**CЕВАСТОПОЛЬСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Контроль и управление в химико-технологических процессах»**

**Тема: ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

Выполнил:Студент заочного отделения

Факультета ЯХТ

Д-35б

Бурак Л.А.

Севастополь

2007

**1. Общие понятия об автоматическом управлении и регулировании**

Под управлением понимается совокупность действий, обеспечивающих протекание процесса с целью достижения требуемых результатов. Обеспечение всего комплекса возможных операций по управлению каким-либо процессом называется автоматическим управлением, а совокупность технических средств, посредством которых решается эта задача, называется системой управления.

Различают автоматические и автоматизированные системы управления. *Системы автоматического управления* САУ работают без участия человека. Они применяются для управления отдельными машинами, агрегатами, технологическими процессами. *Автоматизированные системы управления* АСУ предполагают наличие человека в процессе управления и применяются прежде всего для организационного управления, объектом которого являются коллективы, предприятия. Автоматизированные системы управления технологическими процессами называют АСУТП.

Система автоматического управления содержит управляемый объект и автоматическое управляющее устройство. Управляемый объект - устройство (совокупность устройств), осуществляющее технологический процесс. Автоматическое управляющее устройство осуществляет воздействие на управляемый объект в соответствии с алгоритмом управления.

Управляющее воздействие вырабатывается путем сравнения действительного (измеренного) и заданного значений управляемой величины и осуществляется при помощи устройств - автоматических регуляторов.

*Алгоритм управления* - совокупность предписаний, определяющих характер управляющих воздействий на объект и обеспечивающих выполнение алгоритма функционирования.

*Алгоритм функционирования* - совокупность предписаний, определяющих правильное выполнение технологического процесса.

*Управляемая и регулируемая величина* - параметр технологического процесса (давление, температура, уровень и т.д), значение которого автоматический регулятор поддерживает постоянным или изменяет в соответствии с заданным законом изменения.

Нерегулируемые величины, влияющие на регулируемую величину, называют возмущающими воздействиями или возмущениями (изменение температуры и давления окружающей среды, колебания электрического напряжения в питающей сети и т.д.).

На рис. 1 показана схема ручного регулирования температуры в электропечи для закалки металла. Контроль температуры в электропечи осуществляется при помощи термопары.

Входная величина термопары -температура в, а выходная - электрическое напряжение U, которое поступает на вторичный показывающий прибор. Человек, обслуживающий электропечь, судит о температуре в ней по углу поворота стрелки φ вторичного прибора. В случае отклонения температуры от заданного значения он производит перемещение S движка реостата в соответствующую сторону, изменяя сопротивление r в электрической цепи нагрева печи.

Для автоматизации процесса регулирования температуры необходимо проанализировать функции человека в этом процессе. Его функции сводятся к перемещению движка реостата в зависимости от наблюдаемого им отклонения температуры.

Перемещение движка реостата может осуществлять привод (сервопривод) , если на его вход подавать напряжение, соответствующее отклонению температуры в электропечи. Для этого напряжение на выходе термопары U1 сравнивается с образцовым напряжением U0, которое соответствует требуемой температуре Ө0, усиливается до необходимой величины и подается на привод (рис. 8.2).

Разность напряжений U = Ul - U0 называют рассогласованием. Оно пропорционально отклонению температуры от требуемого значения, т.е. ошибке регулирования. Следовательно, рассогласование (ошибка) – движущий сигнал.

Автоматические системы регулирования содержат следующие функциональные типовые элементы:

1. *Чувствительные, или измерительные, элементы*. Они воспринимают изменение регулируемого параметра и придают сигналу форму, удобную для сравнения с управляющим сигналом. В рассмотренном примере (рис. 8.2) измерительный элемент - это термопара.

2. *Элементы сравнения*, предназначенные для определения рассогласования между действительным и заданным значениями регулируемого параметра и выдачи управляющего сигнала. Чаще всего их выполняют в сочетании с задающим устройством.

3. *Усилительные элементы*, усиливающие сигнал, идущий от элемента сравнения к исполнительному элементу.

4. *Исполнительные элементы*. Они непосредственно воздействуют на регулирующий орган объекта регулирования.

5. *Регулирующие элементы* объекта регулирования (реостат, задвижка и т.д.). В системе автоматического регулирования, показанной на рис. 2, регулирующий элемент - реостат.

6. *Корректирующие элементы*, придающие системе регулирования требуемые динамические свойства.

Зависимость выходной величины элемента или системы от входной в установившемся режиме называют статической характеристикой, а в переходном режиме - динамической характеристикой звена или системы.

Линейная статическая характеристика обычно оценивается углом наклона описывающей ее кривой к оси абсцисс. Аналитически статическая характеристика может быть выражена через тангенс угла наклона. Чаще всего статические характеристики представляют в виде графиков, по оси абсцисс которых откладывается значение входной, а по оси ординат - выходной величины.

Динамические характеристики аналитически выражаются дифференциальными уравнениями, а графически - кривыми в системе координат, где по оси абсцисс откладывается время, а по оси ординат - значение выходной величины (при определенном значении входной величины).

**2. Классификация автоматических систем регулирования**

По характеру алгоритма управления автоматические системы регулирования АСР подразделяют на стабилизирующие, программные и следящие.

*Стабилизирующей АСР* называют систему, алгоритм управления которой содержит предписание поддерживать регулируемую величину на постоянном значении.

*Программной АСР* называют систему, алгоритм управления которой содержит предписание изменять регулируемую величину в соответствии с заранее заданной функцией. Изменение регулируемой величины обеспечивается изменением задающего воздействия по строго определенной программе.

*Следящей АСР* называют систему, алгоритм управления которой содержит предписание изменять регулируемую величину в зависимости от неизвестной заранее переменной величины на входе автоматической системы. В следящих системах регулируемое воздействие повторяет в определенном масштабе все изменения управляющей величины, т.е. слепит за ней.

В зависимости от вида закономерности изменений сигналов в АСР их подразделяют на линейные и нелинейные.

*К линейным АСР* относят системы, характерной особенностью которых является суперпозиция их движений, т.е. линейной комбинации произвольных входных сигналов ставится в соответствие та же линейная комбинация сигналов на выходе. Процессы в линейных системах математически описываются с достаточной точностью линейными дифференциальными уравнениями.

*К нелинейным АСР* относят системы, в которых не соблюдается принцип суперпозиции. Связь между входной и выходной величинами в нелинейных системах определяется нелинейными дифференциальными уравнениями, которые не могут быть линеаризованы.

Системы, содержащие один замкнутый контур, называют одноконтурными, а несколько – многоконтурными.

По количеству регулируемых величин АСР подразделяют на одномерные - с одной регулируемой величиной – и многомерные - с несколькими регулируемыми величинами.

АСР классифицируют также по их способности к самоприспосабливанию. АСР, в составе которой имеется дополнительное автоматическое устройство, изменяющее алгоритм управления основного автоматического регулирующего устройства таким образом, чтобы автоматическая система в целом осуществляла заданный алгоритм управления, называют самоприспосабливающейся АСР.

*Самоприспосабливающаяся система* обладает свойством адаптации. Автоматическую систему, в которой регулирующее воздействие вырабатывается при помощи подобных воздействий автоматического регулирующего устройства и анализа результатов пробных воздействий, называют АСР с пробными воздействиями или экстремальными автоматическими системами.

*Экстремальные системы* обеспечивают отыскание и поддержание таких регулирующих воздействий на объект регулирования, при которых регулируемая величина достигает наибольшего или наименьшего значения.

По функциональному назначению АСР подразделяют на системы регулирования давления, температуры, уровня и т.д.

По виду энергии, используемой для регулирования, различают АСР электрические, пневматические, гидравлические, механические и другие.

**3. Передаточные функции АСР**

Для исследования процесса автоматического регулирования его описывают математически при помощи алгебраических, дифференциальных, интегральных, разностных уравнений.

Безинерционные элементы и поведение системы регулирования в установившемся режиме описываются алгебраическими уравнениями, называемыми уравнениями статики.

Инерционные элементы и поведение любой системы в переходном режиме описываются дифференциальными и интегральными уравнениями, называемыми уравнениями динамики.

Для электронного усилителя, например, характеризующее его выражение имеет вид:

*U=KUвх*

где *К* - коэффициент усиления.

Данное уравнение характеризует усилитель как элемент АСР.

Выражение, характеризующее, например, электродвигатель в статике, имеет более сложный вид, но также является алгебраическим. Поведение системы в динамических режимах описывается только дифференциальными и интегральными уравнениями.

При составлении дифференциальных уравнений за начало отсчета берут не нуль, а равновесное рабочее состояние, т.е. *ΔU, ΔI* и т.д.

Основные этапы составления дифференциальных уравнений АСР следующие:

1. Вся система разделяется на отдельные элементы, причем за основу деления принимаются не технические (функциональные) признаки, а динамические свойства элементов.

2. Выявляются физические закономерности в каждом отдельном элементе, которые связывают в зависимость.

3. Через параметры элемента записывают уравнения этого элемента.

4. Из системы уравнений отдельных элементов получают дифференциальное уравнение АСР в целом.

Для решения дифференциальных уравнений в теории автоматического регулирования пользуются так называемым операторным методом или методом преобразования Лапласа. Основное достоинство данного метода состоит в том, что он позволяет сложные дифференциальные и интегральные соотношения представить в удобной для анализа алгебраической форме. Сущность метода состоит в следующем. Преобразование Лапласа преобразует функцию вещественного переменного (в том числе и времени) в функцию комплексного переменного. Такое преобразование и превращает дифференциальные уравнения в алгебраические.

Понятие комплексного числа и операции над ними известны из курса элементарной алгебры.

Понятия: функция, производная, интеграл комплексного переменного остаются без изменения также, однако меняются их содержание и соответственно действия над ними.

Закон, по которому функция вещественного переменного преобразуется в функцию комплексного переменного или в операторное изображение, есть преобразование Лапласа функции *f(t)* :

, (1)



где p = α + jω – произвольная комплексная величина; α и ω – вещественные переменные; *f(t)* - функция времени, например, изменение во времени напряжения, угла поворота и т.д. В дальнейшем будем называть функцию *f(t)* оригиналом, а соотношение (1) ее *операторным изображением*.

Преобразование (1), осуществляемое над функцией *f(t)*, сокращенно обозначается так:

*f(t)↔F(p) или F(p) =L* [*f(t)*]*.* (2)

Эту запись нужно понимать так: от данной функции *f(t)* можно перейти к ее изображению *F(p)* и, наоборот, от изображения данной функции *F(р)* можно перейти к самой функции *f(t)*.

Формула обратного преобразования:

, (3)



Чтобы понять суть применения операторного метода, можно провести некоторую аналогию между его применением и использованием логарифмов для выполнения сложных вычислений. Использование логарифмов позволяет заменить сложные операции возведения в степень и извлечения корня умножением и делением, а умножение и деление - сложением и вычитанием. По окончании вычислений осуществляется обратный переход от логарифмов к самим величинам.

Здесь также изменяющиеся во времени величины заменяются соответствующими операторными изображениями этих величин. С изображениями выполняются все операции, необходимые для математического исследования АСР. После окончания решения осуществляется обратный переход от изображений к вещественным величинам.

Основные соотношения операторного исчисления сведены в табл. .1. По ним осуществляют прямой и обратный переход.

Чтобы увидеть преимущество решений дифференциальных уравнений при помощи преобразования Лапласа, рассмотрим пример.

Пусть линейная АСР описывается дифференциальным уравнением 2-го порядка:

(4)



Применяем преобразование Лапласа

(5)



Воспользуемся приведенными выше правилами.

(6)



(7)



Таблица 1)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *f(t)* (оригинал) | *F(p)* (изображение) | *f(t)* (оригинал) | *F(p)* (изображение |
| *а f(t)* | *а F(p)* |  | *pn F(p)* |
| *f1(t) ± f2(t)* | *F1(p)± F2(p)* |  |  |
|  | *рF(p)* | n |  |

Получим операторное изображение дифференциального уравнения при нулевых начальных условиях.

*Передаточной функцией* элемента или системы называется отношение изображения Лапласа (или операторного изображения) соответствующей выходной величины к изображению Лапласа входной величины. При этом считается, что элемент или система находились при нулевых начальных условиях.

Таким образом, передаточная функция определяется отношением

(8)



Учитывая (7), выражение для передаточной функции можно записать в виде

(9)



При р = 0, т.е. когда нет изменяющихся величин (установившееся состояние системы), передаточная функция вырождается в обычный коэффициент усиления системы. Так, у электронного усилителя передаточная функция К(р) = К.

В АСР степень полинома знаменателя D(p) всегда выше или, в крайнем случае, равна степени полинома числителя Е(р), т.е. всегда n > m.

Корни полинома числителя называют нулями, а знаменателя - полюсами.

Из соотношений (4) - (9) ясно, что передаточную функцию можно получить простой формальной заменой производных дифференциального уравнения символом *р* в соответствующей степени. Из передаточной функции можно определить выходную величину:

(10)



Включение отдельных звеньев АСР можно выполнять в трех основных формах: последовательное, параллельное и встречное включение (охват обратной связью).

Пусть АСР состоит из п последовательно включенных звеньев (рис.3), передаточные функции которых равны:

*К1(р) ; К2(р) ; . . . ; Кn(р)*

Пусть на вход первого звена подается величина хвх и с выхода этого звена снимается величина х1. Эта величина — соответственно входная величина второго звена. С выхода второго звена снимается величина х2, которая является входом третьего звена и т.д.

Запишем значение передаточных функций всех звеньев:

(11)



Передаточная функция всей системы может быть определена

(12)



или (13)



Таким образом, передаточная функция системы, состоящей из последовательно включенных звеньев, равна произведению передаточных функций этих звеньев. Если АСР состоит из n параллельно и согласно включенных звеньев (рис. 4), их передаточные функции равны: *К1 (р), К2(р),...,Кn (р).*

Пусть на вход цепи подается величина *хвх*. На вход каждого звена соответственно подаются величины: *x1 вх, х2 вх, …., х n вх*. Выходные величины обозначим через *xl вых, х2 вых , х3 вых,...., х n вых*, а суммарную величину через *х вых*:

*Хвых= Х1 вых +Х2 вых+ . . . +Хn вых;*

*К(р)=К1 (р)+ К2 (р)+ . . . + Кn(р);*

(14)



Таким образом, передаточная функция системы, состоящей из n параллельно и согласно включенных звеньев, равна сумме передаточных функций отдельных звеньев.

Для параллельного встречного включения звеньев 1 и 2 (рис.5), передаточные функции которых равны *К1(р) иК2(р)*, имеем:

на входе

на выходе

Знак "+" соответствует положительной обратной связи, знак "-" - отрицательной. Уравнения звеньев будут иметь вид:



, поэтому .



Отсюда



Сделав перестановку и изменив знаки, получили:

(15)



Передаточную функцию звеньев, включенных параллельно (встречно), находят по формуле (15). Причем знак "-" в знаменателе соответствует положительной обратной связи, знак "+" соответствует отрицательной обратной связи.

При помощи формулы (15) можно получить передаточную функцию замкнутой АСР (рис. 6). Замкнутая АСР представляет собой систему с отрицательной обратной связью. Входной сигнал данной АСР определяется выражением

*Δх=хвх - хвых* (16)

Зная передаточную функцию К(р) АСР в разомкнутом состоянии, можно записать:

*хвых=К(р)Δх=К(р)(хвх - хвых)*(17)

или

(18)



Обозначим

(19)



где К3 (р) - передаточная функция замкнутой АСР.

Из (18) и (19) получим выражения для передаточной функции замкнутой АСР в следующем виде:

(20)



Выражение (20) устанавливает связь между передаточными функциями замкнутой и разомкнутой АСР.

**Литература**

1. Трофимов А.Н. Автоматика, телемеханика, вычислительная техника в химических производствах. Учебник. Энергоатомиздат. 1985.
2. Фарзане Н.Г., Илясов П.В., Азим-заде А.Ю. Технологические измерения и приборы. Учебник. Москва. Высшая школа.1989.
3. Жарковский Б.И. Приборы автоматического контроля и управления. Учебник. Высшая школа. 1989.