

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ

Краткие теоретические сведения

Двухпозиционные регуляторы

Позиционной называют САУ, в которой управляющее воздействие на объект ступенчато изменяется в зависимости от уровня ошибки.

Соответственно, **позиционным** называют закон регулирования, когда управляющее воздействие на объект принимает ряд постоянных дискретных значений (изменяется ступенчато) в зависимости от ошибки системы.

Двухпозиционными называются регуляторы, выходной сигнал u которых (сигнал управления) имеет два фиксированных значения, и переход с одного на другое происходит скачком.

Позиционные регуляторы обязательно включают в себя так называемые элементы прерывного действия, а именно, релейные элементы. Статические характеристики, связывающие входной и выходной сигналы наиболее распространенных релейных элементов, приведены на рис. 33. Реле с характеристикой на рис. 33 *а* называют **идеальным**, с характеристикой на рис. 33 *б* – реле с **зоной неоднозначности** ($\pm a$).

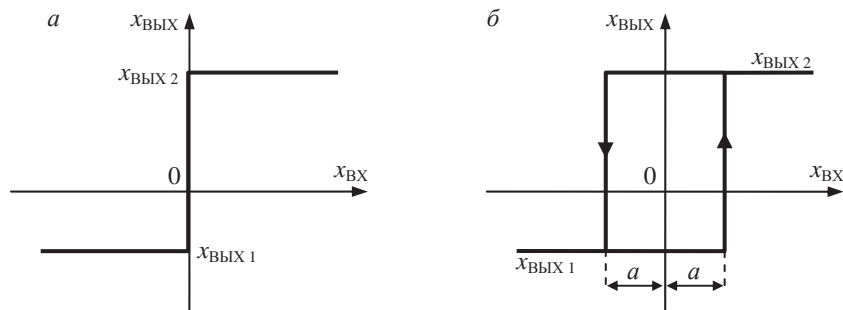


Рис. 33. Статические характеристики релейных элементов: идеального (а) и с зоной неоднозначности (б)

В двухпозиционных регуляторах под **входным сигналом** $x_{\text{ВХ}}$ понимается отклонение регулируемой величины от заданного значения $x_{\text{ЗАД}}$, т. е. сигнал ошибки e , а под **выходным сигналом** $x_{\text{ВЫХ}}$ – управляющий сигнал u .

Обычно двухпозиционные регуляторы работают следующим образом: полностью прекращают приток вещества или энергии к объекту регулирования при превышении регулируемой величины заданного уровня $x_{\text{ЗАД}}$ и полностью восстанавливают этот приток при отклонении регулируемой величины от заданного уровня $x_{\text{ЗАД}}$ в меньшую сторону. Сигнал управления $x_{\text{ВЫХ}}$ имеет при этом лишь два значения: $x_{\text{ВЫХ}1}$ и $x_{\text{ВЫХ}2}$ (рис. 33). Одно из значений выходного сигнала двухпозиционного регулятора в этом случае соответствует отключенному состоянию реле, а второе – включенному.

Примерами позиционных САУ являются системы регулирования температуры в холодильнике, температуры подошвы утюга. Эти системы являются двухпозиционными, поскольку управляющее воздействие на объект принимает два значения. Например, при пониженной температуре подошвы утюга питание нагревательного элемента включается, при повышенной температуре – выключается.

В сельском хозяйстве позиционное регулирование применяется в системах регулирования микроклимата в животноводческих помещениях, регулирования температуры инкубаторов, температуры теплоносителя зерновых сушилок и т. д.

Рассмотрим работу двухпозиционной САУ на примере САУ температуры сушильной камеры с одним нагревательным элементом ЕК. Принципиальная схема двухпозиционной САУ изображена на рис. 34, ее структурная схема – на рис. 35.

При составлении структурной схемы нагреватель ЕК отнесен к объекту управления. Коэффициент передачи датчика перенесен в релейную характеристику регулирующего блока, поэтому сигнал ошибки e имеет размерность температуры.

Воздух в сушильной камере нагревается элементом ЕК. Температура воздуха θ регулируется двухпозиционным регулятором А. При включении системы температура в камере меньше заданной $\theta_0 < \theta_{\text{ЗАД}}$, сигнал ошибки положителен и превышает половину зоны неоднозначности a : $e = \theta_{\text{ЗАД}} - \theta_0 > a$. Реле на выходе регулирующего блока А включается, и его замыкающий контакт А включает

магнитный пускатель КМ, который своими контактами запитывает нагревательный элемент ЕК. Начинается нагрев камеры. При повышении температуры до заданной $\theta_{\text{зад}}$ плюс половина зоны неоднозначности a , когда сигнал ошибки станет равен $e = -a$, реле на выходе регулирующего блока выключится, контакт А разомкнется, магнитный пускатель КМ выключится и обесточит нагревательный элемент ЕК. В результате температура в сушильной камере начнет снижаться. Реле снова включится, когда сигнал ошибки станет равен $e = +a$.

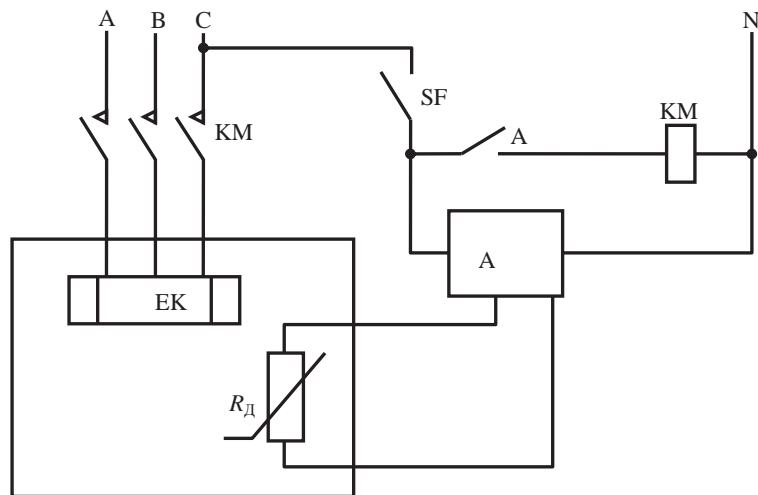


Рис. 34. Принципиальная схема двухпозиционной САР температуры сушильной камеры: ЕК – нагревательный элемент; А – регулирующий блок, $R_{\text{д}}$ – датчик (термометр сопротивления); А – контакт выходного реле регулирующего блока

Процесс нагрева и охлаждения воздуха в сушильной камере повторяется. Таким образом, в сушильной камере устанавливается режим периодического нагрева и охлаждения.

Такие установившиеся режимы работы называются **автоколебательными**. Процесс регулирования температуры в сушильной камере после включения САР температуры изображен на рис. 36.

Размах автоколебаний больше ширины зоны неоднозначности $2a$, что обусловлено **инерционностью** датчика и объекта управления. В нашем примере за счет инерционности датчика изменение

сигнала ошибки $e(t)$ отстает по времени от изменения температуры в камере $\theta(t)$, поэтому реле срабатывает позже. Кроме того, снижение (повышение) температуры начинается не сразу после срабатывания реле, а после того, как нагревательный элемент несколько охладится (нагреется).

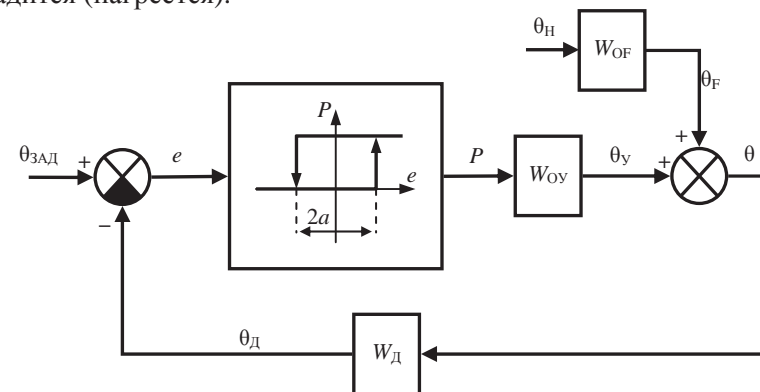


Рис. 35. Структурная схема двухпозиционной САР температуры сушильной камеры: $\theta_{\text{зад}}$ – заданная температура; e – сигнал ошибки; P – мощность нагревателя; $\theta_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха (возмущающее воздействие); $\theta_{\text{ф}}$ – приращение температуры в камере за счет изменения наружной температуры; θ_{y} – приращение температуры в камере от работы нагревателя; θ – температура в камере; $\theta_{\text{д}}$ – сигнал датчика; $2a$ – ширина зоны неоднозначности регулятора; $W_{\text{ОУ}}$ – передаточная функция сушильной камеры по управляющему воздействию; $W_{\text{ОФ}}$ – передаточная функция сушильной камеры по возмущающему воздействию; $W_{\text{Д}}$ – передаточная функция датчика

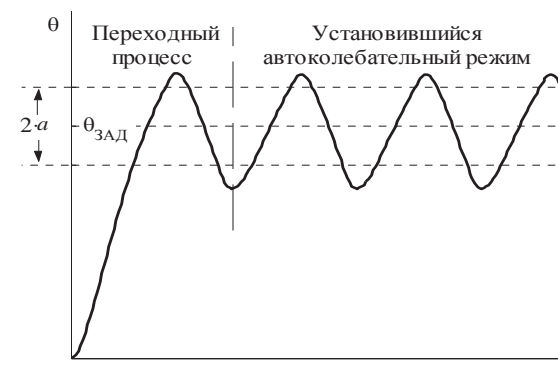


Рис. 36. Процесс регулирования температуры в сушильной камере, обеспечиваемый двухпозиционной САР

При увеличении задающего воздействия (в нашем случае температуры $\theta_{\text{зад}}$) автоколебания несколько смещаются вверх, при снижении – вниз. При увеличении возмущающего воздействия (в нашем случае температуры наружного воздуха $\theta_{\text{н}}$) изменяется период и форма автоколебаний, а также скважность импульсов включения/отключения регулятора.

Показателями качества регулирования для двухпозиционных САУ являются *отклонение регулируемой величины от заданного значения* (в нашем примере от заданной температуры $\theta_{\text{зад}}$) и *частота автоколебаний*. *Быстродействие* системы определяется временем установления автоколебаний.

Параметрами настройки регулятора являются заданное значение регулируемой величины (в нашем примере $\theta_{\text{зад}}$) и ширина зоны неопределенности $2a$.

Для исследования режимов работы позиционных САУ в настоящее время наиболее точным, удобным и наименее трудоемким методом является компьютерное моделирование, в процессе которого и определяются значения параметров настройки регулятора.

Трехпозиционные регуляторы

Трехпозиционными называются регуляторы, выходной сигнал и которых (сигнал управления) имеет три фиксированных значения, и переход от одного к другому значению происходит скачком (рис. 37). Принципиальная схема трехпозиционной САУ изображена на рис. 38, ее структурная схема изображена на рис. 39.

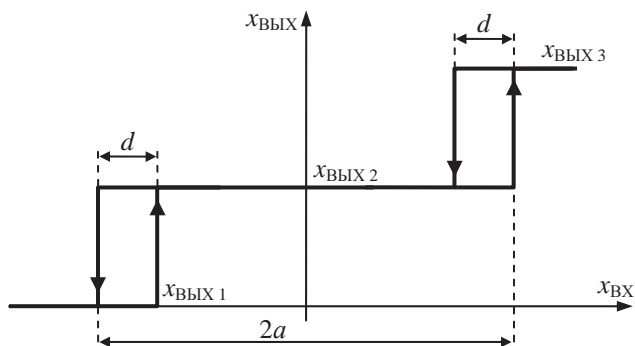


Рис. 37. Статическая характеристика трехпозиционного регулятора

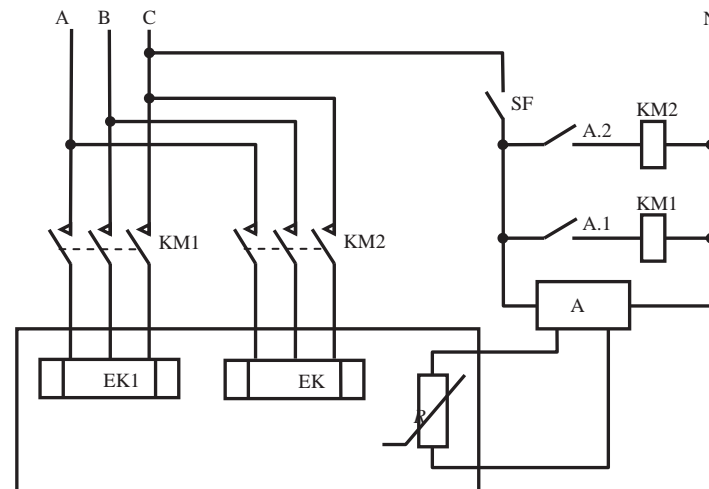


Рис. 38. Принципиальная схема трехпозиционной САУ температуры сушильной камеры: EK1, EK2 – нагревательные элементы; $R_{\text{д}}$ – датчик (термометр сопротивления); А – регулирующий блок; А.1, А.2 – контакты выходных реле регулирующего блока

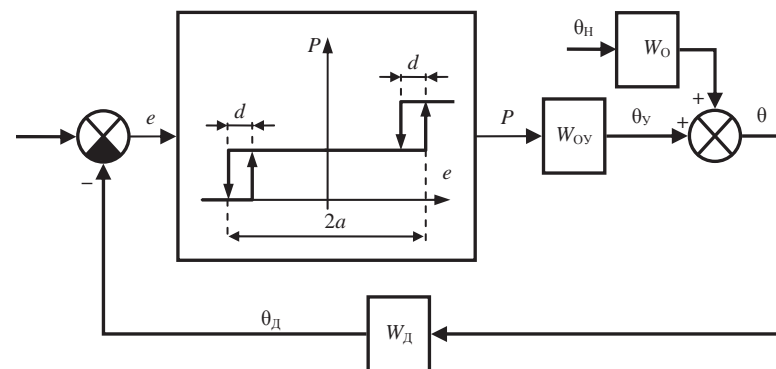


Рис. 39. Структурная схема трехпозиционной САУ температуры сушильной камеры: $\theta_{\text{зад}}$ – заданная температура; e – сигнал ошибки; P – мощность нагревателя; $\theta_{\text{д}}$ – сигнал датчика; $\theta_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха; $\theta_{\text{р}}$ – приращение температуры в камере за счет изменения наружной температуры; $\theta_{\text{у}}$ – приращение температуры в камере от работы нагревателя; θ – температура в камере; $2a$ – ширина зоны нечувствительности; d – зоны неоднозначности (дифференциалы); $W_{\text{ОУ}}$ – передаточная функция сушильной камеры по управляющему воздействию; $W_{\text{О}}$ – передаточная функция сушильной камеры по возмущающему воздействию; $W_{\text{Д}}$ – передаточная функция датчика

После включения системы срабатывают оба реле регулирующего блока А, поэтому пускатели КМ1 и КМ2 запитывают оба нагревателя ЕК1 и ЕК2. Температура в сушильной камере быстро растет.

Когда температура входит в зону нечувствительности $2a$ плюс дифференциал d , т. е. когда $\theta(t) \geq \theta_{зад} - (a - d)$, ошибка регулирования становится меньше $e \leq a - d$, и первое реле отключается, пускатель КМ1 обесточивает нагревательный элемент ЕК1. Далее возможны три варианта работы системы:

1. Если мощности второго нагревательного элемента ЕК2 *не хватает для дальнейшего повышения температуры или удержания его в зоне нечувствительности* (что может быть при достаточно низкой наружной температуре), температура в камере начинает снижаться. После выхода из зоны нечувствительности нагревательный элемент ЕК1 опять включится и температура начнет подниматься. В результате возникают автоколебания около нижней зоны неоднозначности d (рис. 40, график 1).

2. Если мощности второго нагревательного элемента ЕК2 *хватает для удержания температуры в зоне нечувствительности*, то в системе устанавливается статический режим (рис. 40, график 2).

3. Если мощности второго нагревателя ЕК2 *хватает для дальнейшего повышения температуры*, то после выхода температуры из зоны нечувствительности, т. е. при $\theta(t) \geq \theta_{зад} + a$, срабатывает второе реле, размыкается контакт А.2 и пускатель КМ2 обесточивает нагревательный элемент ЕК2. Температура начинает понижаться. После входа температуры в зону нечувствительности, т. е. при $\theta(t) \leq \theta_{зад} + a - d$, когда ошибка становится $e \leq a - d$, второе реле выключается, контакт А.2 замыкается, пускатель запитывает нагревательный элемент ЕК2, температура начинает повышаться. Возникает режим автоколебаний около верхней зоны неоднозначности d (рис. 40, график 3).

В работающей системе переход из одного режима в другой происходит при изменении возмущающего воздействия (в нашем примере – при изменении температуры наружного воздуха). При повышении θ_H автоколебания смещаются вверх, при понижении – вниз.

Если система неправильно разработана или настроена, например, при установке слишком узкой зоны нечувствительности,

в трехпозиционной системе могут возникать трехпозиционные автоколебания (рис. 41). При этом режим работы сходен с режимом работы двухпозиционной системы. Как правило, такая работа трехпозиционной системы неприемлема.

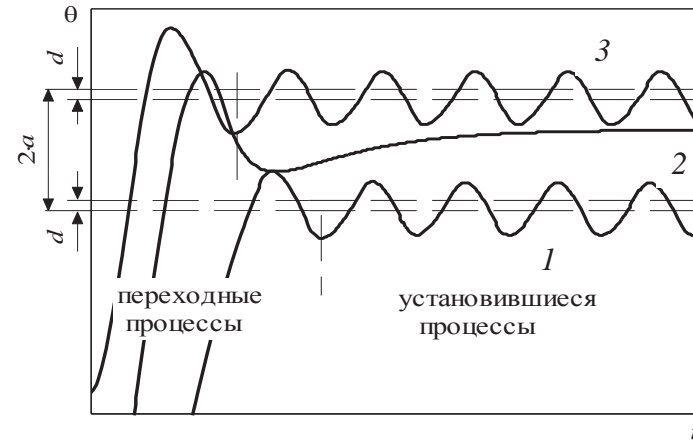


Рис. 40. Процесс регулирования температуры в сушильной камере, обеспечиваемый трехпозиционной системой: 1 – режим автоколебаний около нижней зоны неоднозначности d ; 2 – статический установившийся режим; 3 – режим автоколебаний около верхней зоны неоднозначности d

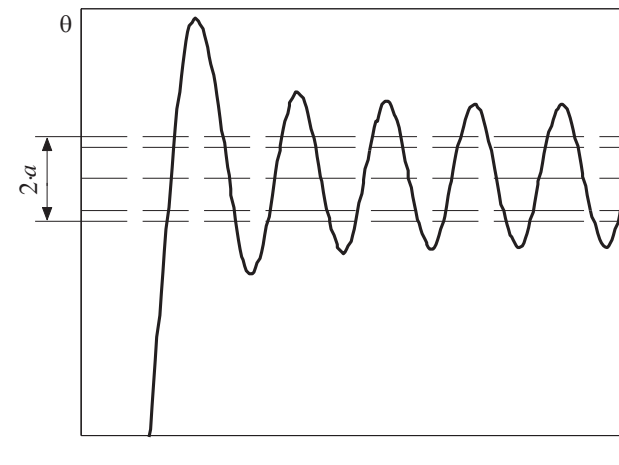


Рис. 41. Режим трехпозиционных автоколебаний в трехпозиционной системе

Параметрами настройки регулятора трехпозиционной системы являются **заданное значение** регулируемой величины (в нашем случае $\theta_{зад}$) и **ширина зоны нечувствительности** $2a$. В некоторых регуляторах можно также изменять **дифференциал** d .

Параметрами качества регулирования являются **отклонения** регулируемой величины от заданного значения, **частота** и **амплитуда** автоколебаний. **Быстродействие** системы определяется временем перехода системы в установившийся режим работы.

Практическая часть

1. Изучить электрическую принципиальную схему стенда "ПИД регулятор температуры".
2. Изучить краткую инструкцию на терморегулятор ТРМ210
3. Получить у преподавателя задание на вид и параметры режима регулирования и сигнализации.
4. Зарисовать в тетради электрическую принципиальную схему соединений соответствующую заданию. ПРИ ВЫКЛЮЧЕННОМ СТЕНДЕ собрать схему и представить ее преподавателю на проверку.
5. ПОСЛЕ РАЗРЕШЕНИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ включить стенд и произвести необходимую настройку регулятора ТРМ210 при нахождении его в режиме СТОП (индикатор СТОП светится).
6. С разрешения преподавателя перевести регулятор в режим RUN и записать в табличной форме изменение температуры для одного цикла регулирования.
7. Построить графические зависимости аналогичные приведенным в МУ и рассчитать основные характеристики регулятора.
8. Сделать заключение о возможности применения данного регулятора и изученного режима работы в известных технологических процессах. Оформить отчет и написать вывод.