

Раздел 1. АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Тема 1. КЛАССИФИКАЦИЯ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ

1. Отличие классической автоматики от современной теории и практики систем управления сложными объектами.

2. Классификация и типы адаптивных систем.

Вопросы для самоподготовки.

Литература:

1. Красовский А.А. *Справочник по теории автоматического управления*. “Наука”, М. 1987г. стр.13-18, стр. 468-500, стр. 527-534.
2. Емельянов С.В., Коровин С.К. *Новые типы обратной связи*. М. “Наука” Физматлит, 1997г. стр. 11-14.
3. Антонов В.Н., Терехов В.А., Тюкин И.Ю. *Адаптивное управление в технических системах*. Изд. С-Петербургского университета. 2001. стр 6-14.

1. ОТЛИЧИЕ КЛАССИЧЕСКОЙ АВТОМАТИКИ ОТ СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Классической теорией автоматического регулирования принято называть теорию устойчивости и качества процессов в динамических замкнутых системах. Это инженерная наука, и под устойчивостью понимается устойчивость “в малом”. Под влиянием практических задач управления технологическими процессами эта теория

развивалась, впитывая в себя методы теории связи, теории колебаний, и создала свои методы анализа и синтеза систем с обратной связью. Как правило, эти системы описывались обыкновенными дифференциальными уравнениями, в основном линейными.

Для сложных объектов, управляемых по многим координатам, либо с различной динамикой процессов в зависимости от режима работы, предметом этой теории являлось решение множества частных задач управления на каждом режиме работы объекта. Увязка всех этих задач между собой для решения конечной цели управления производилась на стадии проектирования с помощью методов, внешних по отношению к теории управления. Например, оптимальная программа управления, выраженная в уставках регуляторов, считалась известной. Эту программу, как правило, разрабатывал специалист-технолог по каким-то своим методам. Задача управления заключалась в выполнении этой программы. При этом отклонения от нее допускались лишь в малом. Другого подхода к управлению сложных объектов тогда и не могло быть, так как не было быстродействующих средств обработки информации и математических средств решения оптимальных задач.

Но вот в начале 60-х годов появились работы Понтрягина Л.С., Беллмана Р., Калмана Р., которые заложили основы современной теории автоматического управления (СТАУ). До сего дня понятие СТАУ еще не определено. Одни считают, что ее отличием от классической теории автоматического управления является описание процессов в пространстве состояний, но в классической автоматике уже существовал метод фазового пространства. Другие считают, что основным отличием является использование принципа адаптивного управления, но простейшие адаптивные системы, экстремальные САУ, были описаны еще в начале 40-х годов.

Основоположник отечественной технической кибернетики академик Красовский А.А. считает [1], что основным признаком СТАУ является решение задачи управления “в большом” и в реальном времени. Будем в дальнейшем придерживаться этого определения.

Отличительной особенностью современных систем управления сложными объектами стало использование моделей системы не только для целей анализа ее поведения, но и

для целей синтеза в процессе управления. Для этого необходимо, чтобы модель системы была встроена в контур управления процессом.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ТИПЫ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ

На начальном этапе проектирования САУ информация об объекте управления всегда является неполной. В общем случае желательно было бы, чтобы система сама могла автоматически получать информацию об объекте управления и на ее основании менять параметры регулятора так, чтобы сохранять нужное качество управления. Такие системы можно называть **АДАПТИВНЫМИ**.

Адаптацией будем называть процесс изменения параметров или структуры регулятора или управляющего воздействия на основе текущей информации с целью сохранения постоянным заданного показателя качества управления при начальной неопределенности описания объекта и условий внешней среды.

Предпосылками появления адаптивных систем можно считать три фактора:

1. новый подход к повышению точности управления, при котором второстепенными возмущениями нельзя пренебречь;
2. появившаяся возможность обработки большого количества информации об объекте с помощью быстродействующих ЭВМ;
3. перенесение в технику механизма функционирования живых организмов.

В настоящее время количество научных публикаций по адаптивным методам управления превышает десятки тысяч, хотя практических систем адаптивного управления пока немного. Это говорит о постоянно растущем интересе к проблеме адаптации в области автоматического управления.

Классификация адаптивных систем еще окончательно не сложилась, но условно для целей начального изучения в нашем курсе мы используем следующий подход.

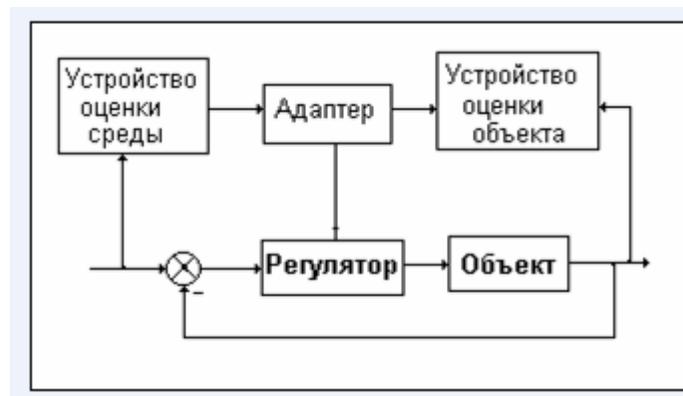
Исторически первыми были работы по адаптивным системам, старающимся удержать систему на экстремуме ее статической характеристики. Такие системы назывались «экстремальными» и теория их разработки относится еще к 40-м годам. Характерной особенностью этих систем является наличие поисковых сигналов на входе, предназначенных для отыскания экстремума регулируемой функции. Сегодня их называют **поисковыми** адаптивными системами и широко используют в промышленности. Обобщенная структура экстремальной системы может быть представлена в виде:



Как видим, структура поисковой экстремальной системы еще является одноконтурной, как и у большинства систем классической автоматики, хотя в структуру системы включаются новые функциональные блоки: устройства организации поиска экстремума, устройства формирования целевой функции, которые реализуют алгоритм адаптивного управления - удержание системы на экстремуме статической характеристики объекта.

С начала 70-х годов термин **адаптация** стал применяться к более широкому кругу систем, в которых адаптация реализуется не только в результате автоматического изменения параметров регулятора (**самонастраивающиеся**), но и в результате автоматического изменения структуры регулятора (**самоорганизующиеся**) и алгоритмов адаптации (**самоалгоритмизирующиеся**) во время работы системы. Часть из этих систем еще является поисковой, но сигналы внешнего поиска используются не только для реализации алгоритма адаптивного управления, но и для определения тех или иных характеристик системы (частотных, временных, статистических), которые и определяют построение алгоритма адаптации. В работах Цыпкина Я.З. и особенно Красовского А.А. эти системы называют **идентификационными**.

Такая адаптивная система стала рассматриваться как существенно двухконтурная, состоящая из рабочего контура управления и контура самонастройки, осуществляющего идентификацию объекта управления и окружающей среды и выдающего автоматически сигналы на изменение параметров настройки регулятора. Для отдельного по времени синтеза управляющей и настраивающей частей системы вводится предположение о **квазистационарном** режиме работы системы, который становится возможным при использовании достаточно мощных вычислительных средств. При квазистационарном режиме работы предполагается, что скорость изменения параметров уравнений объекта является много меньшей скорости протекания переходных процессов в системе. Структурная схема идентификационной двухконтурной системы имеет вид:



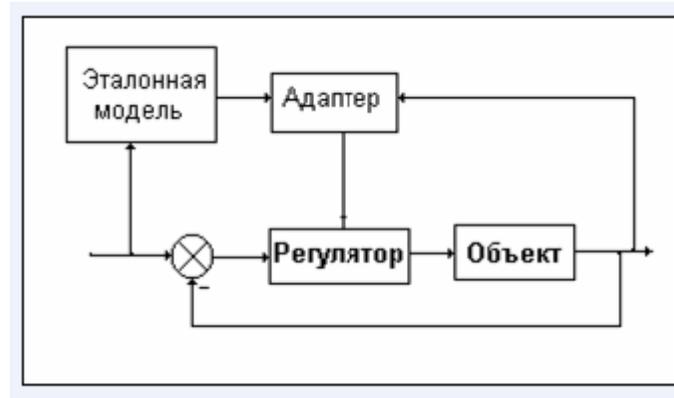
Здесь имеются идентификаторы параметров объекта и среды, которые все время изменяют зависимость параметров настройки регулятора от меняющихся параметров процесса.

Никаких ограничений на полноту вектора внешних возмущений среды не ставится. Приведенная структурная схема стала обобщенной характеристикой нового, третьего, принципа управления – **принципа адаптации**, кроме ранее известных принципов обратной связи и компенсации возмущений.

В 70-е годы в рамках идентификационного метода адаптации возникла концепция текущей оптимизации параметров регулятора из условия экстремума некоторой критериальной функции, которой соответствует требуемое состояние системы управления. При этом цель адаптации совпадает с целью управления объектом.

Например, цель адаптации может формулироваться как вычисление параметров настройки регулятора, которые обеспечивают требуемое качество регулирования объекта при изменении в достаточно широких пределах параметров объекта управления. Качество же регулирования может быть задано эталонной моделью процесса управления, созданной на основе желаемой передаточной функции контура управления. Эти адаптивные системы получили название *систем прямого адаптивного управления* или адаптивных *систем с эталонной моделью*.

Структурная схема такой системы может быть представлена в виде:

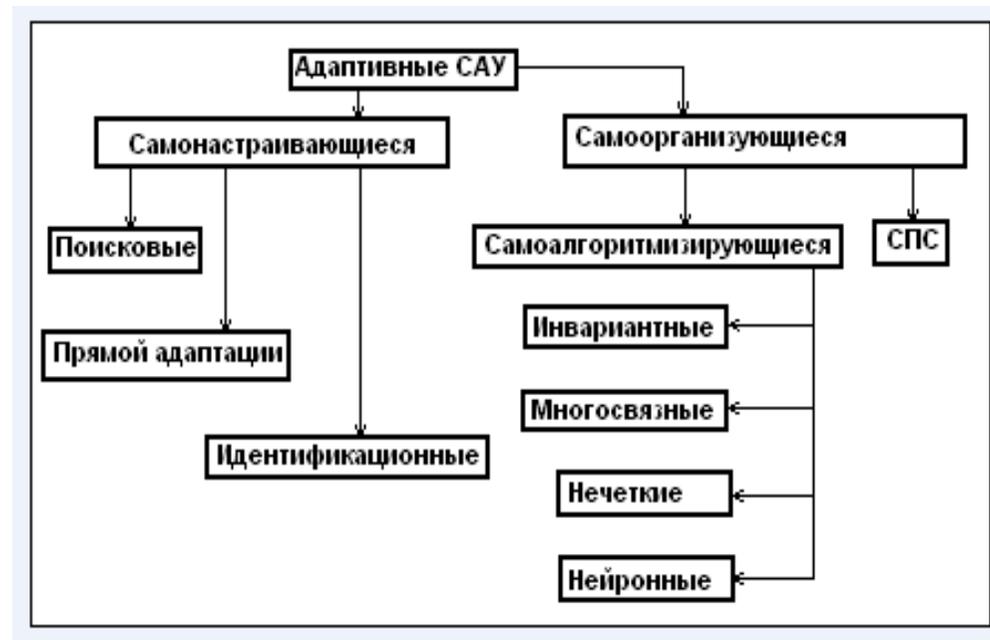


При синтезе этих систем ставится задача обеспечения работоспособности (устойчивости) системы при заданных начальных условиях и допустимых значениях эталонной модели и воздействиях внешней среды. Здесь неполнота эталонной модели задается самим исследователем и определяет класс внешних возмущений, при которых удастся обеспечить постоянство выбранной критериальной функции и устойчивость работы системы. В настоящее время именно для этих адаптивных систем получены теоретические и прикладные результаты, где ключевую роль играет задаваемая эталонная модель системы. Содержанием теории таких систем с эталонной моделью и линейным объектом является синтез алгоритмов адаптации и анализ их работы с учетом решения вопросов устойчивости, качества, грубости, которые решаются обычными классическими, «неадаптивными» методами теории управления. Тем не менее, эти системы относят к классу адаптивных систем, потому что они работают с неполной информацией о численном значении параметров эталонной модели.

В дальнейшем из идентификационных адаптивных систем выделился класс систем, в которых алгоритм адаптации реализуется в существенно нелинейных процедурах изменения структуры системы (*самоорганизующиеся или системы с переменной структурой*), а также в различной организации алгоритма адаптации (*самоалгоритмизирующиеся*).

К последним могут быть отнесены системы инвариантного управления, системы многосвязного управления, системы нечеткого принципа настройки регулятора и системы с нейронными моделями управляемого процесса. Все они могут быть выделены в подкласс систем *пассивной адаптации*, поскольку они в разной степени обеспечивают компенсацию внешних возмущений на работу системы.

Изложенный подход может быть предложен в виде классификационной схемы, которую положили авторы в основу данного учебного пособия.



Проектирование адаптивной системы включает в себя следующие этапы:

- определение структуры регулятора, которое позволяет наметить механизм изменения его параметров или структуры;
- определение структуры адаптивной системы, в процессе которого решается вопрос качества самонастройки: с оптимизацией или просто со стабилизацией качества;
- разработка алгоритма адаптации как последовательности настройки регулятора;
- проведение модельного исследования качества спроектированной САУ.

Динамика работы большинства адаптивных систем такова, что процессы в каналах адаптации происходят быстрее, чем изменение параметров объекта и среды. Поэтому при работе системы настраиваемые параметры регулятора успевают отслеживать изменения параметров объекта. Это означает, что параметры объекта меняются во времени незначительно, гораздо меньше, чем от изменения параметров настройки. Это положение создается намеренно при проектировании системы и носит название *квазистационарного режима*. При синтезе адаптивных систем это условие играет важную роль, так как при его выполнении нестационарная в общем адаптивная система может рассматриваться как стационарная с применением математического аппарата классической теории управления.

Вопросы для самоподготовки:

1. Что Вы называете принципом управления? Сколько таких принципов Вам известно?
2. Чем отличается понятие “сложного объекта управления “ в СТАУ от понятия “объекта управления” в классической автоматике?
3. Чем отличается постановка задачи управления в СТАУ от аналогичной задачи в классической автоматике?
4. Устойчивость системы в «малом» и в «большом». В чем разница?
5. Можно ли назвать все адаптивные системы оптимальными?

