

Практическая работа №1

Положим, экспериментально было установлено, что при увеличении расхода газа, поступающего в горелки печи обжига керамических изделий путем внезапного изменения положения регулирующего органа (входной величины) на 20%, температура внутри печи (выходная величина) изменилась по времени согласно данным, приведенным в таблице.

Требуется:

1. Построить кривую разгона объекта регулирования и по ней определить его параметры (коэффициенты передачи $k_{об}$ и самовыравнивания ρ , постоянную времени $T_{об}$, время переходного процесса $T_{пер}$ и при наличии запаздывания – время запаздывания $\tau_{об}$).

2. Описать переходный процесс (кривую разгона) уравнением и найти его коэффициенты.

3. Определить передаточную функцию объекта регулирования. Методические указания к решению задачи даны в приложении.

| Вариант | Время от момента изменения входной величины, мин | | | | | | | | | | | |
|---------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| | Температура °С - выходная величина | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1100 | 1123 | 1142 | 1155 | 1167 | 1180 | 1189 | 1194 | 1197 | 1198 | 1200 | 1200 |
| 2 | 1130 | 1132 | 1138 | 1150 | 1170 | 1200 | 1215 | 1223 | 1227 | 1228 | 1230 | 1230 |
| 3 | 890 | 890 | 918 | 937 | 950 | 968 | 977 | 983 | 986 | 987 | 988 | 990 |
| 4 | 1000 | 1023 | 1042 | 1055 | 1067 | 1080 | 1089 | 1094 | 1097 | 1098 | 1100 | 1100 |
| 5 | 1230 | 1232 | 1238 | 1250 | 1270 | 1300 | 1315 | 1323 | 1327 | 1328 | 1330 | 1330 |
| 6 | 1290 | 1290 | 1318 | 1337 | 1350 | 1368 | 1377 | 1383 | 1386 | 1387 | 1388 | 1390 |
| 7 | 900 | 923 | 942 | 955 | 967 | 980 | 989 | 994 | 997 | 998 | 1000 | 1000 |
| 8 | 1330 | 1332 | 1338 | 1350 | 1370 | 1400 | 1415 | 1423 | 1427 | 1428 | 1430 | 1430 |
| 9 | 1190 | 1190 | 1218 | 1237 | 1250 | 1268 | 1277 | 1283 | 1286 | 1287 | 1288 | 1290 |
| 10 | 800 | 823 | 842 | 855 | 867 | 880 | 889 | 894 | 897 | 898 | 900 | 900 |
| 11 | 830 | 832 | 838 | 850 | 870 | 900 | 915 | 923 | 927 | 928 | 930 | 930 |
| 12 | 1090 | 1090 | 1118 | 1137 | 1150 | 1168 | 1177 | 1183 | 1186 | 1187 | 1188 | 1190 |
| 13 | 1200 | 1223 | 1242 | 1255 | 1267 | 1280 | 1289 | 1294 | 1297 | 1298 | 1300 | 1300 |
| 14 | 1030 | 1032 | 1038 | 1050 | 1070 | 1100 | 1115 | 1123 | 1127 | 1128 | 1130 | 1150 |
| 15 | 990 | 990 | 1018 | 1037 | 1050 | 1068 | 1077 | 1083 | 1086 | 1087 | 1088 | 1090 |

Кривой разгона объекта называется кривая изменения во времени выходной величины в переходном процессе, вызванным скачкообразным изменением входной величины. Как правило, кривая разгона строится для отклонения регулируемой величины от первоначального установившегося значения. Отклонение регулируемой величины определяется так:

$$\Delta y(t) = y(t) - y(0)$$

где $y(t)$ - текущие значение регулируемой величины:

$y(0)$ - начальное значение (при $t = 0$) регулируемой (выходной) величины.

По кривой разгона, снятой экспериментально, могут быть определены основные параметры и найдено уравнение, характеризующее динамические свойства объекта. К этим параметрам относятся: постоянная времени $T_{об}$, коэффициент времени $T_{об}$, коэффициент передачи $k_{об}$, запаздывание $T_{об}$, время переходного процесса $T_{пер}$ и др.

Постоянная времени $T_{об}$ характеризует скорость изменения выходной величины при изменении входной величины. Постоянная времени (для объектов первого порядка) – это условное время измерения выходной величины от начального до нового установившегося значения, если бы это изменение происходило со скоростью постоянной и максимальной для данного переходного процесса.

Коэффициент передачи объекта $k_{об}$ – это изменение выходной величины объекта при переходе из начального в новое установившееся состояние, отнесенное к величине входного воздействия:

$$k_{об} = \frac{\Delta y_{уст}}{\Delta x_0}$$

где $\Delta y_{уст}$ – новое установившееся значение (по отклонению) выходной величины;

Δx_0 – величина изменения входного сигнала (иногда знак Δ в литературе опускают).

Величина, обратная коэффициенту передачи объекта, называется коэффициентом самовыравнивания объекта $\rho = 1/k_{об}$

Время запаздывания τ_0 показывает, на какое время отстает изменение выходной величины от изменения входной величины.

Время переходного процесса $T_{пер}$ определяется, как интервал времени от момента изменения входного сигнала до того момента, когда выходная величина принимает новое установившееся или близкое к нему значение. В практических расчетах принято считать, что переходный процесс закончен, если выходная величина достигает 0,95 от установившегося значения.

В зависимости от формы кривой разгона объекта, построенной по таблице, способы определения параметров объекта и его уравнения могут быть

разными. Напомним, что кривые разгона строятся относительно отклонения, поэтому из каждого значения регулируемой величины (см. таблицу) надо вычесть ее начальное (при $t = 0$) значение и дать новые значения в виде таблицы.

Случай 1. Кривая разгона объекта представляет собой экспоненту или близка к ней (см. рис. 1.а), то такие промышленные объекты регулирования можно рассматривать как объекты первого порядка (без запаздывания), т.е. как инерционное звено. Такие объекты описываются следующим дифференциальным уравнением:

$$a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = x, \quad (1)$$

где y – выходная и x – входная величины:

a_0, a_1 - коэффициенты уравнения.

Параметры объекта и коэффициенты уравнения (1) определяют по формулам:

$$K_{об} = \frac{\Delta y_{уст}}{\Delta X_0}, \quad a_{об} = \frac{1}{K_{об}}, \quad a_1 = \frac{T_{об}}{K_{об}},$$

где $\Delta x_0 = 0.2$ – значение входного воздействия в относительных единицах;

$T_{об}$ – постоянная времени, определяется по графику как отрезок времени от начала (при $t=0$) до момента пересечения касательной, проведенной к характеристике (кривой) в точке $t=0$. с линией нового установившегося значения (см. рис.1, а).

Решение уравнения (1), которое имеет вид

$$y = y_{уст} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_o}}\right) \quad (2)$$

является аналитическим выражением кривой разгона объекта.

Переходя к операторной форме, из уравнения (1) легко находится передаточная функция как отношение операторного изображения выходной величины $Y(P)$ к оперативному изображению входной величины $X(P)$.

Случай 2. Кривая разгона объекта регулирования, полученная экспериментальным путем, имеет форму кривой, приведенной на рис. 1,б, или близкой к ней. В этом случае промышленные объекты могут быть описаны различными уравнениями. Чаще всего на практике такие объекты приближенно представляются в виде последовательно включенного инерционного звена (звена первого порядка) и звена чистого запаздывания.

В этом случае постоянная времени $T_{об}$ определяется как отрезок времени от момента пересечения касательной (проведенной в точке перегиба - имеющую максимальную скорость) с линией начального установившегося значения (с оси времени при отклонениях) до момента ее пересечения с линией нового установившегося значения (рис. 1,б).

Время запаздывания τ_0 определяется как отрезок времени от начала изменения входной величины ($t=0$) до пересечения касательной оси времени (рис. 1,б).

Наличие времени запаздывания в случаях 2 и 3 могут быть вызваны передаточным (транспортным) и переходным (динамическим) запаздыванием.

Таким образом, в этом случае имеется два звена и соответственно два уравнения и две передаточных функции. Уравнение и передаточная функция инерционного звена $W_1(P)$ определяется также, как в случае 1. Что касается запаздывания, то его передаточная функция имеет вид

$$W_{зан}(p) = e^{-p\tau_{об}},$$

где $T_{об}$ – время запаздывания.

Передаточная функция объекта определяется как произведение этих передаточных функций:

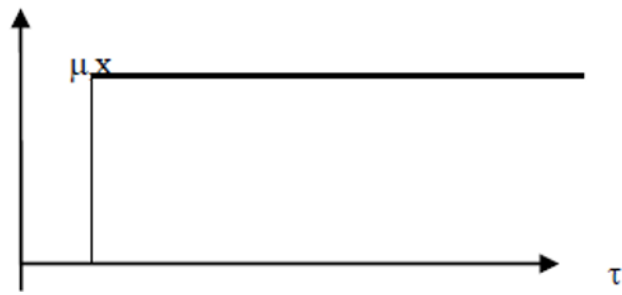
$$W_{об}(p) = W_1(p)W_{зан}(p).$$

Аналитическое выражение кривой разгона в этом случае будет совпадать с выражением кривой экспоненты, но с учетом времени запаздывания. Это выражение имеет вид:

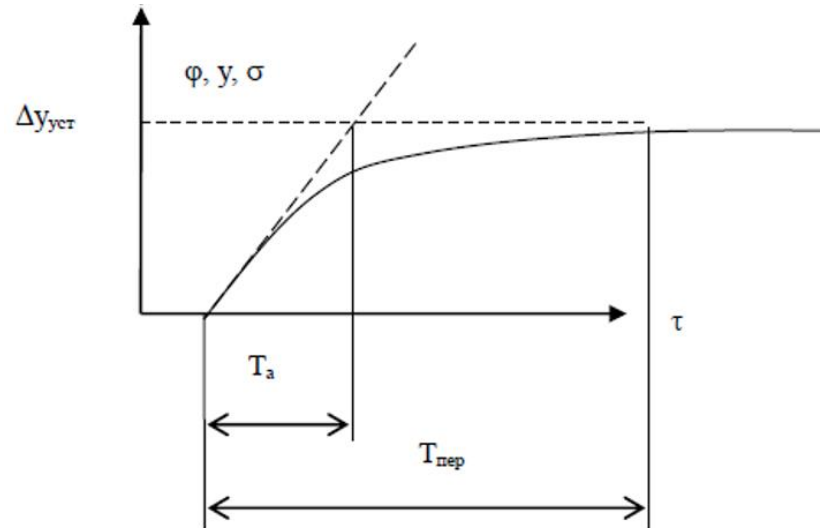
$$y = y_{уст} \left(1 - e^{-\frac{t-T_о}{T_о}} \right)$$

При $t \leq \tau_0$; $y = 0$.

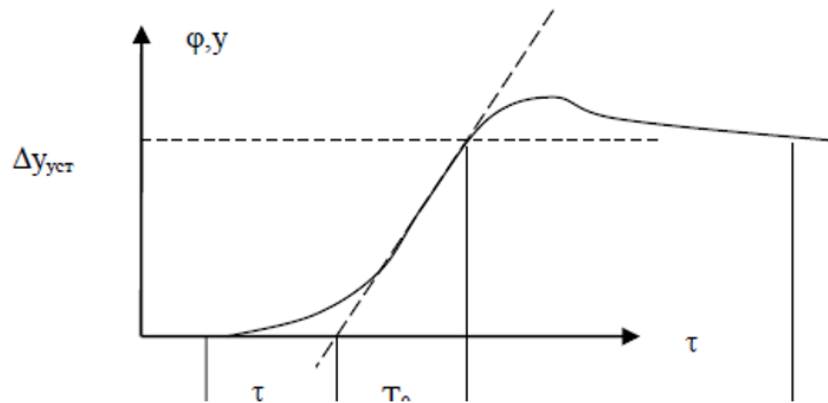
Случай 3. Объекты, имеющие кривую разгона в форме кривой, приведенной на рис. 1,в, или близкой к ней, характеризуются наличием чистого или так называемого транспортного запаздывания. В этом случае объект заменяется (как и в случае 2) двумя последовательно включенными звеньями – апериодического звена (звена первого порядка) и звена чистого запаздывания. Этот случай задачи решается так же, как и в случае 1, но с учетом временной задержки.



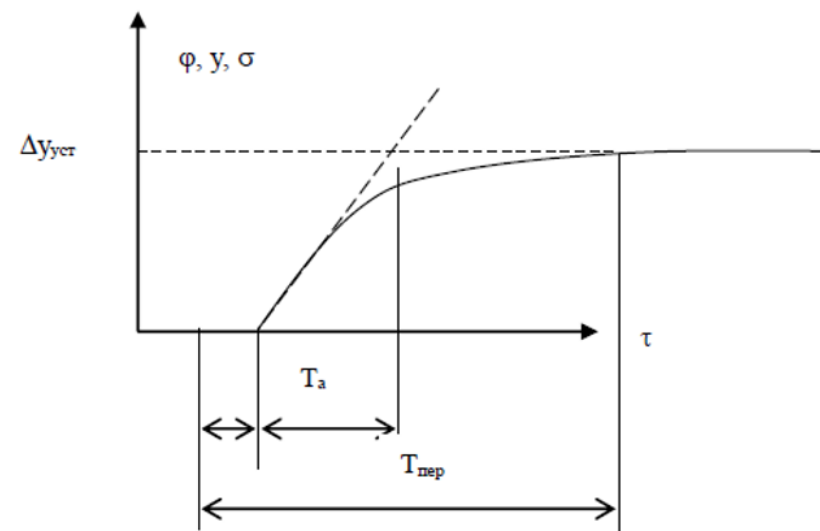
Ступенчатое воздействие



а)



б)



в)

Рис.1 Типовые кривые разгона объекта регулирования