

Аспирант Косинов Сергей Сабирджанович  
аспирант Зиятдинов Рустем Раисович  
к.т.н Звездин Валерий Васильевич  
Камский политехнический институт

#### Задачи синтеза адаптивных систем управления

Создание и совершенствование систем автоматического управления (САУ) является одной из важных проблем, решение которой во многом определяет уровень развития науки и техники [1]. Поэтому задача создания качественно новых САУ, обеспечивающих высокую точность управления и адаптации является актуальной. С ужесточением условий эксплуатации систем управления выдвигаются дополнительные требования к их качественным показателям.

В этих условиях при заданных ограничениях становится необходимым построение оптимальных САУ, обеспечивающих минимальную погрешность при наличии переменных во времени влияющих воздействий. При этом входное и влияющие воздействия являются случайными функциями времени. Решение задачи оптимизации (синтеза) измерительной системы позволяет найти оптимальное управление качеством системы уже на стадии ее проектирования.

Задача синтеза. Задача синтеза системы автоматического управления (САУ) рассматривается как задача определения структуры и параметров модели системы, обеспечивающей оптимум заранее выбранного критерия качества при наличии влияющих воздействий и заданных ограничениях [2].

В качестве САУ принята система, состоящая из датчиков, фиксирующих режим работы плазмотрона и устройства обработки, реализующие операции согласования и восстановления сигналов. На рис. 1 представлена обобщенная структурно-функциональная схема (модель) преобразования сигналов в САУ. Отдельные звенья преобразования представляют собой функциональные устройства, которые могут быть выполнены в виде отдельных технических устройств или объединены в некоторые технические устройства. Последовательность звеньев в модели преобразования сигналов фиксирована, причем в реальных САУ отдельные преобразования могут отсутствовать. В целом САУ представляет собой иерархическую систему, нижнему уровню которой соответствуют отдельные элементарные подсистемы преобразования, которые на следующем уровне объединяются в указанные на рис. 1 звенья системы.

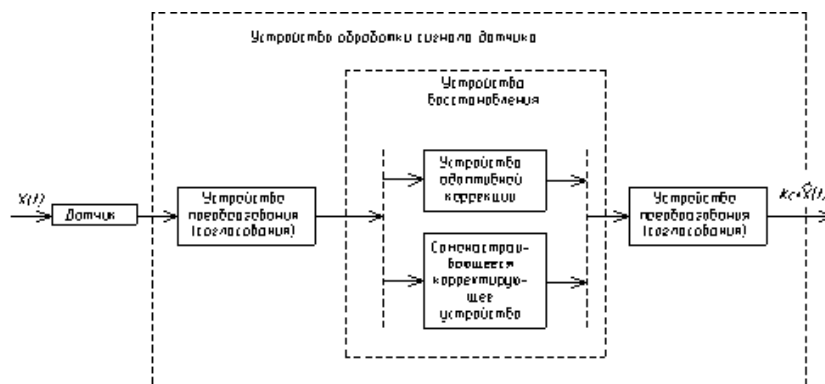


Рис. 1. Обобщенная структурно-функциональная схема преобразования сигналов в САУ.

Согласно приведенной схеме на вход САУ поступают физические величины, которая преобразуется датчиком в электрический сигнал, поступающий затем на устройство обработки сигнала. В устройстве обработки реализуются последовательно

операции согласования сигналов и восстановления (определения оптимальных оценок входной величины) сигнала на входе САУ. Реализация процесса нахождения оптимальных оценок входной величины может осуществляться, например, в устройствах адаптивной коррекции, в состав которых входят звенья идентификации моделей датчиков, либо самонастраивающиеся модели [3]. Реализация процессов согласования сигналов осуществляется в согласующих устройствах, в состав которых могут входить усилители, фильтры, различного рода преобразователи – аналого-цифровые, цифро-аналоговые и т.д.

Большое внимание при синтезе любой САУ уделяется выбору решений, которые во многом определяют качество синтезируемой системы. Причем при решении задачи синтеза многозвенных систем, к которым относятся САУ, их конечное состояние является результатом отдельных решений, принятых поэтапно для каждого звена (субсистемы).

Решение задачи синтеза целиком зависит от корректности постановки задачи – от полноты тезауруса, включающего в себя класс моделей САУ, модели исследуемого процесса и влияющих величин, критерий оптимальности и функции ограничений. Некорректно поставленная задача, неправильно выбранное решение уже на стадии математического моделирования могут привести к значительной погрешности САУ. Поэтому перед выбором решения должен быть проведен анализ вопросов, уточняющих постановку задачи [4]. В результате должны быть определены:

- модель исследуемого входного процесса либо его вероятностных характеристик;
- класс моделей, в котором ищется оптимальная модель САУ;
- модели влияющих величин либо их вероятностных характеристик;
- критерий оптимальности;
- функции ограничений.

Модель входного процесса. При построении оптимальной модели САУ необходимо точное знание структуры и параметров входного воздействия, его математической модели, что в большинстве случаев является практически неразрешимой задачей. Поэтому при синтезе САУ обычно пользуются приближенными описаниями математической модели входного воздействия, полученными на основании теоретических данных, либо экспериментальных исследований по косвенным параметрам. Очевидно, что приближенная модель не охватывает всего многообразия исследуемого процесса. Степень приближения принятой модели у реальной во многом определяет качество воспроизведения исследуемого процесса синтезируемой САУ. К тому же техническое воплощение систем, обеспечивающий бесконечную совокупность реализаций, либо бесконечную длительность одной реализации, принципиально не представляется возможным. Современные технические средства позволяют воспроизводить реализацию исследуемого процесса лишь в ограниченной области его изменения. Поэтому условия для точного измерения параметров процесса принципиально никогда не могут быть реализованы на практике [5]. Однако при проведении целого ряда исследований практический интерес представляет не весь процесс, а лишь его ограниченный участок. Причем в зависимости от характера решаемых при исследовании задач одному и тому же процессу могут быть приписаны различные математические модели. Принятая модель процесса в основном и определяет задачу синтеза оптимальной САУ.

Класс моделей. Принадлежность САУ к тому или иному классу определяется совокупностью признаков, характерных для данного класса. Совокупность признаков САУ, в свою очередь, обусловлена характерными признаками отдельных ее субсистем, либо одной определяющей субсистемы. При проведении поэтапной (позлементной) оптимизации системы в зависимости от функции цели могут использоваться как полные, так и неполные рабочие модели. Последние, в свою очередь, могут отличаться от полных моделей как по структуре, так и по составу параметров. В этом случае необходимо, чтобы они были адекватны полным моделям по основным признакам, определяемым функциями цели. При этом выполнение требования адекватности влечет за собой выполнение условий, требующих реализации дополнительных условий в измерительной и управляющей процедурах САУ.

Критерий оптимальности. Критерий оптимальности характеризует цель, которую должна достичь синтезируемая САУ по своим определяющим показателям качества при заданных ограничениях.

Критерий должен по возможности полно и точно характеризовать качество системы. Выбирая критерий приходится решать задачу на оптимум, учитывая два противоречивых фактора: сложность критерия, полноту и точность отображения критерием назначения системы. Чем полнее и точнее критерий отображает систему, тем он сложнее. Найти математическую зависимость всех качеств системы от ее характеристик и объединить их в одном критерии обычно не удается. Поэтому в каждом конкретном случае проводится анализ основных показателей качества и выделяется главное качество системы, которое и используется как критерий.

Основными показателями качества для САУ являются точность, надежность, устойчивость, удобство эксплуатации, габаритные размеры, электропотребление и т.д. Когда предъявляются высокие требования к достоверности отработки управления, определяющим показателем качества является точность. Она служит функцией цели при синтезе САУ. Остальные показатели и, в первую очередь, такой, как надежность, являются ограничивающими. В этом случае основная задача синтеза САУ состоит в реализации оптимальной точности и выполнении условий физической реализуемости, достаточной надежности, допустимых габаритных размеров, массы и т.д. Превышение величины оптимальной точности может привести к резкому снижению остальных качественных показателей и в результате – к непригодности САУ для работы в реальных условиях.

Надежность в работе рассматривается как свойство системы безотказно выполнять свои функции при сохранении точности в допустимых пределах. Она обусловлена как эксплуатационной надежностью, оцениваемой безотказностью конструкции и схемы САУ, так и метрологической, при которой метрологические характеристики, в частности динамическая точность, сохраняются в допустимых пределах при работе в определенных условиях эксплуатации и заданной продолжительности. Так как надежность САУ зависит от надежности всех входящих в систему элементов, то при ее проектировании большое внимание должно уделяться количественному и качественному выбору всех элементов системы с точки зрения надежности. Для повышения надежности САУ при ее разработке должны быть предусмотрены:

- блочный или модульный принцип построения конструкции;
- резервирование элементов системы, находящихся в особо напряженных условиях работы;
- регулярная метрологическая проверка САУ в процессе ее эксплуатации с использованием либо встроенного, либо автономного устройства контроля и т.д.

В общем случае, погрешность САУ – случайный процесс. Ее полной характеристикой является закон распределения, который может быть представлен в виде условной, либо безусловной плотностей распределения вероятностей. Практически использование плотности распределения вероятностей в качестве критерия погрешности сопряжено с рядом трудностей и не всегда возможно. Поэтому принято оценивать погрешности числовыми характеристиками, связанными тем или иным оператором с законом распределения. К таким характеристикам относятся экстремальные и интегральные характеристики, а также оценки, основанные на применении доверительных интервалов.

При обработке сигналов, когда требуется наилучшее воспроизведение формы полезного сигнала из его смеси с помехами, используются в основном два критерия: критерий минимума среднеквадратичной ошибки и критерий максимума апостериорной вероятности. Когда помехи не учитываются, может быть использован критерий минимума модуля текущего значения ошибки.

Оптимизация адаптивных систем. Адаптивные системы в отличие от систем с постоянными параметрами осуществляют автоматическую подстройку параметров корректирующего устройства под переменные параметры датчиков, обеспечивая тем самым выполнение основного условия коррекции в процессе нормального функционирования систем [6]. Адаптивные системы от остальных отличает наличие контура управления корректирующим устройством. Он выполняет операции определения характеристик сигналов системы в процессе ее нормального функционирования и преобразования получаемых результатов определений в некоторый текущий критерий управления с его последующей реализацией.

Классификация адаптивных систем. По характеру рабочей информации, используемой для реализации процесса управления, адаптивные системы можно разделить на две основные группы:

- системы, содержащие в своем составе каналы параметрической идентификации и осуществляющие управление параметрами корректирующего устройства непосредственно через найденные оценки параметров датчиков;
- системы (относящиеся к группе аналитических самонастраивающихся систем), содержащие в своем составе контуры (модели) самонастройки и осуществляющие управление параметрами корректирующего устройства через сигналы рассогласования базовой подсистемы и самонастраивающейся модели.

По способу получения рабочей информации каждую из групп адаптивных систем можно разделить на системы:

- с непосредственным получением рабочей информации по основному параметру;
- с получением рабочей информации по косвенным параметрам.

И, наконец, по способу отработки алгоритма управления адаптивные системы можно разделить на системы:

- с непрерывной обработкой алгоритма управления;
- с периодической обработкой алгоритма управления.

Характерной особенностью адаптивных систем является то, что в них выполняются одновременно процессы измерения, коррекции и управления. Системы при этом работают в двух режимах – режиме обучения, в котором реализуются алгоритмы управления, и режиме измерения (включая коррекцию). В режиме обучения процесс можно считать завершенным, когда построена оптимальная модель базовой подсистемы, отвечающая основному условию коррекции. В этом случае режим измерения завершается получением оптимальных оценок процесса на входе САУ

#### Литература:

- Домрачева Л.С. Синтез систем измерения нестационарных температур газовых потоков. М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.
- Петров В.В., Усков А.С. Информационная теория синтеза оптимальных систем контроля и управления. М.: Энергия, 1975, 274 с.
- Костюк В.Н. Адаптивные системы идентификации. Киев: Техника, 1975, 256 с.
- Розенберг В.Я. Введение в теорию точности измерительных систем. М.: Советское радио, 1975, 303с.
- Рабинович С.Г. Погрешности измерений. Л.: Энергия, 1978, 262 с.
- Петров Б.Н., Рутковский В.Ю., Крутова И.Н., Земляков С.А. Принцип построения и проектирования безпоисковых самонастраивающихся систем. М.: Машиностроение, 1972, 247 с.