х і 3-х імпульсної системи відповідно. А різниця дуже проста і її зрозуміє абсолютно кожна людина. Адже якщо дивитися на прикладі який був приведений вище, 2-х імпульсна система це та, до регулятора якої надходять два сигнали з інформацією по витраті пари та по рівню води в парогенераторі. І вже дивлячись на це, 3-х імпульсна система буде складатися з трьох сигналів а саме сигнали по витраті пари, рівню води в парогенераторі та витраті живильної води.

І тут вже повернемося до нашої 3-х імпульсної АСР яка зображена на рис. 3.

Принцип роботи даної АСР заключається в тому, що сигнали по витраті пари та витраті живильної води вводяться в регулятор з різними знаками. В сталому режимі ці сигнали рівні, протилежні за знаком і слідуючи з цього, компенсують один одного. А сигнал по рівню води компенсується завданням сигналом завдання по рівню води. І тому дана АСР являється більш кращою з точки зору регулювання і тому використовується вже не один рік. Але хоч і виникають проблеми з тим, що при вимірюванні витрати пари, виникає перепад тиску пари який не критичний для ТЕС, але критичний для АЕС. Саме тому замість сигналу по витраті пари, використовують сигнал по різниці температур в гарячій і холодній нитці циркуляційного трубопроводу першого контуру. Але і в такому випадку виявилися недоліки а саме при збільшенні електричної потужності змінювалась температура живильної води, яка і вносила похибку в розрахунок витрати пари. А також ще одним недоліком являлось те, що при відключенні головного циркуляційного насосу виникає запізнення сигналу по витраті живильної води що приводить до збільшення рівня парогенератора. Але і для цих проблем знайшлися вирушення. Була введена різниця по температурі живильної води в двох нитках. А для більш швидкого регулювання при зміні витрати пари, був введений сигнал по швидкості зміни тиску в паровому колекторі.

Висновки та пропозиції. В даному матеріалі було більш детально розписано про те, який

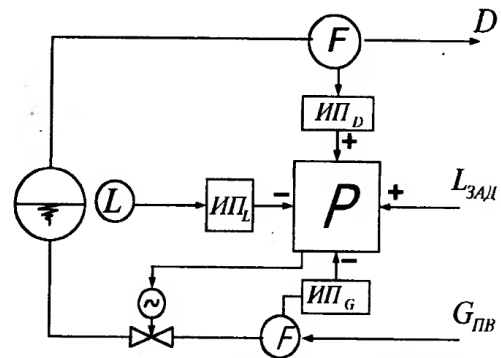


Рис. 3. Принципова схема 3-х імпульсної АСР

Джерело: [1]

закон регулювання треба використовувати для даного об'єкта та більше не допускати помилок у разі вивчення даного об'єкта, адже все необхідне по регулюванню живлення парогенератора було виділене в цій статті для того, щоби в майбутньому і схему, яку використовують на даний момент, змогли більш детально вивчити і вдосконалити, якщо це буде можливо. Даний матеріал призначений для того, щоби більше не було ніяких помилок у керуванні цим об'єктом, адже парогенератор є основною частиною як самого блоку так і всієї атомної електростанції, і тому були викладені основні принципи керування даним об'єктом і ці принципи допоможуть безпомилково керувати живленням парогенератора та забезпечувати його максимальну роботу.

Список літератури:

1. Демченко В.А. Автоматичні системи регулювання технологічними процесами АЕС і ТЕС. Одеса : ОНПУ, 1994. 280 с.
2. Лукас В.А. Теорія управління технічними системами. Єкатеринбург : 2002, 675 с.
3. Ключев А.С. Автоматическое регулирование. Москва : Энергия, 1967. 344 с.

References:

1. Demchenko, V.A. (1994). *Automatic control systems and technological processes AES and TEC*. Odessa: ONPU. (in Ukrainian)
2. Lukas, V.A. (2002). *Teoriya upravlinnya tehnicnymi sistemami* [Theory of control of technical systems]. Ekaterinburg. (in Russian)
3. Klyuev, A.S. (1967). *Automatic regulation*. Moscow: Energiya. (in Russian)