

11. Борисов В.Н. «Перспективы применения энергоустановок на топливных элементах в энергоснабжении» / В сб. «Твердооксидные топливные элементы», изд. РФЯЦ - ИИТФ, Снежинск, 2003. – С. 110 - 120.
12. Носач В.Г. Энергия топлива. - Киев: Наукова Думка, 1989. – 147 с.
13. Концепция развития горения и взрыва как области научно-технического прогресса / под ред. акад. А.Г. Мержанова // Черногловка, «Территория», 2001. – 176 с.
14. Thermodynamic Analysis of Part – Flow Cycle Supercritical CO2 Gas Turbines / Utamura M. // Proceedings of ASME Turbo - Expo 2008: Power for Land, Sea and Air, GT 2008, June 2008, Berlin, Germany. GT 2008 - 50151.
15. A New Concept for High Temperature Fuel Cell Hybrid Systems Using Supercritical Carbon Dioxide / Sanchez D. and etc. // Journal of Fuel Cell Science and Technology, 2009, Vol 6, N 2, 021306, p. 11.
16. An opportunity for Creation of Highly Effective Aviation Auxiliary Power Plants with Gas - Steam - Turbine Contour/ Yanovzkiy L.S., Baykov A.V. // ISABE-2007-1159.
17. Крылов А.Н. Повышение эффективности стекловаренных печей на основе комплексной регенерации тепловых отходов. Реферат диссертации на соискание степени кандидата технических наук, М.: МЭИ, 2007.

УДК 62-50

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА САУК АГРЕГАТА ПОДАЧИ ВОДЫ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

С.Г. Валюхов

Доктор технических наук, профессор
Воронежский Государственный Технический
Университет
пр. Московский, 14, г. Воронеж, Россия, 394024

С.В. Ярославцев

Кандидат технических наук, доцент
ФГУП «Турбонасос»
ул. Острогжская, 107, г. Воронеж, Россия, 394052

В.А. Коваль

Доктор технических наук, старший научный сотрудник
Институт Проблем Машиностроения им. А.Н. Подгорного
Национальной Академии Наук Украины
ул. Пожарского, 2/10, г. Харьков, Украина, 61046

Целью данной работы является формирование облика и синтез законов регулирования САУК давления воды «после себя» на переходных режимах работы, обеспечивающих их оптимизацию при заданных диапазонах уровней постоянных возмущений. Система автоматического регулирования представляет собой регулятор выхода. Проблемы построения наблюдателей в данной работе не затрагиваются

Ключевые слова: давление, регулятор, постоянные возмущения

The purpose of the given work is formation of shape and synthesis of laws of regulation SAUK of pressure of water «after itself» on the transitive operating modes providing their optimization at set ranges of levels of constant indignations. The system of automatic control represents a regulator of an output. Problems of construction of observers in the given work are not mentioned

Kew words: pressure, regulator, constant indignations

Одной из разработок предприятия ФГУП «Турбонасос» является система турбонасосной подачи (ТНП), используемая для питания водой паровых котлов. В своем составе ТНП содержит магистраль подачи пара к турбине ТНП и подачи воды к паровым котлам. В магистрали подачи пара производится регулирование рас-

хода с целью поддержание давления питающей котлы воды в заданном диапазоне (57...61 ата), при значениях расхода воды на котлы, давлениях и температурах магистралей пара, обусловленных технологическим циклом предприятия Заказчика (рис.1). Объект управления представляет собой турбонасосный агрегат с трубопро-

водами и арматурой автоматики. Исполнительный орган - клапан регулирующий запорный дисковый с переменной площадью поперечного сечения, управляемый электронной системой автоматического управления и контроля. В качестве базовых агрегатов рассматриваются клапаны регулирующие типа 25с42нж производства «Армагус».

Целью данной работы является формирование облика и синтез законов регулирования САУК давления воды «после себя» на переходных режимах работы, обеспечивающих их оптимизацию при заданных диапазонах уровней постоянных возмущений. Система автоматического регулирования представляет собой регулятор выхода. Проблемы построения наблюдателей в данной работе не затрагиваются.

Актуальность проблемы связана с отсутствием теоретического обоснования используемых подходов к построению математического обеспечения систем автоматического управления.

Научной новизной является применение нового метода алгоритмического конструирования нелинейных регуляторов, разработанного автором.

Апробация методики произведена на испытаниях.

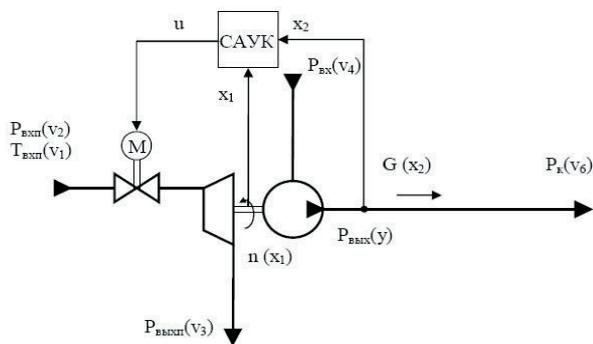


Рис. 1. Расчётная схема объекта исследования

Для практической реализации в САУК агрегата турбонасосной подачи заложен закон релейного регулирования. При этом происходит включение исполнительного механизма при выходе давления ТНП за допустимый диапазон (57...61 ата). Скорость поворота исполнительного механизма остается максимально - постоянной по модулю. Характер изменения величины давления на выходе ТНП представлен на рис. 2.

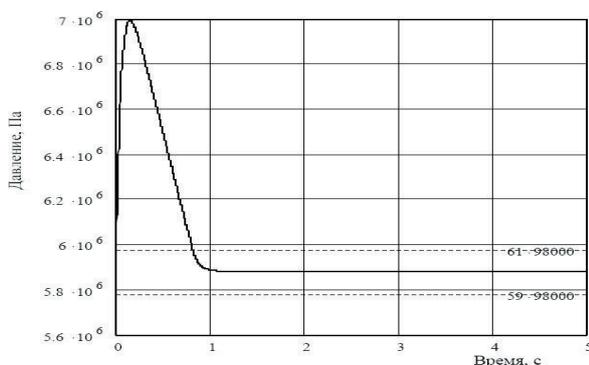


Рис. 2. Процесс изменения давления при использовании имеющегося регулятора

Как показывает анализ, показатели качества переходного процесса не отвечают требованиям ТЗ (перерегулирование составляет более 18%). Поэтому были синтезированы оптимальные законы регулирования.

Структурная схема расчетной модели САУК представлена на рис. 3,4.

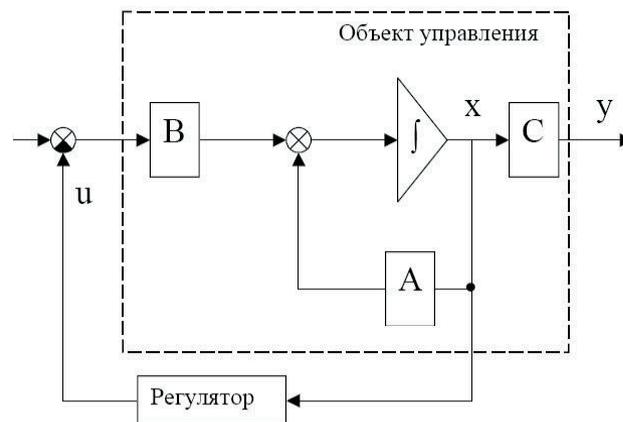


Рис. 3. Структурная схема системы регулирования по принципу Ползунова-Уатта

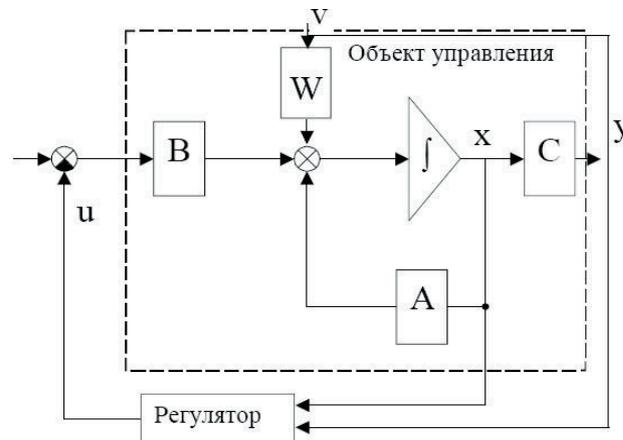


Рис. 4. Структурная схема системы регулирования по принципу Понселе

Для синтеза законов регулирования используется нелинейное матричное дифференциальное уравнение процессов в относительных отклонениях:

$$\dot{x} = ax + bF(u, x) = wv,$$

где x - управляемая величина, u - управляющее воздействие, v - возмущение, a, b, w - постоянные коэффициенты.

По методике [1], разработанной автором, были синтезированы различные типы контуров регулирования. Результаты синтеза законов управления представлены в таблице 1:

Таблица 1

Законы управления

Тип регулятора	Закон управления
Пропорциональный линейный	$u = -20.569 \cdot x_1 + 0.561 \cdot x_2$
Пропорциональный нелинейный	$\frac{du}{dt} = \mu(x_1, u) \cdot \left[-6472 \cdot x_1 + 205 \cdot x_2 - \left(k_1 u + k_2 u^2 + k_3 u x_1 + k_4 x_1^2 \right) \right]$ $\left[+k_5 x_1 x_2 + k_6 x_2^2 \right]$
Изодромный линейный	$u = -15.855 \cdot x_1 + 0.405 \cdot x_2 - 5.722 \cdot \int x_1 \cdot dt + 0.177 \cdot \int x_2 \cdot dt$
Изодромный нелинейный	$\frac{du}{dt} = \mu(x_1, u) \cdot \left[-852 \cdot x_1 + 24 \cdot x_2 - 102 \cdot \int x_1 \cdot dt + 3.2 \cdot \int x_2 \cdot dt \right]$ $\left[k_1 u + k_2 u^2 + k_3 u x_1 + k_4 x_1^2 \right]$ $\left[+k_5 x_1 x_2 + k_6 x_2^2 \right]$

Как показывает анализ полученных данных, нелинейные регуляторы превосходят используемые в настоящее время линейные по своим показателям качества:

- Времени переходного процесса - в 0,136.. 0,3 раз;
- Статической ошибке - в 3,8...21 раз;
- Перерегуливанию - в 1,5 раза.

В качестве примера на рис. 5 приведены результаты поверочного расчета параметров для нелинейного объекта при максимальных возмущениях.

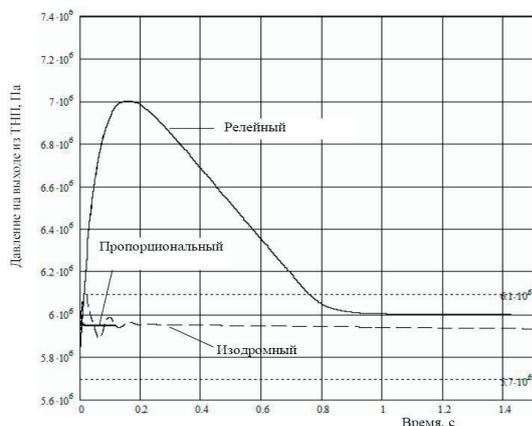


Рис. 5. Переходные процессы по давлению для различных регуляторов при максимальных возмущениях по ТЗ (+10%)

Использование разработанных законов регулирования требует использования приводов с изменяемой скоростью вращения заслонки. Показатели качества переходных процессов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели качества переходных процессов

	Статическая ошибка, %	Время п/п, с	Перерегулирование, %	Возмущения
Релейный	1,75	1,03	18,9	максимальные
Пропорциональный линейный	0,934	6 · 10-3	0	
Пропорциональный нелинейный	0,044	0,044	0,41	
Изодромный линейный	0	7,72	1,16	
Изодромный нелинейный	0	22,3	0,75	
Релейный	-2,3	0,92	-11,1	минимальные
Пропорциональный линейный	-0,87	0,01	0	
Пропорциональный нелинейный	-0,21	0,033	0,24	
Изодромный нелинейный	0	21	-0,71	

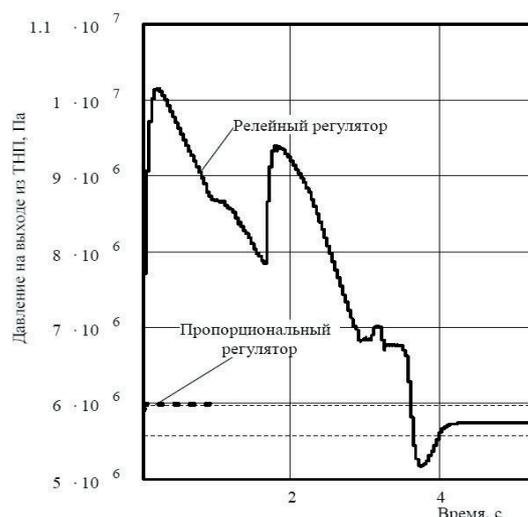


Рис. 6. Переходные процессы при возмущениях выше максимально реализуемых для релейного регулятора (+30 %)

Выводы

1. Релейное регулирование не обеспечивает требуемых показателей качества переходных процессов.
2. Нелинейные регуляторы превосходят используемые в настоящее время линейные по своим показателям качества:
 - Времени переходного процесса - в 0,136.. 0,3 раз;
 - Статической ошибке - в 3,8...21 раз;
 - Перерегуливанию - в 1,5 раза.
3. Изодромный нелинейный регулятор обладает наилучшими показателями качества переходных процессов при заданных диапазонах уровней постоянных возмущений.
4. Изодромный линейный регулятор представляет собой структуру минимальной сложности, обеспечивающую выполнения требований технического задания при заданных диапазонах уровней постоянных возмущений.
5. Реализация полученных законов регулирования требует использования приводов с переменной скоростью вращения заслонки.

Литература

1. Лозгачев Г. И., Морозов Г. А., Ярославцев С. В. Методика синтеза скалярных законов регулирования нелинейных одномерных систем. - Воронеж: ДП ТН, 2001.

УДК 629.7.036.3.001

КОНВЕРТИРОВАНИЕ АВИАЦИОННЫХ И КОРАБЕЛЬНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СТАЦИОНАРНЫЕ УСТАНОВКИ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Представлено краткое содержание книги (в двух частях), посвященной конвертированию авиационных и судовых газотурбинных двигателей в стационарные установки для выработки электроэнергии и перекачки газа. В первой части рассмотрено термогазодинамическое проектирование газотурбинного двигателя, включающего трехмерный анализ потока в основных элементах машины. Вторая часть содержит данные относительно методов увеличения ресурса и оценки параметров надежности стационарных установок, а также о методах их вычисления

Книга предназначена для специалистов в области газотурбостроения, а также для студентов и аспирантов соответствующих специальностей высших учебных заведений

Ключевые слова: двигатель, схема, ресурс, надежность, эффективность

The summary of the book (in two parts), devoted is presented to converting aviation and ship gas-turbine engines to stationary installations for development of the electric power and swapping of gas. In the first part it is considered thermodynamics designing gas-turbine the engine including the three-dimensional analysis of a stream in basic elements of the machine. The second part contains data concerning methods of increase in a resource and an estimation of parameters of reliability of stationary installations, and also about methods of their calculation

The book is intended for experts in the field of gas-turbo plant, and also for students and post-graduate students of corresponding specialties of higher educational institutions

Keyword: engine, scheme, resource, reliability, efficiency

Ю.М. Ануров

Доктор технических наук, генеральный конструктор
ОАО «ГТ ТЭЦ ЭНЕРГО»
г. Санкт-Петербург, Россия

В.А. Коваль

Доктор технических наук, координатор
НТЦ прогрессивных технологий НАН Украины
г. Харьков, Украина

Г.П. Нагога

Доктор технических наук, заместитель генерального
конструктора
НПО «Сатурн»
г. Рыбинск, Россия

В.В. Романов

Кандидат технических наук, технический директор
ГП НПКГ «Зоря» - «Машпроект»
г. Николаев, Украина
Контактный тел.: 8 (0512) 49-36-34

С.Г. Валюхов

Доктор технических наук, профессор, генеральный
конструктор-генеральный директор
ФГУП «Турбонасос»
ул. Острогжская, 107, г. Воронеж, Россия, 394052

Часть 1. Термогазодинамическое проектирование

В первой главе книги раскрыты основные принципы конвертирования авиационных ГТД и пути реали-

зации газотурбинных технологий в энергетических объектах, включая современные и перспективные технологии. При этом обоснованы основные требования, предъявляемые в процессе конверсии. Рассмотрены