

Чернов М.Ю.

Одесский национальный политехнический университет

Харабет А.Н.

Одесский национальный политехнический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ УДАЛЕНИЕМ КИСЛОРОДА В ДЕАЭРАТОРЕ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

В статье рассмотрена возможность модернизации процесса удаления кислорода в деаэраторе за счет замены одноконтурной АСР каскадной. Синтезирована и исследована математическая модель системы автоматического регулирования удаления кислорода с применением кислородомера.

Ключевые слова: деаэрирование питательной воды, деаэратор, кислородомер, система автоматического регулирования, каскадная АСР.

Постановка проблемы. В данный момент автоматическое регулирование деаэратора осуществляется за счет управления расходом греющего пара, подаваемого в деаэрационную колонну. Управление уровнем деаэрированного конденсата, поступающего в бак-аккумулятор, осуществляется добавкой химически очищенной воды. Деаэрация воды в устройстве происходит в соответствии с законом Генри, т. е. количество растворенного газа в воде пропорционально давлению этого газа над жидкостью.

Однако в реальных условиях не всегда получается добиться требуемого качества деаэрации воды, и количество газа в конденсате, идущем после устройства, значительно больше требуемых значений. Это приводит к увеличению коррозии внутри компонентов греющего устройства, к уменьшению срока работы оборудования, а также к большим затратам на замену вышедших из строя компонентов.

Анализ последних исследований и публикаций. В многочисленных теоретических работах контролю над количеством газа после устройства не уделяется достаточного внимания, поскольку в деаэраторе используется закон Генри, а именно:

$$G_r = k_r \times P_r, \quad (1)$$

где G_r – количество растворенного в воде газа; k_r – коэффициент абсорбции газа жидкостью или коэффициент растворимости газа, зависящий от температуры;

P_r – парциальное давление газа над жидкостью.

Поскольку наиболее вредным является присутствие кислорода в компонентах греющего устройства, контроль его количества в воде наиболее важен. Растворимость кислорода в пресной воде при 0,1 МПа в зависимости от температуры представлена на рис. 1.

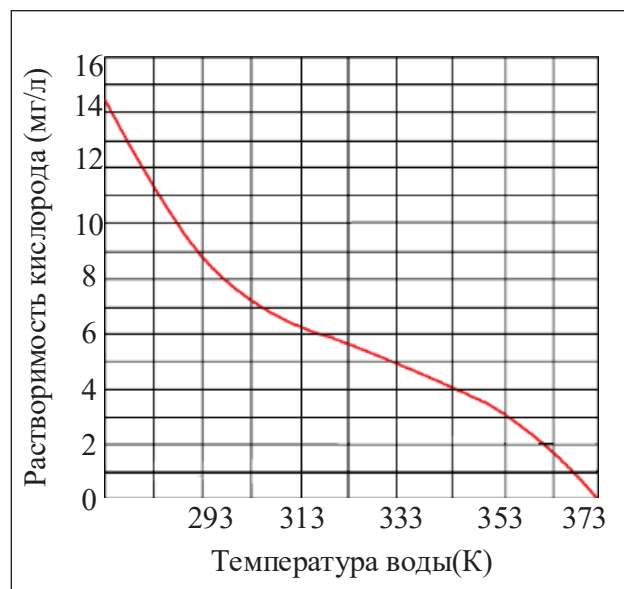


Рис. 1. График растворимости кислорода в пресной воде при 0,1 МПа в зависимости от температуры

Постановка задания. Цель статьи – проверить, эффективно ли вместо одноконтурной системы регулирования давления пара в деаэра-

ціонной колонне применять каскадную систему с включением автоматического газоанализатора.

Изложение основного материала исследования. В работе рассматривается усовершенствование автоматической системы регулирования

давления в деаэраторе (рис. 2) путем замены одноконтурной системы каскадной (рис. 3).

Структурная схема автоматической системы регулирования давления в деаэраторе показана на рис. 4.

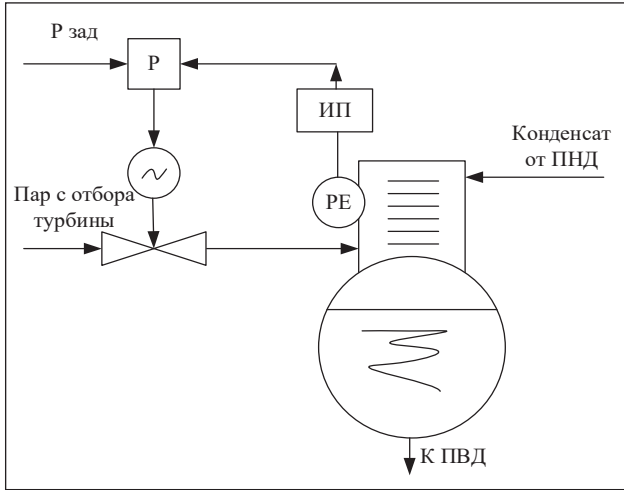


Рис. 2. Традиционная структура АСР давления в деаэраторе

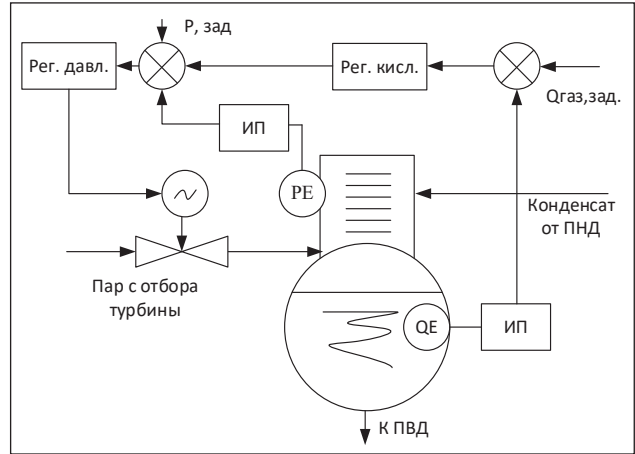


Рис. 3. Предлагаемая структура АСР удаления кислорода в деаэраторе с применением кислородомера

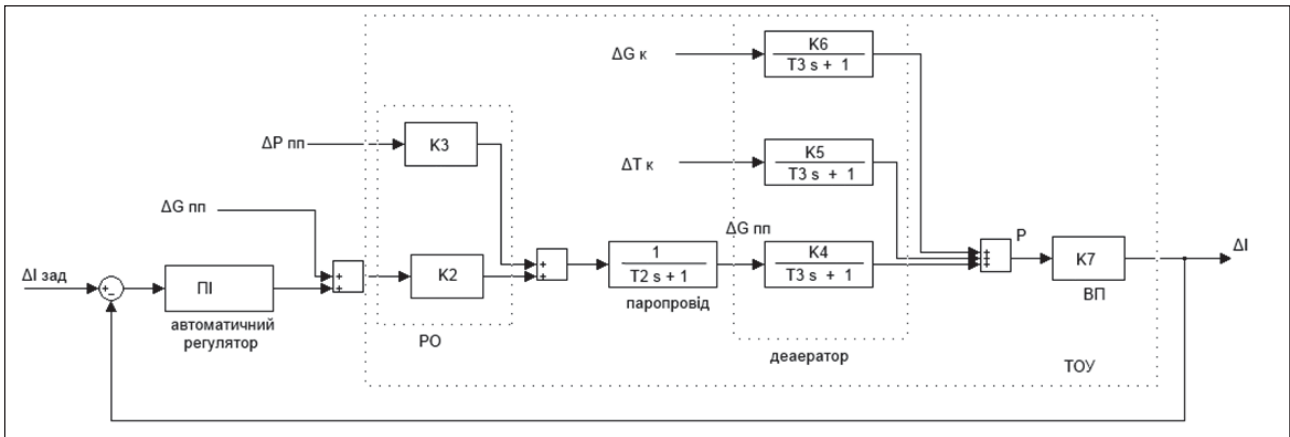


Рис. 4. Структурная схема АСР давления в деаэраторе

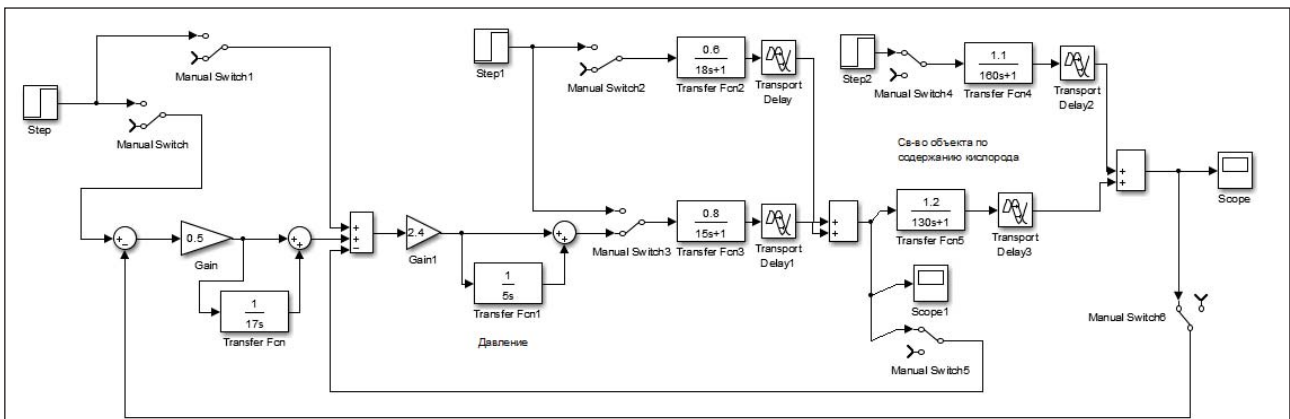


Рис. 5. Схема электронной модели автоматической системы регулирования удаления кислорода в деаэраторе

Схема электронной модели автоматической системы регулирования удаления кислорода в деаэраторе показана на рис. 5.

Следующим этапом будет нахождение настроек регулятора по каналу свойства объекта по содержанию кислорода [3, с. 103].

Аппроксимировав кривую разгона по каналам «содержание кислорода – возмущение по давлению пара» и «давление в деаэраторе – расход пара» по методу Л.Й. Кона, получаем оптимальные настройки регуляторов [3]. Переходные процессы показаны на рисунках 8, 9.

На рис. 8 определены следующие характерные показатели качества регулирования [3, с. 103], среди которых такие:

- $\Delta x(m_1) = 0.3$ – первый максимум отклонения управляемой переменной;
- $\Delta x(m_3) = 0.04$ – третий максимум отклонения управляемой переменной;
- $t_p = 1040$ с – время регулирования;
- $\Delta x_{ост} = 0$ – остаточная статическая погрешность регулирования.

Кроме этих показателей, существуют также показатели, требующие вычисления, например, показатель затухания колебаний.

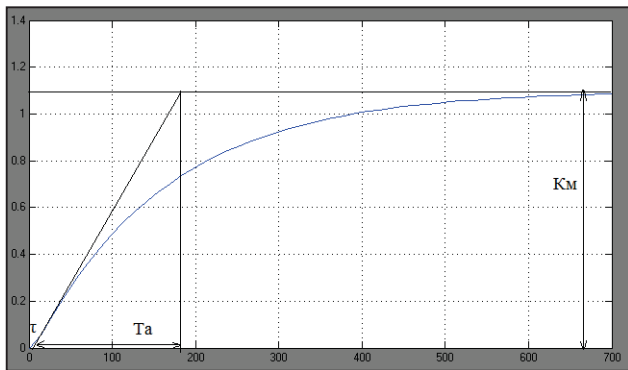


Рис. 6. Кривая разгона по каналу «содержание кислорода – возмущение по давлению пара»

$$\Psi = (\Delta x m_1 - \Delta x m_3) / \Delta x m_1, \quad (2)$$

$$\Psi = (0.3 - 0.04) / 0.3 = 0.87$$

На рис. 9 определены следующие характерные показатели качества регулирования [3, с. 103], среди которых:

- $\Delta x(m_1) = 0.158$;
- $\Delta x(m_3) = 0.015$;
- $t_p = 89$ с;
- $\Delta x_{ост} = 0$;
- $\Psi = 0.9$.

Анализируя полученные на модели переходные процессы регулирования, можем заключить следующее. Одноконтурная система регулирования обеспечивает следующие показатели качества:

- $\Delta x m_1 = 0,08$;
- $\Delta x m_3 = 0,008$;
- $t_p = 150$ с;
- $\Delta x_{ост} = 0$;
- $\Psi = 0.9$.

После сравнения показателей качества регулирования видим, что традиционная структура автоматической системы регулирования давления в деаэраторе обеспечивает наименьшее время

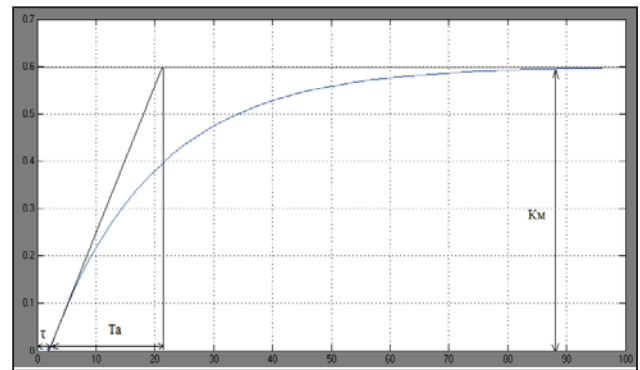


Рис. 7. Кривая разгона по каналу «давление в деаэраторе – расход пара»

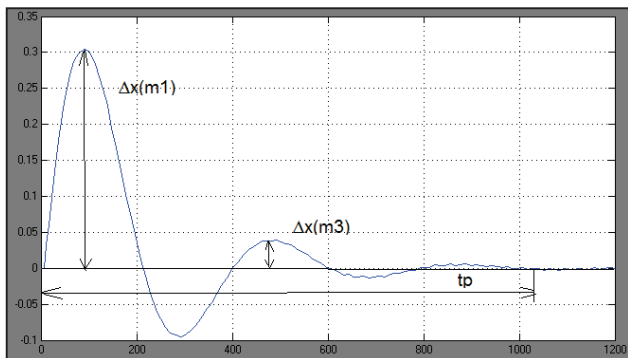


Рис. 8. Переходный процесс по каналу «содержание кислорода – возмущение по давлению пара»

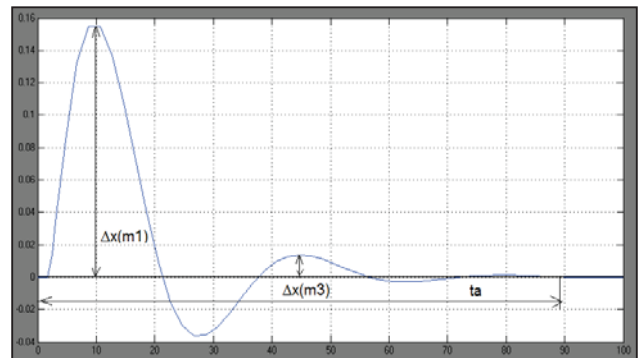


Рис. 9. Переходный процесс по каналу «давление в деаэраторе – расход пара».

регулювання, однак проявляється більший перший максимум відхилення управляємої перемінної. Традиційна схема також не завжди забезпечує вимогу якості видалення газів в теплоносії. Разом з тим запропонована схема автоматичної системи регулювання видалення кисню в деаераторі достатньо ефективно контролює кількість газу, розчиненого в теплоносії.

Висновки. В роботі розглянуто покращену схему автоматичної системи регулювання

видалення кисню в деаераторі з використанням кислородоміра, при якій існує можливість отримання значущої економії за рахунок збільшення терміну роботи елементів нагрівача. Для об'єкта управління синтезована система співвідношень «тиск – кисень» в середовищі Simulink пакету MATLAB. Ця система може бути налаштована традиційними методами. Отримані параметри налаштування можуть бути перекладені в відповідні параметри для цифрових контролерів.

Список литературы:

1. Деаэрационная установка: учебное пособие. ОП «Запорожской АЭС», 2005. 383 с.
2. Бундюк А.М. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Компьютерные системы анализа эффективности в энергетике». Одесса, 2005. 174 с.
3. Харабет В.М. Изучение классической теории автоматического управления с помощью современного персонального компьютера: учеб. пособие. О., Бахва, 2014. 188 с.
4. Демченко В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС. Одесса, 2001. 308 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ВИДАЛЕННЯМ КИСНЮ В ДЕАЕРАТОРІ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

У статті розглянуто можливість модернізації процесу видалення кисню в деаераторі за рахунок заміни одноконтурної АСР каскадною. Синтезована й досліджена математична модель системи автоматичного регулювання видалення кисню із застосуванням киснеміра.

Ключові слова: деаерування живильної води, деаератор, киснеміри, система автоматичного регулювання, каскадна АСР.

STUDY OF THE DYNAMICS OF THE CONTROL PROCESS OF REMOVAL OF OXYGEN IN THE DEAERATOR NUCLEAR POWER STATION

The possibility of modernization of the process of oxygen removal in the deaerator, due to the replacement of single-loop ACS cascade is considered in the article. A mathematical model of the system for automatic control of oxygen removal using an oxygen meter was synthesized and studied.

Key words: deaeration of nutrient water, deaerator, oxygen meter, automatic control system, cascade ACS.