

Программный комплекс для настройки типовых АСР в теплоэнергетике

Таланов В.Д., канд. техн. наук, Плетников С.Б., канд. техн. наук

Представлены результаты разработки программного комплекса, выполненного с применением специализированных моделей технических средств автоматизации, а также измерительных и исполнительных устройств, входящих в состав типовых автоматических систем регулирования, предназначенного для повышения эффективности наладки автоматических систем регулирования в теплоэнергетике и процесса обучения студентов и персонала ТЭС и АЭС.

Ключевые слова: программно-технические комплексы, технические средства автоматизации, модуль управления, видеокادر результатов.

The system software was developed for increasing of the automatic control systems alignment efficiency in heat-power engineering and for improving of the educative process of students and staff of thermal and nuclear power plants. Thus software uses specialized automation equipment models, measuring instruments and executive mechanisms, which are forming the structure of typical automation control systems.

Keywords: software-technical complexes, technical facilities to automations, module of management, video frame result.

Одним из главных путей повышения качества работы промышленных автоматических систем регулирования (АСР) является разработка и внедрение эффективных методик их практической наладки. Вопросами совершенствования методик наладки промышленных АСР последние годы занимаются большое количество НИИ, вузов, а также специализированных фирм и организаций (ЦНИИКА, МЭИ, МГТУ, ИГЭУ, «ТЕХНОКОНТ», «ТЕКОН», «КРУГ» и т.д.). Решение этой задачи предполагает, прежде всего, разработку и создание новых оригинальных алгоритмов и способов определения оптимальных параметров настройки и их адаптацию к различным вариантам программно-технической реализации.

При разработке новых методик большинство авторов в первую очередь занимается вопросами моделирования и идентификации технологического оборудования, а также усложнения и совершенствования алгоритмов регулирования. Применительно к проблеме автоматизации технологических процессов в теплоэнергетике основные исследования ведутся в направлении совершенствования методик наладки типовых АСР [1, 2]. Однако при этом недостаточное внимание уделяется анализу влияния на качество работы промышленных АСР технических устройств, входящих в их состав (датчиков, исполнительных механизмов (ИМ), регулирующих органов (РО), преобразователей и т.д.). Тогда как учет специфических свойств используемых промышленных элементов АСР (существенная нелинейность статических и расходных (рабочих) характеристик, наличие люфтов и выбега) необходим для обеспечения качественной наладки системы и ее последующей эффективной работы в реальных условиях.

Решение задачи оценки влияния характеристик реальных технических устройств АСР на результаты настройки системы, как правило, сводится к развертыванию средств автоматизации на специальных отладочно-испытательных стендах или полигонах. Для сложных многофункциональных систем управления применяются специализированные программно-технические комплексы (ПТК) (Квинт, КРУГ, ТЕПЛОНИКР) и SCADA-системы (КАСКАД, Trace Mode, MasterSCADA, iFIX и т.д.), обеспечивающие гарантированную работоспособность сис-

темы и минимизацию наладочных работ на объекте управления. Такой способ при несомненных достоинствах предполагает значительный объем предварительных исследовательских работ, большие технические, финансовые и временные затраты. В условиях, когда необходимо выполнить наладку небольшого количества режимных регуляторов, применение такого способа нецелесообразно.

Следует отметить, что на электростанциях основное внимание уделяется подготовке оперативного персонала на полномасштабных тренажерах и тренажерах, имитирующих поведение технологического оборудования ТЭС и АЭС. Они широко распространены и позволяют отрабатывать различные штатные и аварийные ситуации в реальном масштабе времени. При этом недостаточно применяются программные комплексы и тренажеры для специальной технической подготовки персонала, в том числе обеспечивающие выработку практических навыков наладки АСР энергетического оборудования [3].

Заметим также, что учебный процесс в вузе характеризуется отсутствием реального технологического оборудования и недостаточным количеством реальных технических средств автоматизации, применяемых на электростанциях, что отрицательно сказывается на практической подготовке студентов соответствующих специальностей.

В связи с вышесказанным представляется актуальной разработка специализированных программно-аппаратных комплексов (ПАК) для наладки АСР электростанций, позволяющих приблизить процесс наладки систем на этапе стендовых (отладочных) испытаний к реальным условиям промышленной эксплуатации за счет применения эффективных моделей технических средств автоматизации (ТСА) и технологического оборудования ТЭС и АЭС.

Примером практической реализации программно-аппаратного комплекса, предназначенного для решения этой задачи, стал разработанный на кафедре АТП программный комплекс (ПК) «РАНАР» (РАсчет и НАладка Регуляторов).

Комплекс разработан с применением метода модульного конструирования моделей АСР [4], который учитывает специфику работы систем и особенности их структурной и аппаратной реализации. Для

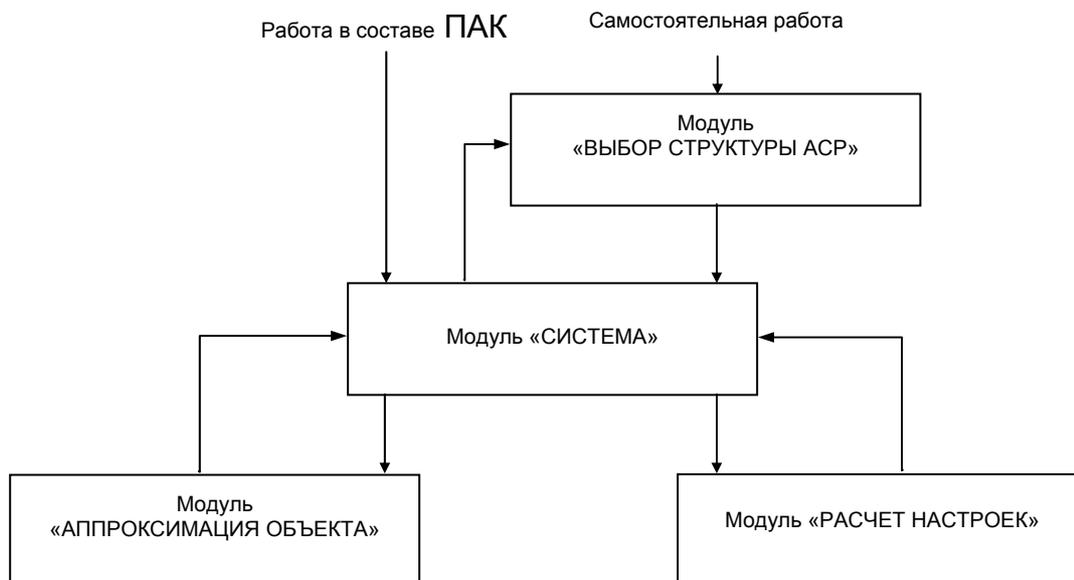


Рис. 1. Обобщенная структура ПК «РАНАР»

унификации построения структуры АСР в составе ПК используется библиотека моделей основных элементов промышленных систем регулирования. Ее состав можно разделить на две основные группы:

- специализированные модели промышленных ТСА, адаптированные для конкретного аппаратного исполнения и реализующие все основные функции приборов-прототипов (модификации ТСА «ПРОТАР-100», «АКЭСР-2», «Каскад 1,2»);

- унифицированные модели измерительных и исполнительных устройств АСР, обеспечивающих связь с объектом (регулирующий орган, исполнительный механизм, датчик).

Можно выделить две отличительные особенности комплекса, которые определяют его специфику и уникальность. Во-первых, возможность конфигурирования состава элементов АСР в зависимости от выбранного варианта типовой структуры:

- одноконтурная система с релейно-импульсным регулятором, реализующим совместно с исполнительным механизмом постоянную скорость П-, ПИ-, ПИД-закон регулирования;
- одноконтурная система с релейно-импульсным ПИ-регулятором и жесткой обратной связью по положению регулирующего органа;
- двухконтурная система с релейно-импульсным ПИ-регулятором и дифференциатором;
- двухконтурная система с релейно-импульсным ПИ-регулятором и корректирующим ПИ-регулятором аналогового типа.

Во-вторых, возможность настройки моделей измерительных и исполнительных устройств АСР на конкретный прототип.

Модели измерительных и исполнительных устройств АСР являются унифицированными, построены по двухмодульной логической структуре, включающей расчетный модуль, который является математической моделью элемента, и модуль управления, представляющий собой панель настройки статических и динамических характеристик элемента.

Особенностью унифицированной модели РО является возможность построения, оперативной коррекции и аппроксимации экспериментальной

(типовой) расходной характеристики РО, а также учета нелинейных свойств объекта типа «люфт».

Возможности модуля настройки РО позволяют:

- формировать расходные характеристики РО по экспериментальным данным, осуществляя ручной ввод, автоматическое чтение из файла данных, коррекцию и сохранение данных (запись значений расходной характеристики), причем ввод исходных данных можно выполнять с произвольным шагом;
- осуществлять выбор типовых РО со стандартной нормированной рабочей характеристикой;
- аппроксимировать заданные по точкам характеристики РО с заданной точностью.

При моделировании датчика как элемента, работающего в составе АСР, он рассматривается как унифицированный преобразователь сигнала с настраиваемой статической характеристикой «вход-выход» и заданной инерционностью.

Модель исполнительного механизма, например МЭО (механизм электрический однооборотный), в составе АСР с релейно-импульсным регулятором представлена в виде интегрирующего звена с настраиваемой временной характеристикой (время ИМ) и ограничением по минимальной и максимальной величине выходного сигнала, которое определяется положением концевых выключателей ИМ, с имитацией явления «выбега».

Структура ПК состоит из четырех основных модулей, каждый из которых имеет свою панель управления, представляющую собой самостоятельный видеокادر в составе общего программного интерфейса (рис. 1):

- 1) «ВЫБОР СТРУКТУРЫ АСР»;
- 2) «СИСТЕМА»;
- 3) «АППРОКСИМАЦИЯ ОБЪЕКТА»;
- 4) «РАСЧЕТ НАСТРОЕК».

Модуль «ВЫБОР СТРУКТУРЫ АСР» позволяет выбрать заданную структуру АСР, тип регулятора и объекта, при этом автоматически вводятся ограничения по выбранному варианту. При использовании комплекса как самостоятельного программного продукта выполняется его запуск с обязательным выбором структуры АСР. При работе в составе

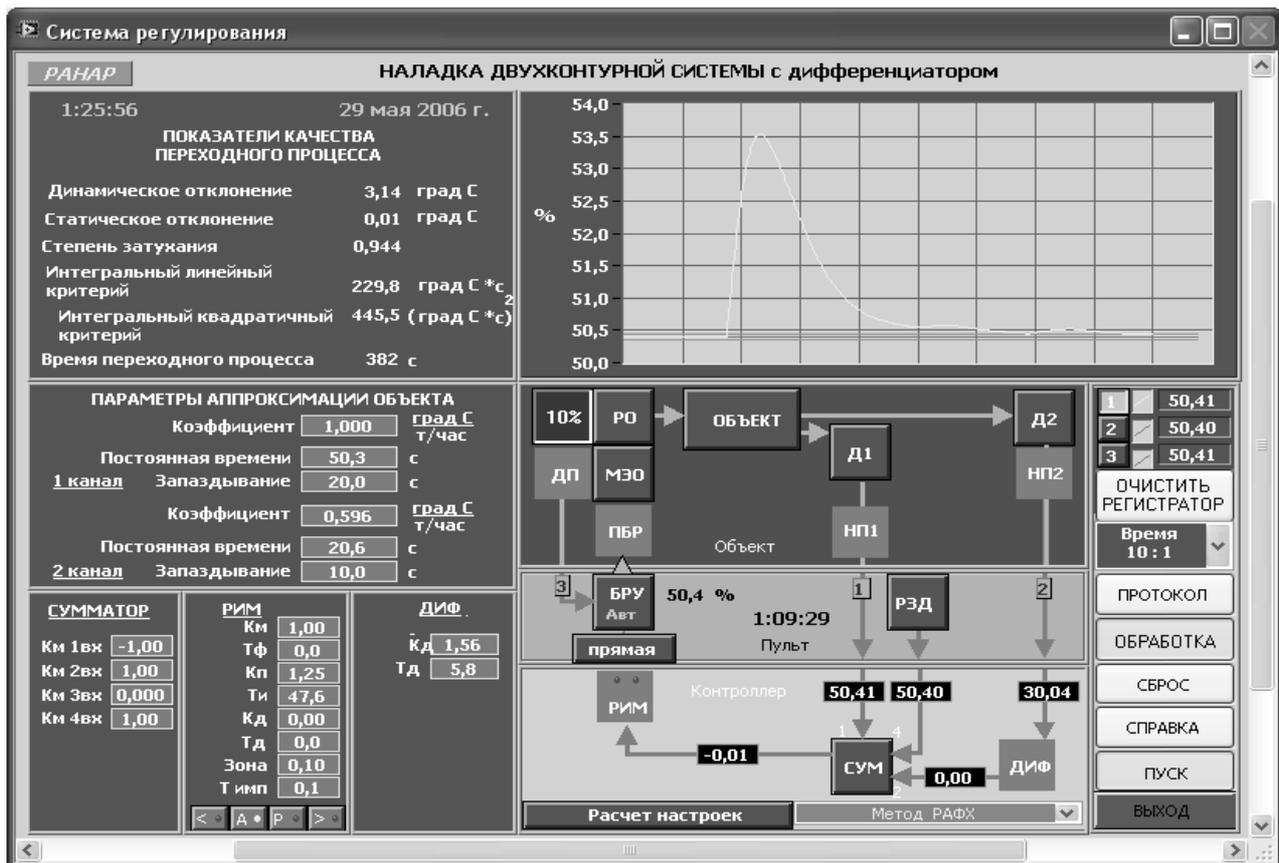


Рис. 2. Видеокادر «Система»

другого ПАК идентификация структуры АСР и объекта выполняется автоматически (рис. 1).

Модуль «СИСТЕМА» является главным в иерархической структуре ПК по степени доступности остальных элементов и реализуемых функциональных возможностей:

- с помощью созданной библиотеки элементов АСР в нем автоматически осуществляется синтез модели выбранной структуры и вручную выполняется настройка ее элементов;
- из него выполняется переход в режим «АППРОКСИМАЦИЯ ОБЪЕКТА», «РАСЧЕТ НАСТРОЕК», «ВЫБОР СТРУКТУРЫ АСР» и обратно (рис. 1);
- для аппроксимированного (выбранного) объекта и настроенной системы выполняется анализ качества регулирования по основным показателям – динамическое и статическое отклонение, степень затухания, перерегулирование, величина линейного и квадратичного интегральных критериев;
- предусмотрена возможность сохранения результатов аппроксимации объекта, настройки системы и полученных переходных процессов в виде протокола с функцией печати.

Экранные формы отображения информации меняются в зависимости от выбранного варианта АСР, но имеют одинаковую структуру, основанную на общих подходах к построению основного пользовательского интерфейса ПАК для наладки АСР. Реализация видеоклада применительно к двухконтурной системе с моделью релейно-импульсного алгоритма регулирования (РИМ) и дифференциатора с учетом особенностей структурной реализации

систем данного класса на ПТК «КВИНТ» приведена на рис. 2.

Модуль «АППРОКСИМАЦИЯ ОБЪЕКТА» позволяет выполнять ввод исходных данных в виде переходных (разгонных) характеристик объекта, их нормирование, усреднение и аппроксимацию. Функции нормирования по возмущению и усреднения по семейству кривых разгона выполняются программой автоматически.

Аппроксимация экспериментальных характеристик объекта реализована с использованием метода моментов, в результате чего модель объекта формируется в виде передаточных функций по каждому из моделируемых каналов. Аппроксимация объектов с самовыравниванием осуществляется в общем случае инерционным звеном третьего порядка с запаздыванием, без самовыравнивания – интегрирующим звеном с запаздыванием.

Модуль «РАСЧЕТ НАСТРОЕК» служит для автоматического расчета параметров настройки системы одним из трех методов:

- по приближенным формулам ВТИ;
- с использованием номограмм;
- с использованием расширенных комплексных частотных характеристик (РКЧХ).

Корректное применение первых двух методов для автоматического расчета параметров настройки имеет ограничение, связанное с выбранной структурой АСР, типом регулятора и объекта. При их использовании на экране отображаются расчетные оптимальные параметры настройки АСР в виде видеоклада результатов.

При использовании метода РКЧХ становится доступным соответствующий видеоклад, предназначенный для отображения результатов расчета

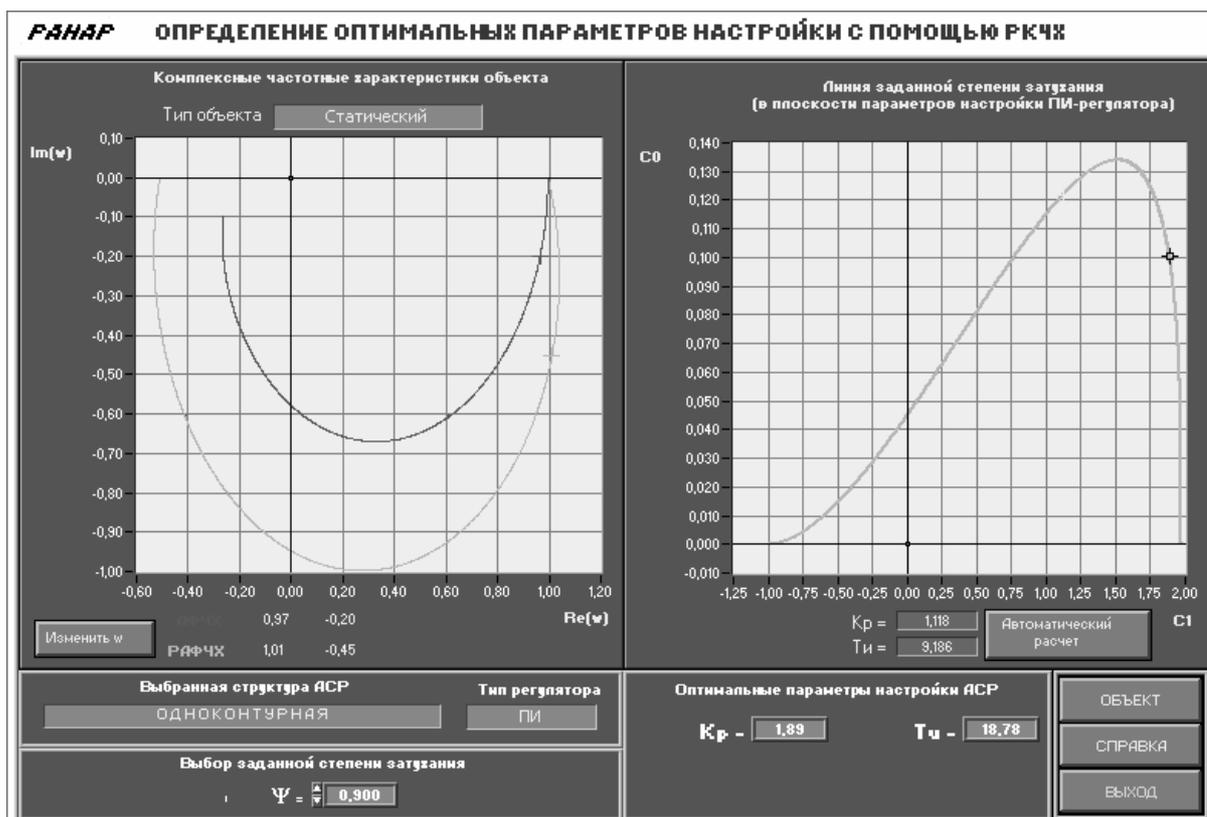


Рис. 3. Видеокادر «РАСЧЕТ НАСТРОЕК»

динамических характеристик заданной системы регулирования и выбора оптимальных параметров настройки регуляторов (рис. 3). Он позволяет выполнять не только автоматический расчет оптимальных параметров настройки АСР, но и их ручную корректировку сканированием линии равной степени затухания с выбором величины Ψ , а также проводить анализ и исследование динамических (частотных) характеристик системы.

По результатам расчета строятся:

- комплексные частотные характеристики объекта (КЧХ и РКЧХ);
- линия равной степени затухания Ψ .

Следует отметить, что возможности ПК «РАНАР» позволяют выполнять настройку систем и вручную, с использованием инженерных экспериментальных методов, таких как:

- трехшаговой оптимизации;
- Циглера-Никольса;
- «за одно включение».

Возможность использования широкого спектра методов настройки позволяет практически снять ограничения, связанные с применением конкретного метода для выбранной структуры АСР, типа и динамических характеристик объекта, а также при необходимости провести сравнительный анализ качества работы настроенных АСР.

При работе с программным комплексом отсутствует «жесткий сценарий», предполагающий строгую (единственную) последовательность действий оператора-наладчика. Общий порядок работы определяется структурой функционирования модулей и может изменяться в зависимости от поставленной задачи.

Указанные особенности комплекса позволили при существенном снижении технических, финансовых и временных затрат повысить эффективность проектно-наладочных работ в плане приближения результата предварительной настройки на модели АСР к установленным (регламентируемым) критериям (показателям) качества работы реальной системы регулирования. Данный вывод подтверждается положительным опытом применения программного комплекса для целей наладки промышленных АСР ОАО «Электроцентроналадка» г. Москва.

Список литературы

1. Ротач В.Я., Вешнякова Ю.Н. Расчет трехконтурных систем регулирования температуры острого пара энергоблоков // Теория и практика построения и функционирования АСУ ТП: Тр. междунар. науч. конф. – М.: Изд-во МЭИ, 2005.
2. Ротач В.Я. К расчету систем автоматического регулирования со вспомогательными информационными каналами методом многомерного сканирования // Теплоэнергетика. – 2001. – №11. – С. 32–36.
3. Таланов В.Д., Плетников С.Б. Программно-методический комплекс по наладке систем автоматического регулирования теплоэнергетического оборудования // Новые технологии в автоматизации теплоэнергетических процессов: Сб. науч. тр. / Иван. гос. энерг. ун-т. – Иваново, 2005. – С. 70–83.
4. Плетников С.Б. Технология конструирования программно-аппаратных комплексов для наладки систем автоматического регулирования теплоэнергетического оборудования электростанций // Свидетельство об отраслевой регистрации разработки №8442. – Госкоорцентр, ОФАП, 5.06.2007.

Таланов Вадим Дмитриевич,
Ивановский государственный энергетический университет,
кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой автоматизации технологических процессов,
е-mail: tvd@atp.ispu.ru

Плетников Сергей Борисович,
Ивановский государственный энергетический университет,
кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации технологических процессов,
е-mail: psb@tef.ispu.ru