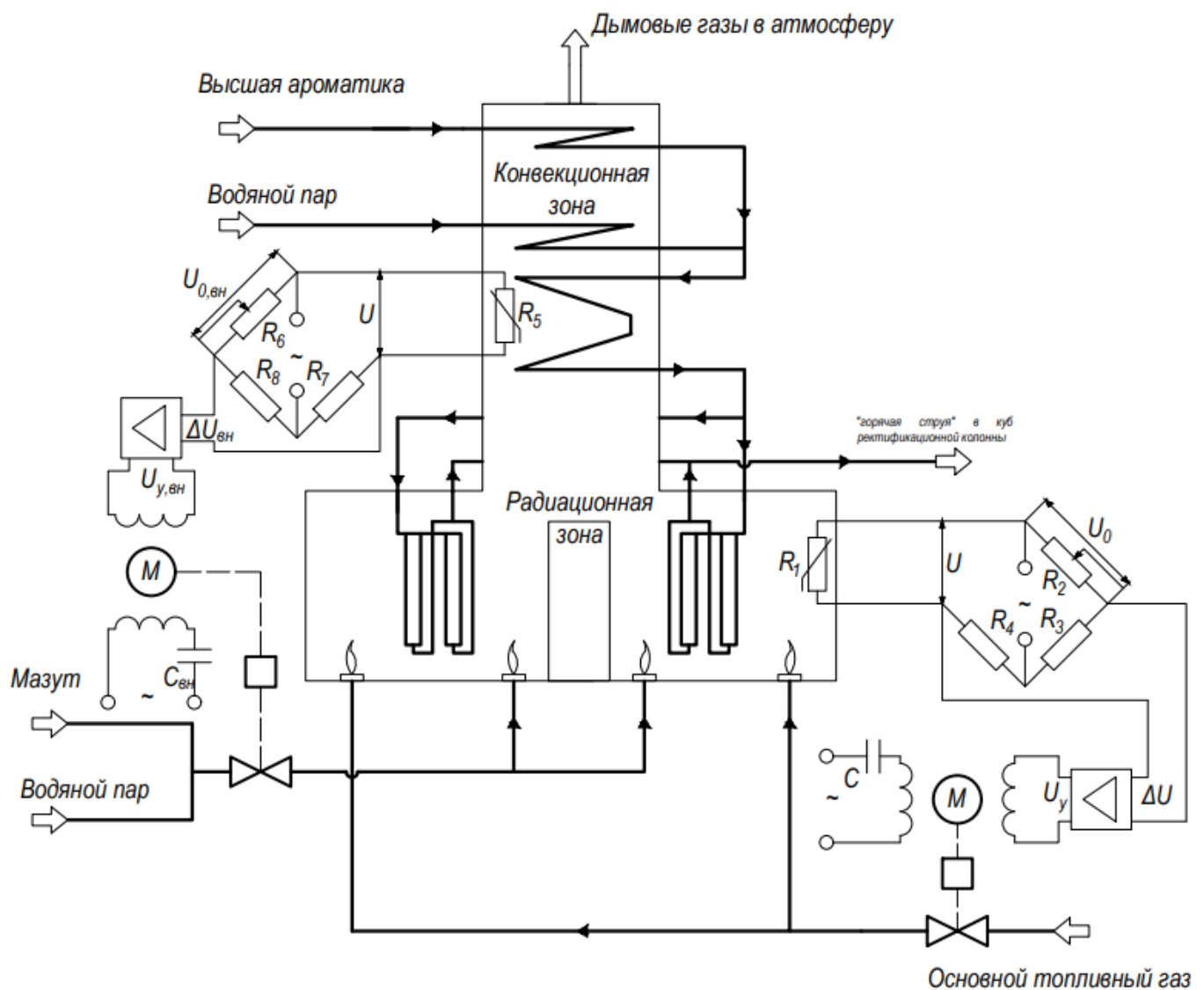


Вариант	T_{0y}	$T_{дв}$	K_{0y}	$K_1(K_f)$	K_2 (Кдатч)	K_3 (Кусил)	$K_4 = K_{дв} \cdot K_{ред} \cdot K_{кл}$	f
1	1.8	0.06	60	2	0.9	6	0.04	40
2	2.1	0.05	60	2	0.9	6	0.04	40
3	1.7	0.04	60	2	0.9	6	0.04	40
4	1.6	0.03	60	2	0.9	5	0.04	40
5	1.5	0.07	60	2	0.9	5	0.04	40
6	1.4	0.04	60	2	0.9	5	0.04	40
7	1.3	0.02	60	2	0.9	7	0.04	40
8	1.2	0.07	60	2	0.9	7	0.04	40
9	4.0	0.08	60	2	0.9	5	0.04	40
10	5.0	0.06	60	2	0.9	5	0.04	40
11	1.8	0.06	60	2	0.7	6	0.06	40
12	2.1	0.05	60	2	0.7	6	0.06	40
13	1.7	0.04	60	2	0.7	6	0.06	40
14	1.6	0.03	60	2	0.7	5	0.06	40
15	1.5	0.07	60	2	0.7	5	0.06	40
16	1.4	0.04	60	2	0.7	5	0.06	40
17	1.3	0.02	60	2	0.7	7	0.06	40
18	1.2	0.07	60	2	0.7	7	0.06	40
19	4.0	0.08	60	2	0.7	5	0.06	40
20	5.0	0.06	60	2	0.7	5	0.06	40
21	1.8	0.06	60	2	0.7	6	0.06	40
22	2.1	0.05	60	2	0.7	6	0.06	40
23	1.7	0.04	60	2	0.7	6	0.06	40
24	1.6	0.03	60	2	0.7	5	0.06	40

САР температуры печи



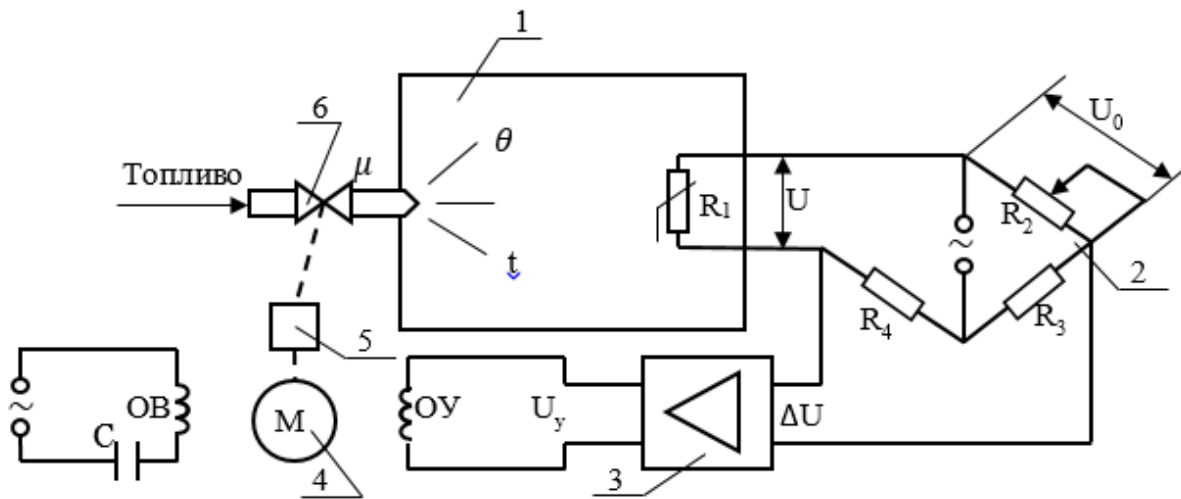
В СУ используется два контура регулирования: контур регулирования температуры радиационной зоны (внутренний контур) и контур регулирования температуры конвекционной зоны (внешний контур).

Оба контура имеют схожую структуру:

Регулирующий орган – элемент САУ, изменение положения которого ведёт к изменению регулируемой величины (температура в конкретной точке внутри печи).

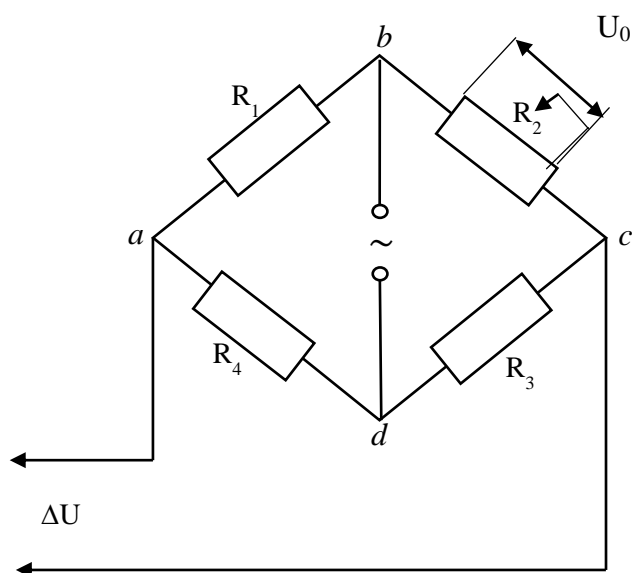
Контур состоит из исполнительных механизмов-клапанов с электроприводами M , регулирующих подачу (изменение расхода) основного топливного газа (паро-мазутного топлива), терморезисторов (R_1, R_5), позволяющих с помощью мостовой измерительной схемы **переменного** тока R_1, R_2, R_3, R_4 (R_5, R_6, R_7, R_8), **усилителей переменного тока**, формирующих напряжение управления двигателем подачи топливного газа и смеси мазут-водяной пар соответственно $U_y, U_{y,вн}$, переменных резисторов R_2, R_6 , определяющих заданные значения температур.

Схема САР температуры в печи представлена на рисунке ниже:



1 – печь (термокамера) или любое другое техническое устройство, в котором нужно поддерживать температуру (ОУ); 2 – мостовая измерительная схема (МИС); 3 - дифференциальный магнитный усилитель (УУ); 4 — двухфазный электродвигатель; 5 — редуктор; 6 — клапан.

Мостовая измерительная схема (МИС) имеет 4 плеча: R_1 – термосопротивление, R_2 – переменное сопротивление (реохорд), также две диагонали: диагональ питания bd и измерительную диагональ ac . Подбором R_3 и R_4 МИС уравнивается на заданную температуру. Произведения противоположных МИС должны быть равны: $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$. МИС выполняет три функции: определяет (принимает выставленную) уставку (задающее напряжение U_0 на R_2); выполняет роль сравнивающего устройства, а также датчика. На рисунке 3 представлена схема МИС.



R_1 – медный терморезистор

U – текущее напряжение (коррелирует с текущим значением температуры)

вход - температура внутри печи t –
выход – значение температуры в виде электрического сигнала U


R_2 – положение ползунка в заданной точке отградуировано в градусах заданной температуры

В точке измерения: $t = 850^\circ$ (заданная температура)

Т.е. R_2 – задающий резистор, обеспечивающий задание (уставку) в виде напряжения U_0

Подбором R_3 и R_4 можно уравновесить мост. Условия равновесия мостовой схемы имеет вид:
 $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$, т.е. $\Delta U = 0$.

$\Delta U = U_0 - U = f(\Delta t^\circ)$ – разность заданного и текущего напряжения

 – переменное сопротивление

Далее движение разбаланса ΔU усиливается усилителем 3 и напряжение U_y поступает на обмотку управления ОУ двигателя переменного тока (позиция 4 (М) на схеме САР).

На валу используемого электродвигателя установлен редуктор 5, который перемещает клапан 6, установленный в трубопровод топлива.

μ – линейные перемещения клапана (заслонки)

Чем больше открыт клапан (чем больше μ), тем большее количество топлива подается в форсунку, и при возгорании выделяется большее количество теплоты, тем самым изменяя температуру печи.

При сборке модели на вход сравнивающему устройству (сумматору) поступает напряжение U_0 – задающее воздействие и U – текущее значение температуры в печи – регулируемый параметр, а на выходе сравнивающее устройство выдает сигнал рассогласования $\Delta U = U_0 - U$, т.к. регулятор обратного действия. **Верно?**

Ответить на вопросы, дать развернутый ответ-рассуждение:

1. используются ли сейчас мостовые схемы в измерительном канале?

2. в нашем примере указан переменный ток на питании мостовой схемы, усилитель на переменном токе и трансформатор переменного тока и сам привод с аналоговым переменным током. Может есть недостатки у такой схемы и ее элементов (порассуждайте о плюсах и минусах привода с аналоговым переменным током, схеме мостовой на переменном токе)? А будет ли отличаться схема по точности измерения, если будет питание постоянным током?

3. Какой бы вы предложили датчик для измерения температуры в данном случае и почему? Расскажите о нем (название, его характеристики, вид, конструкция).

4. И так как у нас предмет ТАУ, расскажите об инерционности этого датчика (говоря о температуре – это, как минимум, время прогрева чувствительного элемента). Сколько, например, прогревается чувствительный элемент в керамической рубашке при скачке температур в печи до стабилизации термо ЭДС? А чему равно время прогрева (инерционности) термопары в специальном исполнении (голой термопары)?

5. Нужно ли в этой работе рассчитывать K датчика таким же способом, каким рассчитывали в работе3?

6. В этой работе в качестве П-регулятора выступает усилитель. Как он выглядит, что из себя представляет.

7. А как выглядит цифровой регулятор?

8. Сигнал с усилителя, регулятора, контроллера в итоге поступает на ИМ. В данной работе (двухфазный электродвигатель + редуктор + клапан). Но сейчас существуют задвижки, у которых регулятор уже внутри них встроено, например, АУМА. Аналогично примеру ниже, найдите от отечественного (желательно) производителя аналогичный ИМ.

Блинчиками/слоями через фланцевые соединения: клиновая/шаровая/шиберная клапан/запорный элемент + ручной дублер + привод + регулятор + концевой выключатель и все это на составном штоке. Фото прикрепляю ниже:

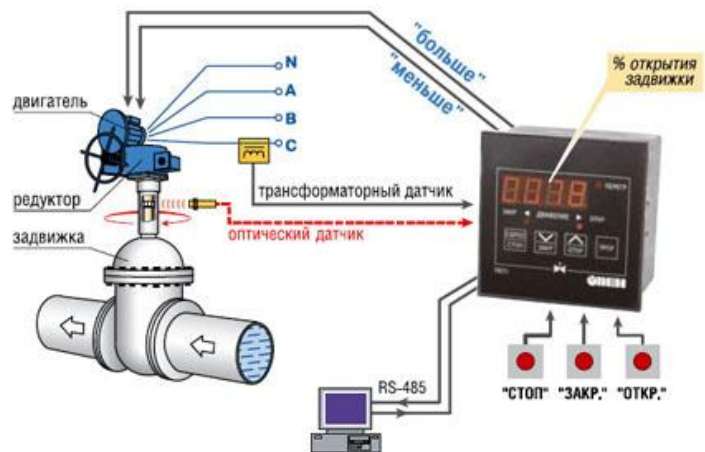


Схема управления реверсивной задвижкой с электроприводом типа AUMA SA:

- электродвигатель;
- червячный редуктор;
- блок выключателей (электромеханический и электронный), в данном случае используется электромеханический блок выключателей;
- ручной маховик для аварийного управления;
- электрическое присоединение и присоединение к арматуре.

Многооборотный привод SA и неполнооборотный привод SQ

Базовая комплектация привода состоит из следующих элементов: электродвигатель, червячный редуктор, блок выключателей, ручной маховик для аварийного управления, электрическое присоединение и присоединение к арматуре.

Блок управления в данную комплектацию не входит, поэтому команды управления и сигналы обратной связи обрабатываются с помощью внешних средств управления, оснащенных пускателями и платой логики.

Как правило, приводы оснащаются блоком управления AM или AC. Благодаря модульному принципу конструкции, блок управления подсоединяется к приводу с помощью обычного клеммного разъема.

Различия между SA и SQ

1a Многооборотный привод SA оснащен полым выходным валом для выдвижного штока арматуры.

Неполнооборотный привод SQ оснащен механическими концевыми упорами **1b**, которые ограничивают угол поворота и служат для точного доведения до конечных положений в ручном режиме. Многооборотные приводы поставляются с различными углами поворота. См. также

Блок выключателей

Определяет положение арматуры и настраивает конечные положения/величину крутящего момента для защиты арматуры от перегрузки. В зависимости от требований заказчика применяется электромеханическое или электронное исполнение блока выключателей.

3a Электромеханический блок выключателей

Концевые и моментные выключатели настраиваются механически; выключатели срабатывают по достижении заданного значения. Точки отключения для обоих конечных положений и моменты отключения для обоих направлений настраиваются механически.

Сигнал о положении арматуры может быть передан в диспетчерскую (опция).

Электромеханический блок выключателей применяется на электроприводах без встроенного блока управления. Он может комбинироваться с обоими типами блоков управления (AM, AC).

3b Электронный блок выключателей

Высокочувствительные магнитные датчики преобразуют положение арматуры и крутящий момент в электронные сигналы. Настройки конечных положений и крутящего момента производятся в блоке управления AC во время ввода в эксплуатацию. При этом открывать корпус не требуется. Информация о положении арматуры и величине крутящего момента передается в виде непрерывного сигнала.

2 Электродвигатель

Специально для автоматизации арматуры разработаны трехфазные электродвигатели, однофазные электродвигатели переменного тока и электродвигатели постоянного тока с высоким пусковым крутящим моментом. Термозащита обеспечивается термовыключателями или PTC-термисторами.

Быстрая замена электродвигателей обеспечивается кулачковой муфтой и встроенным штепсельным разъемом. Подробнее смотрите на странице 70.



5 Ручной маховик

Ручной маховик для аварийного управления в случае отключения питания. Активация ручного управления и управление маховиком не требуют значительных усилий. Эффект самоблокировки сохраняется даже во время ручного управления.

7 Электрический разъем

Один и тот же принцип для всех конфигураций вне зависимости от наличия блока управления. Для осуществления технического обслуживания нет необходимости отсоединять провода; электрические разъемы легко снимаются и подключаются вновь, что позволяет сэкономить время и избежать возможных ошибок при повторном подключении (см. также стр. 54 и 71).

Электронный блок выключателей оснащен датчиками для считывания крутящего момента, вибраций и температуры в устройстве. Эти данные с отметкой о времени сохраняются и обрабатываются в блоке управления AC и применяются для создания графика профилактического технического обслуживания (см. также стр. 26).

Подробнее смотрите на страницах 51 и 68.

4 Присоединение к арматуре

Стандарты EN ISO 5210 и DIN 3210 для многооборотных приводов SA. Стандарт EN ISO 5211 для неполнооборотных приводов SQ. Соединительная втулка поставляется в различных исполнениях. Смотрите также страницу 52.



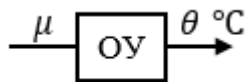
6 Пусковая аппаратура

В стандартном исполнении реверсивные пускатели используются для включения и отключения электродвигателя. Если регулирующие приводы осуществляют большое количество переключений, рекомендуется

использовать не подверженные износу тиристорные блоки

Наша СУ состоит из 4 основных элементов: ИМ, ОУ, датчик, регулятор. Везде на схемах нужно подписать от (t) .

1) ОУ



$$T_0 \frac{d\theta(t)}{dt} + \theta(t) = K_{oy}\mu(t) - K_1 f(t)$$

$\theta(t)$ – температура печи $[\text{°C}]$

T_0 – постоянная времени печи, $[\text{с}]$

K_0 – коэффициент передачи печи

$$K_{oy} \left[\frac{\text{°C}}{\text{см}} \right] = \frac{\Delta\theta}{\Delta\mu}$$

μ – линейное перемещение клапана, $[\text{см}]$

f – возмущающее воздействие на объект регулирования

K_1 – коэффициент передачи по возмущению, $\left[\frac{\theta}{\%} \right]$

Далее необходимо применить преобразования Лапласа, которые позволяют перейти от решения системы дифференциальных уравнений к решению системы алгебраических уравнений:

$$L \left\{ T_0 \frac{d\theta(t)}{dt} + \theta(t) \right\} = L \{ K_{oy}\mu(t) - K_1 f(t) \}$$

$$\frac{d}{dt} = s$$

$$\theta(t) \rightarrow \theta(s)$$

$$f(t) \rightarrow F(s)$$

$$\text{тогда имеем: } T_0 s \theta(s) + \theta(s) = K_{oy}\mu(s) - K_1 F(s)$$

$$\underbrace{\theta(s)}_{\text{ВЫХОД}} (T_0 s + 1) = K_{oy} \underbrace{\mu(s)}_{\text{ВХОД}} - K_1 F(s)$$

$$W_{oy}(s) = \frac{\theta(s)}{\mu(s)} = \frac{\text{ВЫХОД}}{\text{ВХОД}} = \frac{K_{oy}}{T_0 s + 1}$$

Все тепловые процессы – объекты инерционные, обладают большим внутренним полезным объёмом, т.е. при расходе топлива в горелке не сразу начинает меняться температура в печи (и датчиком фиксироваться тоже не сразу), поэтому при описании модели звено запаздывания и передаточная функция будет:

$$W_{oy}(s) = \frac{\theta(s)}{\mu(s)} = \frac{K_{oy}}{T_0 s + 1} \cdot e^{-\tau s}$$

$\tau = 0,5 \text{ с}$ – постоянная времени запаздывания печи (может варьироваться числовое значение по согласованию с преподавателем).

2) Датчик температуры (на выходе $\Delta U(t)$)

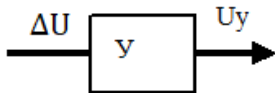


$$\Delta U(t) = K_2 \cdot \theta(t)$$

$$L\{\Delta U(t)\} = L\{K_2 \cdot \theta(t)\}$$

$$W_{\text{д}}(s) = \frac{\Delta U(s)}{\theta(s)} = K_2$$

3) Усилитель



$$W_y(s) = \frac{U_y(s)}{\Delta U(s)} = K_3 = \text{синонимично П – регулятору, поэтому можно написать} = K_{\text{п}}$$

4) Исполнительный механизм (на входе $U_y(t)$, на выходе $\mu(t)$)



$$T_{\text{дв}} \frac{d^2 \mu(t)}{dt^2} + \frac{d\mu(t)}{dt} = K_4 \cdot U_y(t)$$

$$K_4 = K_{\text{дв}} \cdot K_{\text{ред}} \cdot K_{\text{кл}}, \left[\frac{\text{см}}{\text{В} \cdot \text{с}} \right]$$

$$T_{\text{дв}} s^2 \mu(s) + s \mu(s) = K_4 \cdot U_y(s)$$

$$L\{T_{\text{дв}} s^2 \mu(s) + s \mu(s)\} = L\{K_4 \cdot U_y(s)\}$$

$$\mu(s)(T_{\text{дв}} s^2 + s) = K_4 \cdot U_y(s)$$

$$W_{\text{ИМ}}(s) = \frac{\mu(s)}{U_y(s)} = \frac{K_4}{T_{\text{дв}} s^2 + s} = \frac{K_4}{(T_{\text{дв}} s + 1)s}$$

Найдём общую передаточную функцию разомкнутой СУ $W_{\text{р.к.}}(s)$ или разомкнутого контура (для этого просто перемножаются все $W(s)$):

$$W_{\text{р.к.}}(s) = \frac{K_{\text{р.к.}}}{(T_{\text{дв}} s + 1)(T_{0y} s + 1)s}$$

$$\text{Где } K_{\text{р.к.}} = K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_{0y}$$

Передаточная функция замкнутого контура обозначается как $\Phi(s)$. Применяется правило приведения схемы к эквивалентному виду при отрицательной ОС.

$$\Phi(s) = \frac{W_{p.k.}(s)}{1 + W_{p.k.}(s)} = \frac{K_{p.k.}}{(T_{дв}s + 1)(T_0s + 1)s + K_{p.k.}}$$

Структурная схема САР температуры в печи:

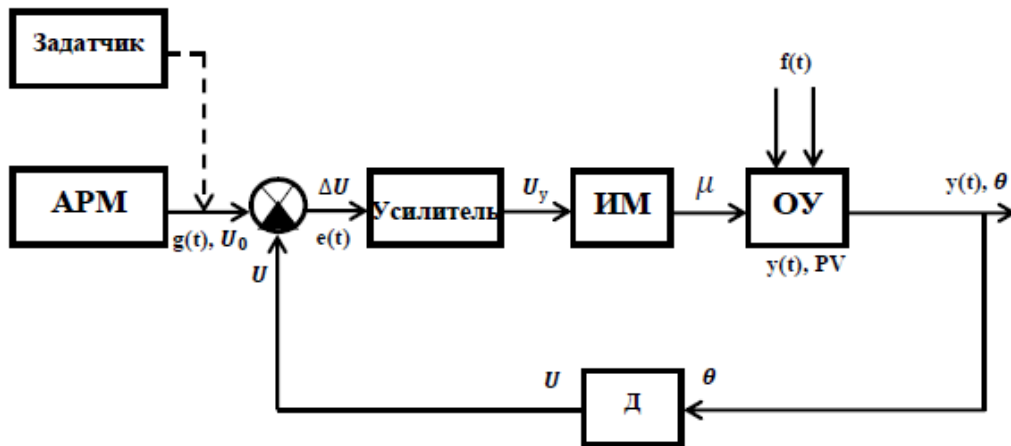
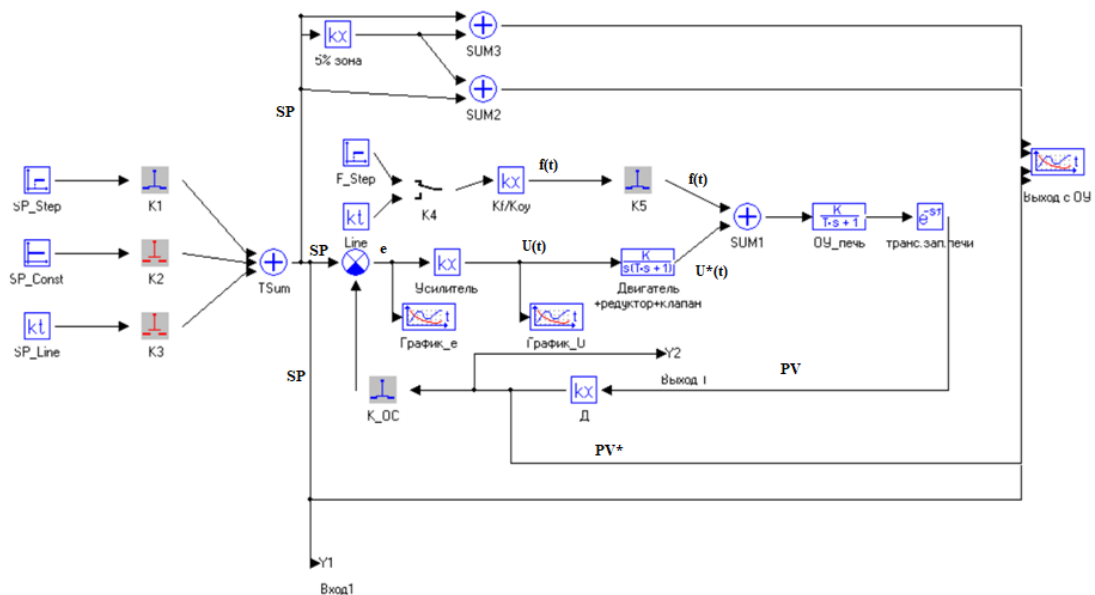


Схема в МВТУ (подпишите дополнительно сигналы согласно буквенным обозначениям выше, представленным в уравнениях):



$PV = PV^* = y(t)$ = целевой параметр = управляемое воздействие

$SP = g(t)$ = задающее воздействие

$U(t) = U^*(t)$ = управляющее воздействие

e = сигнал рассогласования

$f(t)$ = возмущающее воздействие

Содержание отчета и ход работы:

Работа состоит из 2 основных частей.

Часть 1. Все формулы оформляем в редакторе формул, а не фото своей тетрадки вставляем.

1. Цель работы
2. В ходе занятия вы зарисовали схемы структурную и электрическую (мостовую) для исследуемого ОУ. Необходимо их вставить в отчет.
3. Ответить на вопросы, вставить материал по стр 4-6.
4. Записать все формулы, обозначения, пояснения к формулам, которые вы писали на практических занятиях (все, что записали на практике, необходимо вставить в отчет).
5. Представить в отчете итоговое уравнение зависимости температуры на выходе из печи от всех элементов структурной схемы.
6. Представить ваши исходные данные для работы по варианту.
7. В отчете расписать все передаточные функции, которые вы рассчитывали (брать исходные данные для расчета согласно своему варианту).
8. Рассчитать устойчивость системы по Гурвицу (подробно в отчете расписывать все, что вы считаете). Сделать вывод об устойчивости или не устойчивости по Гурвицу. *Вспоминая материал осени, посмотрите, для какой системы считается устойчивость: замкнутой или разомкнутой.*
9. Произвести все необходимые промежуточные расчеты для построения ЛАЧХ и ФЧХ (подробно в отчете расписывать все, что вы считаете и зачем). *Чертя от руки и в дальнейшем в MBTU частотные характеристики исключите звено запаздывания, которое присутствует при описании вашего ОУ.*
10. Начертить ЛАЧХ и ФЧХ для своей системы, указать все частоты, наклоны, запас по амплитуде, запас по фазе. Сделать вывод об устойчивости или не устойчивости по запасу по Амплитуде и запасу по фазе.
11. Сделать вывод статическая или астатическая система у вас и почему. *Для этого посмотрите записи к Работе 2 (желаемые типы ЛАХ в зависимости от статичности и астатичности СУ).*
12. Согласно таблице типовых внешних воздействий, подаваемых на объект, и ошибок, которые при этом будут в системе, рассчитать статические ошибки ($e_{уст}$) при подаче различных типовых воздействий на ОУ. Это согласно таблице, которую лектор выдала вам в распечатке (или дала сфотографировать)!!!! Т.е. **заранее ДО моделирования необходимо рассчитать $e_{уст}$ при 2-х типовых воздействиях (ступенчатом и линейном) по заданию и по возмущению.**

!!!!!! Результаты по пунктам 8-12 далее необходимо по итогам моделирования сравнить с результатами работы в MBTU (результаты должны совпадать/почти совпадать, отличия пояснить).

Часть 2

13. В MBTU необходимо собрать схему исследуемого процесса, согласно своему варианту. *Образец схемы представлен в материалах ранее. Пример итоговой схемы в MBTU представлен далее.*

14. Необходимо знать и понимать, почему схема составлена именно таким образом, т.е. за что отвечает каждый из элементов, где какой сигнал идет и как этот сигнал называется. *Далее на скриншоте схемы в отчете необходимо подписать сигнал и обвести и подписать элементы схемы.*

В качестве исходных данных можно принять для ступенчатых сигналов по уставке и по возмущению:

$SP_Const = 0^{\circ}C$, SP_Step = скачок уставки в динамике от $0^{\circ}C$ до $250^{\circ}C$ в момент времени 0,5 сек;

$F_Const = 0$ кг/ч, F_Step = ступенчатый сигнал по возмущающему воздействию в динамике от 0 кг/ч до 5 кг/ч в момент времени 0,5 сек;

+ линейно нарастающий сигнал (в качестве скорости сигнала, угла наклона нарастающей линии принимается угол, который вы взяли при расчете ошибок в пункте 12. Если пункт 12 пока не выполняли, то можно принять значения по умолчанию в МВТУ, сохранить скриншот блока имитации линейно нарастающей уставки и в последствии эти значения использовать в расчетах ошибок).

Другие типы сигналов (с постоянным ускорением, гармонический) не рассматриваем в этой работе.

15. Опыт 1. Проверка по задающему воздействию: Проверим, как обрабатывает настроенный П-регулятор (усилитель) задающее воздействие (т.е. возмущающее воздействие на ОУ не действует в данный момент опыта). Задающее воздействие может быть различного типа, мы подадим ступенчатое (не обязательно единичное). Снимаем график переходной функции (обсчитываем ее), снимем график сигнала рассогласования (ошибки управления), график управляющего воздействия.

Вопрос: есть ли статическая ошибка в данном опыте и почему?

Вопрос: Каких видов воздействия можно подавать на вход модели по задающему и возмущающему воздействиям (приведите примеры по своей специальности)?

16. Опыт 2. Проверка по возмущающему воздействию: Проверим, как обрабатывает настроенный П-регулятор (усилитель) возмущающее воздействие. Снова отмечу, что воздействие может быть различного типа. Снимаем график переходной функции (обсчитываем ее), снимаем график сигнала рассогласования (ошибки регулирования), графики возмущающего и управляющего воздействий. Уставка (задающее воздействие) при этом $SP_Const = 0^{\circ}C$. Точка приложения возмущения – перед ОУ.

Вопрос: есть ли статическая ошибка в данном опыте и почему?

!!!Сравнить результаты опытов 1 и 2 с теми значениями ошибок, которые вы рассчитали по таблице (см. пункт 12).

17,18. Прodelать пункты 15, 16 с линейно нарастающим сигналом. Ответить на те же самые вопросы, опираясь на таблицу ошибок.

19. Вы знаете несколько способов проверки СУ на устойчивость.

Проанализировать устойчивость системы **способом 1**. Построить в МВТУ ЛАЧХ и ФЧХ исследуемой СУ. На полученных частотных характеристиках найти все виды частот, наклоны ЛАХ и запасы по фазе и амплитуде. *Напоминаю, что частотные характеристики строите при убранном*

звене запаздывания, которое присутствует при описании вашего ОУ, чтобы исключить буферизацию переменной в звене запаздывания.

!! Чуть ранее в п.9-10 вы чертили ЛАЧХ и ФЧХ вручную. Результаты пункта 19 (т.е. ЛАХ и ФЧХ, полученные в МВТУ) совпали с тем, что вы чертили вручную на практике и отчете? Показать совпали или не совпали в отчете.

Сделать вывод об устойчивости или не устойчивости по ЛАЧХ И ФЧХ.

20. Проанализировать устойчивость системы **способом 2** (по корням характеристического уравнения замкнутого контура). Данный способ описывался в ЛР 4 (можно посмотреть в методич.указаниях за прошлый семестр). Далее краткая выдержка.

Напоминание:

Для начала необходимо вычислить корни характеристического уравнения ЗАМКНУТОЙ СУ. Для этого в горизонтальном меню выбрать «Анализ», в вертикальном «Передаточные функции». В раскрывшемся окне нажать кнопку «Расчет». В окне «Результаты расчета параметров передаточных функций» среди полюсов (корней характеристического уравнения) выбрать корень с максимальной действительной частью. Например, у меня получилось вот так:

ПОЛЮСЫ И НУЛИ		
Номер	Полюсы	Нули (Вход - Выход)
N°	Re+ <i>j</i> Im	
1	-0.2749 +0.1332 <i>j</i>	
2	-0.2749 -0.1332 <i>j</i>	
3	-0.2753 +0.06471 <i>j</i>	
4	-0.2753 -0.06471 <i>j</i>	
5	-16.67	
6	-16.67	

Все корни характеристического уравнения имеют отрицательные вещественные части, следовательно, данная система устойчива. Сопряженные корни расположены достаточно близко к мнимой оси на расстоянии $\sigma = -0,2749$. Эта величина характеризует корневую степень устойчивости.

Кстати по абсолютному значению σ можно приблизительно оценить время переходного процесса или время регулирования другими словами (вы нашли это время в опытах 1 и 2 данной работы):

$t_{пп}$ или $t_{рег} \approx \frac{3}{|\sigma|} \approx 12$ сек. (у меня получилось 12 сек, у вас др. время)

!!! Посчитайте и вы приблизительное время по данной формуле, совпало ли оно со временем регулирования, которое вы рассчитали в опытах 1 и 2?

!!!! Результаты пункта 20 совпали с выводом об устойчивости системы в пункте 19? Оба этих опыта совпали с выводом об устойчивости по методу Гурвица (см. пункт 8)?

Сделать вывод об устойчивости или не устойчивости САР.

21. Проанализировать устойчивость САР **способом 3** по критерию Найквиста (по построенному годографу).

Сделать вывод об устойчивости или не устойчивости САР.

П.с.: конечно, если все сделано правильно на каждом шаге вашей работы (начиная с практического занятия, то все результаты будут совпадать). Если нет, ищите ошибки, коллеги!

	Признак	$g(t) = g_0$	$g(t) = g_1 t$	$g(t) = \frac{g_2}{2} t^2$	$g(t) = g_k \sin \omega_k t$
Статическая система (ЛАХ тип III, начальный наклон 0 дБ/дек)	Отсутствие интегратора в передаточной функции разомкнутого контура	$e_{уст} = \frac{g_0}{1 + K_{р.к.}}$ $e_{уст} = C_0 g(t)$ $C_0 = \frac{1}{1 + K_{р.к.}} \neq 0$	$e_{уст}(t) \text{ линейно возрастает (убывает), стремится к } \pm \infty$ $e_{уст} = C_0 g(t)$ $C_0 \neq 0$	$e_{уст}(t) \text{ квадратично возрастает (убывает), стремится к } \pm \infty$ $e_{уст} = C_0 g(t)$ $C_0 \neq 0$	$e_{уст} = \frac{1}{ W_{р.к.}(j\omega_k) }$ $ W_{р.к.}(j\omega_k) = \sqrt{P^2(\omega_k) + Q^2(\omega_k)}$ $W_{р.к.}(j\omega_k) = P(\omega_k) + jQ(\omega_k)$
Система с астатизмом 1-го порядка (ЛАХ тип I, начальный наклон -20 дБ/дек)	Наличие одного интегратора в передаточной функции разомкнутого контура	$e_{уст} = 0$ $e_{уст} = C_0 g(t) + C_1 g'(t)$ $C_0 = 0; C_1 = 0$	$e_{уст}(t) = \frac{g_1}{K_{р.к.}} = Const,$ $K_{р.к.} - \text{добротность по скорости } (K_V = [c^{-1}])$ $e_{уст} = C_0 g(t) + C_1 g'(t)$ $C_0 = 0;$ $C_1 = \frac{1}{K_{р.к.}} \neq 0$	$e_{уст}(t) \text{ линейно возрастает (убывает), стремится к } \pm \infty$ $e_{уст} = C_0 g(t) + C_1 g'(t)$ $C_0 = 0; C_1 \neq 0$	$e_{уст} = \frac{1}{ W_{р.к.}(j\omega_k) }$
Система с астатизмом 2-го порядка (ЛАХ тип II, начальный наклон -40 дБ/дек)	Наличие двух интеграторов в передаточной функции разомкнутого контура	$e_{уст} = 0$ $e_{уст} = C_0 g(t) + C_1 g'(t)$ $C_0 = 0; C_1 = 0$	$e_{уст} = 0$ $e_{уст} = C_0 g(t) + C_1 g'(t)$ $C_0 = 0; C_1 = 0$	$e_{уст}(t) = \frac{g_2}{K_{р.к.}},$ $K_{р.к.} - \text{добротность по ускорению } (K_\varepsilon = [c^{-2}])$ $e_{уст} = C_0 g(t) + C_1 g'(t)$ $C_0 = 0;$ $C_1 = \frac{1}{K_{р.к.} t} \neq 0$	$e_{уст} = \frac{1}{ W_{р.к.}(j\omega_k) }$

