

УДК 681.513

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ТПТС

МЕЙЛАХС А.Л., ИВАНОВА А.А.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л.Духова» (Москва, Российская Федерация)
Аннотация. Доклад посвящен новым подходам к автоматическому регулированию, которые следуют из опыта эксплуатации аппаратуры ТПТС51, ТПТС-ЕМ, и обусловленному этими подходами развитию алгоритмического обеспечения аппаратуры ТПТС. В докладе показаны новшества, введенные в средства автоматического регулирования ТПТС-НТ и ТПТС-СБ. Помимо этого показаны основные проблемы, выявленные при эксплуатации оборудования предыдущего поколения, и представлены методы их решения в новых поколениях ТПТС.
Ключные слова: ТПТС, средства автоматического регулирования, оборудование, модуль, функции, функциональный блок.

SOLVING PROBLEMS OF AUTOMATIC CONTROL IN THE TPTS TECHNOLOGY

ARTEM L. MEILAKHS, ANNA A. IVANOVA

The Federal State Unitary Enterprise “All-Russia Research Institute of Automatics named after N.L. Dukhov” (Moscow, Russian Federation)

Abstract. The article describes the main approaches to automatic control in the TPTS-NT equipment. The problems encountered during the operation of the TPTS-EM and TPTS51 and the innovations introduced in the automatic control systems in the new generation of TPTS are shown.

Keywords: TPTS, automatic control tools, equipment, module, functions, function unit.

Введение

В настоящее время средства автоматического регулирования в КСА ТПТС представлены модулями связи с процессом ТПТС55.1681, ТПТС55.1625 и ТПТС57.1772 функциональными блоками CRU, IBR и S-PID в универсальном модуле процессора автоматизации ТПТС55.1211 и в процессорном модуле автоматизации ТПТС55.1105. При сравнении с предыдущим поколением аппаратуры – КСА ТПТС51, ТПТС-ЕМ – очевидно расширение состава обсуждаемых средств.

Особенности САР ТПТС

В аппаратуре ТПТС51, унаследовавшей подходы от Teleperm ME, единицей оборудования, предназначенной для организации автоматического регулирования, является функциональный модуль, предназначенный для управления исполнительным механизмом (ИМ) регулирующей автоматики. Таких модулей два.

Модуль ТПТС51-2.1411 применяется для трехпозиционного управления ИМ интегрирующего типа. К указанному классу ИМ относятся широко распространенные регулирующие клапаны с электрическим приводом.

Модуль ТПТС51-2.1412 применяется для управления ИМ обеспечивающими «непрерывное» изменение некоторого параметра технологического процесса, выбранного технологом для организации регулирования.

Аппаратный интерфейс модулей ТПТС51-2.1411, ТПТС51-2.1412 позволяет обеспечить подключение двух ИМ. Встроенное программное обеспечение (ВПО) предоставляет возможности индивидуального управления и контроля каждого механизма. Предусмотрен унифицированный интерфейс механизма в информационно-управляющей системе верхнего уровня (ИУСВУ). ИМ может управляться командами оператора-человека или автоматики в дистанционном режиме, в автоматическом режиме механизм управляется согласно типовому закону регулирования по рассогласованию, вырабатываемому пользовательским, проектно зависимым алгоритмом.

Функциональный блок IBR, поддерживаемый ВПО модулей ТПТС51-2.17xx, ТПТС51-2.141x, предназначен, в том числе, для организации автоматического регулирования по пользовательскому алгоритму, при этом предусмотрен стандартный интерфейс с ИУСВУ.

В ТПТС-НТ индивидуальный контроль и управление ИМ регулирующей автоматики обеспечивается МСП ТПТС55.1681 и ТПТС55.1625. В ТПТС-СБ контроль и управление ИМ

выполняется модулем ТПТС57.1772. При разработке модулей ТПТС55.1681 и ТПТС57.1772 был сохранен внешний интерфейс модулей ТПТС-ЕМ, однако алгоритмическое обеспечение функции было модернизировано, отчасти в силу накопленного при эксплуатации ТПТС51 и ТПТС-ЕМ опыта, отчасти в силу следования общим тенденциям развития аппаратуры для автоматического регулирования. МСП ТПТС55.1625 имеет сильно измененный внешний интерфейс – это модуль высотой 3U с соединителем, предназначенным для ввода/вывода сигналов, находящимся на передней панели модуля. Однако алгоритмически данный модуль схож с модулем ТПТС55.1681.

МСП ТПТС55.1681 сочетает в себе функции модулей ТПТС51-2.1411, ТПТС51-2.1412. МСП ТПТС55.1625 предназначен для управления ИМ с «непрерывной» управляющей командой и алгоритмически схож с ТПТС55.1681. Модуль ТПТС57.1772 предназначен для трехпозиционного управления ИМ типа регулирующей клапан.

Модернизация логики автоматического регулирования в ТПТС

Морально устаревшая логика формирования команд регулирования по ПИ-закону в модуле ТПТС51-2.1411, построенная на расчете выходных сигналов трехпозиционного реле, охваченного обратной связью через апериодическое звено, была в модулях ТПТС55.1681 и ТПТС57.1772 заменена на логику, построенную путем охвата трехпозиционного реле обратной связью через цифровой интегратор. Притом интегратор в указанной логике используется как в качестве упрощенной модели относительного перемещения управляемого клапана, так и для расчета И-составляющей закона регулирования. Особенностью полученной логики является возможность в случае необходимости полностью отключить П- или И- составляющие закона регулирования. Кроме того, предусмотрены новые по отношению к алгоритму в модуле ТПТС51-2.1411 возможности: линейная чувствительность к рассогласованию, выбор реакции при переключении в автоматический режим, смещение входного сигнала трехпозиционного реле, сокращение числа формируемых команд, расчет перемещения клапана с возможностью установки по датчику положения.

Известна проблема применения модуля ТПТС51-2.1411 для регулирования уровня в технологических сосудах, например, деаэраторах. Поскольку связь расхода с уровнем приносит в замкнутую систему регулирования одно интегрирующее звено, наличие второго интегрирующего звена, которое будет иметь место при применении ПИ-регулятора, в силу консервативности требований к регулированию в первом контуре АЭС не допускается. Два интегрирующих звена в тракте замкнутой системы делают её близкой к структурно неустойчивой. Модуль ТПТС51-2.1411 реализует только ПИ закон, отключить И-составляющую нельзя, поэтому для его применения в этом случае формируют проектно обратную связь по датчику положения клапана. Эта обратная связь «превращает» ПИ-регулятор в П-регулятор, но полученная система является статической, а установившаяся ошибка является существенной для качества технологического процесса. За время эксплуатации аппаратуры ТПТС51, ТПТС-ЕМ было создано и внедрено несколько проектных алгоритмов для снижения ошибки регулирования уровня. Однако все эти алгоритмы сложны и создают значительную нагрузку на вычислительные мощности модулей, ухудшают дискретность системы, поскольку существует связь между периодами циклов функциональных модулей и количеством операций, которые надо выполнить согласно пользовательскому алгоритму.

Кроме того, надежность и точность автоматического регулирования в значительной степени определяются в рассматриваемом случае датчиком положения, который является элементом системы с относительно низкой надежностью.

Модули САР в КСА ТПТС-НТ и ТПТС-СБ с модернизированным алгоритмом снимают проблему кардинально в силу того, что может быть реализован П-регулятор без интегрирования.

Другой известной проблемой эксплуатации модулей регулирования ТПТС51 и ТПТС-ЕМ является проблема формирования желаемой реакции регулятора при переключении из дистанционного режима в автоматический. На практике востребована одна из двух реакций: «безударная», «с отслеживанием П-составляющей» и «ударная», «без отслеживания П-составляющей». Реакция первого типа очень важна для сложных объектов автоматизации,

поскольку позволяет избегать быстрых и значительных изменений регулируемого параметра при включении регулятора, снижая риск «раскачки» технологического процесса в целом, когда в среднем все параметры имеют необходимые значения, но характер процесса автоколебательный, а мгновенные экстремальные значения параметров нарушают условия эксплуатации. Реакция второго типа востребована тогда, когда требуется высокое быстродействие, например, для аварийного сброса пара путем быстрого перемещения органа регулирования редуционной установки.

Алгоритм, реализуемый модулем ТПТС51-2.1411, отслеживает изменение рассогласования не зависимо от режима, поэтому его реакция в общем случае непредсказуема, а пользовательский алгоритм, направленный на формирование предсказуемой реакции, не может влиять на баланс регулятора иначе, чем посредством манипуляций с рассогласованием. За время эксплуатации аппаратуры ТПТС51, ТПТС-ЕМ создавалось, совершенствовалось и внедрялось множество таких алгоритмов, в которых для преобразования рассогласования используются цифровые интеграторы, фильтры, переключатели, комбинационная логика и счет времени. Замечание о сложности и ресурсоемкости, сделанное ранее, в полной мере относится и к этим алгоритмам.

Алгоритм регулирования, реализуемый модулями ТПТС нового поколения, позволяет сформировать предсказуемую реакцию двух типов, притом «безударную» – двумя различными путями, либо включив предусмотренное звено автобалансировки, либо отключив П-составляющую в момент переключения.

Аналогичным образом удалось снять проблему формирования «безударной» реакции при адаптации регулятора к условиям технологического процесса, который фактически сводится к изменению «скачком» параметров ПИ-закона, или при необходимости перейти от регулирования одного параметра процесса к регулированию другого, например, от расхода среды к давлению до клапана. Во втором случае «скачком» изменяются не только параметры ПИ-закона, но и рассогласование. Общий подход к формированию «безударной» реакции – отключение П-составляющей в момент адаптации или переключения на другую цель регулирования. Динамика переходного процесса определяется постоянной интегрирования регулятора и может назначаться пользователем на время переходного процесса.

Еще одно новшество – предусмотренный в алгоритме модулях САР ТПТС-НТ вход на элемент сравнения прямого и обратного трактов – позволяет создавать пользовательские алгоритмы, воздействующие на вход трехпозиционного реле. Путем создания таких алгоритмов можно сформировать Д-составляющую, получив ПИД-регулятор, сформировать контур с регулятором с разомкнуто-замкнутой структурой по заданию или возмущению, регулятор с произвольной пользовательской логикой обратного тракта. В настоящее время на Белорусской АЭС внедрен пользовательский алгоритм, предназначенный для компенсации люфтов регулирующих клапанов. На указанный вход подается величина половины люфта, определенного экспериментально при наладке клапана, со знаком, который определяется направлением последней сформированной модулем команды. При смене направления команд вход трехпозиционного переключателя смещается на величину люфта, что приводит к формированию команды такой длительности, которой достаточно, чтобы выбрать люфт.

Линейная чувствительность к рассогласованию, в отличие от классической постоянной чувствительности, определяемой только коэффициентом передачи регулятора, позволяет повысить качество регулирования в системах стабилизации. В настоящий момент применяется на объектах энергетики, автоматизация которых на основе аппаратуры ТПТС-НТ выполнена фирмой ИНКОНТРОЛ.

Алгоритм адаптации параметров трехпозиционного реле, предусмотренный в модулях ТПТС-НТ нового поколения, предназначен для сокращения числа переключений ИМ, а, следовательно, увеличение его срока службы. В классическом регуляторе, при нарушении баланса на величину, превосходящую минимально допустимое перемещение, тут же формируется команда. В «рациональном» регуляторе формируется оценка перемещения, которое «разумно» выполнять, игнорируя малые изменения рассогласования и реагируя только на «значимые». Для П-регулятора следующая команда будет сформирована, если рассогласование с момента формирования последней команды увеличится более чем в 2 раза или уменьшится более чем на 1/3. Следующая команда ПИ-регулятора формируется тогда,

когда значения в прямом и обратном трактах регулятора различаются более чем в 2 раза, например, при увеличении или уменьшении рассогласования в 2 раза. Количество формируемых команд сокращается от 2 до 10 раз, однако, отсутствие немедленной реакции на малые изменения рассогласования вносит в систему некоторое запаздывание, которое в общем случае должно приводить к ухудшению качества переходных процессов. Нами дана общая рекомендация о том, что решение о возможности применения адаптации должно приниматься для каждого регулятора по результатам его испытаний при пуско-наладочных работах. В результате, в настоящее время имеем повсеместное применение адаптации на регулирующих клапанах на Ленинградской и Белорусской АЭС. Мы стали обращаться с ИМ «бережнее».

Повсеместное внедрение при эксплуатации модуля ТПТС51-2.1411 пользовательского алгоритма, в котором выполняется расчет приблизительный положения клапана, подсказал нам, что эта функция будет востребована, и приблизительный расчет положения был внесен в ВПО модулей ТПТС-НТ и ТПТС-СБ. Датчик положения, как упоминалось ранее – индикатор с относительно низкой надежностью. Для алгоритмов регулирования его показания обычно не используются, достаточно наличие исправного датчика регулируемого параметра. Но в случае необходимости дистанционного управления оператор ориентируется, в том числе, и на индикатор положения, поэтому допускается в течение ограниченного времени эксплуатировать систему с неисправным датчиком положения, предоставляя оператору расчетный сигнал. Расчет выполняется на цифровом интеграторе, который интегрирует выходные команды модуля. Значение на выходе интегратора может быть замещено, например, показаниями датчика положения пока он исправен. Расчетное положение широко применяется в различных пользовательских диагностических алгоритмах, которые интерпретируют несоответствие между показаниями датчика положения и расчетным положением в качестве признака той или иной неисправности ИМ. Такой подход к диагностике применен на регулирующих клапанах питательного узла второго контура Ленинградской АЭС.

Функциональные блоки

При создании аппаратуры ТПТС нового поколения учитывался тот факт, что пользовательские алгоритмы, в том числе алгоритмы регулирования, исполняются в процессоре автоматизации, а взаимодействие с ИМ не обязательно осуществляется специализированными модулями регулирования. Для случаев, когда требуется регулятор внешнего контура в многоконтурной подчиненной системе регулирования, подчиненные контуры, включающие ИМ непосредственно, могут быть реализованы на модулях связи с процессом ТПТС.

В ТПТС-НТ внешний контур может быть реализован на функциональном блоке CRU, представляющим из себя полноценный алгоритм регулирования для объекта с «непрерывной» командой, аналогичный алгоритму модулей ТПТС55.1681 и ТПТС55.1625. Еще одним применением блока CRU является контроль и управление ИМ, аппаратный интерфейс с которым выполнен посредством модулей двоичного и аналогового ввода и вывода, или последовательный цифровой интерфейс с которым выполнен на основе одного из поддерживаемых в ТПТС протоколов.

В ТПТС-СБ внешний контур может быть реализован про помощи функционального блока S-PID. Данный блок обеспечивает импульсное регулирование при использовании в качестве ИМ регулирующего клапана. В отличие от классического ПИД-регулятора, блок S-PID вырабатывает два дискретных сигнала управления «Больше»/«Меньше» для электроприводного регулирующего клапана, тем самым обеспечивает перемещение органа регулирования по ПИД-закону с постоянными параметрами.

Заключение

За время эксплуатации КСА ТПТС51, ТПТС-ЕМ был накоплен опыт работы, который позволил выделить основные проблемы при эксплуатации данного оборудования. К таким проблемам относятся: регулирование уровня в технологических сосудах, формирование желаемой реакции при смене режима регулирования и т.д.

Для решения вышеперечисленных проблем в современном оборудовании ТПТС добавлены следующие возможности: цифровой интегратор, линейная чувствительность к

рассогласованию, выбор реакции при переключении в автоматический режим, смещение входного сигнала трехпозиционного реле, сокращение числа формируемых команд, расчет перемещения клапана с возможностью установки по датчику положения.

Список литературы

1. Общее описание функциональных и системных модулей ТПТС51, ТПТС52 : техническое описание – М. : ВНИИА, 2018.
2. Модуль регулятор ТПТС55.1681 : техническое описание – М. : ВНИИА, 2017.
3. Модуль приоритетного управления регулирующим клапаном (МПУР) ТПТС57.1772: техническое описание – М. : ВНИИА, 2018.