**Задание на курсовой проект**

Наименование объекта регулирования – вельц печь для переработки цинковых кеков.

U – угол перемещения заслонки на трубопроводе вытяжного вентилятора, %

y – разряжение газов на входе в котел-утилизатор, мм.в.ст.

В таблице 1 представлена безразмерная кривая разгона

Таблица 1 – Безразмерная кривая разгона

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| tб  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Δyб | 0 | 0,01 | 0,07 | 0,25 | 0,43 | 0,58 | 0,70 |
| tб | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Δyб | 0,78 | 0,84 | 0,88 | 0,91 | 0,94 | 0,96 | 0,97 |
| tб | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |  |
| Δyб | 0,98 | 0,985 | 0,99 | 1 | 1 | 1 |  |

Масштаб времени М­t = 2,4 мин, масштаб для регулируемой переменной Мy = 4,3

Приборный состав системы регулирования:

- дифференциальный манометр для дистанционной передачи сигнала давления – по месту;

- преобразователь сигнала от дифференциального манометра – на щите;

- показывающий и самопишущий прибор – на щите;

- регулятор импульсный – на щите;

- переключатель «ручное управление – автоматическое управление», включаемый после регулятора – на щите;

- пускатель бесконтактный реверсивный для включения исполнительного механизма – на щите;

- исполнительный механизм привода заслонки – рядом с заслонкой.

Содержание

Введение

1. Построение кривой разгона

2. Определение передаточной функции методом площадей

3. Вычисление настроек регуляторов и исследование статистических свойств системы регулирования

4. Исследование устойчивости системы регулирования

5. Определение передаточной функции замкнутой системы регулирования

6. Определение качества регулирования

7. Функциональная схема системы регулирования

8. Назначение элементов системы и ее работа. Принцип действия измерительного преобразования

Выводы

Список литературы

**Введение**

Основной задачей любого процесса управления является выработка и реализация таких решений, которые при данных условиях обеспечивают наиболее эффективное достижение поставленной цели.

Процессы управления совершаются над *объектами управления* (ОУ), под которыми понимаются части технологического процесса или агрегата, целиком технологические процессы, агрегаты, ма­шины, цехи, производственные предприятия, коллективы людей.

Протекание всякого технологического процесса характеризуется совокупностью физических величин, на которые накладываются определенные условия. *Процессом управления* называется совокуп­ность операций, необходимых для пуска, остановки ОУ, а также для поддержания и изменения в требуемом направлении величин, харак­теризующих технологический процесс. *Целью управления* технологическими процессами может быть поддержание постоянного значения физической величины с заданной точностью в установив­шемся и переходном режимах, изменение величины по определенной наперед заданной программе.

Если управление осуществляется непосредственно человеком, то такое управление называют *ручным;* если же управление осуще­ствляется без непосредственного участия человека, то его называют *автоматическим.* Автоматическое управление производится с по­мощью автоматически действующих управляющих устройств. Объект управления и управляющие устройства составляют *автома­тическую систему управления* (АСУ). В наиболее простых случаях (поддержание постоянного значения параметра, изменение параметра но жесткой программе) процесс управления называют *регулирова­нием,* управляющие устройства — *автоматическими регуляторами,* или просто регуляторами, а автоматические системы управления -*автоматическими системами регулирования* (АСР).

**1 Построение кривой разгона**

Кривой разгона называют процесс изменения во времени выходной переменной, вызванный ступенчатым входным воздействием. Кривая разгона служит для определения динамических свойств объекта.

Запаздывание объекта выражается в том, что его выходная величина начинает изменяться не сразу после нанесения возмущения, а только через некоторый промежуток времени, называемым временем запаздывания.

Под постоянной времени объекта понимается время, в течение которого выходная величина достигла бы своего нового установившегося значения, если бы она изменялась с постоянной скоростью, равной скорости ее изменения в начальный момент времени.

Коэффициент передачи объекта представляет собой изменение выходной величины объекта при переходе из начального в новое установившееся состояние, отнесенное к изменению возмущения на входе [1].

Снятие кривой разгона предусматривает нанесение на объект ступенчатого возмущения путем энергичного изменения степени открытия проходного сечения регулирующего органа, при этом отмечают величину и момент нанесения возмущения. Изменения выходной величины регистрируют до тех пор, пока объект не примет установившееся значение.

Кривая разгона отличается от переходной характеристики тем, что амплитуда «скачка» может быть произвольной, в то время как переходная характеристика есть реакция объекта управления на единичный скачок по управляющей переменной [2].

Кривая разгона получается пересчетом безразмерной кривой разгона по формулам

t = Mt . tб

Δy = My . Δyб

где t – реальное время,

tб – безразмерное время,

Mt – масштаб времени,

My – масштаб регулируемой переменной,

Δy – изменение регулируемой переменной в натуральных единицах,

Δyб – изменение регулируемой переменной в безразмерном виде

Рассчитаем кривую разгона (таблица 2)

Таблица 2 – Пересчитанная кривая разгона

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t, мин | 0 | 2,4 | 4,8 | 7,2 | 9,6 | 12 | 14,4 |
| Δy, мм.в.ст. | 0 | 0,043 | 0,301 | 1,075 | 1,849 | 2,494 | 3,01 |
| t, мин | 16,8 | 19,2 | 21,6 | 24 | 26,4 | 28,8 | 31,2 |
| Δy, мм.в.ст. | 3,354 | 3,612 | 3,784 | 3,913 | 4,042 | 1,128 | 4,171 |
| t, мин | 33,6 | 36 | 38,4 | 40,8 | 43,2 | 45,6 |  |
| Δy, мм.в.ст. | 4,214 | 4,2355 | 4,257 | 4,3 | 4,3 | 4,3 |  |

Кривая разгона представлена на рисунке 1.

Определим параметры аппроксимации кривой разгона. Касательная касается кривой разгона в точке А1, соответствующей максимальной крутизне.

В соответствии с рисунком 1 коэффициент передачи равен

Коб = Δyуст / ΔU

Коб = 4,3 / 8 = 0,54 мм.в.ст./%

где Δyуст – установившееся значение выходной переменной,

ΔU – изменение входной переменной.

Передаточная функция данной аппроксимации будет иметь вид

где Коб – коэффициент передачи объекта,

Тоб – постоянная времени (Тоб = 18 – 4 = 14 мин),

τоб – время запаздывания, (τоб = 4 мин),

S – переменная Лапласа.

**2 Определение передаточной функции методом площадей**

Передаточная функция второго порядка может быть представлена в следующем виде

Коэффициенты а1 и а2 вычисляются по формулам

а1 = F1 = Δt {∑ [1-Δyб (Δt . i)] – 0,5},

где n – количество интервалов разбиения кривой разгона (n=19),

Δt – интервал разбиения (Δt = Мt = 2,4 мин),

Δyб (t . i) – значение безразмерной кривой разгона в i-й момент времени.

Тогда

а1 = F1 = 2,4{ (1-0) + (1 – 0,1) + (1 – 0,07) + (1 – 0,25)+(1 – 0,43)+(1 – 0,58) + (1 – 0,7) + (1 – 0,78) + (1 – 0,84) + (1 – 0,88) + (1 – 0,91) + (1 – 0,94)

+ (1 – 0,96) + (1 – 0,97) + (1 – 0,98) + (1 – 0,985) + (1 – 0,99) – 0,5 }=

= 2,4 . 5,225 = 12,54 мин

 мин 2

Передаточная функция второго порядка будет иметь вид

Определение передаточной функции методом площадей является более сложным по сравнению с определением по кривой разгона. Однако передаточная функция второго порядка имеет более точное представление.

**3 Вычисление настроек регуляторов и исследование статических свойств системы регулирования**

Автоматическое устройство, обеспечивающее поддержание выходных величин объекта вблизи требуемых значений, называют автоматическим регулятором.

Регулятор реализует закон регулирования. Структурная схема системы регулирования представлена на рисунке 2.

Р

ОУ

y3

ε

U

y

-

Р – регулятор,

ОУ – объект управления,

Рисунок 2 – Структурная схема системы регулирования

Целью регулирования является выполнение условия ε = y3 – y = 0

Основные законы регулирования:

1) релейный (р- закон)

 0, если ε ≤0

U = 1, если ε>0

где 1 – включено, 0 – выключено

Преимущество: простота реализации, недостаток: низкое качество регулирования.

2) пропорциональный (п-закон)

U = КП . ε

где КП – коэффициент передачи регулятора.

Преимущества: простота реализации, высокое быстродействие, недостатки: ненулевая ε, низкое качество регулирования.

3) Интегральный (И-закон)

,

где ТИ – постоянная интегрирования.

Преимущества: отсутствие ошибки в установившемся режиме, недостатки: низкое быстродействие и склонность к автоколебаниям.

4) Пропорционально-интегральный (ПИ-закон)

Обладает преимуществами П- и И- регуляторов. Недостаток: сложность.

Определим КП для П-регулятора по формуле

Для ПИ- регулятора

ТИ = 0,6 . ТОБ = 0,6 . 14 = 8,4 мин

Для определения статической ошибки системы регулирования нужно изобразить эту систему, содержащую регулятор КП и объект КОБ (рисунок 3).

КП

КОБ

y3

ε

U

y

-

Рисунок 3 – Структурная схема замкнутой системы регулирования

Коэффициент передачи последовательного соединения звеньев равен

К1 = КП . КОБ

Коэффициент передачи обратной связи К2 = 1

Коэффициент передачи замкнутой системы в статике

Принимая величину изменения задания yЗ = 1, находим установившееся значение

yуст = 1 . 0,51 = 0,51

Тогда статическая ошибка равна

Для уменьшения статической ошибки и сохранения других показателей качества регулирования необходимо применять другие законы регулирования (например И- или ПИ- закон).

**4 Исследование устойчивости системы регулирования**

Под устойчивостью понимают свойство системы самостоятельно возвращаться к равновесному состоянию после снятия возмущения, нарушевшего ее равновесие.

Устойчивость линейной системы определяется характером его свободного движения, которое описывается однородным дифференциальным уравнением

При вещественных корнях решение имеет вид

y(t)= c1 . eP1t + c2 . eP2t + …+ cn . ePnt ,

где cn – постоянная интегрирования

pn – корни характеристического уравнения

an . pn + an-1 . pn-1 + …+a0 = 0

Для устойчивой работы системы необходимо, чтобы Pi<0

Решение характеристического уравнения сложно, поэтому разработаны другие критерии устойчивости.

Частотным критерием Найквиста определяют устойчивость замкнутой системы по поведению соответствующей ей разомкнутой системы.

Если в разомкнутом состоянии система устойчива и ее амплитудно-фазовая характеристика (АФХ) при изменении частоты W от нуля до бесконечности не охватывает на комплексной плоскости точку с координатами (-1;0), то система в замкнутом состоянии будет устойчива. АФХ охватывает точку, если точка лежит внутри контура, образованного характеристиками и отрезками действительной оси, соединяющей точки ноль и бесконечность.

Выполним исследование системы на устойчивость. Определим АФХ разомкнутой системы с П-регулятором. Для получения передаточной функции приведем рисунок 4.

WР

WОБ

y2

ε

U

y

Рисунок 4 – Функциональная схема разомкнутой системы регулирования

Передаточная функция разомкнутой системы будет иметь вид

WРАЗ (S) = WP (S) . WОБ (S)

Выполняя замену WР = КП, WОБ (S) = j w получим

Избавляясь от мнимости в знаменателе, получим АФХ в алгебраической форме

Подставляя в полученное выражение численные значения, получим АФХ для исследования устойчивости



Для исследования устойчивости нужно построить годограф АФХ, для чего выполним вычисление R(w) и Im(w) для различных w. Результаты вычислений сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчет АФХ разомкнутой системы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| w, мин | R(w) | Im(w) | w, мин | R(w) | Im(w) |
| 0 | 1,05 | 0 | 0,10 | 0,28 | -0,69 |
| 0,01 | 1,04 | -0,12 | 0,11 | 0,19 | -0,68 |
| 0,02 | 1,00 | -0,25 | 0,12 | 0,11 | -0,65 |
| 0,03 | 0,95 | -0,36 | 0,13 | 0,05 | -0,61 |
| 0,04 | 0,88 | -0,46 | 0,14 | -0,01 | -0,57 |
| 0,05 | 0,79 | -0,55 | 0,15 | -0,05 | -0,52 |
| 0,06 | 0,69 | -0,61 | 0,20 | -0,15 | -0,34 |
| 0,07 | 0,59 | -0,66 | 0,30 | -0,14 | -0,14 |
| 0,08 | 0,48 | -0,69 | 0,40 | -0,10 | -0,06 |
| 0,09 | 0,38 | -0,70 | 0,50 | -0,07 | -0,03 |

По результатам расчетов строим годограф (рисунок 5). Из рисунка видно, что система в замкнутом состоянии будет устойчива.

**5 Определение передаточной функции замкнутой системы регулирования**

Любую систему автоматического регулирования можно представить в виде совокупности различных звеньев, соединенных между собой тем или иным образом. На рисунке 6 представлена схема последовательного соединения звеньев

U

W1(S). W2(S)

y

W1(S)

W2(S)

U

x

y

=

Рисунок 6 – Структурная схема последовательного соединения звеньев

На рисунке 7 приведена схема параллельного соединения звеньев

W1(S)

W2(S)

U

y

U

W1(S). W2(S)

y

=

Рисунок 7 – Структурная схема параллельного соединения звеньев

Структурная схема обратной связи приведена на рисунке 8.

y

U

W1(S)

y

1±W1(S). W2(S)

W1(S)

W2(S)

U

=

Рисунок 8 – Структурная схема обратной связи

Используя правило структурных преобразований, найдем передаточную функцию замкнутой системы регулирования, представленной на рисунке 3.

Передаточная функция пропорционального звена имеет вид

WР = КП,

где КП – коэффициент передачи регулятора.

Передаточная функция колебательного звена имеет вид

Передаточная функция обратной связи W2 = 1

Тогда передаточная функция замкнутой системы будет иметь вид

После подстановки численных значений получим

**6 Определение качества регулирования**

Качество переходного процесса количественно оценивается следующими показателями

1 Статическая ошибка регулирования есть рассогласование между установившемся значением регулируемой величины после переходного процесса и ее заданным значением

δст абс = (yЗ – yУСТ­­) . 100%

где yЗ – величина ступенчатого изменения задания,

yУСТ – установившееся значение регулируемой переменной

2 Динамическая ошибка регулирования есть максимальное отклонение регулируемой переменной в переходном процессе от ее заданного значения

где yMAX – максимальное значение регулируемой переменной после ступенчатого изменения задания.

3 Время регулирования есть отрезок, в течении которого регулируемая величина достигает нового установившегося значения с некоторой, заранее установленной точностью, ±Δ.

Вычислим и построим переходную функцию замкнутой системы регулирования с П-регулятором и графически определим показатели качества.

Переходная функция для системы с передаточной функцией вида

Вычисляется по формуле

где α = 0,5 . (b1 / b2)

Следует учесть, что φ0, βt + φ0 – углы в радианах.

Формулы применимы, если выполняется равенство

0 ≤ 0,61<1 → неравенство выполняется

α = 0,5 . (6,12 / 25,37) = 0,12

Тогда

Вычислим значение h(t) в зависимости от времени (таблица 4).

Таблица 4 – Расчет значений h(t) в зависимости от времени

|  |  |
| --- | --- |
| t, мин | h(t) |
| 0 | 0 |
| 5 | 0,10 |
| 10 | 0,31 |
| 15 | 0,44 |
| 20 | 0,49 |
| 25 | 0,53 |
| 30 | 0,528 |
| 35 | 0,52 |
| 40 | 0,50 |
| 45 | 0,51 |
| 50 | 0,51 |

Переходная функция изображена на рисунке 9.

Статическая ошибка равна

Динамическая ошибка равна

Время регулирования t­Р = 16,5 мин

**7 Функциональная схема системы регулирования**

Рисунок 10 - Функциональная схема автоматизации

Таблица 5 – Перечень приборов для функциональной схемы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение  | Наименование  | Количество | Примечание  |
| 1 а | Дифференциальный манометр для дистанционной передачи давления | 1 |  |
| 1 б | Преобразователь сигнала от дифференциального манометра | 1 |  |
| 1 в | Показывающий и самопишущий прибор | 1 |  |
| 1 г | Регулятор импульсный | 1 |  |
| 1 д | Переключатель «ручное управление – автоматическое управление», включаемый после регулятора | 1 |  |
| 1 е | Пускатель бесконтактный реверсивный для включения исполнительного механизма | 1 |  |
| 1 ж | Исполнительный механизм привода заслонки | 1 |  |

**8 Назначение элементов системы и ее работа. Принцип действия измерительного преобразователя**

Процесс вельцевания осуществляется в трубчатых вращающихся печах. Печь представляет собой стальной барабан, расположенный под углом 3-5 0 к горизонту для того, чтобы шихта могла передвигаться при вращении барабана от верхнего конца к нижнему. Скорость вращения барабана 1-2 об/мин. По всей длине печь футруют огнеупорным кирпичем.

Печь опирается на катки, при этом обычно ее ставят на три опоры. Одна из опор совмещается с приводом печи от электродвигателя через редуктор и венечную шестерню, укрепленную на барабане печи. У нижнего разгрузочного конца печи размещают топочные устройства – мазутные или газовые горелки.

Шихту подают в верхний загрузочный конец печи через водоохлаждаемую трубу. Передвигаясь при вращении печи, шихта вступает в контакт с горячими газами, идущими противотоком, теряет влагу и нагревается. В конце верхней зоны печи шихта воспламеняется и поступает в зону возгонки. По мере продвижения к разгрузочному концу печи шихта все более обедняется цинком и свинцом.

В процессе особое внимание уделяется контролю и регулированию разряжения газов на входе в котел-утилизатор при помощи перемещения заслонки на трубопроводе вытяжного вентилятора [3].

В системах автоматического управления для измерения текущих значений величин химико-технологических процессов используются различные измерительные устройства. Средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем, называют измерительным прибором. Средство измерения, вырабатывающее сигнал, в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, но не позволяющей наблюдателю осуществить непосредственное восприятие, называют измерительным преобразователем. Первичный измерительный преобразователь – тот, к которому подведена измеримая величина, передающий измерительный преобразователь – тот, который предназначен для дистанционной передачи сигнала измерительной информации.

В курсовом проекте первичным измерительным преобразователем является дифференциальный манометр для дистанционной передачи сигнала давления.

Под абсолютным давлением понимают полное давление газа на его стенки. При РАБС < РАТМ разность между ними называется разряжением

Рh = РАТМ - РАБС

Принцип действия дифференциального манометра основан на измерении разности двух давлений. В курсовом проекте устанавливаем жидкостный дифманометр. В этом приборе измеряемое разряжение уравновешивается гидростатическим давлением столба рабочей жидкости, в качестве которой применяются ртуть, вода, спирт и др.

На рисунке 11 показана принципиальная схема U-образного дифманометра.

+

-

ΔР(ХВХ)

↑↓ l (ХВЫХ)

Рисунок 11 – Принципиальная схема U-образного дифманометра

Входной величиной является перепад давления, выходной – изменение уровня рабочей жидкости в U-образной трубке.

Промежуточным измерительным преобразователем называется элемент измерительного устройства, занимающий в измерительной цепи место после первичного преобразователя. Основное назначение промежуточного преобразователя – преобразование выходного сигнала первичного преобразователя в форму, удобную для последующего преобразования в сигнал измерительной информации для дистанционной передачи.

Показывающий и самопишущий прибор предназначен для автоматического преобразования и документальной записи на бумажной ленте с помощью карандаша результатов измерения физической величины (давления), характеризующую технологический процесс.

Устройство, с помощью которого в системах регулирования обеспечивается автоматическая поддержка технологической величины около заданного значения, называют автоматическим регулятором. Импульсный регулятор относится к регулятором прерывного действия, у которых непрерывному изменению входной величины соответствует прерывистое изменение регулирующего воздействия [2].

Пускатель бесконтактный реверсивный является усилителем сигнала управления и предназначен для включения исполнительного механизма.

Исполнительный механизм предназначен для управления регулирующим органом (заслонкой) [4].

**Выводы**

Система автоматизации вельц печи является устойчивой, следовательно, она может выполнять предписанные ей функции. В системе достаточно быстро устанавливается равновесие. Отрицательным показателем является большая статическая ошибка регулирования.

**Список литературы**

1 Каганов В.Ю., Блинов О.М., Беленький А.М. Автоматизация управления металлургическими процессами. – М.: Металлургия, 1974 – 416 с.

2 Клюев А.С., Глазов Б.В., Миндин М.Б. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля. – М.: Энергия, 1977 – 296 с.

3 Полоцкий Л.М., Лапшенков Г.И. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации. – М.: Химия, 1982 – 296 с.

4 Снурников А.П. Гидрометаллургия цинка. – М.: Металлургия, 1981 – 384 с.