

§3. Классификация систем управления

Автоматическая система – это система, работающая без участия человека. Есть еще *автоматизированные системы*, в которых рутинные процессы (сбор и анализ информации) выполняет компьютер, но управляет всей системой человек-оператор, который и принимает решения. Мы будем далее изучать только автоматические системы.

Задачи систем управления

Автоматические системы управления применяются для решения трех типов задач:

- *стабилизация*, то есть поддержание заданного режима работы, который не меняется длительное время (задающий сигнал – постоянная, часто нуль);
- *программное управление* – управление по заранее известной программе (задающий сигнал меняется, но заранее известен);
- *слежение* за неизвестным задающим сигналом.

К системам стабилизации относятся, например, авторулевые на кораблях (поддержание заданного курса), системы регулирования частоты вращения турбин. Системы программного управления широко используются в бытовой технике, например, в стиральных машинах. Следящие системы служат для усиления и преобразования сигналов, они применяются в приводах и при передаче команд через линии связи, например, через Интернет.

Одномерные и многомерные системы

По количеству входов и выходов бывают

- *одномерные* системы, у которых один вход и один выход (они рассматриваются в так называемой *классической* теории управления);

- *многомерные* системы, имеющие несколько входов и./или выходов (главный предмет изучения *современной* теории управления).

Мы будем изучать только одномерные системы, где и объект, и регулятор имеют один входной и один выходной сигнал. Например, при управлении кораблем по курсу можно считать, что есть одно управляющее воздействие (поворот руля) и одна регулируемая величина (курс).

Однако, в самом деле это не совсем верно. Дело в том, что при изменении курса меняется также крен и дифферент корабля. В одномерной модели мы пренебрегаем этими изменениями, хотя они могут быть очень существенными. Например, при резком повороте крен может достигнуть недопустимого значения. С другой стороны, для управления можно использовать не только руль, но и различные подруливающие устройства, стабилизаторы качки и т.п., то есть объект имеет несколько входов. Таким образом, реальная система управления курсом – многомерная.

Исследование многомерных систем – достаточно сложная задача и выходит за рамки этого пособия. Поэтому в инженерных расчетах стараются иногда упрощенно представить многомерную систему как

несколько одномерных, и довольно часто такой метод приводит к успеху.

Непрерывные и дискретные системы

По характеру сигналов системы могут быть

- *непрерывными*, в которых все сигналы – функции непрерывного времени, определенные на некотором интервале;

- *дискретными*, в которых используются дискретные сигналы (последовательности чисел), определенные только в отдельные моменты времени;

- *непрерывно-дискретными*, в которых есть как непрерывные, так и дискретные сигналы. Непрерывные (или *аналоговые*) системы обычно описываются дифференциальными уравнениями. Это все системы управления движением, в которых нет компьютеров и других элементов дискретного действия (микропроцессоров, логических интегральных схем).

Микропроцессоры и компьютеры – это дискретные системы, поскольку в них вся информация хранится и обрабатывается в дискретной форме. Компьютер не может обрабатывать непрерывные сигналы, поскольку работает только с *последовательностями* чисел. Примеры дискретных систем можно найти в экономике (период отсчета – квартал или год) и в биологии (модель «хищник-жертва»). Для их описания применяют *разностные* уравнения.

Существуют также и гибридные *непрерывно-дискретные* системы, например, компьютерные системы

управления движущимися объектами (кораблями, самолетами, автомобилями и др.). В них часть элементов описывается дифференциальными уравнениями, а часть – разностными. С точки зрения математики это создает большие сложности для их исследования, поэтому во многих случаях непрерывно-дискретные системы сводят к упрощенным чисто непрерывным или чисто дискретным моделям.

Стационарные и нестационарные системы

Для управления очень важен вопрос о том, изменяются ли характеристики объекта со временем. Системы, в которых все параметры остаются постоянными, называются *стационарными*, что значит «не изменяющиеся во времени». В этом пособии рассматриваются только стационарные системы.

В практических задачах часто дело обстоит не так радужно. Например, летящая ракета расходует топливо и за счет этого ее масса изменяется. Таким образом, ракета – нестационарный объект. Системы, в которых параметры объекта или регулятора изменяются со временем, называются *нестационарными*. Хотя теория нестационарных систем существует (формулы написаны), применить ее на практике не так просто.

Определенность и случайность

Самый простой вариант – считать, что все параметры объекта определены (заданы) точно, так же, как и внешние воздействия. В этом случае мы говорим о

детерминированных системах, которые рассматривались в классической теории управления.

Тем не менее, в реальных задачах точных данных у нас нет. Прежде всего, это относится к внешним воздействиям. Например, для исследования качки корабля на первом этапе можно считать, что волна имеет форму синуса известной амплитуды и частоты. Это детерминированная модель. Так ли это на практике? Естественно нет. С помощью такого подхода можно получить только приближенные, грубые результаты.

По современным представлениям форма волны приближенно описывается как сумма синусоид, которые имеют *случайные*, то есть неизвестные заранее, частоты, амплитуды и фазы. Помехи, шум измерений – это тоже случайные сигналы.

Системы, в которых действуют случайные возмущения или параметры объекта могут изменяться случайным образом, называются *стохастическими* (вероятностными). Теория стохастических систем позволяет получать только вероятностные результаты. Например, нельзя гарантировать, что отклонение корабля от курса *всегда* будет составлять не более 2° , но можно попытаться обеспечить такое отклонение с некоторой *вероятностью* (вероятность 99% означает, что требование будет выполнено в 99 случаях из 100).

Оптимальные системы

Часто требования к системе можно сформулировать в виде задачи *оптимизации*. В *оптимальных* системах

регулятор строится так, чтобы обеспечить минимум или максимум какого-то критерия качества. Нужно помнить, что выражение «оптимальная система» не означает, что она действительно идеальная. Все определяется принятым критерием – если он выбран удачно, система получится хорошая, если нет – то наоборот.

Особые классы систем

Если параметры объекта или возмущений известны неточно или могут изменяться со временем (в нестационарных системах), применяют *адаптивные* или самонастраивающиеся регуляторы, в которых закон управления меняется при изменении условий. В простейшем случае (когда есть несколько заранее известных режимов работы) происходит простое переключение между несколькими законами управления. Часто в адаптивных системах регулятор оценивает параметры объекта в реальном времени и соответственно изменяет закон управления по заданному правилу.

Самонастраивающаяся система, которая пытается настроить регулятор так, чтобы «найти» максимум или минимум какого-то критерия качества, называется *экстремальной* (от слова *экстремум*, обозначающего максимум или минимум).

Во многих современных бытовых устройствах (например, в стиральных машинах) используются *нечеткие регуляторы*, построенные на принципах *нечеткой логики*. Этот подход позволяет формализовать человеческий способ принятия решения: «если корабль

ушел сильно вправо, руль нужно сильно переложить влево».

Одно из популярных направлений в современной теории – применение достижений искусственного интеллекта для управления техническими системами. Регулятор строится (или только настраивается) на основе *нейронной сети*, которую предварительно обучает человек-эксперт.