

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ОБЪЕКТА РЕГУЛИРОВАНИЯ

А. В. Тарасов, А. А. Чепуштанов, Н. С. Горяев

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
г. Барнаул

Введение

Проектирование системы автоматического регулирования (САР) любого объекта (машины, аппарата, установки, технологической линии и т.п.) заключается в подборе необходимых средств автоматизации, составлении структурной схемы, выборе и расчете передаточных функций звеньев системы. В качестве звеньев проектируемых систем обычно используют стандартизованные средства с известными параметрами передаточных функций. Передаточная функция объекта управления обычно или совсем неизвестна (она не входит в номенклатуру технических данных технологического оборудования), или не известны значения ее параметров. Поэтому прежде чем приступить к проектированию САР конкретного объекта, необходимо провести его исследование, в частности, определить его передаточную функцию.

Определение передаточных функций объектов управления может выполняться как аналитическим, так и экспериментальным методами. Аналитический метод требует досконального изучения внутреннего устройства объекта, всех физических и химических процессов в нем происходящих, мощного математического и вычислительного обеспечения и, как правило, применяется к объектам уникальным, сложным, дорогостоящим.

Наибольшее распространение в практике автоматизации получил экспериментальный метод. Это связано с тем, что он требует минимальных сведений об устройстве объекта, о протекающих в нем процессах (в этом случае объект выступает как «черный ящик»), и может быть применен к работающим объектам в реальных, рабочих условиях эксплуатации, обеспечивая приемлемую точность определения передаточной функции.

Суть экспериментального метода заключается в некотором воздействии на вход объекта, фиксации отклика на выходе объекта и обработке экспериментальных данных по принятым в теории автоматического регулирования методикам.

Применительно к термическим устройствам (печи, сушильные камеры, отопительные системы) в различных процессах пищевых

производств широкое распространение получили тепловые сушилки. В процессе работы в сушилке протекают тепловые процессы, которые, как объекты регулирования, характеризуются значительной инертностью и наличием запаздывания. Именно поэтому для исследований в качестве объекта регулирования выбрана модель тепловой сушилки, а именно – тепловой процесс получения агента сушки в электрокалорифере.

При воздействии на входную величину объекта выходная величина изменяется от начального значения до конечного установившегося значения в виде переходного во времени процесса. Кривая этого переходного процесса называется переходной характеристикой объекта и обычно фиксируется в виде временной диаграммы $h(t)$, содержащей всю необходимую информацию для определения вида передаточной функции объекта и ее параметров.

Определение передаточной функции объекта по его переходной характеристике производится по методике, в основе которой лежит метод аппроксимации. Суть данного метода заключается в замене реального исследуемого объекта на некоторый идеальный, параметры которого заранее известны и их набор минимален, и отличающийся от реального объекта на практически допустимую погрешность. В теории автоматического регулирования такие идеальные объекты называются типовыми звеньями.

Предлагаемое решение

Для исследования таких объектов и определение их передаточных функций был разработан экспериментальный стенд, представленный на рисунке 1.

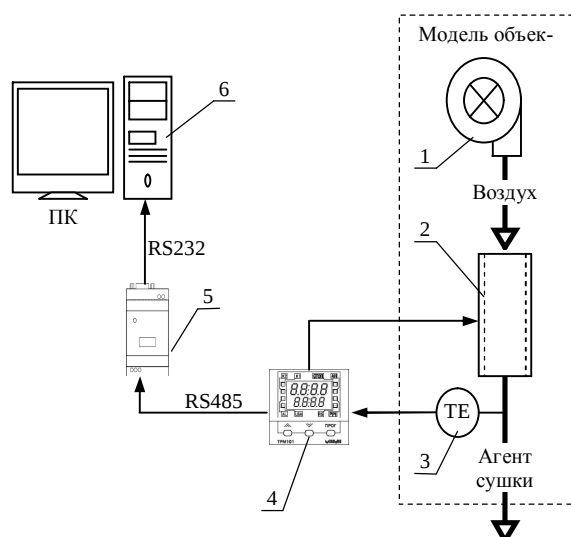
Экспериментальный стенд состоит из следующих компонентов:

- модели объекта автоматического регулирования;
- микропроцессорного измерителя-регулятора;
- преобразователя интерфейсов;
- персонального компьютера.

В качестве объекта автоматического регулирования выступает система, состоящая из вентилятора, электрокалорифера и датчи-

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №1 2011

ка температуры. Принцип работы этой системы заключается в следующем. Воздух с исходной температурой с помощью вентилятора подается в электрокалорифер, где нагревается и на выходе получаемый агент сушки (горячий воздух), температура которого измеряется термопреобразователем и отображается на индикаторе измерителя-регулятора ТРМ101. При автоматизации процесса тепловой сушки требуется поддерживать заданную температуру агента сушки на выходе. Возмущающим воздействием при нагреве воздуха является изменение его количества, проходящего через электрокалорифер в единицу времени, т.е. расхода.



Условные обозначения:

- 1 – вентилятор; 2 – электрокалорифер;
3 – термопреобразователь; 4 – измеритель-регулятор ТРМ101; 5 – преобразователь интерфейсов АС3М; 6 – персональный компьютер

Рисунок 1 – Функциональная схема экспериментального стенда

Микропроцессорный измеритель-регулятор в комплекте с первичным преобразователем предназначены для измерения физического параметра контролируемого объекта, отображения измеренного параметра на встроенном цифровом индикаторе; а также для формирования сигналов управления встроенными выходными устройствами, которые осуществляют регулирование измеряемого параметра.

Преобразователь интерфейсов АС3М представляет собой устройство для взаимного электрического преобразования сигналов интерфейсов RS232 и RS485, обеспечивающее гальваническую изоляцию входов между

собой и от питающей сети. Преобразователь позволяет подключать к промышленной информационной сети RS485 устройство с интерфейсом RS232, такое как персональный компьютер, считыватель штрих - кодов, электронные весы и т. д.

Персональный компьютер предназначен для управления, контроля, сбора и сохранения данных о ходе эксперимента, и визуализации процесса выполнения лабораторной работы. На компьютер установлено программное обеспечение MasterSCADA RT32, представляющее собой SCADA-систему (систему сбора и обработки данных в режиме реального времени) с широкими функциональными возможностями. В рамках этой системы реализован (подобраны, смонтированы и настроены все элементы системы) описанный принцип работы, который позволяет получать переходные характеристики тепловых объектов в широком диапазоне.

Для отладки работы выполненного стенда были определены характеристики объекта управления. Для этого были получены графики экспериментальной переходной характеристики объекта $y_s(t)$. При определении переходной характеристики объекта управления обратная связь САР разрывается и на объект оказывается воздействие в виде скачка входной величины. Другими словами, регулятор мгновенно включается на полную мощность и выдает максимально возможное управляющее воздействие на электрокалорифер, в нашем случае – напряжение величиной 220 вольт. Выходная величина объекта, в нашем случае – температура, при этом также изменяется от начального установившегося значения (к примеру, комнатной температуры) до конечного (приблизительно 120°C), но не скачком, а в виде переходного во времени процесса. Кривая этого переходного процесса называется переходной характеристикой объекта управления и обычно фиксируется в виде временной диаграммы изображенной на рисунке 2.

Размер скачка входной величины и переходная характеристика содержат всю необходимую информацию для определения вида передаточной функции объекта и ее параметров.

Все данные о изменении температуры и напряжения фиксируются на жестком диске ЭВМ для дальнейшей обработки. По этим данным с достоверной для практических расчетов точностью можно определить динамические и статические характеристики объекта регулирования, применив упрощенную инже-

нерную методику, по касательной переходной характеристики в точке S максимальной производной

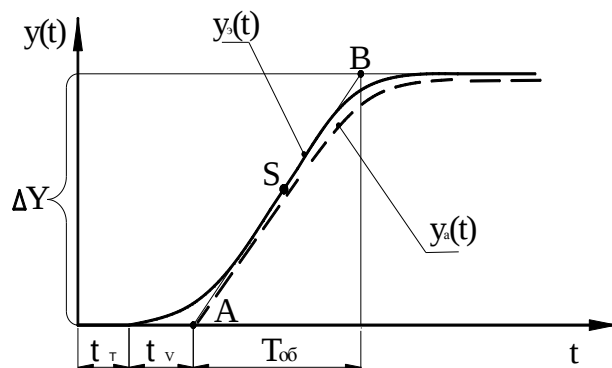


Рисунок 2 – График экспериментальной переходной характеристики объекта, графического метода определения динамических и статических характеристик и аппроксимированной переходной характеристики

Для определения используется графический метод, сущность которого заключается в следующем. На графике экспериментальной переходной характеристики $y_3(t)$ (рис.2) находят точку максимальной скорости изменения выходной величины, являющуюся точкой перегиба (смены знака кривизны) кривой, точку A. Через эту точку проводят касательную BC к кривой переходной характеристики до пересечения её с линиями начального значения $y(0)$ и установившегося значения $y(\infty)$ выходной величины. Точки пересечения B и C сносят на ось времени и отмечают два отрезка времени: один от момента скачка входной величины ($t=0$) до момента, определяемого точкой B, другой от момента, определяемого точкой B, до момента, определяемого точкой C, первый отрезок времени является временем запаздывания t , второй – постоянной времени T объекта.

Для аппроксимации кривой переходного процесса в точке S проводится касательная AB до пересечения $y(t)$ с $y(\infty)$. Практически $y(\infty)$ определяется при достижении выходной

переменной 98%-ного уровня установившегося значения.

По оси абсцисс определяются временные отрезки: t_T – время транспортного запаздывания; t_V – время запаздывания емкостного объекта; t – полное время запаздывания.

Полное время запаздывания определяется формулой:

$$T = t_T + t_V \quad (1)$$

$T_{об}$ – постоянная времени объекта (проекция касательной AB на ось абсцисс). Коэффициент усиления объекта регулирования K_{yc} определяется отношением приращений выходной величины параметра объекта ΔY к величине воздействия на объект ΔX , по формуле:

$$K_{yc} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (2)$$

По определенным параметрам объекта можно записать уравнение во временной форме:

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = K_{yc} \cdot \Delta X \cdot (t - \tau) \quad (3)$$

и в операторной форме, учитывающей частотные свойства объекта:

$$W_{об}(p) = \frac{K_{yc} \cdot e^{-p\tau}}{(T_{об} \cdot p + 1)} \quad (4)$$

где $W_{об}(p)$ – передаточная функция объекта управления.

Выводы

В результате разработан экспериментальный стенд, позволяющий определять коэффициенты передаточной функции тепловых процессов. Проведены экспериментальные исследования передаточной характеристики и определены параметры передаточной функции объекта управления с использованием графического метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматика и автоматизация пищевых производств / М. М. Благовещенская, [и др.] – М.: Агропромиздат, 1991. – 239 с.