МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВОРОНЕЖСКИЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

#### Факультет заочно-послевузовского обучения

##### КУРСОВАЯ РАБОТА

По дисциплине: ***"Основы теории управления"***

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**Воронеж 2003 г.**

# ВВЕДЕНИЕ

Для роста производительности труда, увеличения количества и улучшения качества выпускаемой продукции приобрело популярность широкое внедрение автоматики и вычислительной техники в производственных процессах. С помощью этих систем осуществляется механизация трудоёмких и тяжёлых работ, снижается себестоимость продукции, увеличивается производительность труда. Они помогают в управлении производством.

Отрасль науки и техники, охватывающая теорию и принципы построения систем управления техническими процессами, действующих без непосредственного участия человека, а также принципы построения технических средств, образующих эти системы называют автоматикой. А применение средств автоматики для замены труда человека в рабочих операциях и операциях управления - автоматизацией.

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Системы, которые обеспечивают весь комплекс возможных операций по управлению любым технически, в том числе производственным, процессом без непосредственного участия человека называют системой автоматического управления. Автоматическое обеспечение заданных значений параметров, определяющих требуемое протекание управляемого процесса, называется автоматическим регулированием, а системы, выполняющие эту функцию - системы автоматического регулирования.

Системы автоматического регулирования представляют собой совокупность связанных между собой элементов. Элементы, выполняющие основные функции, называются основными (функциональными). Остальные элементы называются вспомогательными.

Элемент представляет собой конструктивно обособленную часть схемы или системы, выполняющую определённую функцию. Элементом может быть, например, резистор, конденсатор трансформатор, муфта и т. д. Элементы могут отличаться друг от друга физической природой, принципом действия, схемой включения, конструкцией, статической характеристикой и т. д.

По выполняемым функциям все элементы автоматики можно разделить на датчики, усилители, двигатели, муфты, генераторы, стабилизаторы, реле, контакторы, магнитные пускатели и т.д.

В разных системах автоматики выполняется очень большое число основных функций. Но общим для основных (функциональных) элементов автоматики является передача поступающих на них сигналов в определённом направлении, преобразование сигнала по значению, характеру и физической природе.

Все элементы отличаются по физическим основам их действия. В качестве основных элементов автоматики используются электрические, электромеханические, тепловые, ферромагнитные, пневматические, гидравлические, ионные электронные и радиоактивные элементы, в основу работы которых заложены различные физические действия.

Реле, усилители, стабилизаторы, распределители и вычислительные элементы обычно входят в состав устройств управления, а датчики – в состав измерительных устройств.

Входной величиной элемента могут быть мгновенные значения физических величин (скорость, давление, температура, перемещение, напряжение, ток, частота и т.д.), амплитудные и частотные значения синусоидальных или импульсных электрических величин (тока или напряжения) и т.д.

Основные элементы и системы могут работать как в установившемся, так и в динамическом режиме.

Установившимся (статическим) режимом работы элемента или системы называется режим, при котором входной и выходной сигналы постоянны во времени.

Динамическим режимом элемента или системы называется режим, при котором хотя бы один из входных или выходных сигналов не установился, т.е. изменяется во времени.

Если известны те или иные показатели элемента, то можно оценить свойства этого элемента. В автоматике свойства основных (функциональных) элементов оцениваются разными показателями, связанными с входными и выходными величинами. В теории автоматического регулирования для оценки работы элементов в установившемся режиме используются статические параметры и характеристики.

Важнейшим показателем статического режима функционального элемента автоматики является его статическая, характеристика выражаемая зависимостью *y=f(x)* и называемая управлением статики элемента. Под статической характеристикой понимается зависимость выходной величины элемента от входной.

Статические характеристики могут быть линейными и нелинейными . Соответственно элементы делятся на линейные и нелинейные. Элементы, имеющие не зависящие от времени параметры и линейные статические характеристики, называются линейными, а имеющие нелинейные характеристики – нелинейными элементами.

Элементы с линейной статической характеристикой применяются более часто, так как при работе в широком диапазоне изменения входных и выходных величин линейные элементы позволяют создать системы автоматики с одинаковыми динамическими и точностными характеристиками на всём диапазоне изменения сигналов.

Статическая характеристика датчиков и других элементов иногда называется тарировочной. Она необходима при измерении входных величин и задаётся в виде графиков или таблиц.

Линейная статическая характеристика представляет собой прямую, проходящую под каким-либо углом к горизонтальной оси. Угол наклона характеристики есть величина постоянная, а его тангенс определяет коэффициент передачи элемента *k*. Этот коэффициент определяется так же, как производная характеристики (в данном случае постоянная):

*k*или *k*.



Коэффициент передачи элемента может иметь ту или иную размерность или быть безразмерной величиной.

Работа линейного элемента в системах автоматики характеризуется постоянным передаточным коэффициентом, а нелинейного – переменным, зависящим от *x*. Коэффициент передачи нелинейных элементов в разных точках характеристики различен и характеризуется производной в данной точке.

Если входные и выходные величины элемента имеют одинаковую физическую природу (т.е. одинаковые размерности), то коэффициент передачи размерности не имеет и называется коэффициентом усиления. Применительно к датчикам коэффициент передачи называется чувствительностью.

Минимальное значение входной величины (абсолютной), которая может вызвать изменения выходной величины, называется порогом чувствительности.

Статическая характеристика элемента, обладающего порогом чувствительности, не проходит через начало координат, а отсекает на оси абсцисс некоторый отрезок, равный порогу чувствительности. Отрезок между началом координат и порогом чувствительности называется зоной нечувствительности.

Все элементы в системе связаны между собой. Посредством этих связей происходит передача этих сигналов от одного элемента к другому. Связи между ними могут быть механическими, электрическими, пневматическими и т.д. По направлению связи подразделяются на прямые и обратные.

При прямых связях сигнал с выхода предыдущего элемента подаётся на вход следующего. Обратная связь образуется, если часть выходного сигнала элемента подаётся на его вход. Сигнал, который подаётся по цепи обратной связи, называется сигналом обратной связи.

Так как на вход элемента поступает только часть выходного сигнала, то величина, показывающая, какая часть выходного сигнала поступает на вход элемента в виде сигнала обратной связи, называется коэффициентом обратной связи:

*k*,



где *x*- сигнал обратной связи; *y –* выходной сигнал.



При подаче сигнала обратной связи на входе элемента происходит алгебраическое суммирование входного сигнала и сигнала обратной связи.

Если сигнал *x*совпадает по фазе с входным сигналом *x*, то такая обратная связь называется положительной и фактически на вход элемента подаётся суммарный сигнал (*x+ x*).



Если сигнал *x*не совпадает по фазе с входным сигналом, то происходит вычитание сигналов. Такая обратная связь называется отрицательной, и на вход элемента подаётся разностный сигнал (*x- x*).



Положительная обратная связь повышает передаточный коэффициент (коэффициент преобразования) элемента, но увеличивает погрешность и искажения сигнала, влияние помех и собственных шумов, возникающих в элементе; снижает стабильность передаточного коэффициента. Положительная обратная связь нашла широкое применение в генераторах электрических колебаний и в системах бесконтактных магнитных реле.

Отрицательная обратная связь понижает передаточный коэффициент элемента, но уменьшает влияние помех и внутренних шумов на сигнал, уменьшает относительную погрешность и искажения сигнала, повышает стабильность передаточного коэффициента, т.е. улучшает основные показатели элемента.

В реальных системах автоматики сигналы, как правило, бывают непостоянными. В большинстве случаев они изменяются во времени. Для систем в целом и для их отдельных частей и элементов основным режимом работы является режим, при котором входная и выходная величины не остаются постоянными. Такой режим называется динамическим.

Для оценки работы элемента в динамическом режиме используют динамические характеристики (частотную и переходную) и динамические параметры (например, постоянную времени элемента Т).

Характер изменения выходной величины элемента зависит от свойств самого элемента и от характера изменения его входной величины. Поэтому для сравнения динамических свойств разных элементов надо подавать на входы одинаково меняющиеся во времени сигналы. Реакция большинства элементов на скачкообразный входной сигнал, т.е. их переходная характеристика представляет собой нарастающую экспоненту.

Время от начала экспоненциального изменения выходной величины до момента, когда она достигает 63% установившегося значения выходной величины, называется постоянной времени Т.

Чем меньше Т, тем круче будет переходная характеристика, тем меньше длительность переходного процесса и тем меньше инерционность элемента.

В теории автоматического регулирования принято оценивать динамические свойства элементов по их реакции на скачкообразное изменение входного сигнала. При этом переходной процесс, называемый переходной характеристикой, определяется только свойствами элемента.

До подачи скачкообразного сигнала на вход элемент находится в одном установившемся режиме, после подачи скачка и окончания изменений выходной величины элемент будет находиться в другом установившемся режиме.

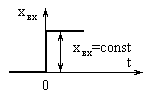
Таким образом, переходная характеристика позволяет выявить и оценить инерционность элемента, т.е. запаздывание в изменении выходного сигнала по сравнению с изменением сигнала на входе элемента. Кривая зависимости *y=f(t)* при скачкообразном изменении входного сигнала является графической интерпретацией решения дифференциального уравнения элемента, которым описывается поведение элемента при переходном процессе, где входные и выходные сигналы являются функциями времени.

Любое устройство автоматического регулирования можно представить в виде совокупности простейших составных частей – звеньев, каждое из которых обладает определёнными динамическими свойствами.

Некоторые элементы систем автоматического регулирования можно рассматривать как звенья, поэтому динамика работы некоторых звеньев определяется одинаково.

Принцип действия и схемы звеньев могут быть различными. Однако их можно свести к нескольким так называемым типовым звеньям, если в основу классификации положить зависимость входных и выходных сигналов звена от времени. Эти зависимости называются динамическими характеристиками. Динамические характеристики звеньев описываются дифференциальными уравнениями.

При определении динамических свойств любого звена или элемента в качестве типового входного сигнала принимается скачкообразная функция.



При подаче на вход звена мгновенного скачка выходной сигнал во время переходного процесса изменяется по определённому закону.

Для анализа свойств звеньев систем автоматического регулирования вводится понятие о передаточных функциях и частотных характеристиках.

Передаточной функцией называется отношение мгновенных значений выходного сигнала к мгновенным значениям входного сигнала. Передаточные функции записываются обычно в операторной форме:



***Задание 1.***

Система автоматического регулирования состоит из набора типовых динамических звеньев.

Для каждого из звеньев системы автоматического регулирования определить и построить графически временные характеристики.

В проекте используются следующие звенья:

1. апериодическое 1-го порядка:



1. колебательное (0<ξ<1):



1. звено запаздывания:



***Решение:***

Графическое представление переходных и импульсных функций называют временными характеристиками. Временные характеристики представляют процессы, происходящие в динамическом и статическом режимах. Переходной функцией h(t) называют функцию, описывающую сигнал на выходе при условии, что на вход подано единичное ступенчатое воздействие при нулевых начальных условиях. График переходной функции, представляющий собой зависимость функции h(t) от времени t, называют переходной характеристикой. В том случае, если амплитуда единичного ступенчатого воздействия отлична от единицы получают разновидность переходной характеристики, которая называется кривой разгона.

Импульсной дикцией или весовой функцией ω(t) называют функцию, описывающую реакцию на единичное импульсное воздействие при нулевых начальных условиях. График зависимости функции ω(t) от времени называют импульсной переходной (импульсной характеристикой).

Аналитическое определение переходных функций и характеристик основано на следующих положениях. Если задана передаточная функция системы или составной части W(S) и известен входной сигнал X(t), то выходной сигнал y(t) определяется следующим соотношением:



Таким образом, изображение выходного сигнала представляет собой произведение передаточной функции на изобра­жение входного сигнала . Сигнал y(t) в явном виде получил после перехода от изображения к оригиналу y(t). Для большинства случаев линейных систем и составных элементов разработаны таблицы, позволяющие производить переход от изображений к оригиналу и обратно.



Так как изображение единичного ступенчатого воздействия равно , то изображение переходной функции определяется соотношением:



Следовательно, для нахождения переходной функции необходимо передаточную функцию разделить на S и выполнять переход от изображения к оригиналу.

Изображение единичного импульса равно 1. Тогда изображение импульсной функции определяется выражением:



Таким образом, передаточная функция является изображением импульсной функции.

Так как , то между импульсной и переходной функциями существует следующая зависимость:



Следуя выше сказанному, находим временные функции заданных звеньев и строим их графическое представление:

1) для :



; , где по условию задачи , , а время зададим t = 0…15.



2) для :



; , где , и , ,



2



3) для :



; ; ; , для времени t взят интервал 0..3 и .



……….



***Задание 2.***

Для каждого звена системы автоматического регулирования из заданного набора определить и построить амплитудно-фазовую частотную характеристику (АФЧХ).

В задании следующие разновидности звеньев:

1. изодромное 1-го порядка:

;



1. колебательное (0<ξ<1):



1. форсирующее 1-го порядка:

.



***Решение:***

Если задана передаточная функция W(p), то путём подставки p=jω получаем частотную передаточную функцию W(jω), которая является комплексным выражением т.е. , где А(ω) вещественная составляющая , а К(ω) мнимая составляющая. Частотная передаточная функция может быть представлена в показательной форме:



где - модуль;

- аргумент частотной передаточной



функции.

Функция М(ω), представленная при изменении частоты от 0 до ∞ получило название амплитудной частотной характеристики (АЧХ).

Функция ϕ(ω), представленная при изменении частоты от 0 до ∞ называется фазовой частотной характеристикой (ФЧХ).

Частотная передаточная функция W(jω) может быть представлена на комплексной плоскости. В этом случае для каждой из частот в диапазоне от 0 до ∞ производится определение вектора на комплексной плоскости и строится годограф вектора. Годограф будет представлять собой амплитудно-фазовую частотную характеристику (АФЧХ). Таким образом, для определенной частоты имеем век­тор на комплексной плоскости, который характеризуется модулем М и аргументом ϕ. Модуль представляет собой численное отношение амплитуды выходного гармонического сигнала к амплитуде входного. Аргумент представляет собой сдвиг по фазе выходного сигнала по отношению к входному. При этом отрицательный фазовый сдвиг пред­ставляется вращением вектора на комплексной плоскости по часовой стрелке относительно вещественной положительной оси, .а положительный фазовый сдвиг представляется вращением против часовой стрелки.

1) для ;



; ,



; ; .



1. для .



; ,



, , , .



3) для :



; ,



;; .



***Задание 3.***

Определить устойчивость линейной системы автоматического регулирования, характеристическое уравнение которой имеет вид:



с параметрами ; ; ; ;



***Решение:***

*Частотный критерий устойчивости Михайлова.*

Русским ученым А.В. Михайловым в 1936-1938 гг. был разработан критерий, позволяющий судить об устойчивости САР по очертаниям годографа вектора, соответствующего знаменателю частотной передаточной функции замкнутой САР при изменении частоты от нуля до бесконечности. Критерий Михайлова предполагает построение годографа на комплексной плоскости. Для построения годографа путем подстановки p=jω получают аналитическое выражение вектора D(jω):



(5.2)

Данное уравнение является комплексным и может быть представлено в виде:



Построение годографа производится по уравнению вектора D(jω) при изменении частоты от 0 до ∞.

Для случая устойчивости системы n-го порядка необходимо и достаточно, чтобы при ω = 0 годограф начинался на вещественной положительной оси и обходил против часовой стрелки n квадран­тов, нигде не обращаясь в нуль.

Если годограф начинается в нулевой точке комплексной плоскости или проходит через эту точку при определенной частоте, то система считается нейтральной.

Рассмотрим отдельно левую часть характеристического уравнения и приведём её к общему виду:

D(p) = a0pn + a1pn-1 + a2pn-2 + … + an-1p + an.



Подставив значение p = jw, где w – угловая частота колебаний, в формулу общего вида получим характеристический комплекс:

D(jw) = X +jY,

где

X=an - ω2an-2 + ω4an-4 - ..., - вещественная часть D(w) содержащая

четные степени w;

Y=ω(an-1 - ω2an-3 + ω4an-5 -...-мнимая часть D(w) содержащая

нечетные степени w

и заменив коэффициенты , получим



Задаваясь значениями частоты от нуля до бесконечности на комплексной плоскости построим годограф Михайлова.



Критерий устойчивости Михайлова формулируется следующим образом:

*для устойчивости линейной САР необходимо и достаточно, чтобы годограф Михайлова при изменении частоты от нуля до бесконечности, начавшись на положительной полуплоскости и не пересекая начала координат, последовательно пересек столько квадрантов комплексной плоскости, какой порядок имеет полином характеристического уравнения системы.*

В нашем случае построение было прекращено, когда стало ясно, что годограф из данного квадранта не выйдет. Годограф нарушил последовательный порядок пересечения квадрантов - система будет неустойчивой.

Литература

1. Теория автоматического управления / Под ред. А.А.Воронова. - М. : Высшая школа. -1977.-Ч.I.-304с.
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория автоматического регулирования. - М. : Наука, 1974.
3. Егоров К.В. Основы теории автоматического управления. – М. : “Энергия”, 1967