

Министерство образования и науки Российской Федерации
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
(ТУСУР)

Кафедра электронных средств автоматизации и управления (ЭСАУ)

«Утверждаю»

зав. каф. ЭСАУ

д-р техн. наук, проф.

А.Г. Гарганеев

«02» февраля 2012 г.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Учебно-методическое пособие
к лабораторным работам

Составитель:

канд. техн. наук, доц. каф. ЭСАУ

В.С. Шидловский

Томск – 2012

Автоматизация технологических процессов и производств: Учебно-методическое пособие к лабораторным работам. – Томск: Томский гос. университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 16 с.

Рассматриваемые лабораторные работы по дисциплине автоматизации технологических процессов и производств полностью ориентированы на применение ЭВМ и предназначены для студентов, обучающихся по специальности 220301 – «Автоматизация технологических процессов и производств (в приборостроении)». Компьютерные программы составлены для работы в диалоговом режиме и, поэтому, не требуют специальных описаний. Теоретический материал в методических указаниях не приводится, что требует предварительного изучения основ АТПП по конспекту лекций или учебнику.

Содержание

Лабораторная работа № 1. Идентификация объектов управления по их переходным характеристикам.....	4
Лабораторная работа № 2. Алгоритмы управления исполнительными механизмами	11
Лабораторная работа № 3. Цифровые системы управления. Непосредственное цифровое управление в одноконтурной АСР	12
Список рекомендуемой литературы	15

Лабораторная работа № 1

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ ПО ИХ ПЕРЕХОДНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Цель работы: изучить инженерные методы идентификации, их машинную реализацию и получить практический навык идентификации объектов управления на ЭВМ.

Необходимые при работе программы: ID1, ID2, ID3, ID4, AFX

Порядок работы

1. По заданным табличным значениям ординат переходной характеристики объекта построить на миллиметровой бумаге график переходной характеристики.

2. С помощью программ ID1, ID2 и т.д. для различных моделей объекта управления определить параметры объекта и построить на миллиметровой бумаге аппроксимирующие переходные характеристики (рядом с исходной).

3. С помощью программы AFX построить АФЧХ объекта управления для его различных моделей.

4. Сделать выводы о качестве идентификации объекта различными моделями во временной и частотной областях.

Варианты заданий

Перед началом работы преподаватель выдает данные (в цифровой форме) экспериментально снятых переходных характеристик исследуемого объекта.

Общие сведения

Математические модели, для действующих промышленных объектов наиболее достоверно могут быть получены экспериментальным путем. Часто промышленные объекты являются сложными физическими системами, описываемыми нелинейными дифференциальными уравнениями высокого порядка. Аналитическое определение их динамических свойств и линеаризация их характеристик по конструктивным и физическим данным являются чрезвычайно сложной задачей. Подобная оценка динамических свойств целесообразна лишь для проектируемых объектов.

Рассмотрим методику экспериментального определения динамических характеристик действующих объектов регулирования. Эта методика применима для объектов, представляющих собой устойчивые или нейтральные физические системы. Как известно, такие системы в структурных схемах можно представить в виде последовательно включенных типовых звеньев. Промышленные объекты, включающие в себя колебательные звенья, встречаются сравнительно редко. Обычно при проектировании подбирают параметры объектов так, чтобы они были хорошо демпфированы. Поэтому объект рассматривают как последовательное соединение звеньев 1-го порядка (апериодических и интегрального) и звена с чистым запаздыванием.

В настоящее время известно несколько методов определения динамических характеристик регулируемых объектов:

1. Методы, построенные на искусственном воздействии на систему непериодическим сигналом, мощность которого велика по сравнению с уровнем помех в системе. В качестве воздействия выбирается обычно скачкообразное изменение регулирующего воздействия, и в результате определяются временные характеристики.

2. Методы, построенные на искусственном воздействии на систему периодическими сигналами разной частоты, амплитуда которых велика по

сравнению с уровнем помех в системе. В результате определяются частотные характеристики.

3. Методы, построенные на искусственном воздействии на систему синусоидальными сигналами, соизмеримыми с помехами в системе. В результате также определяются частотные характеристики.

4. Методы, не требующие искусственных воздействий, использующие возмущения, которые имеются в процессе нормальной эксплуатации.

Временной характеристикой объекта называют зависимость регулируемой величины от времени при скачкообразном изменении регулирующего воздействия. Применительно к объектам регулирования эту зависимость также называют кривой разгона.

На практике часто приходится сталкиваться с невозможностью построить кривую разгона полностью вследствие технологических ограничений, налагаемых на максимальные отклонения регулируемой величины. Тогда ограничиваются так называемой импульсной кривой разгона, которая представляет собой зависимость регулируемой величины от времени при скачкообразной подаче и последующем снятии регулирующего воздействия.

Практически из-за инерционности и ограниченности скорости перемещения регулирующих органов или других устройств обычно строят «искаженную» кривую разгона или «искаженную» импульсную кривую разгона.

Схема опыта. В сложном объекте (технологический процесс определяется различными величинами) выделяются регулируемые величины и регулирующие воздействия. Далее, поочередно определяется связь каждого регулирующего воздействия с регулируемыми величинами. При этом другие регулирующие воздействия и регулируемые величины поддерживаются, где это возможно, с помощью регуляторов или вручную на заданном уровне, чтобы они не влияли на результаты эксперимента. Нагрузку при этом

необходимо стабилизировать. Например, в системе, изображенной на рис. 1, регулируемые величины y_1 и y_4 поддерживаются постоянными с помощью регуляторов $Рег_1$ и $Рег_4$, регулирующее воздействие μ_3 – вручную для стабилизации режима во время снятия кривых разгона величин y_2 и y_3 при скачкообразном воздействии по μ_2 (объект во время снятия кривых разгона разомкнут по величинам y_2 и y_3). Этот этап работы должен проводиться совместно с технологами данного производства и на базе приобретенного опыта при автоматизации аналогичных объектов.

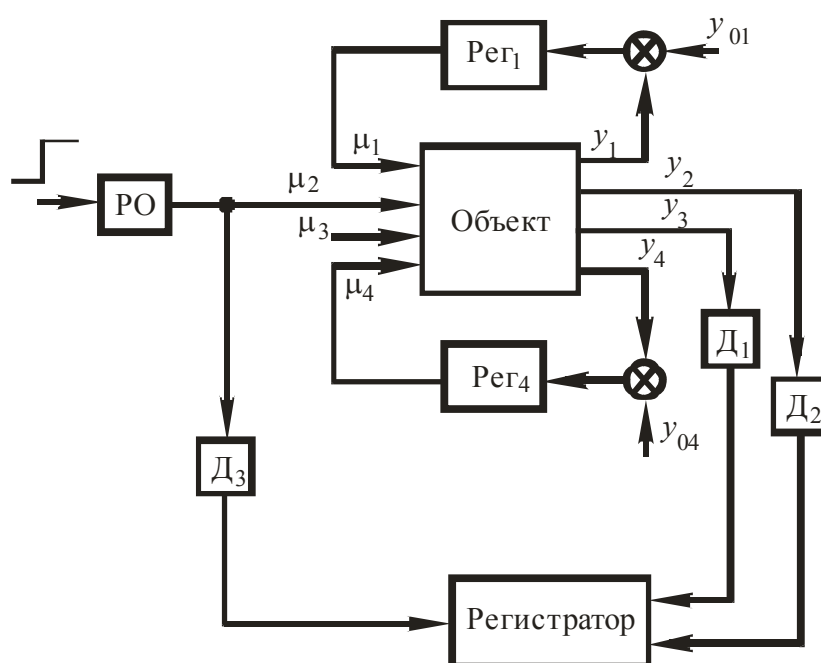


Рис. 1. Схема опыта для снятия кривых разгона с объекта регулирования: $Рег_1$, $Рег_4$ – регуляторы; $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$ – датчики; $РО$ – регулирующий орган

В опытах очень важно правильно выбрать аппаратуру изменения регулируемых величин и регулирующих воздействий. Измерение и регистрация указанных величин должны производиться чувствительной и быстродействующей аппаратурой (постоянные времени аппаратуры должны быть малы по сравнению с постоянными времени объекта). Об этом можно судить либо по предварительным расчетам, либо после пробных опытов, имея данные об аппаратуре.

Вообще при подборе датчиков нужно отдавать предпочтение малоинерционным датчикам. Если же это невозможно, то при определении

характеристик нужно использовать датчики и регистрирующие приборы, которые в дальнейшем войдут в качестве элементов в автоматическую систему регулирования (АСР). В этом случае целесообразно снимать совместные кривые разгона объекта, датчика и регистрирующего прибора.

Выбор регулирующего воздействия. В зависимости от конкретных условий в качестве регулирующего воздействия может рассматриваться как непосредственно регулирующее воздействие (расход греющей и охлаждающей среды, количество топлива, жидкости и т.п.), так и положение регулирующего органа или сигнал исполнительному механизму. Последнее целесообразно лишь в том случае, если регулирующий орган или исполнительный механизм в дальнейшем будет использован в АСР данного объекта.

Если известно, что объект работает в широком диапазоне изменений регулирующих воздействий, то необходимо снять характеристики при нескольких начальных значениях этих воздействий, так как характеристики могут оказаться нелинейными. Часто линейзация системы во всем диапазоне изменений регулирующего воздействия невозможна. При изменении последнего может оказаться, что меняются не только параметры объекта, но и его структура.

Это может происходить в АСР, программа которых (задаваемое значение регулируемой величины) и действующие на объект внешние возмущения меняются в широких пределах.

Если это допустимо по технологическим требованиям и осуществимо аппаратурно, то снимается кривая разгона, т.е. регулирующее воздействие изменяется скачкообразно (рис. 2, *а*). Если же по технологическим требованиям регулируемая величина в процессе исследования объекта может меняться только в узких пределах, то снимается импульсная кривая разгона. Форма изменения регулирующего воздействия для этого случая приведена на рис. 2, *б*, где $t_{и}$ – длительность воздействия. В случаях, когда аппаратурно невозможно осуществить практически мгновенное изменение

регулирующего воздействия, снимаются «искаженные» кривые разгона. Формы регулирующих воздействий для этих случаев приведены на рис. 2, в и г: рис. 2, в – для случая, когда устройство, изменяющее регулирующее воздействие, – инерционное звено первого порядка, рис. 2, г – для случая, когда ограничена скорость изменения регулирующего воздействия.

При выборе величины воздействий должны учитываться максимальное значение возможных эксплуатационных возмущений, нелинейность характеристик и уровень помех. Можно рекомендовать величину возмущения, равную 5 – 20% максимального значения (увеличение возмущения может привести к неточным результатам из-за нелинейности характеристик, уменьшение его при наличии помех затруднит обработку результатов).

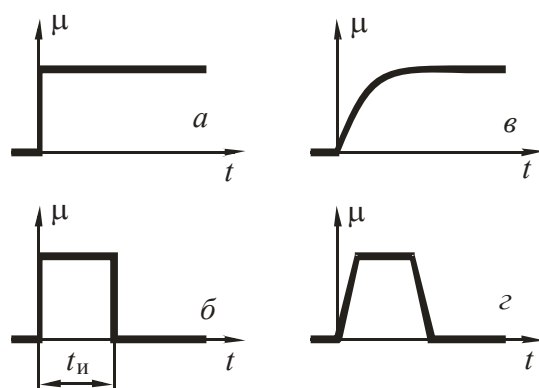


Рис. 2. Форма регулирующего воздействия

Порядок проведения опыта. Прежде всего необходимо добиться установившегося состояния объекта по изучаемым регулируемым величинам. При выбранном начальном значении регулирующего воздействия значения регулируемых величин в объекте должны поддерживаться практически постоянными. Установившееся состояние может быть достигнуто стабилизацией внешних возмущений, а также других регулируемых величин и регулирующих воздействий, влияющих на исследуемые. Установившийся режим должен выдерживаться некоторое время в зависимости от динамических свойств объектов. Это время тем больше, чем больше время переходного процесса в объекте, которое обычно ориентировочно известно из пробных испытаний.

Далее, необходимо проверить стабильность нового установившегося состояния, т.е. состояния, которое будет устанавливаться после изменения регулирующего воздействия. Новый установившийся режим необходимо стабилизировать аналогично ранее рассмотренному.

После стабилизации установившихся состояний в объекте можно перейти к снятию характеристик. При одном из выбранных начальных значений подается 2 – 3 раза выбранное воздействие и регистрируются регулируемые величины и регулирующее воздействие. Опыт повторяется для другого выбранного начального значения и т. д.

Лабораторная работа № 2

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ

Цель работы: изучение принципов управления исполнительными механизмами от УВМ.

Необходимые при работе программы: NCU - структурные схемы НЦУ исполнительными механизмами от УВМ; - временные диаграммы управления исполнительными механизмами; - схема алгоритма управления исполнительными механизмами в режиме НЦУ.

Порядок работы

1. Ввести и запустить указанную выше программу, считать и зафиксировать на бумаге отображенную на экране дисплея информацию.
2. Изучить полученные в п.1. материалы и зафиксировать их в отчете по работе.

Лабораторная работа № 3
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.
НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ
В ОДНОКОНТУРНОЙ АСР

Цель работы: изучить структуру одноконтурной системы НЦУ, машинные методы параметрического синтеза цифровых регуляторов, методы моделирования систем НЦУ, получить практический навык настройки систем НЦУ на ЭВМ.

Необходимые при работе программы: RAFC1S - расчет цифрового ПИ - регулятора с демодулятором в виде фиксатора нулевого порядка в одноконтурной АСР; ASR - моделирование систем НЦУ.

Порядок работы

1. Применяя программу RAFC1S рассчитать параметры настройки цифрового ПИ - регулятора в системе НЦУ с объектом :

$$W_{\text{об}}(P) = \frac{K}{(T_1P + 1)(T_2P + 1)(T_3P + 1)}.$$

Рассчитать переходный процесс в системе по каналу возмущения со стороны регулирующего органа. Параметры объекта определить согласно заданного варианта работы (см. исходные данные).

2. Получить передаточную функцию вычислительного устройства $W_{\text{вы}}(Z)$ и определить его параметры для цифрового ПИ - регулятора.

3. С помощью программы ASR осуществить моделирование системы НЦУ, получить переходный процесс в системе по каналу возмущения со стороны регулирующего органа (канал F). Параметры статических характеристик АЦП и ЦАП определить исходя из 12-ти разрядности АЦП и ЦАП.

4. Путем сравнения полученных в п.1 и п.3 переходных процессов оценить эффективность алгоритма параметрического синтеза цифровой АСР.

5. В отчете представить структурную схему НЦУ, статические характеристики АЦП, ЦАП, алгоритмы расчетов и моделирования системы НЦУ, выводы по п.4.

Варианты заданий

($\tau = 0$)

Номер варианта	K	T_1	T_2	T_3	m
1	5	10	20	30	0.366
2	1	10	20	30	0.366
3	2	20	30	40	0.366
4	2	30	30	30	0.366
5	2	30	30	30	0.221
6	0.5	30	30	50	0.221
7	1	30	40	50	0.221
8	1	30	40	40	0.366
9	3	10	20	50	0.366
10	4	15	25	30	0.25
11	4	15	30	30	0.27
12	3	20	20	20	0.25

Моделирование цифровой системы по заданной структурной схеме

Построение переходного процесса в цифровой системе (рис.1) предполагает моделирование непрерывных звеньев и цифровой части системы путем численного решения соответствующих дифференциальных уравнений и разностного уравнения.

Квантование по времени входной величины УВМ, запаздывание в выдаче ее выходной величины и экстраполяция выходной величины на период дискретности отображается при программировании условными операторами. При записи условных операторов используются дискретно изменяющиеся на каждом шаге численного интегрирования текущее время t и время с момента начала очередного периода дискретности $t^* = t - kT$; $k = 0, 1, 2, \dots$.

Квантование по уровню во входном и выходном преобразователях УВМ учитывают путем моделирования ступенчатых статических характеристик, описываемых формулами :

$$X = E \left\{ \frac{X_0}{\delta_1} + \frac{1}{2} \text{sign} X_0 \right\}; X_{10} = \delta * E \left\{ X_1 + \frac{1}{2} \text{sign} X_1 \right\},$$

где X_0 и X - поступающая на входной преобразователь величина и ее цифровое представление на УВМ (см. рис.1.) ; X_1 и X_{10} - выходная величина УВМ до входного и после выходного преобразователей ; δ_1 и δ - цены единиц младших разрядов входного и выходного преобразователей (рис.2) ; $E\{\dots\}$ - целая часть числа, стоящего в фигурных скобках.

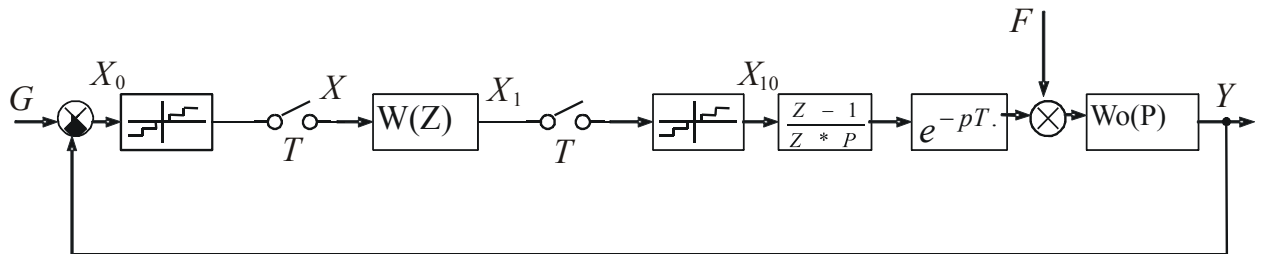


Рис.1. Структурная схема цифровой АСР с экстраполятором нулевого порядка

Входной и выходной преобразователи изображены на рис.1 в виде ключей и нелинейных звеньев со ступенчатыми характеристиками. Экстраполятор нулевого порядка представлен звеном с передаточной функцией $(Z - 1)/(ZP)$. Запаздывание выходной величины цифрового корректирующего устройства (регулятора) на время T учитывается звеном чистого запаздывания с передаточной функцией e^{-pT} , которое включено после экстраполятора.

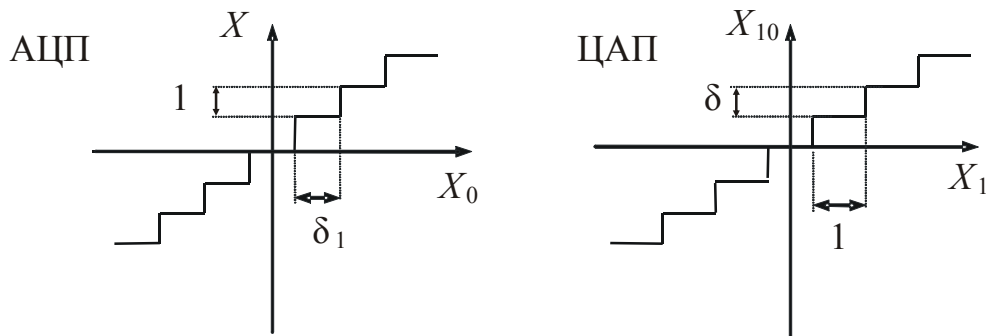


Рис. 2. Параметры статических характеристик АЦП и ЦАП

Список рекомендуемой литературы

1. Чернявский Е.А. Измерительно-вычислительные средства автоматизации производственных процессов. – Л.: Энергоиздат, 1989. – 271.
2. К о р ы т и н А.М., Петров Н.К., Радимов С.Н., Шапаров Н.К. Автоматизация типовых технологических процессов и установок: Учебник для вузов. -М.: Энергоатомиздат, 1988. -432с.
3. О с н о в ы управления технологическими процессами /Под ред. Н.С. Райбмана. -М.: Наука, 1978. -440с.
4. Шидловский В.С. Автоматизация технологических процессов и производств: Руководство для организации самостоятельной работы. – Томск: Изд-во НТЛ, 2004. – 16 с.
5. Шидловский С.В. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 100 с.

*АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ*

Учебно-методическое пособие
к лабораторным работам

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага белая писчая.

Печать офсетная. Гарнитура «Таймс».

Усл. печ. л. 1,2. Уч.-изд.л. 1,4. Тираж 100 экз.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр. Ленина, 40.