**Астраханский Государственный Технический Университет**

**Кафедра автоматизации**

**технологических процессов**

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**по автоматизации технологических процессов и производств**

**на тему:**

**“Разработка комбинированной АСР температуры на выходе печи F02”**

**Выполнил: студент гр. ДИА-51 Досаев Р.Ж.**

**Руководитель: доц. Кантемиров В.И.**

**Астрахань 2009**

**Астраханский Государственный Технический Университет**

Кафедра Автоматизации технологических процессов

Дисциплина Автоматизация технологических процессов и производств

Специальность Автоматизация технологических процессов и производств

Курс \_\_\_V\_\_\_ Группа \_\_\_\_ДИА-51\_\_\_ Семестр \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_9\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ЗАДАНИЕ

на курсовой проект (работу) студента

\_\_Досаева Руслана

1. Тема проекта (работы) \_\_Расчет комбинированной автоматической системы регулирования температуры на выходе печи F02.

2. Срок сдачи студентом законченного проекта (работы) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3. Исходные данные к проекту (работе) \_\_Переходные функции объекта управления (печи F02) по каналам управления и возмущения\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов) Введение; 1.Описание технологической схемы; 2. Описание установки У-251; 3. Описание технологического процесса. 4. Анализ печи F02 как объекта управления; 5. Предварительный выбор системы регулирования; 6. Расчет системы регулирования; Заключение.

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей) Технологическая схема объекта управления; Переходные функции объекта по каналам управления и возмущения; Частотные характеристики объекта; Схема моделирования; Кривая настроек регулятора; КЧХ разомкнутой системы и компенсатора; Переходные процессы.

6. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Студент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Досаев Р.Ж.

подпись (ф.и.о.)

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ доц., к.т.н. Кантемиров В.И.

подпись (ф.и.о.)

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

Введение

1. Описание технологической схемы

1.1 Назначение

1.2. Химические реакции

2. Описание установки У-251

3. Описание технологического процесса каталитической части Клауса

4. Анализ печи F02 как объекта управления

5. Расчёт частотных характеристик объекта регулирования

6. Предварительный выбор системы регулирования

7. Расчет и исследование системы регулирования

Заключение

Список литературы

**Введение**

**Назначение завода**

Астраханский газоперерабатывающий завод (II очередь строительства) предназначен для переработки пластового газа Астраханского газоконденсатного месторождения в количестве 7,2 млрд. м3/год с получением товарных продуктов:

- сера газовая, тыс. тонн -- 2250;

- газ товарный, млрд. м3 -- 3,5;

- сжиженные газы, тыс. тонн -- 182;

- стабильный конденсат, тыс. тонн -- 120.

АГПЗ-2 состоит из следующих установок:

1. Установка сепарации пластового газа высокого давления У-271.

В состав установки входит 5 линий производительностью 1,5 млрд. м3/год отсепарированого газа каждая.

2. Установка очистки газа от кислых компонентов (H2S, CO2) У-272 в количестве 4-х, каждая производительностью 1,5 млрд. м3/год.

3. Установка осушки и отбензинивания газа У-274. В состав установки входят две полулинии производительностью 2,1 млрд. м3/год каждая.

4. Установка получения серы У-251 в количестве четырех, производительностью каждая 625 тыс. тонн в год серы.

5. Установка хранения жидкой серы У-254. В составе четырех железобетонных ям емкостью по 500 м3 каждая.

6. Механизированный склад комовой серы У.2.853 производительностью 1,3 млн. тонн комовой серы.

7. Установка грануляции серы со складом У.2.860 производительностью 1000 тыс. тонн/год гранулированной серы.

8. Установка стабилизации конденсата и обработки сточных вод У-220. В состав установки входят две полулинии общей производительностью 3660 тыс. тонн/год по нестабильному конденсату и две полулинии общей производительностью 400 м3/сут. по очищенным стокам.

9. Установка промывки и повторного компремирования газов конденсата У-241, состоящая из двух полулиний общей производительностью по очищенному газу 820 млн. м3/год.

10. Установка переработки и очистки широкой фракции легких углеводородов У.2.760 производительностью 310 тыс. т/год сжиженных газов.

11. Вспомогательные установки и объекты: азотно-кислородная станция, компрессорная воздуха КИП, установка подсобных средств, межцеховые коммуникации, операторная, замерный пункт товарного газа, главная понизительная подстанция, факельное хозяйство, установка для сжигания производственных отходов, расширение складов хранения сжиженных газов, нефтепродуктов и др. объектов.

Астраханский ГПЗ-2 разделен на два пусковых комплекса. Первый пусковой комплекс включает все вышеперечисленные установки кроме 3,4 У-272, 3,4 У-251, установки У2-760.

С целью обеспечить гибкую эксплуатацию первой и второй очереди завода между ними предусматриваются технологические соединительные трубопроводы.

**Краткое описание завода.**

Пластовый газ с промысла поступает с давлением 69 кгс/см2 на установку сепарации газа высокого давления У-271, где производится отделение от газа углеводородного конденсата и воды.

Состав сырья (пластового газа в % молях):

- метан -- 52,83

- этан -- 2,12

- пропан -- 0,82

- изобутан -- 0,15

- н-бутан -- 0,39

- пентан -- 0,45

- гексан -- 0,48

- гептан -- 0,38

- октан -- 0,38

- нонан -- 0,33

- декан с высшими углеводородами -- 1,49

- азот -- 0,40

- углекислый газ -- 13,96

- сероводород -- 25,37.

Отсепарированый газ с установки У-271 поступает на установки очистки от кислых компонентов У-272. Очистка газа от сероводорода и углекислого газа основана на абсорбции их 33% раствором диэтаноламина. Обессереный газ с установок очистки У-272 поступает на установку сушки и отбензинивания газа У-274, где газ осушается от влаги на цеолитах, а затем из газа извлекаются при температуре 1000С меркаптаны. Осушенный и очищенный газ затем компремируется до 55 кгс/см2 и через замерный пункт товарного газа направляется в магистральный газопровод.

Кислые газы с установок У-272 поступают на установки получения серы У-251. Получение серы происходит в отделениях «Клаус» и «Сульфрин». В отделениях «Клаус» осуществляется преобразование основного количества содержащегося в кислом газе сероводорода в элементарную серу в две стадии. Технологический процесс «Сульфрин» предназначен для преобразования в элементарную серу сероводорода и сернистого ангидрида, остающихся в остаточных газах отделений «Клаус».

Жидкая сера, полученная на установках получения серы У-251, направляется в емкости хранения У-254 и оттуда может быть откачена на получение гранулированной или комовой серы.

Сырой углеводородный конденсат, отсепарированый на установке У-271, поступает на установку У-221, где очищается от солей легких углеводородов и основного количества сероводорода и направляется на дальнейшую переработку на первую очередь завода для получения готовой продукции (бензина А-80, дизельного топлива, мазута).

Пластовая вода с установки сепарации У-271 поступает на очистку от механических примесей на установку У-265, затем поступает в отделение У-222, где обрабатывается соляной кислотой, натриевой щелочью, отгоняется от кислых компонентов и легких углеводородов и направляется на полигон для закачки в глубокие горизонты.

Газы стабилизации с установки У-221 и газ выветривания с установки У-272 направляется на установку промывки и повторного компремирования газов У-241.

Грубая очистка газов от кислых компонентов производится 33% раствором диэтаноламина. Компремированный газ с давлением 67 кгс/см2 с установки У-241 направляется на установку очистки газа от кислых компонентов У-272 для его тонкой очистки.

Широкая фракция легких углеводородов (ШФЛУ), содержащая сернистые соединения, поступает на установку переработки и очистки ШФЛУ 2.760. ШФЛУ разделяется на фракции С3-С4 и С5; последняя подается на производство переработки конденсата первой очереди. Фракция С3-С4 последовательно проходит очистку ДЭА и щелочью от остатков сероводорода и сероокиси углерода, затем очистку от меркаптанов раствором комплексного катализатора. Очищенная фракция С3-С4 промывается водой и осушивается от влаги на цеолитах, затем в колонне ректификации разделяется на пропан-бутановую и бутановую фракции. Последние в качестве товарных продуктов направляются на склад готовой продукции.

**1. Описание технологической схемы**

# Печь F02

Газы, выходящие из котла-утилизатора Е01, поступают на подогрев во вспомогательную печь F02. В этой печи за счет сжигания кислого газа (2% от общего количества), основной поток технологического газа смешивается и подогревается до 240-280 оС. Соотношение воздух/кислый газ выдерживается 4:1, тем самым достигается избыточное содержание SО2 в газе, необходимое для проведения реакций гидролиза в конверторе R01.

Розжиг печи и ее разогрев производится на топливном газе по линии FG, снабженной отсекателем 51UV041 и механическим регулятором 51РCV071, снижающим давление топливного газа с 6кгс/см2 до 1кгс/см2.

Контроль за расходом топливного газа осуществляется датчиком 51FТ048(51FI048), установленным по месту (у печи).

При температуре 240оC (51T014) и устойчивом горении печь F02 переводится на кислый газ. Подача кислого газа осуществляется через отсекатель 51UV046. Регулирование расхода осуществляется регулятором 51FС018 (клапан 51FV018).

Температура на выходе из печи F02 240-280 оC поддерживается регулятором температуры 51ТС015 изменением расхода воздуха клапаном 51ТV015. Расход воздуха регистрируется на экране монитора 51F019. Соотношение воздух/кислый газ поддерживается регулятором 51FF019.

Визуальный контроль за пламенем и состоянием футеровки печи осуществляется через смотровые окна. Окна оборудованы постоянным обдувом технологическим воздухом в период работы печи и азотом в период остановки. Переключение осуществляется автоматически трехходовым краном 51UV010. Автоматический контроль за пламенем осуществляется датчиком 51BSL003.

**1.1 Назначение**

Установка предназначена для получения элементарной серы из кислого газа, выделенного в процессе сероочистки природного газа на установках У272, У241, установок стабилизации конденсата У221, а также газа выветривания с установок У-222, У-265.

**1.2 Химические реакции**

Технологический процесс преобразования содержащегося в кислом газе сероводорода в элементарную серу, т.е. конверсии, основан на реакции Клауса:

2Н2S + SО2 = 3/nS + 2H2O + X ккал/моль

где n-количество атомов серы в молекуле, зависящее от температуры реакции (от 2 до 8).

Эта реакция осуществляется в два этапа: на первом этапе (термическом) поток кислого газа подается в печь реакции, где смешивается с воздухом и сжигается, при этом происходит окисление примерно 1/3 Н2S до SО2 при высокой температуре (900-1350 0С)

Н2S + 3/2 O2 = Н2О + SО2 + 124-138 ккал/ч

В печах реакции наряду с основными идут побочные реакции:

СО2 + Н2S = СОS + Н2О

СН4 +2S2 = 2Н2S + СS2

Степень конверсии в печах F01,F11 составляет около 55%.

На втором этапе (каталитическом) газ проходит два последовательно установленных каталитических конвертора, где две трети неокисленного Н2S реагируют с образующимся SО2 .

2Н2S + SО2 = 2Н2О + 3/nSn + 22,2 ккал/моль

Полученные на первом этапе сероорганические соединения подвергаются реакции гидролиза на катализаторе:

СS2 + 2Н2О = 2Н2S + СО2

СОS + Н2О = СО2 + Н2S

Степень конверсии после отделения Клаус увеличивается до 95%. Сера, получаемая на каждом этапе процесса, выделяется из реакционной среды путем конденсации, что позволяет перемещать равновесие реакции в направлении образования серы. Для очистки хвостовых газов отделения Клаус и увеличения степени конверсии по установке до 99,6% применяется процесс Сульфрин. Основой процесса является реакция Клауса на катализаторе (активированном глиноземе) при температуре 130-160 0С.

2Н2S+SO2 = 2Н2О + 3/nSn + 3500 ккал/моль

**2. Описание установки У-251**

Установка предназначена для получения элементарной серы из кислого газа, выделенного в процессе сероочистки природного газа на установках У272, У241, установок стабилизации конденсата У221, а также газа выветривания с установок У-222, У-265.

Установка состоит из:

1. Отделения Клаус, где путем прямого окисления в реакционных печах сероводорода до элементарной серы и SO2 (термическая часть) и дальнейших реакций Н2S и SO2 на слое катализатора (каталитическая часть) получается основной объем серы. В термической части выход достигает 55%, а в каталитической части - 40% от общего количества серы.

2. Отделения Сульфрин, где путем доочистки хвостовых газов на катализаторе (активированный глинозем высокого качества) достигается в целом по установке 99,6% извлечения серы из газа.

3. Печи дожига остаточных газов, где преобразуются в SO2 перед сбросом в атмосферу все сернистые соединения, имеющиеся на выходе отделения Сульфрин.

4. Узла дегазации жидкой серы, предназначенного для извлечения сероводорода, абсорбированного в сере, полученной в отделениях Клаус и Сульфрин.

Производительность каждой установки У-251 составляет:

77,17 т/час жидкой серы - номинальная, 88,77 т/час жидкой серы - максимальная.

Продукцией является сера техническая газовая, соответствующая ГОСТ 127-76.

**3. Описание технологического процесса каталитической части Клауса**

**Конвертор R01.**

Газы, подогретые в F02, проходят сверху вниз через слой катализатора конвертора R01, где происходят химические реакции с преобразованием Н2S и SО2 в серу и гидролиз COS, CS2. За счет реакций происходит повышение температуры до 350-365 оС.

Контроль за температурой катализатора по слоям - верхнем и нижнем, осуществляется термопарами с выводом показаний и регистрацией на щите операторной, точки ТR017, 018, 019, 020, 021, 022 и по цифровой консоли (ТI017, 018, 019, 020, 021, 022). Контроль за температурой газа на выходе из аппарата осуществляется датчиком (TI023).

На случай загорания серы и повышения температуры в аппарате предусмотрена подача пара VB во входной трубопровод R01.

**Теплообменник газ/газ - конденсатор-генератор Е02/Е03**

Продукты реакции из R01 поступают в трубное пространство Е02/Е03. Е02/Е03 представляет собой совмещенный аппарат. Е02 - теплообменник газ/газ. Е03 - конденсатор-генератор газ/вода.

В Е02 газы реакции охлаждаются до 325 оС (TI118) и поступают в Е03, где охлаждаются до 180 оС. Сконденсированная сера через два гидрозатвора по серопроводу поступает в яму Т01.

Для охлаждения газа в Е03 используется питательная вода ЕЕ, поступающая с У160 и подогретая в Е04 до 150 - 155 оС. Регулирование уровня осуществляется регулятором LRC025, клапан которого LV025 установлен на трубопроводе входа воды. Визуальный контроль осуществляется двумя стеклами "Клингера" LG024 и LG038. Расход воды осуществляется датчиком FТ022 с индикацией на щите операторной. Давление в аппарате контролируется датчиком РТ022 с выводом показаний и регистрацией на щите операторной PR022. При понижении уровня в аппарате ниже нормы срабатывает аварийная сигнализация LAL027 от контактора LSL027 и при дальнейшем падении уровня срабатывает контактор LSSS039 и происходит автоматическая остановка установки по блокировке LALL039.

Конденсатор Е03 имеет линию постоянной продувки котловой воды РС через лимитную шайбу 51FО050 с байпасом для залповой продувки конденсатора.

Из Е03 технологический газ поступает в межтрубное пространство Е02, где подогревается до 210-240 оC и поступает в конвертор 151R02.

Температура газа на входе R02 регулируется регулятором ТRС025 при помощи двух параллельно работающих клапанов TV025А/В, установленных на байпасной и входной линиях Е02 соответственно.

Теплообменник Е02 оснащен обогреваемым спускным трубопроводом с ручной задвижкой и гидрозатвором для вывода сконденсированной серы.

**Конвертор R02**

Технологические газы, поступившие из Е02 в R02 проходят сверху вниз через слой катализатора конвертора, где происходят химические реакции с преобразованием Н2S и SО2 в серу и повышением температуры до 260 оC за счет реакций. Контроль за температурой катализатора по слоям верхним и нижним осуществляется термопарами с выводом показаний и регистрацией на щит операторной, точки ТI 028, 029, 030, 031, 032, 033 и TI034 на выходе аппарата. На случай загорания серы и превышения температуры в аппарате предусмотрена подача пара VB во входной трубопровод R02.

**Экономайзер Е04**

Продукты каталитической реакции из R02 поступают в трубное пространство экономайзера Е04. Е04 - горизонтальный конденсатор-экономайзер, совмещенный с коагулятором В04. В Е04 технологический газ охлаждается до 130-140 оС, сконденсированная сера отводится через два гидрозатвора с низа В04 по серопроводу в Т01. В04 служит для сепарации капельной серы от газа за счет снижения скорости потока и отбойных сеток. Охлаждение газа осуществляется питательной водой, поступающей с У160.

Схемой питания водой 151Е04 предусмотрено снижение давления питательной воды и уменьшение разности температур входа и выхода воды, что создает "мягкий" режим для конструктивных частей аппарата и текучести серы. Снижение давления до 8-12кг/см2 осуществляется регулятором давления РС37Д, клапан которого TV37А установлен на линии входа воды в Е04. Контроль за давлением осуществляется по месту манометром и на щите операторной РI37Д. Подаваемая с У160 в ЕО4 питательная вода подогревается не ниже 120 оС за счет смешения с горячей водой от насосов P05-15.

Регулирование температуры питательной воды на входе в Е04 осуществляется клапаном TV037C, установленным на линии подачи горячей воды на смешение в линию питательной воды поступающей с У160.

Контроль температуры осуществляется по прибору TI120 на щите операторной. Клапан TV037В, установленный на байпасе Е04, управляется вручную со щита операторной. Количество рециркулируемой воды расчитано таким образом, что при всех режимах работы температура подогретой воды на выходе из Е04 составляет 150-155 оС. Регулирование температуры воды осуществляется регулятором ТRС126, клапан которого TV036 установлен на трубе возврата воды на У160.

Из В04 технологический газ поступает на доочистку в отделение Сульфрин. На трубопроводе после В04 установлен анализатор 51АТ002, измеряющий содержание Н2S и SО2 в отходящих газах. Предусмотрен байпас отделения Сульфрин - линия отходящих газов в печь F03 с клапаном PV025, автоматически управляемым со щита регулятором PRC025. Клапан открывается при превышении давления на выходе отделения Клаус выше 0,25 кг/см2.

**4. Анализ печи F02 как объекта управления**

FТГ

ТГ

СГ

R

ТКГ

ТтГ

ТГ

FВ

FГР

QПОТ

Fк

**Регулирующие воздействия:**

FВ – расход воздуха;

FГ - расход топливного газа;

Fк –расход кислого газа;

**Регулируемые параметры:**

R – разряжение;

ТГ – температура газа;

**Возмущающие воздействия:**

1. *Контролируемые:*

FТГ – расход технологического газа;

ТКГ – температура кислого газа;

ТтГ – температура топливного газа;

ТГ – температура технологического газа.

1. *Неконтролируемые:*

QПОТ – тепловые потери;

СГ – состав газа.

Температура в печи F02 является основным регулируемым параметром.

Основным регулирующим параметром является расход воздуха.

Для управления технологическим процессом установки У-251 применен программно-технический комплекс системы I/A SERIES фирмы Фоксборо (США).

В процессе ступенчатого изменения расхода воздуха был снят динамический процесс в печи по каналу управления.

Печь F02 как объект управления характеризуется:

* коэффициент усиления = 3 0С/%хро;
* чистое запаздывание = 0,8 мин;
* время переходного процесса =4 мин;

В процессе ступенчатого изменения расхода технологического газа был снят динамический процесс в печи по каналу возмущения.

Печь по каналу возмущения характеризуется:

* коэффициент усиления = 3,3 0С/%хро;
* чистое запаздывание = 2 мин;
* время переходного процесса = 10 мин;

Передаточные функции, получаем по методу Симою,



Здесь:



Передаточная функция по каналу управления:

Отсюда 

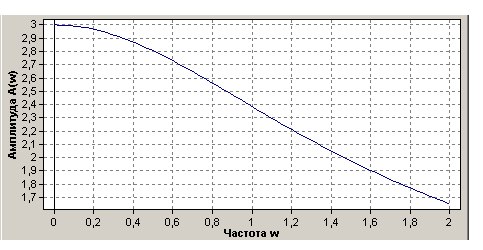
Передаточная функция по каналу возмущения:

Отсюда 

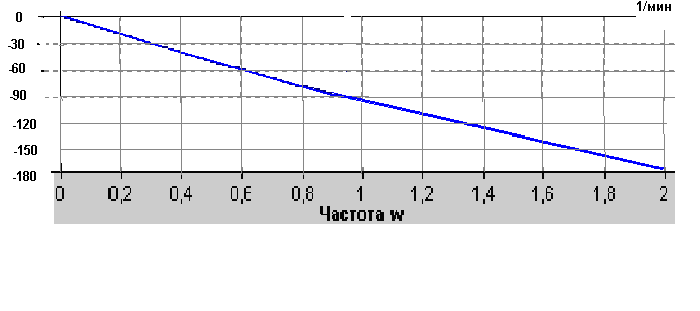
5.**Расчёт частотных характеристик объекта регулирования**

АЧХ объекта регулирования

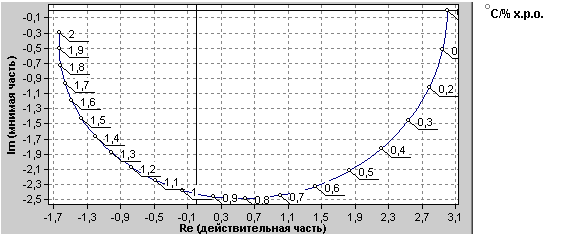
мин-1



ФЧХ объекта регулирования



КЧХ объекта регулирования



**6. Предварительный выбор системы регулирования**

Предварительно выбираем комбинированную систему регулирования температуры в печи F02 с компенсацией возмущения по каналу изменения расхода, поступающего в печь технологического газа. В качестве закона регулирования выбираем ПИ-закон, обеспечивающий астатическое регулирование достаточно высокого качества. Сигнал с устройства компенсации возмущения будем подавать на вход объекта управления.

**7. Расчет и исследование системы регулирования**

Расчёт одноконтурной системы регулирования.

Для данного технологического процесса является недопустимым выход регулируемого параметра из диапазона допустимых значений, так как в этом случае срабатывает аварийная блокировка и происходит остановка печи.

Таким образом, динамика переходного процесса более важна, чем время затухания процесса.

Рассчитаем настройки регулятора одноконтурной системы регулирования температуры в печи по каналу управления.

Соберем замкнутую систему управления, используя в ней ПИ-регулятор с параметрами, рассчитанными по методу Циглера-Никольса.

Для этого определим критические настройки П-регулятора.

При значении  переходный процесс становится незатухающим с периодом колебаний Tкр=3 мин, и частотой 

Отсюда находим:



Построим переходной процесс в системе при подаче управляющего воздействия:

Учитывая, что передаточная функция разомкнутой системы есть



Найдем передаточную функцию замкнутой системы по выражению  и построим АЧХ замкнутой системы:

Из АЧХ находим значение рабочей частоты р = 1,71 мин-1

### Расчет комбинированной АСР температуры на выходе печи F02

*Структурная схема комбинированной АСР при подаче компенсирующего сигнала на вход объекта*

*Преобразованная структурная схема комбинированной АСР при подаче компенсирующего сигнала на вход объекта*

Поскольку компенсирующее воздействие приложено ко входу ОУ, то передаточная функция идеального компенсатора находится в соответствии с выражением:



Как видно, компенсатор реализуем, поскольку он не содержит звеньев с отрицательным запаздыванием и порядок числителя передаточной функции не больше порядка знаменателя.

Поскольку идеальный компенсатор сложен в реализации, рассчитаем параметры реального компенсатора, частотные характеристики которого близки к характеристикам идеального в диапазоне частот от [0; 1,71] мин-1.

Реализуем его как колебательное звено и звено с запаздыванием.

Из условия инвариантности при нулевой частоте получаем, что коэффициент усиления компенсатора равен *k = 1,1.*

*Передаточная функция колебательного звена с запаздыванием имеет вид:*

*, где Т=0,81.*



Построим частотные характеристики полученного компенсатора и сравним их с требуемыми.

*АЧХ идеального и реального компенсаторов*

Точками на графиках показаны характеристики реального компенсатора, а сплошной – идеального.

*КЧХ идеального и реального компенсаторов*

Точками на графиках показаны характеристики реального компенсатора, а сплошной – идеального.

Значение КЧХ идеального и реального компенсатора на рабочей частоте:



Структурная схема комбинированной системы.

Построим переходной процесс в системе при подаче возмущающего воздействия, и сравним его с тем же процессом при отключенном компенсаторе.

*Переходной процесс в системе при подаче возмущения*

Оценим качество полученных переходных процессов:

*При отключенном компенсаторе:*

1. Время регулирования tр=40 мин;
2. Перерегулирование ;
3. Время достижения первого максимума: tmax=3 мин;
4. Квадратичный интегральный критерий качества:;

*При включенном компенсаторе:*

1. Время регулирования tр=35 мин;
2. Перерегулирование ;
3. Время достижения первого максимума: tmax=7 мин;
4. Квадратичный интегральный критерий качества:;

**Заключение**

Из полученных характеристик видно, что качество переходного процесса в комбинированной системе выше, чем в одноконтурной АСР. По показателям качества комбинированная АСР превосходит одноконтурную систему. Можно сделать заключение, что применение комбинированной АСР для данного объекта является целесообразным.

**Список использованной литературы**

1. Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами. М.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Регламент 3У151, 2005 г.
3. В.Ф. Комиссарчик Автоматическое регулирование технологических процессов. Учебное пособие.- Тверь, 2001.- 248с.