

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

ЛЕКЦИЯ 11

4 СИНТЕЗ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

4.1 Анализ и синтез систем управления

Чтобы создать систему управления, неважно, цифровую или аналоговую, линейную или нелинейную, нужно выполнить ряд действий: выявить особенности объекта управления и условия его работы (внешние воздействия), выбрать измерительные преобразователи, блоки управления и исполнительные устройства, исследовать динамические свойства объекта, разработать алгоритм управления. Далее нужно реализовать систему (то есть произвести монтаж, затем настройку готовой системы) и выявить качество ее работы. Более четко, *создание системы управления заключается в выполнении следующих этапов:*

- 1) *выявить выходные переменные, управляющие воздействия и возмущения ОУ.*
- 2) *выбрать измерительные преобразователи, исполнительные устройства и блоки управления.*
- 3) *Рассмотреть динамические свойства ОУ.* То есть, нужно составить математическую модель ОУ. Измерительные преобразователи и исполнительные устройства также являются частью математической модели.
- 4) *Выполнить синтез алгоритма управления, который будет реализован блоком управления.*
- 5) *Исследовать качество работы системы управления путем ее компьютерного моделирования. При плохом качестве вернуться к п. 4.*
- 6) *Произвести проектирование системы, монтаж технических средств и наладку системы управления.*
- 7) *Исследовать качество работы реальной системы управления. При плохой работе выполнить анализ ситуации и вернуться к п. 2, 3 или 4.*

Все этапы создания систем управления важны, но нас сейчас интересуют этапы, касающиеся синтеза алгоритмов управления (этап 4) и анализа (этап 5). Они относятся к теории управления. Ясно, что если эти этапы выполнены неудачно, то, какой бы в техническом отношении не была хорошей система, работать она будет плохо. Рассмотрим более подробно этапы анализа и синтеза.

В теории управления основными задачами, которые в ней рассматриваются, являются задачи анализа и синтеза систем управления.

Задача анализа более простая и ставится следующим образом: *Задан объект управления и управляющее устройство, то есть, задана система управления. Требуется исследовать устойчивость и качество управления этой системы.* Результатом анализа является вывод о хорошем (плохом) поведении системы. В ряде случаев результаты анализа подсказывают, как улучшить работу системы.

Задача синтеза в свою очередь также разделяется на две задачи: параметрический синтез и структурный синтез. Такое разделение следует из теории и практики проектирования систем управления.

При параметрическом синтезе заданы объект управления и структура уравнений управляющего устройства. Требуется определить параметры (коэффициенты) управляющего устройства, обеспечивающее качество, не хуже заданного.

При структурном синтезе задан только объект управления. Требуется определить структуру и параметры управляющего устройства, обеспечивающие качество, не хуже заданного. Качество функционирования системы управления задается показателем, называемым критерием качества.

Вторая задача более сложная, чем первая, для ее решения часто используют методы теории оптимального управления.

Конечно, такое разделение в некоторой степени условно. В задаче параметрического синтеза часто структура управляющего устройства выбирается из набора известных структур, затем решается сама задача. При плохом решении берется другая структура, и процесс повторяется до удовлетворительного решения. Здесь имеются признаки структурного синтеза, тем не менее, принято считать, что это задача параметрического синтеза.

Нужно сказать, что после синтеза алгоритма управления, а также после наладки системы управления, обязательно нужно проверить качество ее работы (п. 5 и 7 рассмотренного выше перечня), то есть выполнить ее анализ. Итак: *завершающим этапом синтеза системы является ее анализ.*

Для каждой из задач синтеза (параметрический и структурный синтез) разработаны свои методы решения, их достаточно много, особенно много методов параметрического синтеза. Это не от хорошей жизни, это является признаком незавершенности теории управления. Чтобы легче ориентироваться в этих методах, рассмотрим их классификацию. Используются различные направления классификации по тем или иным признакам. (см., например, Изерман, рис. на с. 77).

Мы рассмотрим следующие направления классификации методов синтеза.

Для задач параметрического синтеза это следующие направления:

по типу регулятора; по порядку уравнения регулятора; по используемым критериям качества управления; по методам определения коэффициентов.

Рассмотрим подробнее эти направления.

1) *По типу регулятора: пропорциональный (П), интегральный (И), дифференциальный (Д), ПИ, ПД, ПИД, обобщенный линейный, нелинейный (в понятие "нелинейный" входит очень обширная группа алгоритмов).*

2) *По порядку уравнения регулятора: нулевого, первого, второго и более высокого порядков.*

3) *По используемым критериям качества управления: с прямыми показателями качества, расположение полюсов замкнутой системы, интегральный критерий качества, частотные критерии качества, комбинированные критерии качества. Эти критериям качества мы кратко рассмотрим позже.*

4) *По методам определения коэффициентов (по методам параметрического синтеза): правила настройки на действующем объекте или его модели, применение эмпирических формул, метод расширенных частотных характеристик, метод логарифмических частотных характеристик, метод корневого годографа и другие.*

Для задач структурного синтеза:

1) Регуляторы состояния: с наблюдаемыми переменными состояниями, с наблюдателем состояния, по интегральному критерию качества, модальные регуляторы состояния (по расположению полюсов замкнутой системы).

2) Компенсационные регуляторы: по заданной передаточной функции, на основе принципа компенсации динамики объекта и воздействий.

4.2 Два подхода к анализу и синтезу цифровых систем управления

Обычно требуется управлять аналоговым непрерывным объектом управления. Таким образом, аналоговым ОУ управляет дискретное цифровое устройство. Как уже говорилось, при синтезе цифровых систем управления аналоговыми объектами используется два подхода: применение теории непрерывных систем и применение теории дискретных систем. Аналогичное разделение можно произвести и для методов анализа.

4.2.1 Рассмотрим порядок синтеза при одном и другом подходе.

а) *При синтезе непрерывными методами сначала синтезируется непрерывный алгоритм управления аналоговым ОУ методами теории непрерывных систем, затем производится дискретизация полученного алгоритма управления.* Преимущество этого подхода, как мы знаем, в том, что применяются хорошо разработанные и привычные методы синтеза непрерывных систем. Недостаток – повышенная частота дискретизации управляющего контроллера.

б) *При применении дискретных методов система сразу рассматривается, как дискретная, и все преобразования производятся в дискретной форме. Для этого аналоговый непрерывный объект переводится в дискретную форму, затем для него разрабатывается сразу дискретный алгоритм управления.* При этом заданное качество управления может быть достигнуто при более низкой частоте дискретизации. Пример тому – так называемое апериодическое управление, когда цель регулирования достигается за конечное число тактов управления. Однако для достижения нужного качества нужно знать особенности дискретных систем, владеть методами анализа и синтеза этих систем и иметь опыт работы с ними. В то же время, несмотря на имеющиеся проработки, общей теории таких систем нет, она в стадии развития. Следует заметить, что регуляторы, полученные в результате синтеза при том и другом подходе похожими методами, обычно имеют одинаковую структуру, отличие – только в коэффициентах.

Мы будем в основном использовать первый подход: сначала будем синтезировать непрерывный алгоритм управления, затем производить его дискретизацию. На все у нас просто не будет времени.

Завершающим этапом синтеза тем и другим методом является анализ ЦСУ. Поэтому рассмотрим порядок анализа.

4.2.2 Целью анализа, как мы уже знаем, является выявление устойчивости и качества работы замкнутой системы управления. *Методы анализа можно разделить на две группы: аналитические методы и моделирование на ЭВМ.* Рассмотрим более подробно эти группы.

а) *При применении аналитических методов исследования устойчивости и качества нужно преобразовать ОУ в дискретную форму, присоединить к нему дискретный регулятор и выполнить исследование методами дискретных систем.* Здесь также часто дискретную систему преобразуют в эквивалентную непрерывную и выполняют анализ хорошо разработанными непрерывными методами. Это сложный метод, но он дает результат в общем виде, часто в виде формул. При его применении можно выявить пути улучшения функционирования системы управления;

б) При моделировании на ЭВМ моделируется система, содержащая непрерывный ОУ и дискретный регулятор. Этот метод проще и более универсальный, но не дает никаких формул. Универсальность заключается в том, что можно моделировать практически любые системы, включая и нелинейные системы.

Анализ полученной системы в основном мы будем производить на ЭВМ.