

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ АВТОМАТИКИ АЕС

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто особливості технологічних процесів на атомних електростанціях та їх значення для забезпечення стабільного і безпечного виробництва електричної енергії. Описано процес перетворення енергії, що виділяється під час розподілу атомних ядер пального, в електричну енергію, а також основне обладнання, яке бере участь у цьому процесі. Особливу увагу приділено вимогам до технологічного процесу АЕС, зокрема забезпеченню безпеки, надійності та економічності роботи енергоблоків.

Ключові слова: АЕС, надійність, безпека, економічність, електроенергія.

Abstract

The paper examines the features of technological processes at nuclear power plants and their importance for ensuring stable and safe production of electrical energy. The process of converting energy released during the fission of nuclear fuel nuclei into electrical energy is described, as well as the main equipment involved in this process. Particular attention is paid to the requirements for the technological process of nuclear power plants, in particular, ensuring the safety, reliability and efficiency of the operation of power units.

Keywords: NPP, reliability, safety, efficiency, electricity.

Вступ

У сучасних умовах розвитку енергетики технологічна автоматика на атомних електричних станціях (АЕС) є важливою складовою енергетичної безпеки України, оскільки забезпечує стабільне виробництво електроенергії та знижує залежність від імпорتنих енергоресурсів [1].

Проте аварії в цій галузі можуть мати катастрофічні наслідки для навколишнього середовища, економіки та здоров'я людей. Саме тому безпека в енергетиці є одним із пріоритетів для усього світу [2].

Щоб енергоблоки працювали надійно, необхідно постійно стежити за основними параметрами роботи обладнання, такими як температура, тиск, витрати пари, води та інші технологічні показники, і підтримувати їх у встановлених межах. Це допомагає зменшити вплив різних збурень, зберігати оптимальний режим роботи обладнання та забезпечувати безпечне й ефективне виробництво електроенергії.

Основна частина

Технологічний процес на атомній електростанції призначений для перетворення енергії, що виділяється в результаті розподілу атомних ядер пального, в електричну енергію. Для здійснення цього процесу використовуються основні агрегати [3] (реактор, парогенератори, турбогенератори) і допоміжне обладнання, з'єднане між собою трубопроводами та іншими технологічними лініями (рис. 1). Сукупність технологічного устаткування і процесів, що відбуваються в ньому, утворює технологічний об'єкт.

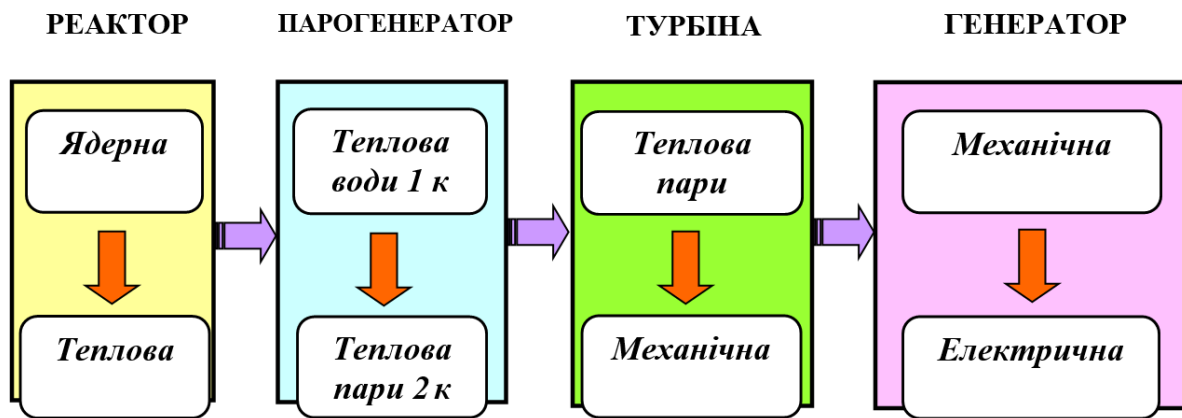


Рисунок 1 - Структура перетворення ядерної енергії в електричну на АЕС

Основною вимогою до технологічного процесу АЕС є забезпечення безпеки, надійності та економічності роботи (рис. 2). Безпека передбачає зменшення ймовірності радіаційного ураження персоналу і викиду радіоактивних речовин у навколишнє середовище. Надійність означає зменшення кількості аварійних зупинок і можливість збереження часткової потужності енергоблоку при відмовах обладнання. Економічність роботи полягає у зменшенні витрат палива, електроенергії власних потреб та інших ресурсів під час вироблення електричної енергії.

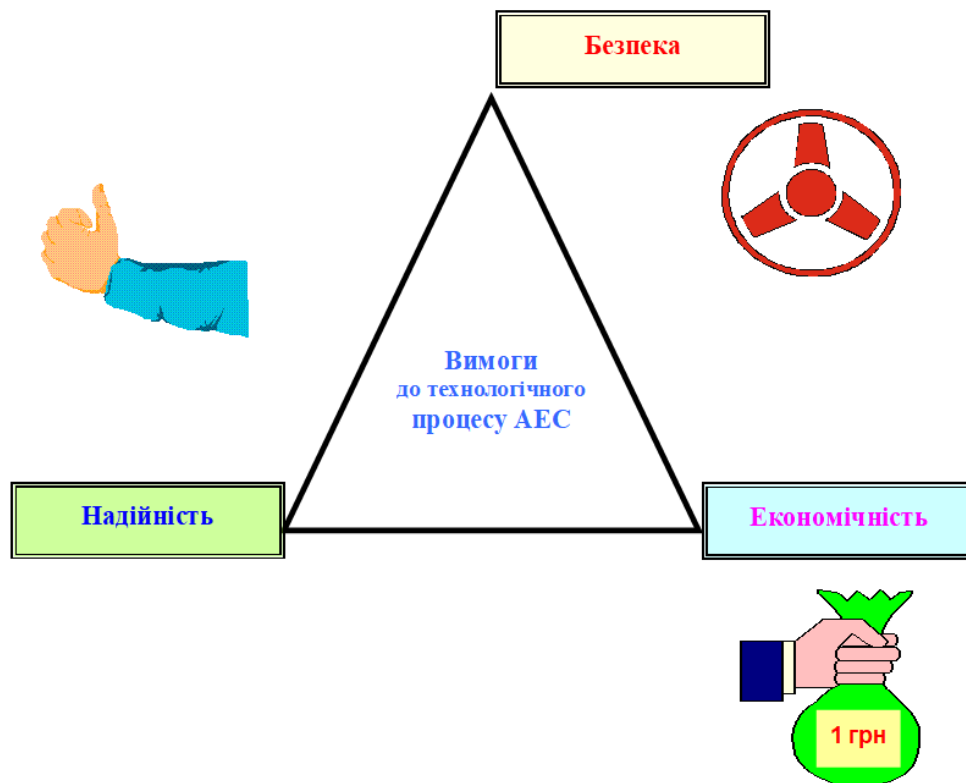


Рисунок 2 - Вимоги до технологічного процесу АЕС

Проведемо розрахунок критерію стійкості Рауса–Гурвіца для генератора ТВВ-1000. Напруга статора 24 кВ, напруга обмотки збудження 470 В, стала часу 8,8 с. Для ТВВ-1000 підбераймо автоматичний регулятор напруги (АРН) з параметрами: різниця напруги на вході регулятора 25 В, коефіцієнт трансформації трансформатора напруги $n = U_{ст.}/220$, стала часу генератора 0,02, напруга 220 В, напруга обмотки збудження 518 В.

Коефіцієнт підсилення регулятора:

$$k_{pez} = \frac{220}{\Delta U_{APH BX}}, \quad (1.1)$$

$$k_{pez} = \frac{220}{25} = 8,8 \text{ (в.о.)}$$

Значення коефіцієнтів підсилення ланок відповідають початковим даним і дорівнюють:

$$k_1 = \frac{k_{pez}}{n_n}, \quad (1.2)$$

$$k_2 = \frac{U_2}{220}, \quad (1.3)$$

$$k_3 = \frac{24000}{U_2}, \quad (1.4)$$

$$n_n = \frac{U_{ст.}}{220}, \quad (1.5)$$

$$n_n = \frac{24000}{220} = 109,091 \text{ (в.о.)},$$

$$k_1 = \frac{8,8}{109,091} = 0,081 \text{ (в.о.)},$$

$$k_2 = \frac{470}{220} = 2,136 \text{ (в.о.)},$$

$$k_3 = \frac{24000}{470} = 51,064 \text{ (в.о.)}.$$

Знаючи сталі часу і коефіцієнти підсилення ланок системи, визначаємо коефіцієнти характеристичного рівняння:

$$T_2 = \frac{U_2}{518}, \quad (1.6)$$

$$a_0 = T_1 \cdot T_2 \cdot T_3, \quad (1.7)$$

$$a_1 = T_1 \cdot T_2 + T_2 \cdot T_2 + T_3 \cdot T_1, \quad (1.8)$$

$$a_2 = T_1 + T_2 + T_3, \quad (1.9)$$

$$a_3 = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 + 1, \quad (1.10)$$

$$T_2 = \frac{470}{518} = 0,907,$$

$$a_0 = 0,02 \cdot 0,907 \cdot 8,8 = 0,16,$$

$$a_1 = 0,02 \cdot 0,907 + 0,907 \cdot 0,907 + 8,8 \cdot 0,02 = 1,017,$$

$$a_2 = 0,02 + 0,907 + 8,8 = 9,727,$$

$$a_3 = 0,081 \cdot 2,136 \cdot 51,064 + 1 = 9,8.$$

Далі перевіримо стійкість технологічної автоматики системи регулювання напруги. Для цього скористуємось критерієм Рауса – Гурвіца.

Перша умова:

$$a_0 = 0,16 > 0; \quad a_1 = 1,017 > 0; \quad a_2 = 9,727 > 0; \quad a_3 = 9,8 > 0.$$

Друга умова:

$$\Delta_2 = \begin{pmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{pmatrix} = a_1 \cdot a_2 - a_0 \cdot a_3, \quad (1.11)$$

$$\Delta_2 = \begin{pmatrix} 1,017 & 9,8 \\ 0,16 & 9,727 \end{pmatrix} = 1,017 \cdot 9,727 - 0,16 \cdot 9,8 = 8,332 > 0.$$

Система регулювання стійка.

Висновки

1. В наш час атомні електричні станції забезпечують електроенергією більшу частину споживачів в Україні.
2. В умовах активних військових дій потрібно забезпечувати надійну та безпечну експлуатацію АЕС, тому високі вимоги висуваються до експлуатуючого персоналу, що вимагає розуміння процесу виробництва електроенергії на АЕС та рівня практичної та теоретичної підготовки персоналу атомних станцій, починаючи з вищих навчальних закладів та під час роботи на станції.
3. Обладнання АЕС потрібно експлуатувати з використанням сучасних засобів автоматики. Наприклад, автоматики системи збудження генераторів. Одним з методів оцінки якості систем збудження є стійкість.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атомна енергетика: юридичні аспекти безпеки та розвитку енергетичної інфраструктури України. – Режим доступу: <https://www.juscutum.com/news/atomna-energetika-aes-energobloki-ta-virobnictvo-elektroenergiyi>
2. Безпека в енергетиці: як новітні технології зменшують ризики аварій. – Режим доступу: <https://radiy.com/blog/bezpeka-v-energeticzi/>
3. Принцип роботи атомної електростанції: АЕС України. – Режим доступу: <https://teachme.expert/blog/article/printsip-roboti-atomnoyi-elektrostantsiyi-aes-ukrayini>

Химич Владислав Вадимович – студент групи ЕС-25м, факультет електроенергетики, електромеханіки та електротехніки. Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vlad90123456@gmail.com

Рубаненко Олександр Євгенійович – канд. техн. наук, професор кафедри електричних станцій та систем. Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rubanenko.o.y@vntu.edu.ua

Vladyslav V. Hhymych – student group ES-25m, Faculty of Electrical Engineering, Electromechanics and Electrical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vlad90123456@gmail.com

Oleksandr Y. Rubanenko - Ph.D. in Technical Sciences, Professor of the Department of Electric Power Stations and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rubanenko.o.y@vntu.edu.ua