

УДК 681.513

**ПОДХОДЫ К ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА БАЗЕ СРЕДСТВ  
АВТОМАТИЗАЦИИ ТПТС**ИВАНОВА А.А.<sup>1,2</sup>, МЕЙЛАХС А.Л.<sup>2</sup>, ТОЛОКОНСКИЙ А.О.<sup>1</sup><sup>1</sup>*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(Москва, Российская Федерация)*<sup>2</sup>*Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л.Духова» (Москва, РФ)*

**Аннотация.** Доклад посвящен организации автоматического регулирования на базе аппаратуры ТПТС, описана проблема использования реализованных в аппаратуре ТПТС законов регулирования и показана идея для ее решения.

**Ключные слова:** АСУТП, ТПТС, средства автоматического регулирования, закон регулирования, оптимальное управление.

**SOLVING PROBLEMS OF AUTOMATIC CONTROL IN THE TPTS TECHNOLOGY**ANNA.A. IVANOVA<sup>1,2</sup>, ARTEM.L. MEILAHNS<sup>2</sup>, ANDREY.O. TOLOKONSKIY<sup>1</sup><sup>1</sup>*NATIONAL RESEARCH NUCLEAR UNIVERSITY "MEPHI" (Moscow, Russian Federation)*<sup>2</sup>*Federal State Unitary Enterprise Dukhov Automatics Research Institute (VNIIA)  
(Moscow, Russian Federation)*

**Abstract.** This article shows the approaches to automatic control based on TPTS equipment. The problem of applying the control laws implemented in the TPTS is described and an idea for solving this problem is proposed.

**Keywords:** Automated control systems, TPTS, equipment, module, controller, optimal control.

**Введение**

Комплекс средств автоматизации (КСА) ТПТС предназначен для построения программно-технических комплексов (ПТК) систем контроля и управления АЭС, ТЭС и тепловых объектов промышленности. ТПТС включает в себя набор аппаратных и программных средств, служащих для реализации функций контроля и управления АСУ ТП. Платформа ТПТС имеет модульную структуру и позволяет создавать разнообразные структуры ПТК.

Средства КСА ТПТС используются для решения следующих задач: измерение сигналов от датчиков с унифицированными выходными сигналами тока и напряжения; прием и обработка сигналов термодар и термопреобразователей; выдача унифицированных сигналов тока и напряжения; прием, обработка и выдача двоичных сигналов; индивидуальное управление ИМ; запуск и выполнение алгоритмов защитных действий. [1,2]

На АЭС аппаратура ТПТС применяется в следующих подсистемах АСУТП: контроля и управления оборудованием нормальной эксплуатации; нормальной эксплуатации, важной для безопасности; электронной части собственных защит турбин и генератора; контроля и управления вспомогательным оборудованием турбогенератора; контроля и управления водоочисткой и водоподготовкой; иницирующей части предупредительной защиты и т.д.

В настоящее время оборудование ТПТС успешно функционирует на Белорусской, Ленинградской, Курской и других АЭС.

Для разработки ПТК на основе оборудования ТПТС используются инструментальные средства автоматизированного проектирования САПР GET-R и GET-R1. Основной задачей САПР является формирование алгоритмов работы модулей ТПТС. Помимо этого, САПР выполняет следующие задачи: создание и изменение функциональных схем, проверка правильности алгоритмов, управление проектными данными, моделирование. Для работы с оборудованием поколения ТПТС-ЕМ и ТПТС51 используется САПР GET-R. По мере модернизации оборудования ТПТС, появились новые поколения аппаратуры – ТПТС-НТ и ТПТС-СБ. Для проектирования алгоритмов управления ПТК на базе аппаратуры нового поколения был создан САПР GET-R1 – новое поколение инструментальных средств автоматизированного проектирования. САПР GET-R1 также позволяет разрабатывать ПТК на базе ТПТС51 – ТПТС-ЕМ.

### **Организация регулирования на базе аппаратуры ТПТС**

Средства автоматического регулирования в КСА ТПТС-НТ и ТПТС-СБ представлены модулями связи с процессом (МСП) ТПТС55.1681, ТПТС55.1625 и ТПТС57.1772 функциональными и программными блоками в универсальном модуле процессора автоматизации ТПТС55.1211 и в процессорном модуле автоматизации ТПТС55.1105.

МСП выполняют функции управления исполнительными механизмами (ИМ) на основании логической обработки входных команд. В данных модулях содержится встроенная логика управления по П-, И-, ПИ и ПИД-законам регулирования.

Модуль ТПТС55.1681 предназначен для применения в системе автоматизации на базе КСА ТПТС-НТ. Модуль позволяет реализовать трехпозиционное управление (ИМ) интегрирующего типа или ИМ, обеспечивающими «непрерывное» изменение некоторого параметра, по П-, И-, ПИ и ПИД-законам регулирования. [3]

МСП ТПТС55.1625 используется для непрерывного аналогового управления и алгоритмически схож с модулем ТПТС55.1681.

В ТПТС-СБ индивидуальный контроль и управление ИМ регулирующей автоматике обеспечивается модулем ТПТС57.1772. Модуль предназначен для выполнения функции приоритетного управления ИМ типа регулирующей клапан по логике импульсного регулирования. [4]

Программные и функциональные блоки используются для организации пользовательских алгоритмов. Пользовательские алгоритмы, построенные с помощью данных блоков, исполняются непосредственно в процессоре автоматизации (ПА), поэтому для взаимодействия с ИМ не требуется специализированных модулей регулирования. Связь с ИМ может быть выполнена посредством модулей ввода/вывода дискретных или аналоговых сигналов. С помощью комбинации программных и функциональных блоков можно управлять объектами, требующими «непрерывного» или трехпозиционного управления. Алгоритмы данных блоков аналогичны алгоритмам модулей-регуляторов.

### **Решение проблемы оптимального согласованного управления оборудованием энергоблока АЭС**

Реализованные в аппаратуре ТПТС П-, И-, ПИ- и ПИД- законы регулирования, являются достаточными с точки зрения традиционных практических методов синтеза и настройки регуляторов, позволяют добиваться заданного качества регулирования (быстродействия, перерегулирования, колебательности, астатизма требуемого порядка и т.д.). Вполне оправдано использование таких регуляторов в системах стабилизации типа «вход-выход», когда управление нацелено на поддержание малых отклонений некоторого параметра технологического процесса при наличии возмущений и медленном изменении задания во времени.

Перспективным направлением развития системы автоматизированного управления энергоблоком АЭС является применение регуляторов, которые позволили бы согласованно управлять основными агрегатами или в целом оборудованием энергоблока. Такая система регулирования позволила бы не только стабилизировать параметры в статических режимах энергоблока, но и формировать заданное движение в пространстве основных параметров для пусковых и переходных режимов, например, при изменении уровня мощности, притом оптимальное по некоторому критерию, например, по затрачиваемой на управление маневром энергии, и в условиях наличия ограничений в виде неравенств относительно координат указанного пространства параметров, отвечающих границам безопасной эксплуатации оборудования.

Проблему предлагается решать не путем применения типовых П-, И-, ПИ- и ПИД-алгоритмов регулирования, а методами аналитического конструирования линейных регуляторов состояния, например, методом А.М. Летова [5]. Решение смежной проблемы неполноты, или недостаточной надежности, или «зашумленности» получаемой путем измерений информации о состоянии системы – методами конструирования наблюдателей полного или неполного порядка, например, фильтров Калмана для восстановления состояния, при значительном проявлении технологического шума в показаниях датчиков, или наблюдателей Люенбергера, при малом его проявлении. Поскольку результат синтеза

наблюдателя и регулятора в общем случае чувствителен к параметрам примененной модели, может потребоваться уточнение значений этих параметров в процессе функционирования автоматизированной системы, для чего в состав регулятора предлагается включить параметрический идентификатор, построенный, например, на основе регрессионной модели объекта управления, разрешаемой методом наименьших квадратов.

В свою очередь для реализации указанных регуляторов нового типа в аппаратуре ТПТС необходимо сформулировать требования к аппаратному и программному обеспечению микропроцессорных модулей, ориентированных на решение этой задачи, создать и опробовать алгоритмическое обеспечение этих модулей, учитывающее необходимость горячего резерва, ввода-вывода полевых сигналов, метрологического обеспечения измерений, распределения задач, в том числе связанных с автоматическим регулированием, между создаваемым модулем и ПА или выполняющим аналогичные функции компьютером промышленного исполнения. На первом этапе предполагается, что такие модули будут предназначены для построения оптимального регулятора порядка, не превосходящего седьмой. По предварительным оценкам этого должно оказаться достаточно для реализации оптимального регулирования основных технологических параметров второго контура энергоблока АЭС с ВВЭР в статических и переходных режимах.

Перспективной целью этого направления научных исследований и разработки является такое развитие платформы ТПТС, которое позволит максимально привлечь все имеющиеся не только во ВНИИА, но и в целом в отрасли наработки для создания в конечном итоге надежного, цифрового общеплодного автоматического регулятора.

#### Список литературы

1. Нарич А Д., Моисеев М.И., Карпов П.С., Новиков А Н., Борзенко А.А., Рыжков А.В. Комплекс средств автоматизации ТПТС-НТ. Доклады БГУИР 2015; 2:33-37.
2. Нарич А Д., Моисеев М.И., Карпов П.С., Новиков А Н., Борзенко А.А., Рыжков А.В. Комплекс средств автоматизации ТПТС-СБ. Доклады БГУИР 2015; 2:38-42.
3. Модуль регулятор ТПТС55.1681 : техническое описание – М. : ВНИИА, 2017. – 137 с.
4. Модуль приоритетного управления регулирующим клапаном (МПУР) ТПТС57.1772: техническое описание – М. : ВНИИА, 2018. – 122 с.
5. Летов А.М. Аналитическое конструирование регуляторов. Автоматика и телемеханика, 1960, №4, стр. 436-441.