

УДК 681.3:621.926

Особенности отладки и испытаний алгоритмов автоматического управления нестационарными режимами работы энергоблоков

А.В. Голубев, канд. техн. наук

Приводятся результаты разработки в лаборатории «Полигон АСУТП электростанций» экспериментальной установки с имитационными моделями технологического оборудования и моделями средств АСУТП, функционирующими в режиме реального времени и предназначенными для решения сложных и наукоемких задач автоматизации пусковых и аварийных режимов работы энергоблоков ТЭС.

Ключевые слова: полигон АСУТП, алгоритмы автоматического управления, автоматизация пусковых и аварийных режимов.

Specific Features of the Algorithm Adjustment and Testing of Automatic Control of Non-stationary Operating Modes of Power Supply Plants

A.V. Golubev, Candidate of Engineering

This article contains the results of the experimental unit development at the laboratory «Testing Ground of Power Plant Automatic Process Control System» with the use of technological and APCS equipment simulation models running in the real-time environment and intended for the solution to complex and science-intensive tasks for the automation of thermal power plant units operating in starting and emergency conditions.

Keywords: testing ground of the automatic process control system, automatic control algorithms, automation of starting and emergency conditions.

Задача оптимизации работы электростанций всегда актуальна, особенно в современных условиях – условиях конкурентного рынка электрической энергии (мощности). Однако на фоне задачи оптимизации нормальных режимов работы энергетического оборудования на первый план выдвигается задача обеспечения маневренного управления энергоблоками в режимах, требующих быстрого и глубокого изменения нагрузки, а также обеспечения автоматизации пуска и аварийной разгрузки энергоблока [1].

В пусковых режимах энергоблока оператору приходится контролировать большое число параметров и показателей состояния оборудования. Это чрезвычайно затрудняет работу оператора, неизбежно снижает качество эксплуатации и, как следствие, эксплуатационную надежность оборудования.

В нестационарных и аварийных режимах, ограничивающих уровень нагрузки энергоблока, внезапный характер возникающих ситуаций, малый запас времени и необходимость одновременного выполнения большого числа различных операций не дают возможности оператору эффективно управлять энергоблоком, обеспечивать быструю разгрузку энергоблока и создавать условия для повторного нагружения после устранения неисправности [2].

В 70-х годах прошлого века задача аварийной разгрузки блока была успешно решена организациями ВТИ и ОРГРЭС для ряда опытных энергоблоков: пылеугольного блока 300 МВт с конденсационной турбиной К-300-240, блока 160 МВт с конденсационной турбиной К-160-130 ХТГЗ и парогенератором ТП-92, пылеугольного блока 210 МВт с котлами П-52 и др. При этом рассматривались различные варианты разгрузки блока – разгрузка до 70, 50, 30 % и нагрузки соб-

ственных нужд [2, 3 и др.]. В связи с низким уровнем алгоритмизации и надежности технических средств автоматизации того времени, а также с необходимостью выполнения большого количества экспериментальных исследований на технологическом объекте данные работы являлись уникальными и не получили широкого распространения.

Современный технический и алгоритмический уровень программно-технических комплексов, внедряемых на энергоблоках, позволяет решить практически любые задачи, связанные с автоматизацией технологических процессов, и уменьшить негативное влияние ошибочных или неточных действий оператора на процесс управления [4, 5].

Формализация сложных алгоритмов с большим числом выполняемых операций и их последующее испытание на действующем оборудовании сопровождаются большими рисками, что существенно затрудняет внедрение сложных, интеллектуальных задач автоматизированного управления.

Использование многофункциональных полигонов АСУТП как экспериментальных установок с имитационными моделями технологического оборудования, функционирующими в режиме реального времени, а также более высокий уровень средств автоматизации современных энергоблоков позволяют успешно решить такие сложные и наукоемкие задачи, как автоматизация пусковых и аварийных режимов работы энергоблоков ТЭС [6, 7].

Исходя из особенностей реализации системы автоматизированного управления нестационарными режимами работы энергетического оборудования как сложной технической системы, в

качестве основных требований к полигону представляется необходимым определить следующие:

- для испытания алгоритмов автоматического управления нестационарными режимами работы энергоблоков ТЭС на полигоне должна моделироваться работа основного оборудования энергоблока (тепломеханического оборудования, электротехнического оборудования, оборудования АСУТП);

- для отладки алгоритмов полигон должен представлять собой точную копию автоматизированной системы блока, базироваться на программно-аппаратных средствах реальной АСУТП и реализовывать основные алгоритмы контроля и управления реальной АСУТП.

Техническая структура многофункционального полигона, реализующая изложенные требования, может быть представлена в составе четырех подсистем (рис. 1) [1]:

1. *Подсистема модели объекта управления* предназначена для имитации работы технологического оборудования энергоблока. Модель объекта управления (МОУ) базируется на уравнениях фундаментальных физических законов (сохранения массы, энергии, количества движения и т.д.) и позволяет воспроизводить пусковые режимы работы управляемого технологического оборудования энергоблока.

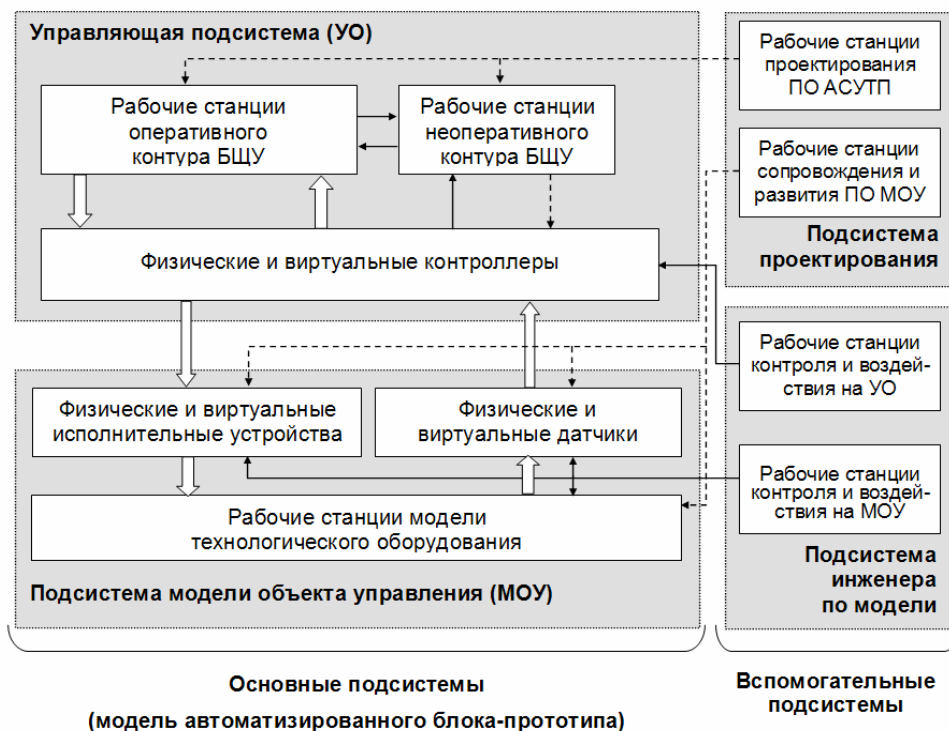
2. *Управляющая подсистема тренажера* предназначена для оперативного контроля и управления моделируемым технологическим объектом управления. В ее состав входят верхний уровень управления (рабочие станции опе-

ративного и неоперативного контуров БЩУ) и нижний уровень управления (микропроцессорные контроллеры).

3. *Подсистема проектирования ПО* предназначена для проектирования алгоритмов автоматического управления нестационарными режимами работы энергоблоков ТЭС в составе существующей АСУТП путем создания прикладного ПО АСУТП: ПО контроллеров (типовые алгоритмы решения функциональных задач нижнего уровня АСУТП), ПО рабочих станций (проект БД АСУТП, мнемосхемы операторского интерфейса и др.).

4. *Подсистема инженера по моделям* предназначена для контроля за ходом моделируемого технологического процесса, независимого управления ситуацией и оценки качества работы управляющей подсистемы (физических и виртуальных контроллеров).

Для успешной реализации системы автоматизации нестационарных технологических процессов особенно важным является обеспечение адекватности реализации модели реальному объекту управления при любых возможных управляющих воздействиях в нестационарных режимах. В составе экспериментальной установки на основе математического описания технологических процессов, происходящих на реальном объекте, в виде алгебраических и дифференциальных уравнений фундаментальных физических законов разработана нелинейная динамическая модель.



Обозначение связей:

- ⇒ - основной контур контроля и управления;
- - информационное взаимодействие для обеспечения работы экспериментальной установки;
- > - вспомогательное взаимодействие (загрузка или конфигурирование ПО)

Рис. 1. Укрупненная схема экспериментальной установки

На рис. 2 на примере пуска из холодного состояния прямоточного котла приведены результаты сравнения изменения основных технологических параметров (управляемых координат), полученных с реального оборудования (тренды с архивной станции АСУТП энергоблока 250 МВт) и имитационной модели при полном соответствии входных параметров (управляющих воздействий). Процессы, полученные в результате вычислительного эксперимента и в ходе реального пуска, достаточно близки друг к другу, что качественно подтверждает адекватность разработанной модели.

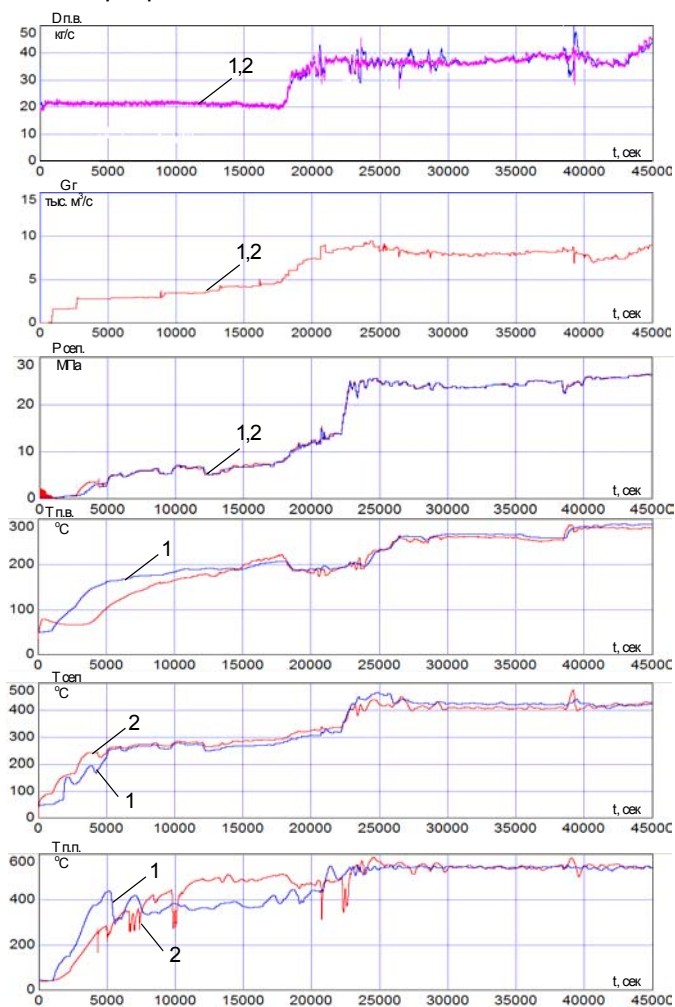


Рис. 2. Проверка модели ОУ на соответствие реальному оборудованию (котел ТПП-210А энергоблока 250 МВт): 1 – графики пуска, полученные с реального оборудования; 2 – графики пуска, полученные с имитационной модели; Дп.в. – расход питательной воды; Gr – расход газа; P сеп. – давление во встроенном сепараторе; Т.п.в. – температура питательной воды; Т сеп. – температура пара на выходе из сепаратора; Тп.п. – температура перегретого пара

Управляющая подсистема полигона делится на две подсистемы: физическую и виртуальную. Физическая подсистема реализуется на базе реальных контроллеров ПТК АСУТП. Виртуальная подсистема реализуется на базе компьютерных моделей контроллеров ПТК (виртуальных контроллеров), которые функцио-

нально идентичны физическим контроллерам (с использованием стандартного фирменного ПО позволяют выполнять загрузку прикладного ПО, наладку, тестирование, оперативную работу и т.д.). Такое техническое решение позволяет разрабатывать алгоритмы управления, полностью адекватные алгоритмам реальной АСУТП.

Дальнейшая разработка системы автоматизации нестационарных режимов работы оборудования включает в себя исследование и анализ объекта управления, формулировку задач управления, построение математических моделей объекта автоматизации и исследование его динамических характеристик, разработку информационного и алгоритмического обеспечения системы управления.

В системе автоматизации управления технологическими процессами пуска энергоблоков выделены три подсистемы (составные части) [3]:

- 1) подсистема автоматизации контроля за состоянием оборудования и ходом технологического процесса;
- 2) подсистема автоматизации дискретного управления;
- 3) подсистема автоматизации непрерывного управления – пусковые автоматические системы регулирования.

Задачей автоматизации контроля является своевременное представление текущей информации о состоянии оборудования и ходе управляемых процессов в концентрированной, наиболее удобной для оператора, наглядной форме.

Автоматизация дискретного или логического управления предусматривает автоматизированное воздействие в заданной технологической последовательности на объекты управления с дискретным изменением состояния (открытие/закрытие запорной арматуры, включение/отключение механизмов и регуляторов и т. д.).

Непрерывное управление предполагает регулируемое изменение во времени параметров работы оборудования по заданным программам или в соответствии с изменением состояния оборудования в процессе пуска.

От функционирования каждой из подсистем зависит возможность и качество реализации системы автоматизированного пуска. Необходимо, чтобы каждая из подсистем надежно и качественно функционировала в процессе пуска блока.

Исходя из анализа потенциальных технических возможностей современных ПТК по реализации автоматизированной системы пуска можно сделать вывод, что аппаратно-программные средства имеют достаточный уровень надежности, развитую систему самодиагностики, высокий коэффициент готовности, широкий набор библиотечных алгоритмов, в том числе алгоритмов, ориентированных на реализацию сложных логических шаговых программ.

Полученный опыт и результаты показали целесообразность решения на базе полигонов исследовательских задач, ориентированных на реализацию и отработку новых функций АСУТП, в том числе, на отладку и испытания алгоритмов автоматического управления нестационарными режимами работы энергоблоков ТЭС.

Список литературы

1. **Технология** АСУТП электростанций / под ред. Ю.С. Тверского: тр. Междунар. науч.-техн. конф. «XII Бенардосовские чтения». – Иваново, 2005.
2. **Гомзяков Ю.И., Лебедев И.И., Королев В.Н.** Опыт разработки и внедрения систем автоматизации пуска энергоблока на микропроцессорной технике // Теплоэнергетика. – 1993. – № 2. – С. 19–23.

Голубев Антон Владимирович,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления,
телефон (4932) 26-97-57,
e-mail: kafsu@su.ispu.ru

3. **Лейзерович А.Ш.** Технологические основы автоматизации пусков паровых турбин. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. **Биленко В.А.** Функциональные возможности современных АСУ ТП ТЭС и новый уровень автоматизации // Электрические станции. – 2004. – № 1. – С. 13–27.
5. **Результаты** внедрения системы автоматического пуска котлов-утилизаторов блока ПГУ-450 ЗАО «Северо-Западная ТЭЦ» / В.С. Невзгодин, И.С. Лабутин, А.Н. Масленников и др. // Тепловые электростанции. – 2003. – № 5. – С. 8–12.
6. **Тверской Ю.С., Таламанов С.А.** Опыт создания и перспективы развития полигонов полномасштабных АСУТП энергоблоков тепловых электростанций // Вестник ИГЭУ. – 2002. – Вып. 1. – С.101–107.
7. **Тверской Ю.С., Таламанов С.А., Голубев А.В.** Освоение новой технологии АСУТП в учебно-научном процессе энергетического университета // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004. – № 6. – С. 6–9.