

НЕЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ.

ЛЕКЦИЯ 2

1.3 Основные понятия теории управления

Напомним основные понятия теории управления и их особенности для нелинейных систем. Каждый организованный нами процесс характеризуется последовательностью заданных нами рабочих операций, производимых над исходным материалом, и в этом смысле мы управляем природными явлениями, получая конечный продукт.

Управлением называют организованное и целенаправленное действие, оказываемое на какой – либо объект или процесс для изменения его состояния.

Почему нам приходится заниматься управлением? Из-за того, что природные явления сами по себе протекают совсем не так, как нам нужно. *Проблема управления возникает из-за самопроизвольного нарушения хода технологических процессов, свойственного самой природе.*

Занимаясь управлением, мы выделяем наш объект управления из окружающей среды, а связь объекта с этой средой выражаем через входные и выходные переменные. *Связь ОУ с окружающей средой выражается через входные и выходные переменные.*

Управляемыми переменными назовем те выходные переменные ОУ, которые необходимо изменять в процессе управления. Часто под термином «выходные переменные» понимают управляемые переменные.

Для решения задач автоматизации ОУ удобно представлять графически в виде структурной схемы, показанной на рисунке 1.3.

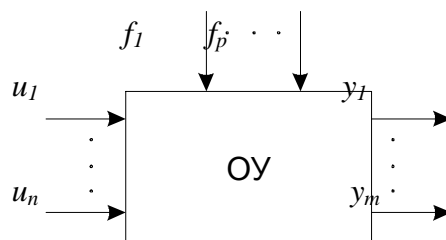


Рисунок 1.3. Графическое представление ОУ

u_i – управляющие воздействия, y_i – выходные переменные, f_i – возмущающие воздействия.

Для решения задачи управления необходимо управляющее устройство. Структура системы управления в обобщенном виде изображена на рисунке 1.2. Под одной линией здесь может пониматься множество переменных, то есть это – векторные величины.

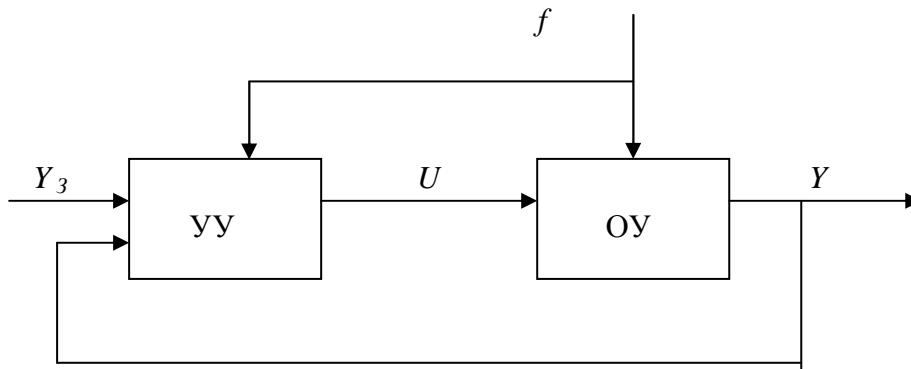


Рисунок 1.4 – Структура системы управления

ОУ – объект управления; УУ – устройство управления; Y_3 – инструкция, или предписание о том, какой должна быть переменная Y . В простейшем случае это - задание; Y – фактическое состояние объекта управления; U – управляющее воздействие объекта управления; f – отражает влияние внешней среды.

Среди задач управления наибольшее применение имеет задача автоматического поддержания выходных переменных объекта на заданном уровне. Эта задача имеет специальное название: задача регулирования.

Задача поддержания выходных переменных объекта на заданном уровне называется задачей регулирования, управляющее устройство – регулятором, а система – системой автоматического регулирования (САР). Управляемая переменная в САР называется регулируемой переменной.

Из этого следует цель регулирования: Целью автоматического регулирования является обеспечение равенства нулю рассогласования выходной переменной от своего задания, то есть

$$\varepsilon = y_3 - y = 0,$$

где ε – рассогласования выходной переменной от своего задания;

y_3 – заданное значение выходной переменной;

y – фактическое значение выходной переменной.

Используются три основных принципа управления: разомкнутое управление, принцип компенсации и принцип обратной связи. Нужно отметить, что принцип разомкнутого управления может рассматриваться, как частный случай принципа компенсации, но с позиций методологии мы его выделяем в самостоятельный принцип. Рассмотрим коротко эти принципы управления на примерах решения задачи регулирования.

Принцип разомкнутого, или жесткого управления.

Структура системы регулирования, построенной по принципу разомкнутого, или жесткого регулирования, приведена на рис. 1.4.

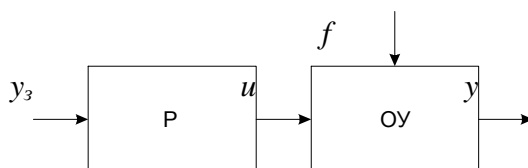


Рисунок 1.5 Структура системы, построенной по принципу разомкнутого регулирования. Р – регулятор.

Как видно, здесь регулятор включен последовательно с ОУ и формирует сигнал управления из сигнала задания так, чтобы по возможности точнее выполнялась цель регулирования. При этом регулятор не использует информацию о возмущениях и выходных переменных. Несложно выяснить, как должен быть построен такой регулятор: в идеале его оператор должен соответствовать обратному оператору объекта управления по каналу: управление – выход.

Недостатком этого принципа является отсутствие компенсации возмущений. Другой недостаток – необходимость точного знания характеристик объекта. Несмотря на эти недостатки, принцип широко используется для стабильных, не зашумленных объектов. Его преимущества: легкость применения аналитических методов синтеза регулятора, простота реализации.

Принцип компенсации

Структура системы, работающей по этому принципу, изображена на рисунке 2.6. Здесь регулятор уже "знает" о действии возмущения f и может сформировать сигнал управления, компенсирующий это возмущение. Таким образом, регулятор в системе, построенной по принципу компенсации, использует информацию об основных возмущающих воздействиях и вырабатывает сигнал управления, компенсирующий действие возмущения. Причем для этого не нужно измерять выходную переменную.

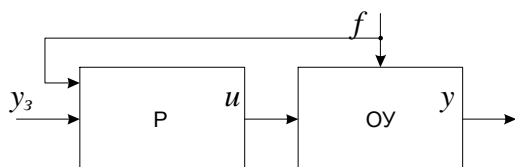


Рисунок 1.6 Структура системы, построенной по принципу компенсации

Часто проще измерить возмущение, чем выходную переменную. Другое преимущество метода такое же, как и для принципа компенсации: легкость применения аналитических методов синтеза регулятора. Третье преимущество – высокое быстродействие. Регулятор приступает к компенсации возмущения сразу же при его появлении, на выходе оно может даже и не проявиться в это время. Однако у нас не одно возмущение, есть еще и другие. Их действие не скомпенсировано и они будут давать ошибку на выходе. Сохраняется и другой недостаток предыдущей системы – необходимость точного знания характеристик объекта. Данная система, как и предыдущая, разомкнута, поэтому регулятор здесь также должен содержать обратную модель объекта управления по каналам: управление – выход, компенсируемое возмущение – выход.

Принцип обратной связи.

Принцип обратной связи поясняется на рис. 2.6. Здесь уже измеряется выходная переменная. Она сравнивается с заданием и определяется в явном виде рассогласование ϵ . Далее это рассогласование подается на регулятор, который действует на объект так, чтобы свести это рассогласование к нулю.

Таким образом, регулятор P сравнивает фактическое значение выходной переменной y с заданием u_3 и в зависимости от рассогласования ϵ вырабатывает управляющее воздействие u , уменьшающее это рассогласование.

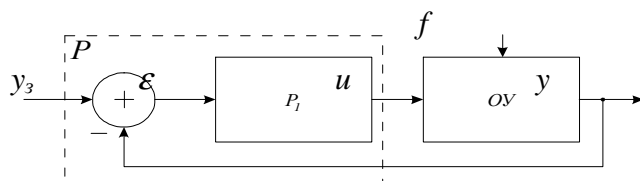


Рисунок 1.7 Структура системы, построенной по принципу обратной связи

Система, работающая по принципу обратной связи, обладает замечательным свойством: в идеале в ней по замерам только выхода объекта можно скомпенсировать действие всех помех независимо от характеристик объекта. В этом – основное преимущество принципа обратной связи. Для безинерционного объекта, использовании в качестве регулятора усилительного звена и стремлении его коэффициента усиления к бесконечности теоретически мы достигаем идеально хорошего качества регулирования.

Однако, к сожалению, все не так просто. Дело в том, что все процессы в природе развиваются во времени, то есть каждый ОУ имеет инерционность. Кроме того, все реальные переменные ограничены по амплитуде. Если в этих условиях следовать вышеприведенному алгоритму, не учитывающему инерционность объекта, то получим неустойчивую, следовательно, неработоспособную систему.

Следует обратить внимание на то, что такая ситуация возникает из-за инерционных свойств объекта. Проблемы, связанные с инерционными свойствами объекта, возникают и при применении других принципов управления.

Интуитивно ясно, что регулятор должен как – то учитывать динамику объекта и действовать в процессе регулирования более "осторожно", предугадывая, или упреждая процессы в системе. Решением подобных проблем, исследованием и расчетом САУ в системах с обратной связью, а также в других системах, занимается теория автоматического управления.

Отметим, что система, работающая по принципу обратной связи, будет медленнее отрабатывать данное возмущение, чем система по принципу компенсации. При работе по принципу компенсации возмущение сразу компенсируется, в системе с обратной связью возмущение должно проявиться на выходе объекта, затем только система приступит к его компенсации. Это является другим недостатком систем с обратной связью. Третий недостаток – трудности расчета регулятора аналитическими методами. Дело в том, что сам принцип обратной связи, в отличие от принципа компенсации не позволяет определить как структуру, так и параметры регулятора. Их приходится находить методом проб и ошибок, используя предшествующий опыт построения регуляторов.

Благодаря своим преимуществам системы с обратной связью имеют наибольшее применение на практике.

Для управления нелинейными объектами используются те же принципы управления со своими преимуществами и недостатками, но расчет управляющих устройств для них – более сложная задача. Типовые законы регулирования (П, И, ПИ, ПИД) можно использовать для управления объектами с гладкими нелинейностями (о гладких нелинейностях см. Лекцию 3), но при переходе на другой режим нужно изменять настроечные параметры регуляторов.

1.4 Устойчивость и качество управления

Нормально работающая система должна, во-первых быть устойчивой, во-вторых, обладать требуемым качеством управления. Почему возникают проблемы устойчивости и качества? Ответ простой: из-за инерционных свойств объекта управления. Низкое качество управления или потеря устойчивости происходит из-за инерционных свойств объекта управления. Понятия устойчивости и качества управления играют важную роль и в нелинейных системах, но здесь есть свои особенности.

Под устойчивостью любой системы понимают свойство системы самостоятельно возвращаться к равновесному состоянию после снятия возмущения, его нарушившего. Это интерпретация математически строгого определения устойчивости, которое дал Ляпунов, определение устойчивости по Ляпунову мы рассмотрим позже.

Исследование устойчивости нелинейных систем значительно сложнее, чем для линейных. Здесь уже не работают алгебраические и частотные методы, которые облегчали выявление устойчивости линейных систем (критерии Рауса, Гурвица, Найквиста, Михайлова и др.). Дело в

том, что в нелинейных системах, в отличие от линейных, устойчивость и качество управления зависят от состояния системы. Система может быть устойчивой в одной области своих переменных и неустойчивой в другой области. В нелинейных системах устойчивость и качество управления зависит от области изменения своих переменных. Поэтому исследование устойчивости и качества здесь нужно производить в разных характерных областях переменных объекта управления, к этому вопросу мы вернемся позже.

Очевидно, что одной устойчивости недостаточно для хорошей работы системы управления. В идеале объект в системе управления должен в точности следовать предписанию, или заданию. Отклонение от идеала характеризуется показателями качества управления. Показатели качества характеризуют отклонение поведения объекта управления от своего идеала. В теории управления используют различные показатели качества, но наибольшее применение имеют прямые показатели, это статическая ошибка, динамическая ошибка и время регулирования.