Практическая работа 3
АППРОКСИМАЦИЯ КРИВОЙ РАЗГОНА И РАСЧЕТ НАСТРОЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛЯТОРОВ

Теория

1. По аппроксимации кривой разгона.

Существуют два основных метода определения характеристик объекта управления: *аналитический и экспериментальный.*

В практике автоматического регулирования наибольшее распространение нашел экспериментальный метод. *Экспериментальный метод включает в себя три этапа:*

– *экспериментальное снятие кривой разгона на реальном объекте;*
– *назначение вида передаточной функции;*
– *определение параметров этой передаточной функции.*

Снятие кривой разгона предусматривает ступенчатое изменение входного воздействия и наблюдение выходной переменной объекта. *При снятии кривой разгона очень важно, чтобы перед нанесением ступенчатого воздействия объект находился в стационарном режиме, после воздействия он также должен прийти в установившееся положение.*

Величина ступеньки должна быть достаточно большой, чтобы уверенно зафиксировать изменение выходной переменной на фоне помех, в то же время слишком большая ступенька может нарушить нормальный ход технологического процесса. Компромиссный вариант выбирается опытным путем.

В практике автоматического регулирования вид передаточной функции определяется выбором из ограниченного числа структур. Мы рассмотрим два вида, нашедшие наибольшее применение в металлургии и теплотехнике.

1) *Объект представлен дифференциальным уравнением первого порядка с запаздыванием. Его передаточная функция – это последовательно соединенные апериодическое звено и звена запаздывания и имеет вид*

$$W_{об}(s) = \frac{k_{об}}{T_{об}s + 1} e^{-\tau_{об}s}$$

где $k_{об}$ - коэффициент передачи объекта;
$T_{об}$ - постоянная времени объекта;
$\tau_{об}$ - время запаздывания.

Эти параметры определяются, как правило, графически следующим образом:

– *возможно точнее строится кривая разгона в удобном масштабе. Кривая не должна иметь изломов и выбросов, при необходимости следует выполнить графическое сглаживание данных;*

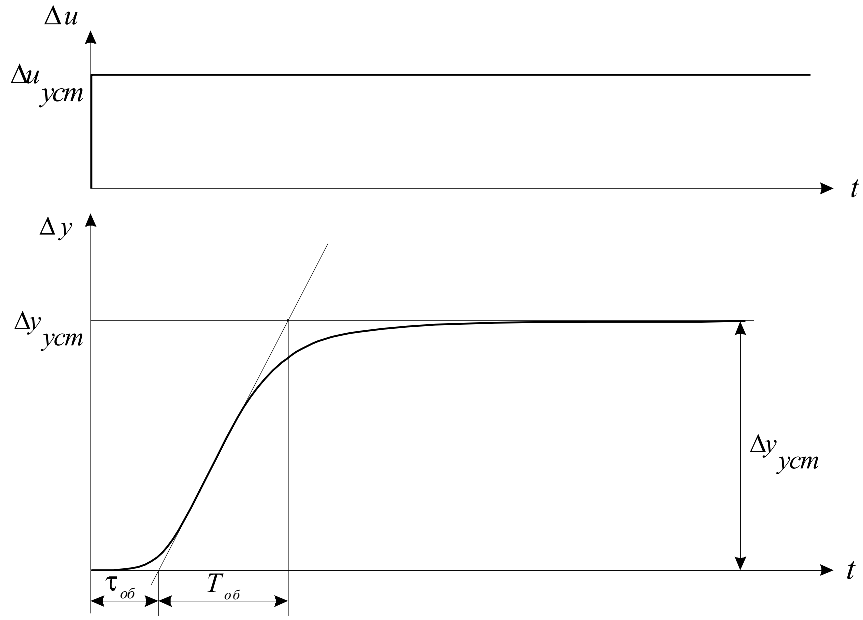
– *в точке максимальной скорости изменения выходной переменной (в точке перегиба) проводят касательную к кривой разгона до пересечения ее, с* *одной стороны, с осью абсцисс, с другой – с линией установившегося значения выходной переменной. Отрезок времени между этими точками есть* $T_{об}$ *;*

– $\tau_{об}$ *есть отрезок времени от 0 до пересечения касательной с осью абсцисс;*

– $k_{об}$ *определяют по формуле*

$$k_{об} = \frac{\Delta y_{уст}}{\Delta u_{уст}}$$

Процедура определения параметров объекта регулирования поясняется



на рис. 3.2.

Рисунок 3.2 – Определение параметров объекта регулирования в виде апериодического звена с запаздыванием

Этот вид передаточной функции отличается простотой и легкостью определения параметров. Его недостатком является неточность полученного результата, тем не менее, он широко используется для приближенного расчета типовых регуляторов.

2) *Объект представлен дифференциальным уравнением 2-го порядка с транспортным запаздыванием.*

$$W_{об} = \frac{k_{об}}{a_2 s^2 + a_1 s + 1} e^{-\tau s}$$

где τ - транспортное запаздывание,

a_1, a_2 - коэффициенты,

$k_{об}$ - коэффициент передачи объекта.

Параметры этой передаточной функции могут быть определены разными методами, мы рассмотрим метод площадей Симою. Он выполняется в следующей последовательности:

– строят кривую разгона и по ней определяют τ как время от 0 до начала изменения выходной переменной. Выполняют разбиение отрезка времени от начала изменения кривой разгона до установившегося значения на равные интервалы Δt. Значение Δt выбирают так, чтобы на участках разбиения $y(t)$ мало отличалось от прямой. На рис. 3.3 представлено подобное разбиение;

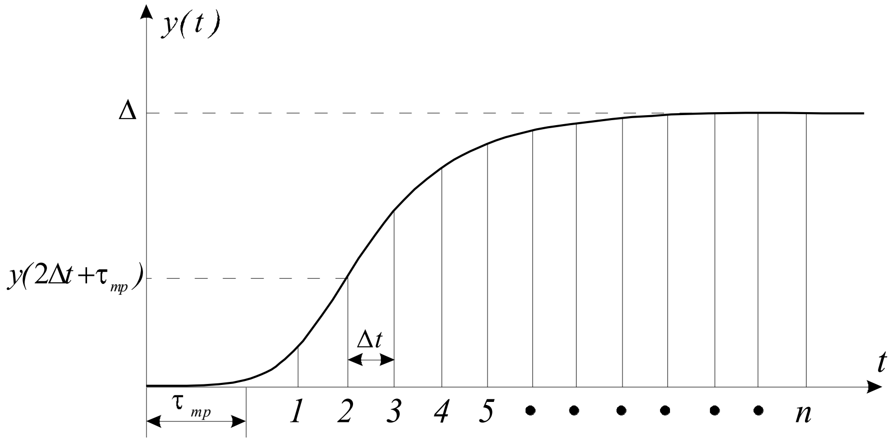


Рисунок 3.3 – Разбиение кривой разгона на участки

– определяют коэффициенты передаточной функции по формулам

$$a_1 = F_1 = \Delta t \left\{ \sum_{i=0}^{n} \left[1 - y_б(i\Delta t)\right] - 0{,}5\left[1 - y_б(0)\right] \right\}$$

$$a_2 = F_2 = F_1 \Delta t \left\{ \sum_{i=0}^{n} \left[1 - y_б(i\Delta t)\right] \cdot \left(1 - \frac{i \cdot \Delta t}{a_1}\right) - 0{,}5\left[1 - y_б(0)\right] \right\}$$

где $y_б(t') = \dfrac{y(t')}{y_{уст}}$ - кривая разгона в безразмерной форме без транспортного запаздывания,

$$t' = t - \tau_{об}.$$

n – количество интервалов разбиения кривой разгона, n = 19;

$\Delta Y_б(i)$ – значение безразмерной кривой разгона в i-й момент времени (см. таблицу 6 ниже);

Δt – интервал разбиения, численно равный M_t.

Коэффициент передачи объекта $k_{об}$ определяется так же, как в методе касательной.

Например, $k_{об}$=1,35 °C/%, a_1=15,1 сек, a_2=35,2 сек^2. Тогда искомая передаточная функция имеет вид

$$W_{об}(S) = \frac{1{,}35}{35{,}2 \cdot S^2 + 15{,}1 \cdot S + 1}.$$

Выполнение расчетной работы № 4

Студенты выполняют аппроксимацию по методу касательной и методом Симою для своих заданий.

Кривая разгона для любого варианта задана двумя масштабами (M_t и M_Y) и величиной ступенчатого изменения управляющего воздействия $\Delta Uст$. Эти данные есть у студентов в их заданиях.

Фактическая кривая разгона получается пересчетом безразмерной кривой разгона, общей для всех вариантов, по формулам

$$t = M_t \ t_Б, \ ,$$
$$\Delta Y = M_Y \ \Delta Y_Б \ ,$$

где t – реальное время;

$t_Б$ – безразмерное время;

M_t – масштаб времени;

ΔY – изменение регулируемой переменной в натуральных единицах;

$\Delta Y_Б$ – изменение регулируемой переменной в безразмерном виде;

M_Y – масштаб для регулируемой переменной.

Масштабы M_t , M_Y , а также величина ступенчатого изменения управляющего воздействия (управления) при снятии кривой разгона $\Delta Uст$ свои для каждого задания и являются частью этих заданий.

Значения безразмерных ординат кривой разгона в дискретные моменты безразмерного времени приведены в таблице 1

Таблица 6 - Безразмерная кривая разгона, общая для всех вариантов

$t_б$	0	1	2	3	4	5	6
$\Delta Y_б$	0	0.01	0.07	0.25	0.43	0.58	0.7
$t_б$	7	8	9	10	11	12	13
$\Delta Y_б$	0.78	0.84	0.88	0.91	0.94	0.96	0.97
$t_б$	14	15	16	17	18	19	
$\Delta Y_б$	0.98	0.985	0.99	1	1	1	

В отчете по работе должно быть:

1) исходные данные по своему варианту и безразмерная кривая разгона;

2) пересчитанная кривая разгона;

3) рисунок, где построен график кривой разгона и выполнена аппроксимация по методу касательной;

4) передаточная функция по методу касательной;

5) формулы для расчета a_1, a_2 по методу Симою и вычисление коэффициентов a_1, a_2.

5) передаточная функция по Симою;

Таблица А.1 – Варианты индивидуальных заданий для расчетных работ

№. вар.	Варианты
0	$\Delta U = 31$; $M_t = 11$ мин; $M_y = 42$
1	$\Delta U = 9$; $M_t = 26$ сек; $M_y = 22$
2	$\Delta U = 6$; $M_t = 14$ мин; $M_y = 120$
3	$\Delta U = 11$; $M_t = 4$ сек; $M_y = 21$
4	$\Delta U = 10$; $M_t = 25$ мин; $M_y = 65$
5	$\Delta U = 7$; $M_t = 35$ сек; $M_y = 12$
6	$\Delta U = 8$; $M_t = 2{,}8$ сек; $M_y = 7{,}8$
7	$\Delta U = 12$; $M_t = 35$ мин; $M_y = 85$
8	$\Delta U = 15$; $M_t = 1{,}5$с; $M_y = 2100$
9	$\Delta U = 15$; $M_t = 0{,}6$ сек; $M_y = 0{,}24$
10	$\Delta U = 18$; $M_t = 1{,}8$с; $M_y = 6100$
11	$\Delta U = 8{,}5$; $M_t = 0{,}4$ сек; $M_y = 48$
12	$\Delta U = 17$; $M_t = 55$ сек; $M_y = 42$
13	$\Delta U = 16$; $M_t = 38$ сек; $M_y = 45$
14	$\Delta U = 19$; $M_t = 2{,}5$ сек; $M_y = 72$
15	$\Delta U = 18$; $M_t = 48$ сек; $M_y = 56$

16	$\Delta U = 18$; $M_t = 0{,}75$ сек; $M_y = 47$