

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Индустрально-педагогический колледж
Отделение автоматизации информационных и технологических процессов

А. В. Зобин, Е. Н. Михайлова

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программе среднего профессионального образования по специальности 220703.51 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)

Оренбург
2012

УДК 681.584.7 (07)
ББК 32.96-04я7
3-78

Рецензент - доцент, кандидат технических наук Н. Ю. Глинская

Зобин, А. В.

3-78 Исследование системы автоматического управления : методические указания к курсовому проектированию / А. В. Зобин, Е. Н. Михайлова; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург : ОГУ, 2012. - 87 с.

Методические указания содержат анализ системы автоматического регулирования (САР): структурную схему САР; статические характеристики элементов системы; общую статическую характеристику цепи обратной связи; определение статической устойчивости САР; определение рабочей точки системы графическим путем; расчет динамического коэффициента регулирования; определение аналитического выражения работы САР и определение координат рабочей точки системы. Даются расчеты динамических параметров системы, передаточной функции системы и нахождения временной функции переходного процесса.

Методические указания предназначены для выполнения курсового проекта по дисциплине «Автоматическое управление» для студентов, обучающихся в колледжах по специальности 220703.51 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям) очной формы обучения.

УДК 681.584.7 (07)
ББК 32.96-04я7

© Зобин А. В.,
Михайлова Е. Н., 2012
© ОГУ, 2012

Содержание

Введение.....	4
1 Содержание курсового проекта.....	6
2 Срок выполнения курсового проекта, требования к его оформлению и защите.....	7
3 Составление функциональной схемы САУ.....	8
3.1 Основные понятия и определения.....	8
3.2 Классификация функциональных элементов.....	9
3.3 Классификация сигналов, действующих в САУ.....	10
3.4 Пример составления функциональной схемы.....	11
4 Функциональный анализ работы САУ.....	11
5 Анализ САУ по классификационным признакам.....	
5.1 Классификация САУ.....	12
5.1.1 По цели управления.....	12
5.1.2 По алгоритму управления.....	15
5.1.3 По закону регулирования.....	16
5.1.4 По виду обратной связи.....	17
5.1.5 По количеству регулируемых величин.....	17
5.1.6 По ошибке в установившемся режиме.....	18
5.1.7 По наличию вспомогательной энергии.....	18
5.1.8 По стабильности параметров системы.....	18
5.1.9 По виду сигналов управления.....	19
5.1.10 По математическим признакам.....	19
5.2 Пример анализа САУ по классификационным признакам.....	20
6 Анализ системы автоматического регулирования.....	20
6.1 Структурная схема системы автоматического регулирования.....	20
6.2 Статические характеристики элементов системы.....	20
6.3 Общая статическая характеристика цепи обратной связи.....	22
6.4 Определение статической устойчивости САУ.....	22
6.4.1 Определение рабочей точки системы графическим путем.....	22
6.4.2 Расчет динамического коэффициента регулирования.....	23
6.5 Определение аналитического выражения работы САУ.....	23
6.6 Определение координат рабочей точки системы.....	23
7 Расчет динамических параметров системы.....	24
7.1 Расчет передаточной функции системы.....	24
7.2 Нахождение временной функции переходного процесса.....	25
Список использованных источников.....	26
Приложение А Варианты задания на курсовой проект.....	27
Приложение Б Справочные данные элементов системы.....	51
Приложение В Пример выполнения курсового проекта.....	54

Введение

Работа любого технического устройства характеризуется одной или несколькими физическими величинами. Например, работа генератора характеризуется величиной напряжения; работа двигателя - угловой частотой вращения вала; паровой котёл - давлением пара; резервуар - уровнем жидкости и т.д. При решении производственных задач возникает необходимость поддерживать заданную физическую величину или, согласно технологическим требованиям, должным образом изменять её значение.

Главными причинами незапланированного изменения регулируемой величины обычно является изменение нагрузки и влияние внешних условий работы (температура, давление, вибрация и т. д.). Поэтому задача уменьшения отклонения регулируемой величины от заданной является основной задачей системы автоматического управления (САУ). Для решения этой задачи необходимо провести анализ работы САУ по принципиальной схеме и составить функциональную схему, по которой определяется назначение каждого устройства как функционального элемента САУ или, если сказать по-другому, определяется: какой элемент САУ на какой показатель качества управления влияет. Это позволит целенаправленно изменить работу соответствующего функционального элемента, чтобы улучшить качество управления.

Согласно государственному образовательному стандарту среднего профессионального образования и учебному плану, студенты колледжа специальности 220703.51 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям) изучают курс "Автоматическое управление". В ходе изучения дисциплины студенты должны выполнить курсовой проект, предусмотренный учебным планом, и представить его к защите в срок, предусмотренный отделением.

Курсовой проект является одной из форм самостоятельного творческого исследования студентом интересующей его проблемы, а также завершающим этапом изучения дисциплины.

При подготовке данного учебного издания авторы руководствовались письмом Минобразования России «О рекомендациях по организации выполнения и защиты курсового проекта по дисциплине в образовательных учреждениях среднего профессионального образования» от 05.04.33 № 16-52-55 ин/16-13.

Курсовой проект выполняется за счет времени, отводимого на изучение данной дисциплины, и в объеме, предусмотренном учебным планом для очной формы обучения [1].

Цель проекта - закрепление студентами знаний по курсу «Автоматическое управление» и приобретение навыков по расчету основных элементов системы, формирование у студентов навыков проведения самостоятельного исследования, умения анализировать отобранные источники, формулировать выводы и предложения по выбранной проблеме на основе изученных источников и литературы.

Студенту предоставляется возможность самостоятельно выбрать тему курсового проекта, определить необходимый круг источников и литературы по выбранной теме, оформить курсовой проект в соответствии с требованиями ОГУ [2].

Задачи курсового проекта:

- 1) расширение теоретических знаний по изучаемому курсу «Автоматическое управление»;
- 2) приобретение практических навыков работы с источниками и литературой по теме исследования;
- 3) обобщение и систематизация результатов исследования проблемы, содержащихся в научной литературе;
- 4) выявление дискуссионных теоретических вопросов в рамках исследуемой проблемы;
- 5) приобретение навыков обработки фактического материала, составления и оформления многостраничных текстовых документов с табличными вставками, приложениями и ссылками и их анализ.

1 Содержание курсового проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записки, графической части и презентации.

Пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями данных методических указаний и стандарта ОГУ СТО 02069024.101-2010.

Пояснительная записка должна содержать:

- задание на курсовой проект (приложение А);
- аннотацию;
- содержание;
- введение;
- основную часть:
 - 1 Составление функциональной схемы САУ
 - 1.1 Принцип работы автоматического устройства
 - 1.2 Объект регулирования и действующие на него факторы
 - 1.3 Функциональная схема объекта регулирования
 - 1.4 Элементы функциональной схемы САУ
 - 1.5 Работа сравнивающего устройства
 - 1.6 Функциональная схема САУ
 - 1.7 Функциональный анализ работы САУ
 - 1.8 Классификация САУ
 - 2 Исследовательская часть
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Курсовой проект выполняется в следующем объеме: пояснительная записка около 20 - 30 страниц формата А4 и графическая часть на 1 листе формата А1.

В ПЗ подробно излагаются все основные соображения, схемы, использованные в процессе работы со ссылками на использованную литературу и список использованных источников.

Графическая часть курсового проекта содержит:

- схему устройства;
- функциональную схему объекта регулирования;
- функциональную схему сравнивающего устройства;
- функциональную схему САУ.

Введение должно кратко характеризовать современное состояние изучаемой проблемы, основание и исходные данные для разработки темы. В нем обосновываются актуальность темы, степень новизны, формулируется цель проектирования, которая увязывается с вопросами повышения эффективности и улучшения качества. При написании введения следует избегать общих рассуждений, не имеющих прямого отношения к теме. Введение составляет не более трех страниц текста. Оно размещается на отдельном листе.

2 Срок выполнения курсового проекта, требования к его оформлению и защите

Срок выполнения курсового проекта указывается в задании. К защите курсового проекта допускаются студенты, выполнившие его качественно и в установленном объёме. При оценке качества учитываются соответствие содержания работы установленным требованиям, правильность выполненных расчётов, логичность обоснований принятых решений, грамотность текстового и графического материалов, а также аккуратность оформления. Небрежно оформленная записка и графический материал руководителем не подписываются.

Оценка выставляется по итогам защиты курсового проекта. Для сообщения по курсовому проекту студенту предоставляется 5 мин. Он должен изложить основные вопросы, дать обоснования принятым решениям, логично доказать правильность построения функциональной схемы САУ. Оценивая курсовой проект, комиссия учитывает качество работы и убедительность защиты.

3 Составление функциональной схемы САУ

3.1 Основные понятия и определения

Автоматическим называется управление технологическим процессом без участия человека [3].

Автоматическим регулятором называется регулирующее устройство, осуществляющее управление объектом регулирования согласно заданного алгоритма.

Алгоритм управления - это правило выработки управляющего воздействия для решения поставленной задачи.

Система автоматического управления (САУ) — это взаимодействующий с объектом управления автоматический регулятор, в котором преобразование и передача информации, формирование управляющих команд и их реализация осуществляется автоматически согласно заданного алгоритма управления.

Для анализа САУ используются принципиальная и функциональная схемы [4].

Принципиальная схема показывает физическую природу элементов автоматики, технические характеристики, принцип действия и взаимодействие между ними.

Элементом автоматики называется часть системы в которой происходит качественное или количественное преобразование физической величины и передачи ее к последующему элементу.

На принципиальной схеме все элементы и связи между ними изображаются в виде условного графического обозначения. Это позволяет изготовить автоматическую систему или произвести ее ремонт [5].

Функциональная схема состоит из функциональных элементов которые показывают их функциональное назначение при автоматическом управлении технологическим процессом и связь между ними.

Функциональный элемент - это условно выделенная часть САУ, выполняющая определённую функцию по реализации заданного алгоритма управления.

На функциональной схеме все элементы (кроме сравнивающего устройства) изображаются в виде прямоугольников с указанием их функционального назначения. Сравнивающее устройство изображается в виде окружности с крестиком внутри. Связь между элементами изображается сплошными линиями со стрелками, показывающими направление прохождения управляющих сигналов.

3.2 Классификация функциональных элементов

Объект управления (регулирования) (ОР) - машины, аппараты или другие устройства, требуемый режим которых поддерживается регулятором путем управления (регулирования) заданных величин [5].

Исполнительное устройство (ИУ) - функциональный элемент, осуществляющий выработку управляющих сигналов согласно алгоритма управления и непосредственно воздействующий на объект управления для изменения режима его работы.

Усилитель (У) - функциональный элемент, в котором, не изменяя физическую природу входного сигнала осуществляется увеличение его мощности за счет энергии вспомогательного источника питания.

Преобразующее устройство (ПУ) - функциональный элемент, применяемый для преобразования управляющего сигнала с целью изменения закона управления. Усилительное и преобразующее устройство могут быть объединены в один функциональный блок: усилительно-преобразующее устройство.

Датчик (Д) - функциональный элемент, измеряющий и преобразующий информацию о физической величине (показателю работы) в сигнал, удобный для обработки и использования в системе управления.

Корректирующее устройство (КУ) - функциональный элемент, служащий для повышения устойчивости САУ и улучшения ее динамических характеристик.

Задающее устройство (ЗУ) - функциональный элемент, служащий для формирования сигнала, согласно заданному значению регулируемой величины.

Сравнивающее устройство - это функциональный элемент, осуществляющий алгебраическую операцию по отношению к воздействиям, поступающим на его вход (например, операции сложения или вычитания поступающих сигналов).

Примечание - Сигналы, поступающие на сравнивающее устройство, всегда имеют одинаковую физическую природу (усилие, напряжение, перемещение и др.). Сигналы, выходящие из сравнивающего устройства, могут иметь другую физическую природу. Например, на входе - усилие, на выходе - перемещение.

3.3 Классификация сигналов, действующих в САУ

Регулируемая величина $Y(t)$ - это показатель, характеризующий состояние объекта управления. Например, температура, уровень, давление и т.д.

Возмущающее воздействие (помехи) $f(t)$ — это воздействие, нарушающее требуемую функциональную зависимость (связь) между задающим воздействием и регулируемой величиной.

Управляющее воздействие $Q(t)$ - это воздействие, поступающее с исполнительного устройства на объект управления для управления регулируемой величиной.

Задающее воздействие $U(t)$ — это величина, соответствующая заданному (предписанному) значению регулируемой величины в объекте регулирования.

Различают следующие значения регулируемой величины.

Предписанное значение регулируемой величины $X_{np}(t)$ - это значение регулируемой величины, соответствующее требуемому режиму работы объекта регулирования.

Действительное значение регулируемой величины $X_{дей}(t)$ - это значение регулируемой величины, соответствующее фактическому режиму работы объекта регулирования.

Ошибка регулирования $\Delta X(t)$ - разность между предписанным и действительным значениями регулируемой величины.

Статическая ошибка регулирования $\Delta X(\infty)$ - это ошибка регулирования в установившемся режиме.

3.4 Пример составления функциональной схемы

Составление функциональной схемы надо начинать с определения объекта управления и действующих на него факторов (приложение В), [5].

Затем определить функциональные элементы САУ и рассмотреть, как в данном автоматическом устройстве происходит работа сравнивающего устройства.

После этого на основании функциональной схемы ОР и схемы работы сравнивающего устройства составить функциональную схему системы автоматического управления.

4 Функциональный анализ работы САУ

С помощью функциональной схемы можно провести анализ работы данной САУ и определить какие элементы функциональной схемы как обеспечивают заданные показатели качества работы системы (методику проведения функционального анализа работы САУ смотри приложение В) [5].

Так задающее устройство (*ЗУ*) - обеспечивает заданное значение регулируемой величины; датчик (*Д*) - обеспечивает необходимую точность регулирования; исполнительное устройство (*ИУ*) - обеспечивает быстроедействие системы; преобразующее устройство (*ПУ*) - обеспечивает изменения закона регулирования и т.д. При выборе функциональных элементов САУ эти показатели их работы являются важнейшими. Если, например, точность работы датчика не удовлетворяет поставленным технологическим требованиям, то, изменяя другие функциональные элементы системы, трудно добиться заданной точности регулирования. С другой стороны, имея высокочувствительный датчик, а исполнительное устройство с большой зоной нечувствительности, добиться необходимости точности регулирования тоже трудно. Поэтому параметры отдельных САУ должны быть согласованы между собой.

В некоторых случаях можно добиться положительного эффекта путем включения корректирующего звена или при увеличении коэффициента усиления. Но в любой автоматической системе должен действовать главный принцип: *каждый*

функциональный элемент должен полностью выполнять свою функцию согласно заданному алгоритму управления.

Примечание - замена в САУ одного функционального элемента на другой с новыми показателями работы может потребовать провести корректировку работы и других её элементов.

5 Анализ САУ по классификационным признакам

5.1 Классификация САУ

5.1.1 По цели управления

Все автоматические системы по цели управления можно разделить на две группы.

Первая группа - это системы с заранее заданным (жестким) алгоритмом управления, регуляторы которых содержат только исполнительные элементы. К первой группе относятся:

САК - система автоматического контроля, которая производит в автоматическом режиме измерения контролируемой величины и все операции связанные с обработкой, регистрацией и передачей полученных данных.

Цель контроля: сигнализация, защита, регистрация, блокировка.

САУ - система автоматического управления, которая обеспечивает изменение регулируемой величины объекта управления согласно технологическим требованиям и с учетом возмущающих воздействий.

Цель управления - изменять параметры работы объекта управления в зависимости от времени, вида и величины возмущающих воздействий.

САР - система автоматического регулирования (или стабилизации), которая обеспечивает поддержание управляемой величины в заданных пределах при произвольно изменяющихся возмущающих воздействий.

Цель регулирования - стабилизация заданного режима работы объекта регулирования при случайном изменении возмущающих воздействий (и особенно, если это возмущение - нагрузка).

САР можно рассматривать как частный случай работы САУ, когда задающее воздействие $U(t)$ является постоянной величиной.

СПУ - система программного управления, в котором управляющее воздействие изменяется по заранее составленной программе.

Цель управления - изменять режим работы объекта управления согласно составленной программе в функции времени. Например, изменение температуры в калорифере. Или управление в функции изменения параметров обрабатываемой детали. Например, в станках с программным управлением.

СПУ можно рассматривать как частный случай работы САУ, когда закон изменения задающий воздействие $U(t)$ заранее известен, заранее запрограммирован и в процессе работы не изменяется.

САС - система автоматического слежения (или следящая система), которая на выходе в точности воспроизводит случайные сигналы, поданные на вход системы.

Цель управления - копирование (кодирование, преобразование, видоизменение) на выходе системы сигналов, поданных на ее вход. Сигналы, проходящие через САС, не корректируются, а только (но не всегда) масштабируются по величине или по мощности.

САС можно рассматривать, как частный случай работы САУ, когда закон изменения задающего воздействия $U(t)$ заранее неизвестен.

Вторая группа - это оптимальные системы управления (ОСУ) с заранее неизвестным (гибким) алгоритмом управления за счет автоматического поиска и поддержания оптимального управления согласно заданному критерию качества регулирования. Регуляторы таких систем кроме основного контура регулирования имеют дополнительный контур, который изменяет параметры регулятора, структуру системы и совершенствуют алгоритм управления для обеспечения оптимального производственного процесса. Ко второй группе относятся:

СОУ - система оптимального управления, в которой задача оптимального управления сводится к определению оптимального алгоритма управления при заданной структуре и параметрах системы.

Цель управления - определение оптимального управляющего воздействия на объект, когда задана структура и параметры системы управления.

АСУ - адаптивные системы управления, которые автоматически приспособляются (адаптируются) к изменению свойств объекта управления и) изменяющимся внешним условиям работы путем накопления и использования информации, получаемой в процессе работы. Достижение оптимального поведения системы производится автоматически, путем целенаправленного изменения параметров регулятора, структуры системы и совершенствования алгоритма управления.

Цель управления - обеспечение заданного показателя качества регулирования (критерия качества) в условиях не стационарности объекта управления.

Различают следующие виды адаптивных систем:

- самонастраивающиеся системы, - в которых адаптация производится путем изменения некоторых параметров регулятора и управляющих воздействий;

- самоорганизующиеся системы, - в которых адаптация производится не только за счет изменения ее параметров, а также за счет изменения структур; системы управления путем автоматического подключения или отключения корректирующих звеньев;

- самообучающиеся системы, - в которых адаптация производится не только за счет изменения ее параметров и подключения корректирующие звеньев, а также за счет совершенствования алгоритма управления путем автоматического поиска оптимальных управлений, "запоминания" его и использования в подобных ситуациях.

Система экстремального управления (СЭУ) - которая самостоятельно в процессе своей работы вырабатывает и поддерживает экстремальное значение регулируемого параметра.

Цель управления - непрерывный поиск экстремума по управляющему воздействию, когда случайным образом изменяются динамические свойства объекта управления и возмущающие воздействия.

СЭУ - это один из видов самонастраивающихся систем. Выделение ее самостоятельный класс связан со специфической особенностью управления такой системы, когда заранее не известна ни величина, ни даже направления (больше или меньше) изменения управляющих воздействий. Все это определяется в процессе работы путем подачи пробных сигналов.

5.1.2 По алгоритму управления

Принцип программного управления, когда алгоритм управления вырабатывается по заранее составленной программе в задающем устройстве и последовательно выдается на объект управления.

В таких САУ вся информация об управлении априорно (заранее) занесена в задающее устройство. По такому принципу работают станки с числовым программным управлением для получения ткани с вышитым рисунком, светофоры на перекрестках и т. д.

Принцип управления по возмущению, когда алгоритм управления вырабатывается с помощью датчика возмущающего воздействия и компенсирует отклонение регулируемой величины.

В таких САУ вся информация об управлении на регулятор поступает с возмущающего воздействия. Обычно это нагрузка. По такому принципу работают, например, генераторы с дополнительной обмоткой возбуждения в цепи якоря, в которой создается дополнительный магнитный поток для компенсации потери напряжения, который пропорционален силе тока, проходящего по этой обмотке возбуждения.

Принцип управления по отклонению, когда алгоритм управления вырабатывается по отклонению между заданным и действительным значением регулируемой величины.

В таких САУ информация поступает с датчика регулируемой величины, сравнивается с заданным значением и пропорционально ошибке происходит процесс регулирования. Особенность такой САУ - наличие главной обратной связи от регулируемой величины на регулятор. По такому принципу работают

большинство САУ для регулирования температуры, давления, частоты вращения двигателей и т.д.

Принцип комбинированного управления, когда алгоритм управления вырабатывается одновременно по возмущению и по отклонению.

Такие САУ имеют два контура управления. В первом контуре (по возмущению) производится быстрое предварительное регулирование, а во втором контуре (по отклонению) производится медленная и точная регулировка. По такому принципу происходит регулирование, например, давления пара в паровом котле. Пропорционально расходу пара производится регулирование по возмущению (по нагрузке), а по отклонению давления пара от заданного значения производится более точное регулирование.

5.1.3 По закону регулирования

ПИ-закон регулирования (пропорционально-интегральный), когда на ОР подается два сигнала управления. Один пропорциональный, а второй - по интегралу от этого пропорционального сигнала.

ПИД-закон регулирования (пропорционально - интегрально - дифференцирующий), когда на ОР подаётся три сигнала управления. Один - пропорциональный, второй - интегральный, третий - дифференцирующий.

П-закон регулирования (пропорциональный), когда действие на ОР пропорционально сигналу управления.

И-закон регулирования (интегральный), когда воздействие на ОР пропорционально интегралу (обычно по времени) от сигнала управления.

ПД-закон регулирования (пропорционально-дифференцирующий), когда на ОР подается два сигнала. Один пропорциональный, а второй - по производной от этого пропорционального сигнала.

Примечание:

П-закон обеспечивает устойчивую работу САУ, но в установившемся режиме система имеет статическую ошибку регулирования;

И-закон обеспечивает в установившемся режиме работы отсутствие статической ошибки регулирования;

Д-закон обеспечивает уменьшение инерционности системы и тем самым ускоряет процесс регулирования.

5.1.4 По виду обратной связи

Одноконтурные САУ имеют одну главную обратную связь, служащую для сравнения действительного и предписанного значения регулируемой величины.

Многоконтурные САУ кроме главной обратной связи имеют еще дополнительные (местные) обратные связи, соединяющие выход и вход одного или нескольких элементов системы.

Положительная обратная связь, если с увеличением сигнала на выходе сигнал на входе тоже увеличивается.

Отрицательная обратная связь, если с увеличением сигнала на выходе сигнал на входе уменьшается.

Жесткая обратная связь обеспечивает прохождение сигнала в переходном и в установившемся режиме с одинаковым коэффициентом передачи.

Гибкая обратная связь обеспечивает прохождение сигнала только в переходном режиме работы системы. В установившемся режиме коэффициент передачи равен нулю (обратная связь обрывается).

5.1.5 По количеству регулируемых величин

Одномерная САУ - с одной регулируемой величиной.

Многомерная САУ - с несколькими регулируемыми величинами, которые разделяются на:

- системы несвязанного регулирования, в которых регуляторы, предназначены для регулирования различных величин, не связаны друг с другом;

- системы связанного регулирования, в которых регуляторы, различных регулируемых величин имеют взаимные связи друг с другом.

5.1.6 По ошибке в установившемся режиме

Статическая система, которая в установившемся режиме работы имеет отклонение регулируемой величины от заданной, в зависимости от величины приложенного возмущающего воздействия (обычно от нагрузки).

Астатическая система, которая в установившемся режиме работы не имеет отклонение регулируемой величины от заданной, при любой величине возмущения.

Примечание - Система может быть статической по отношению к одному содействию (обычно нагрузка), астатической по отношению к другому воздействию (например, по управлению).

5.1.7 По наличию вспомогательной энергии

Прямое регулирование, когда в системе управления не используется вспомогательная энергия стороннего источника. Энергия датчика достаточна для управления регулирующим органом.

Непрямое регулирование, когда датчик использует вспомогательную энергию стороннего источника для управления регулирующим органом.

Системы непрямого регулирования по виду вспомогательной энергии разделяются: электронные; электромеханические; гидравлические; механические; комбинированные.

5.1.8 По стабильности параметров системы

Стационарные системы, в которых все параметры элементов системы не изменяются во времени и математическая модель такой САУ описывается дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами.

Нестационарные системы (во времени), которые имеют хотя бы одно звено с изменяющимися параметрами в процессе работы. Математическая модель такой САУ описывается дифференциальными уравнениями с переменными параметрами.

5.1.9 По виду сигналов управления

Непрерывные сигналы управления представляют собой непрерывную функцию времени. Между входными и выходными величинами всех элементов системы существует непрерывная функциональная связь.

Прерывистые (или дискретные) сигналы управления характеризуется наличием разрыва непрерывности и скачков подаче сигнала управления. Между входными и выходными величинами системы управления функциональная связь в некоторые промежутки времени прерывается. Прерывистые сигналы в свою очередь разделяются:

- релейные, когда сигнал управления постоянный по величине или равен нулю. Фактически он соответствует двум командам: «пуск» или «стоп»;
- позиционные, когда сигнал управления по абсолютной величине остаются постоянные, но в зависимости от алгоритма управления меняют знак или равно нулю;
- вибрационные, когда чередуются разные по величине сигналы;
- импульсные, когда сигнал управления преобразованы в последовательность модулированных импульсов, чередующихся через определенные промежутки времени (такты);
- кодированные, когда сигнал управления преобразованы в определенный код.

5.1.10 По математическим признакам

Линейные системы, в которых все звенья описываются линейными дифференциальными уравнениями при значительных отклонениях регулируемой величины.

Нелинейные системы, в которых хотя бы одно звено описывается нелинейным дифференциальным уравнением.

Нелинейные системы в свою очередь разделяются на:

- несущественно нелинейные системы, которые при малых отклонениях регулируемого параметра можно линеаризовать;

- существенно нелинейные системы, в которых нелинейный элемент придает системе особые свойства и линеаризовать его без потери этих свойств нельзя.

5.2 Пример анализа САУ по классификационным признакам

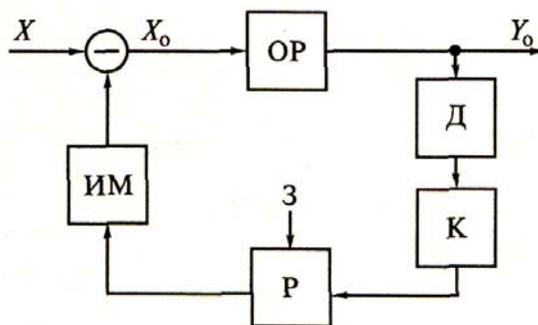
По функциональной схеме можно сделать и более глубокий анализ - провести классификацию данной САУ по самым различным признакам от алгоритма процесса управления до анализа сигналов управления (приложение В).

6 Анализ системы автоматического регулирования

6.1 Структурная схема системы автоматического регулирования

Создаваемая система должна состоять из объекта управления, датчика, регулятора и исполнительного механизма [6].

По заданию курсового проекта необходимо проанализировать систему автоматического регулирования, функциональная схема которой представлена на рисунке 1.



ОР - объект регулирования; Д - датчик; К - усилитель; Р - регулятор;
З – задающее устройство; ИМ - исполнительный механизм.

Рисунок 1 - Функциональная схема системы автоматического регулирования

6.2 Статические характеристики элементов системы

Объекты регулирования описываются следующими статическими характеристиками:

$$Y = N - X, Y = \frac{X}{N}, \quad (1)$$

где N — номер студента в журнале.

Передаточная функция для двух объектов регулирования описывается выражением

$$W(p) = \frac{N^2 + 1}{(N^2 + 4)p}. \quad (2)$$

Элементы системы заданы статическими характеристиками и передаточными функциями (приложение Б). Из предложенного набора датчиков, регуляторов и исполнительных механизмов студент должен выбрать те, которые смогут обеспечить стабильную рабочую точку системы в статическом режиме.

Выполнение данного раздела следует начинать с подбора статических характеристик основных звеньев системы. Здесь необходимо по возможности построить несколько подходящих статических характеристик для каждого звена и методом проб и ошибок выбрать такие характеристики, которые составляли бы со статической характеристикой объекта в точке пересечения угол, близкий к 90° . Если в результате подборов обнаружится несогласованность масштабов, то следует в цепь обратной связи включить усилительное или ослабительное звено, это приводит к согласованности масштабов по осям системы координат.

Для определения статической характеристики цепи обратной связи выбираются статические характеристики датчика, регулятора и исполнительного механизма.

После решения соответствующих уравнений строятся статические характеристики этих звеньев. Если характеристика получилась нелинейной, то для дальнейшего ее применения необходимо аппроксимировать ее прямой линией.

6.3 Общая статическая характеристика цепи обратной связи

Для определения общей статической характеристики цепи обратной связи (ДРИМ) изобразим статические характеристики этих звеньев на общей плоскости. В четвертом квадранте находится статическая характеристика датчика, в третьем — регулятора, во втором — исполнительного механизма (приложение В).

Для определения результирующей статической характеристики разбиваем ось X_d на равные отрезки 0—1, 1—2, 2—3 и т.д. Из точек 1, 2, 3 и т.д. проводим перпендикуляры до пересечения с линейной статической характеристикой датчика. Получаем точки A_4, B_4, C_4 , и т.д. Из этих точек проводим горизонтали до пересечения с линейной статической характеристикой регулятора в точках A_3, B_3, C_3 и т.д. Из этих точек поднимаем перпендикуляры до пересечения с линейной статической характеристикой исполнительного механизма в точках A_2, B_2, C_2 . Из новых точек проводятся горизонтали до пересечения с соответствующими перпендикулярами в точках A_1, B_1, C_1 и т.д.

Соединяя эти точки, получим результирующую статическую характеристику цепи обратной связи - ДРИМ.

6.4 Определение статической устойчивости САР

6.4.1 Определение рабочей точки системы графическим путем

Для определения взаимосвязи между статическими характеристиками объекта и ДРИМ изобразим их в одной системе координат. В результате эти две статические характеристики пересекутся в точке А (приложение В).

Эта точка называется рабочей. Задающее устройство, подключенное к регулятору, управляет положением рабочей точки, перемещая ее по статической характеристике объекта. Это перемещение возможно только за счет изменения угла наклона статической характеристики регулятора.

Из теории автоматического регулирования известно: при пересечении двух статических характеристик под углом от 60 до 90° система характеризуется хорошей статической стабильностью.

6.4.2 Расчет динамического коэффициента регулирования

Для обеспечения работы системы в динамическом режиме студент должен выбрать такое дополнительное корректирующее звено, чтобы оно обеспечивало основные параметры переходного процесса в следующих пределах: перерегулирование – 20 %, затухание - 0,5, колебательность – 2 - 3 периода.

Для расчета динамического коэффициента регулирования обратимся к рисунку 11 приложения В. На этом рисунке по одной из характеристик определяется возможный диапазон изменений входного параметра. Фиксируются две точки этого диапазона. Далее эти две точки переносятся на вторую статическую характеристику, и с помощью этой характеристики определяется диапазон изменения выходного параметра.

При $D = 1$ система имеет оптимальную передачу сигнала в замкнутом контуре; при $D > 1$ в цепь обратной связи следует включить ослабитель сигнала; при $D < 1$ в цепь обратной связи следует включить усилительный элемент.

6.5 Определение аналитического выражения работы САР

Для определения аналитического выражения работы регулирующей системы необходимо осуществить преобразования статических характеристик датчика, регулятора и исполнительного механизма согласно приложению В.

Полученное выражение является статической характеристикой цепи обратной связи, полученной аналитическим способом. Оно также описывает статическую характеристику цепи обратной связи, полученную ранее графическим способом.

6.6 Определение координат рабочей точки системы

Для определения координат рабочей точки системы приведем структурную схему в виде двух элементов с целью определения взаимосвязи регулирующих параметров (рисунок 4).

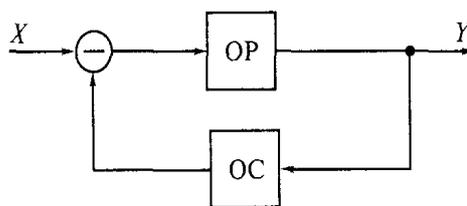


Рисунок 4 - Упрощенная структурная схема САР

Таким образом, систему автоматического регулирования можно представить в виде двух элементов (звеньев): объекта регулирования и регулятора. Эти два звена включены встречно-параллельно. Каждое звено имеет свою статическую характеристику. Эти характеристики должны взаимодействовать друг с другом таким образом, чтобы получилась рабочая точка системы. Оптимальное взаимодействие характеристик возможно только при их пересечении.

Поскольку статические характеристики представляются прямыми линиями, то необходимо найти точку пересечения двух прямых линий (смотри приложение В). Решив систему уравнений можно определить координаты рабочей точки.

7 Расчет динамических параметров системы

7.1 Расчет передаточной функции системы

При вычислении переходной функции следует стремиться к уменьшению колебательности этого процесса [5]. Особенно следует уменьшать перерегулирование. Неудачный выбор передаточной функции звена может привести к большим отклонениям основных параметров системы от удовлетворительных показателей. Здесь можно решить задачу двумя способами:

- подобрать другую передаточную функцию;
- самостоятельно в цепь обратной связи включить такое звено, чтобы оно обеспечивало удовлетворительные параметры переходного процесса.

Для определения передаточной функции всей системы необходимо по справочным данным выбрать передаточные функции датчика, регулятора и исполнительного механизма.

Передаточная функция объекта регулирования дана в задании и определяется выражением

$$W_{o.p}(p) = \frac{N^2 + 1}{(N^2 + 4)p}. \quad (3)$$

По справочным данным выбираем передаточные функции датчика, регулятора и исполнительного механизма.

Для определения передаточной функции обратной связи ($W_{o.c}$) необходимо воспользоваться формулой

$$W_{o.c}(p) = W_D(p) \cdot W_p(p) \cdot W_{И.М}(p). \quad (4)$$

Для определения передаточной функции системы воспользуемся выражением

$$W_c(p) = W_{o.p}(p) / [1 + W_{o.p}(p)W_{o.c}(p)]. \quad (5)$$

7.2 Нахождение временной функции переходного процесса

Для нахождения временной функции переходного процесса необходимо упростить полученное выражение.

Для определения переходной функции представим общее выражение в виде двух слагаемых. Эти слагаемые можно получить, если определить корни характеристического уравнения

$$W_{nep}(p) = \frac{A}{p - p_1} + \frac{B}{p - p_2}, \quad (6)$$

где p_1 и p_2 – значения корней характеристического уравнения.

Для определения корней характеристического уравнения необходимо приравнять к нулю знаменатель и найти дискриминант уравнения.

Для определения функций времени необходимо воспользоваться обратным преобразованием Лапласа:

$$\frac{A}{p - p_1} = A \cdot \exp(p_1 t); \quad \frac{B}{p - p_2} = B \cdot \exp(p_2 t). \quad (7)$$

Далее определяем переходную функцию системы согласно приложению В.

Для построения этой функции рассчитываются характерные точки гармонической функции.

Определение основных параметров системы следует проводить с учетом построенного графика $h(t)$.

Список использованных источников

1 В помощь руководителю колледжа. - М.: УМЦ ПО ДОМ : ФОРУМ, 2007. - 400 с. - ISBN 978-5-91134-151-0.

2 СТО 02069024.101-2010 Работы студенческие. Общие требования и правила оформления. - Введ. 2010-10-01. - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2010. - 97 с.

3 Савин, М. М. Теория автоматического управления: учеб. пособие / М. М. Савин, В. С. Елсуков. - Ростов н/Д : Феникс, 2007. - 469 с.- ISBN 978-5-222-11274-8.

4 Евсюков, В. Н. Основы теории автоматического управления : линейные системы : учебное пособие для студентов вузов / В. Н. Евсюков. - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2006. - 568 с.

5 Евсюков, В. Н. Методическое пособие для выполнения практических заданий по теории автоматического управления / В. Н. Евсюков. - Оренбург : ОГУ, 2004 - 171с.

6 Горошков, Б. И. Автоматическое управление : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Б. И. Горошков. - М. : Издательский центр «Академия», 2003. - 304 с. - ISBN 5-7695-1637-2.

Приложение А

(обязательное)

Варианты задания на курсовой проект

Вариант 1. При увеличении расхода газа давление в выходном патрубке уменьшается и через соединительную трубку это передается в полость над мембраной, которая под действием груза выгибается вверх (рисунок А.1).

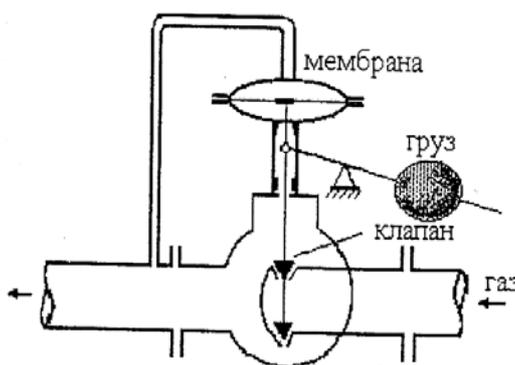


Рисунок А.1 – Система автоматического регулирования давления

С помощью тяги вместе с мембраной поднимаются клапана, дополнительно открывая проход газа. Поступает новая порция газа и давление в выходном патрубке восстанавливается.

Вариант 2. При увеличении расхода газа давление в выходном патрубке уменьшается и поршень опускается вниз под действием груза (рисунок А.2).

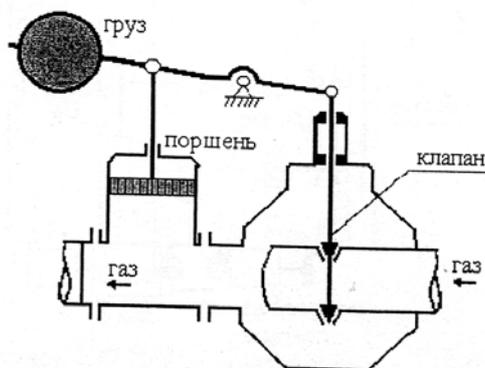


Рисунок А.2 - Система автоматического регулирования давления

Второй конец рычага поднимается вверх и дополнительно открывает клапаны. Поступает дополнительная порция газа и давление газа в выходном патрубке восстанавливается.

Вариант 3. При увеличении расхода газа давление в выходном патрубке уменьшается и через соединительную трубку это передается в полость над диафрагмой, которая под действием груза выгибается вверх под действием пружины (рисунок А.3).

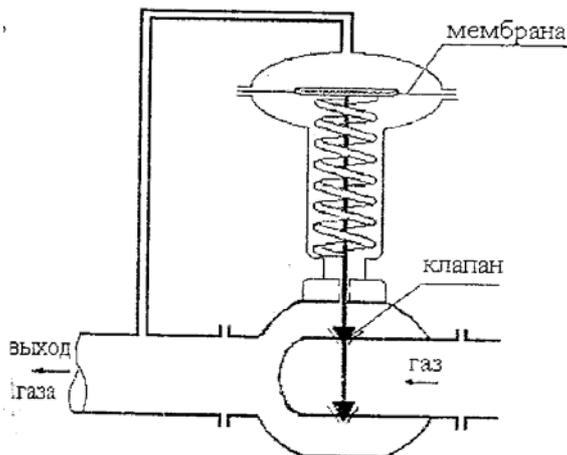


Рисунок А.3 - Система автоматического регулирования давления

При этом поднимаются клапана, поступает новая порция газа и давление в выходном патрубке восстанавливается.

Вариант 4. При увеличении расхода газа давление в выходном патрубке уменьшается и через соединительную трубку это передается в полость под мембраной, которая выгибается вниз под действием пружины, открывается клапан (рисунок А.4).

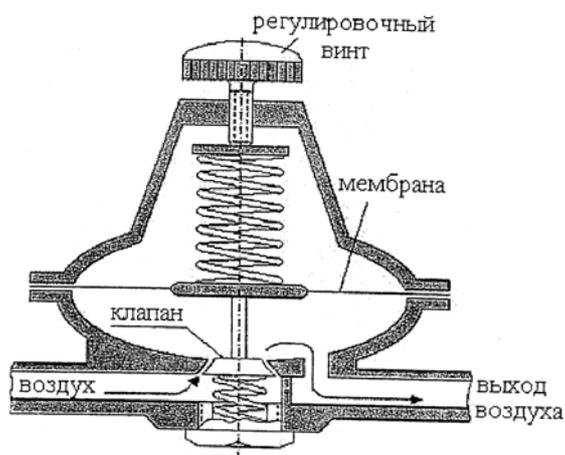


Рисунок А.4 – Система автоматического регулирования давления

Поступает новая порция газа и давление в выходном патрубке восстанавливается.

Вариант 5. При увеличении нагрузки на электродвигатель число оборотов уменьшается, тахогенератор выдает меньшее напряжение $U_{тг}$, которое сравнивается с базовым напряжением U_0 и разница подается на электромашинный усилитель (рисунок А.5).

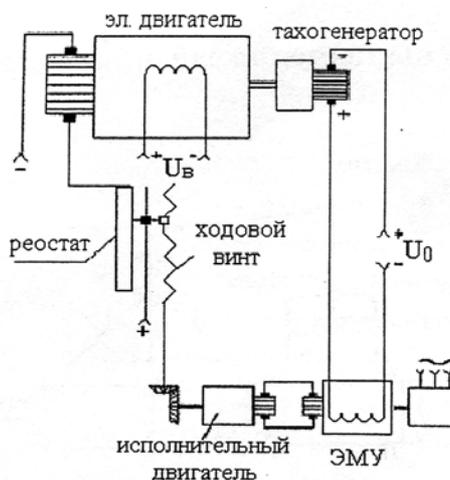


Рисунок А.5 – Система автоматического регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока

Усиленный по мощности сигнал подается на исполнительный двигатель, который вращает ходовой винт реостата; с его помощью передвигает движок реостата и уменьшает его сопротивление. На якорь двигателя поступает дополнительное напряжение, увеличивается ток и, соответственно, его магнитный поток, который взаимодействует с магнитным потоком обмотки возбуждения и число оборотов двигателя восстанавливается.

Вариант 6. При увеличении нагрузки число оборотов электродвигателя уменьшается (рисунок А.6).

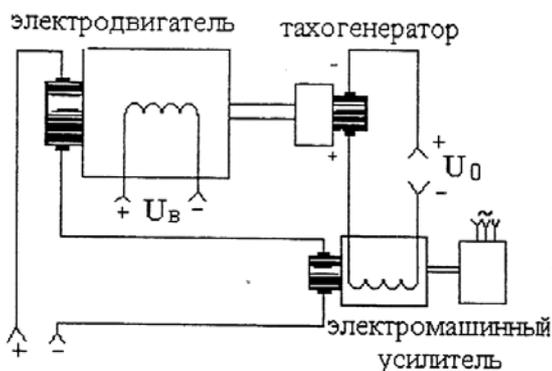


Рисунок А.6 – Система автоматического регулирования числа оборотов электродвигателя

Тахогенератор выдает меньше напряжение $U_{тг}$, которое сравнивается с базовым напряжением U_0 и разница подается на электромашинный усилитель, который вырабатывает дополнительное напряжение на якорь двигателя. В якоре увеличивается сила тока, соответственно увеличивается магнитный поток, который взаимодействует с магнитным потоком обмотки возбуждения и число оборотов двигателя восстанавливается.

Вариант 7. При увеличении нагрузки на двигатель число оборотов уменьшается (рисунок А.7).

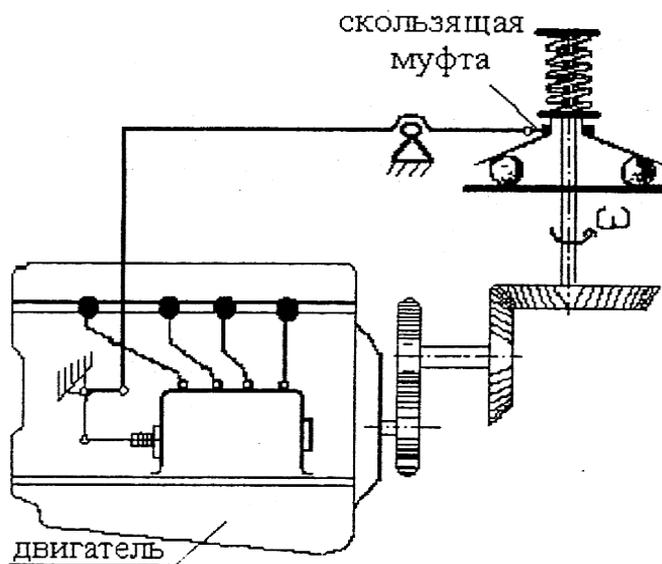


Рисунок А.7 - Система автоматического регулирования числа оборотов двигателя внутреннего сгорания

Это передается на центробежный регулятор, скорость вращения грузиков уменьшается, их центробежная сила уменьшается и они под действием пружины перемещаются к центру. Это передается на скользящую муфту, которая опускается вниз вместе с правым концом рычага. Левый конец рычага поднимается вверх и через систему рычагов увеличивает подачу топлива из топливного насоса в двигатель. Повышается мощность и число оборотов восстанавливается.

Вариант 8. При увеличении нагрузки на двигатель число оборотов уменьшится (рисунок А.8).

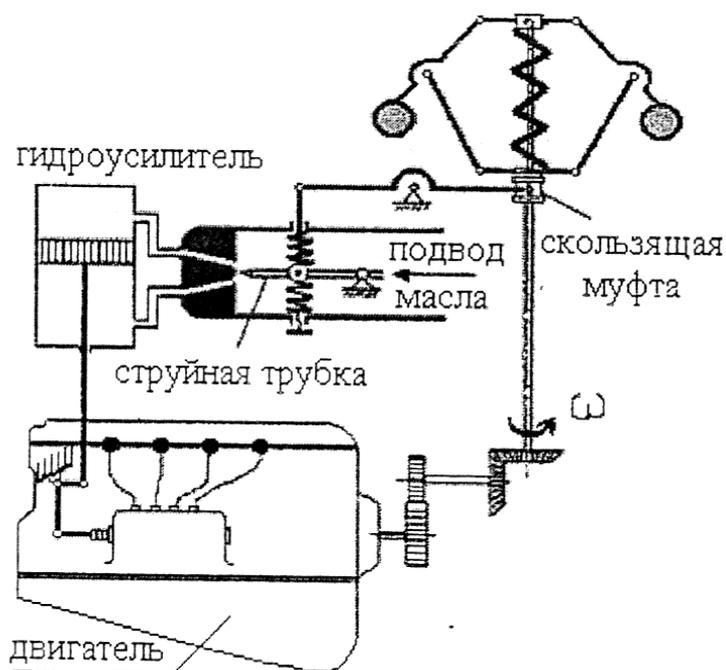


Рисунок А.8 - Система автоматического регулирования числа оборотов двигателя внутреннего сгорания

Это передается на центробежный регулятор, скорость вращения грузиков уменьшится. Соответственно уменьшится и центробежная сила, и они под действием пружины опускаются. Это передается на скользящую муфту, которая тоже опустится вниз вместе с правым концом рычага. Левый конец рычага поднимется и поднимет вверх струйную трубку. Масло под давлением проходит в верхнюю полость гидроцилиндра и поршень под действием давления масла опустится вниз. Через систему рычагов это передается на топливный насос дизельного двигателя, увеличивается подача топлива в двигатель, повышается его мощность, число оборотов двигателя восстанавливается.

Вариант 9. При установившемся режиме работы генератора напряжение U_2 , подаваемое на реле 1 и задающее напряжение U_0 на реле 2 равны между собой (рисунок А.9).

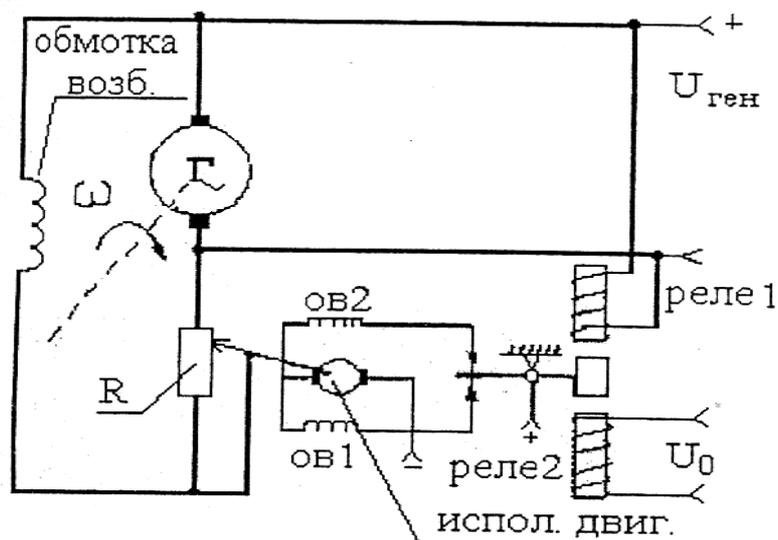


Рисунок А.9 – Система автоматического регулирования напряжения в генераторе

Поэтому якорь реле находится в нейтральном положении. При увеличении нагрузки на генератор его напряжение U_2 падает и, соответственно уменьшается напряжение и сила тока в реле 1, уменьшается его магнитный поток и якорь реле притягивается к реле 2, где заданное напряжение U_0 постоянное и, соответственно, постоянный магнитный поток. Замыкается верхний контакт реле, ток проходит по цепочке: (+), верхний контакт, обмотка возбуждения исполнительного двигателя OB_2 , якорь двигателя, (-). Исполнительный двигатель перемещает движок реостата в сторону уменьшения его сопротивления до тех пор, пока напряжение генератора U_2 и заданное напряжение U_0 не станет равным и якорь реле возвращается в нейтральное положение. Если нагрузка на генератор уменьшается, то его напряжение U_2 увеличивается. Соответственно увеличивается напряжение и сила тока в реле 1, якорь реле притягивается к реле 1, замыкается нижний контакт реле. Ток проходит по цепочке: (+), нижний контакт, OB_1 , якорь двигателя, (-). С помощью OB_1 исполнительный двигатель вращается в обратном направлении, движок реостата опускается, ток в обмотке возбуждения генератора уменьшается до тех пор, пока напряжение генератора станет равным U_0 . Якорь реле возвращается в нейтральное положение. Таким образом в установившемся режиме напряжение генератора будет в точности равно заданному U_0 .

Вариант 10. При увеличении нагрузки на генератор его напряжение уменьшается (рисунок А.10).

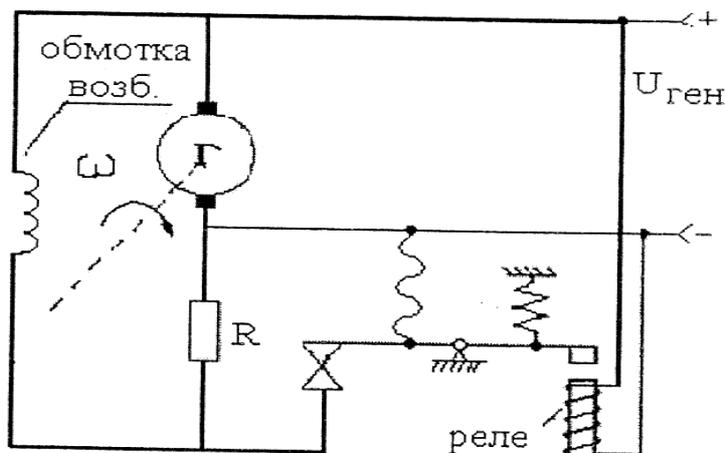


Рисунок А.10 - Система автоматического регулирования напряжения в генераторе постоянного тока

В реле, которое подключено к выходным клеммам генератора уменьшается сила тока, соответственно уменьшается его магнитный поток. Под действием пружины якорь реле поднимается, а его контакты замыкаются. Напряжение генератора через контакты реле полностью поступает на обмотку возбуждения. Напряжение генератора резко возрастает. Это напряжение подается на реле, оно срабатывает (прижимается якорь реле) и реле размыкает свои контакты. Напряжение на обмотку возбуждения генератора поступает через дополнительное сопротивление $R_{доп.}$, и напряжение генератора резко падает. Создается скачкообразный характер выходного напряжения, который затем сглаживается специальным фильтром (на схеме фильтр не показан). Величина выходного напряжения зависит от относительного времени замкнутого состояния контактов, то есть от величины уменьшения напряжения на выходе генератора. Такой способ вибрационного регулирования напряжения позволяет уменьшить значение статической ошибки регулирования.

Вариант 11. При увеличении нагрузки на двигатель его частота вращения уменьшается. Тахогенератор выдает меньше напряжение, которое сравнивается с базовым напряжением U_0 и эта разница подается на усилитель и далее на обмотку возбуждения электромашинного усилителя (ОВ ЭМУ) (рисунок А.11).

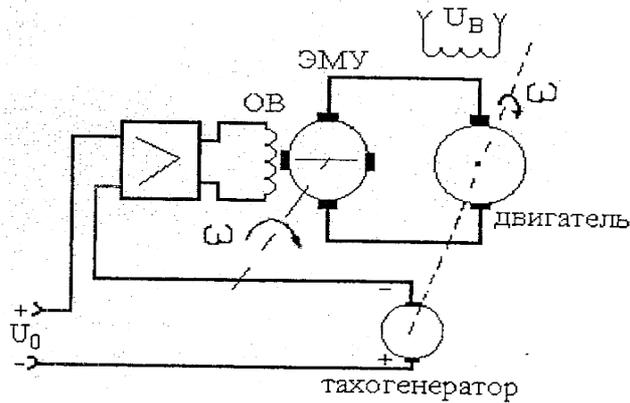


Рисунок А.11 - Система автоматического регулирования числа оборотов в двигателе

С якоря ЭМУ усиленное напряжение подается на якорь двигателя, сила тока в якоре двигателя увеличивается, соответственно возрастает магнитный поток, и частота вращения восстанавливается.

Вариант 12. При увеличении нагрузки на генератор его напряжение уменьшается (рисунок А.12).

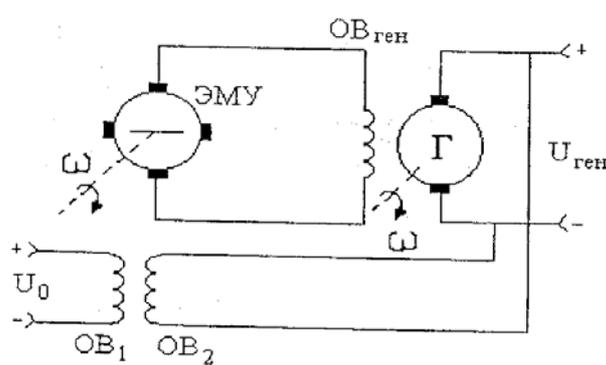


Рисунок А.12 – Система автоматического регулирования напряжения в генераторе

Это уменьшенное напряжение генератора подается на одну обмотку возбуждения OB_2 электромашинного усилителя (ЭМУ). На вторую обмотку ЭМУ, на OB_1 подается базовое напряжение U_0 . Эти две обмотки возбуждения подключены так, что магнитные потоки в них направлены в противоположные стороны. Через магнитные потоки происходит сравнение поданных напряжений и разница магнитных потоков воздействует на якорь ЭМУ. Усиленное напряжение с ЭМУ подается на обмотку возбуждения генератора, в которой увеличивается магнитный поток и напряжение генератора восстанавливается.

Вариант 13. Это система программного управления. Алгоритм управления представлен в задатчике в виде профиля кулачка. Кулачек при своем вращении перемещает ползунок реостата, изменяя соотношение между сопротивлениями R_1 и R_2 (рисунок А.13).

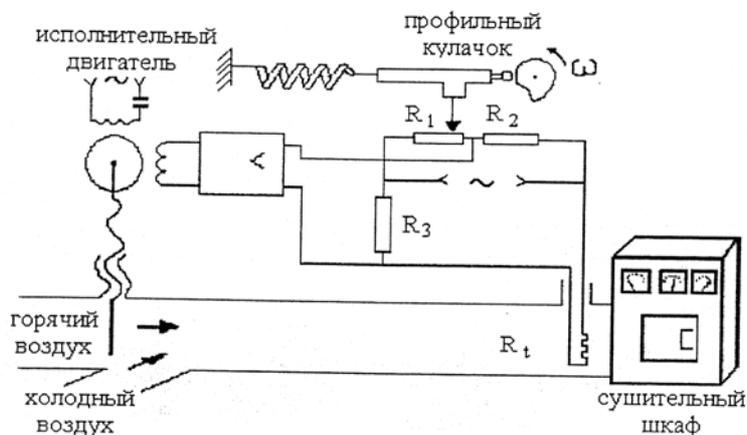


Рисунок А.13 - Система автоматического регулирования температуры в сушильном шкафу

Возникает разбаланс в мостовой схеме R_1 R_2 R_3 R_4 . Величина разбаланса подается на усилитель, затем на исполнительный двигатель, который перемещает заслонку регулирующую поступление горячего воздуха в сушильный шкаф. Благодаря наличию исполнительного двигателя отклонение регулируемой температуры от заданного значения будет с небольшой динамической ошибкой и с отсутствием статической ошибки.

Вариант 14. Это система автоматического слежения угла поворота башни танка по входному сигналу угла α (рисунок А.14).

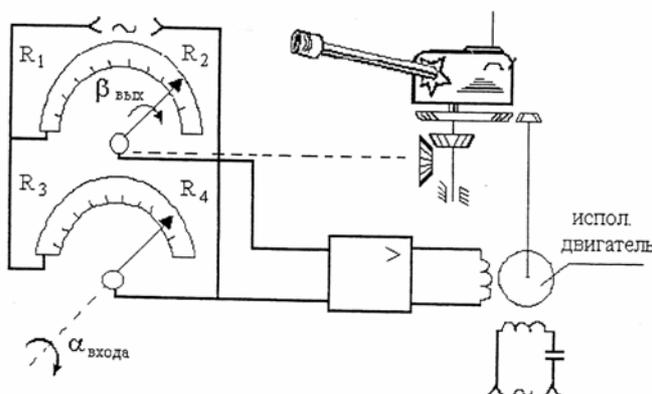


Рисунок А.14 - Система автоматического регулирования угла поворота башни танка

Входной сигнал подается путем поворота нижнего ползунка реостата на угол α . В результате возникает разбаланс мостовой схемы $R_1 R_2 R_3 R_4$. Сигнал разбаланса подается через усилитель на исполнительный двигатель, который поворачивает башню танка. Одновременно с башней поворачивается верхний ползунок на угол β до тех пор, пока $\beta = \alpha$ и разбаланс в мостовой схеме станет равный нулю. Вращение башни прекратится.

Вариант 15. При поступлении в калорифер новой порции холодного молока температура в калорифере уменьшается (рисунок А.15).

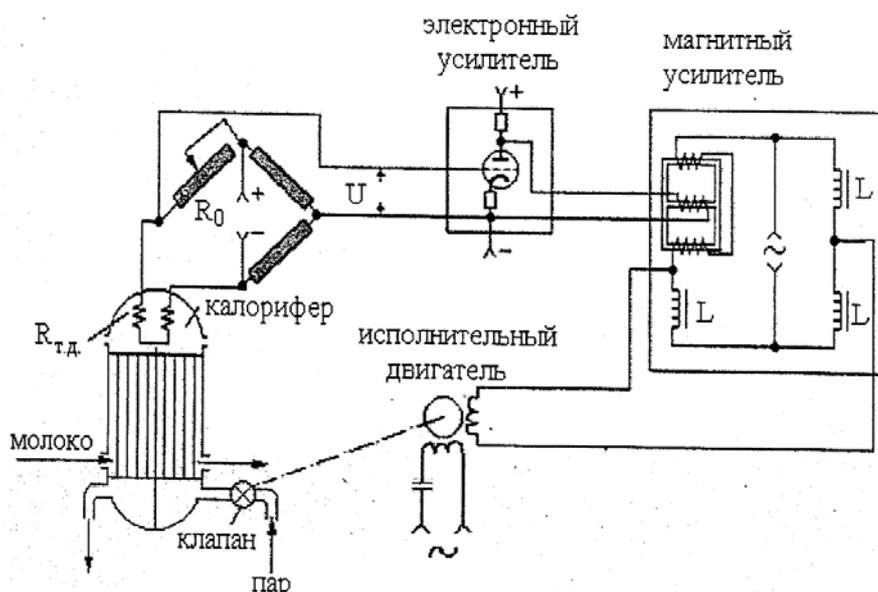


Рисунок А.15 – Система автоматического регулирования температуры в калорифере

Датчиком температуры в калорифере является термосопротивление $R_{т.д.}$ включенное в одно плечо мостовой схемы. При уменьшении температуры в калорифере сопротивление этого датчика уменьшается, возникает разбаланс мостовой схемы и ΔU подается на электронный усилитель, затем на магнитный усилитель и на исполнительный двигатель. Этот двигатель поворачивает клапан, дополнительно открывает его и новая порция пара поступает в калорифер. Температура в калорифере восстанавливается.

Вариант 16. На рисунке А.16 показана схема автоматического измерения поверхностей детали и автоматической коррекции положения режущего

инструмента в координатной системе станка (в качестве примера показано измерение наружного диаметра D обрабатываемой детали 1).

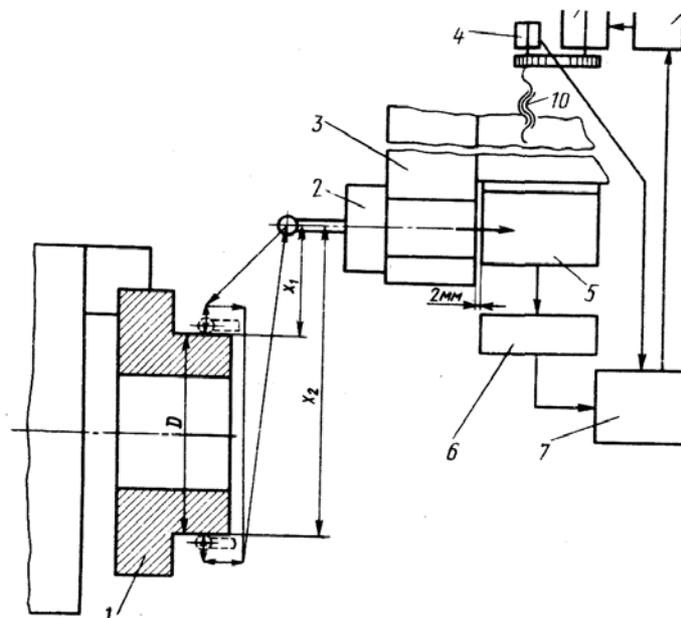


Рисунок А.16 - Система автоматического измерения поверхностей детали

В одной из позиций револьверной головки 3 закреплен индикатор 2 контакта. По заданной в УЧПУ 7 программе индикатор (при остановленном шпинделе) касается образующей наружной поверхности детали сверху, а затем снизу. Сигнал от индикатора через датчик 4 обратной связи поступает в УЧПУ, которое фиксирует размеры x_1 и x_2 ; разность $x_2 - x_1$ равна измеренному диаметру. Сигнал касания передается также через приемное устройство 5 и преобразователь 6 в УЧПУ, где производится соответствующий расчет. Затем необходимый сигнал через тиристорный преобразователь 8 поступает в обмотку возбуждения электродвигателя 9 подачи. Последний, вращая шариковую винтовую пару 10, корректирует положение суппорта с инструментом. Точность измерения 0,004-0,005 мм позволяет без вмешательства наладчика обеспечить (в автоматическом цикле) точность обработки 0,02—0,03 мм.

Вариант 17. Программа обработки детали, записанная технологом-программистом или оператором в виде символов, определенных математическим обеспечением системы, вводится в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) с клавиатуры пульта управления или с магнитной ленты, устанавливаемой в

кассетный накопитель (или перфоленты, устанавливаемой в фотосчитывающее устройство) в виде электрических сигналов.

Устройство ОПУ вырабатывает сигнал напряжения, пропорциональный заданной программой скорости перемещения, и подает его на вход тиристорного преобразователя (рисунок А.17).

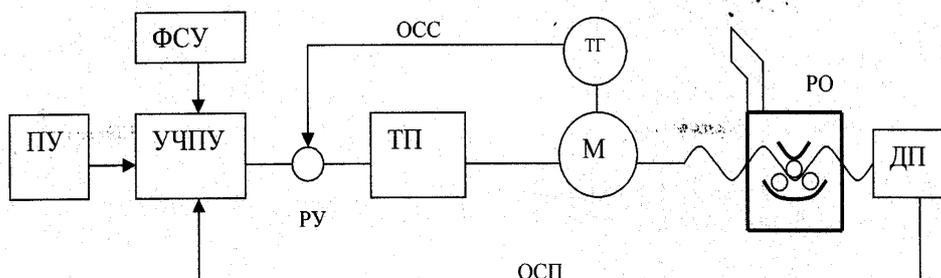


Рисунок А.17 - Система автоматического управления перемещением резца

Преобразователь передает напряжение на якорь двигателя постоянного тока, который начинает вращаться, передавая вращение ходовому винту и перемещая суппорт. Обратная связь по скорости снимается тахогенератором и служит для поддержания постоянства заданной скорости. Датчики положений (ДП) дают сигналы на вход измерительной системы устройства ОПУ и сообщают им реальные координаты рабочего органа (РО). По достижении РО заданной координаты сигнал задания скорости снимается, и двигатель останавливается.

Вариант 18. Подвижный орган 5 станка жестко связан с винтом 3, приводимым во вращение от шагового двигателя 4 (рисунок А.18).

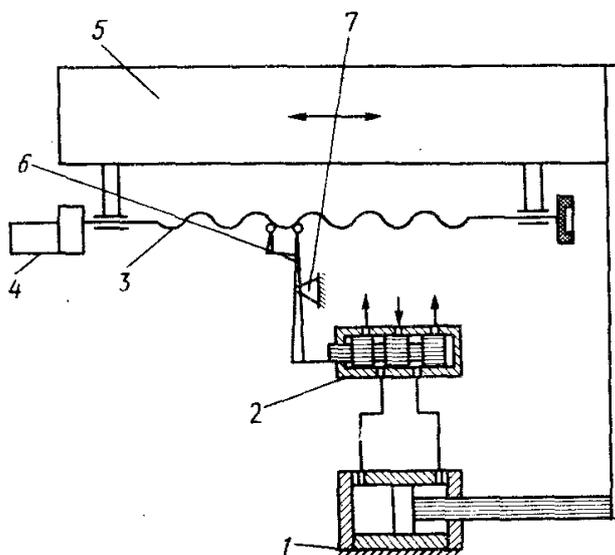


Рисунок А.18 - Система автоматического управления приводом станка

В резьбу винта без зазора входит наконечник рычага 6 копировального прибора 2, закрепленного на неподвижной части станка 7. Копировальный прибор 2 включает в себя следящий золотник, управляющий гидроцилиндром. При поступлении командных импульсов от УЧПУ шаговый двигатель 4 начинает вращать винт 3. При этом рычаг 6 копировального прибора отклоняется от своего среднего положения и смещает золотник, что вызывает перемещение гидроцилиндра, а следовательно, и подвижного органа станка. Перемещение происходит до тех пор, пока золотник не займет снова своего среднего положения.

Вариант 19. Записанное на программносителе 1 число импульсов преобразуется интерполятором устройства ЧПУ 2 в непрерывную последовательность импульсов, которая направляется в реверсивный счетчик (рисунок А.19).

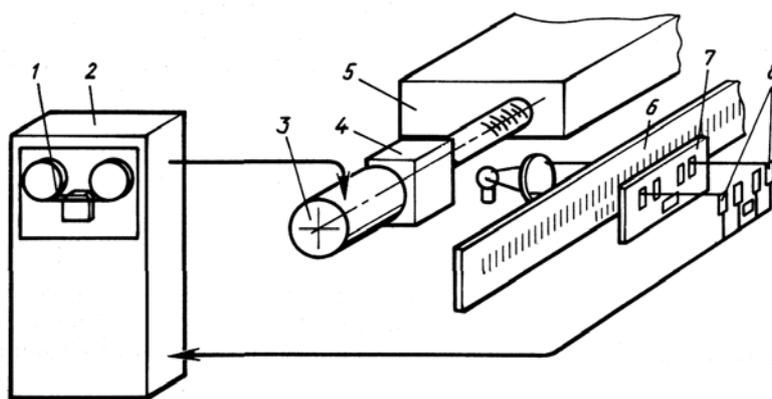


Рисунок А.19 - Импульсно-следящая система ЧПУ на высокомоментных двигателях постоянного тока

Счетчик суммирует импульсы, поступившие на его первый вход. Наличие в счетчике определенного числа вызывает появление на выходе устройства управления соответствующего напряжения, пропорционального числу импульсов. Это напряжение управляет частотой вращения двигателя 3, который через редуктор 4 и передачу винт-гайка перемещает рабочий орган 5 станка.

Датчик обратной связи 8 выполнен на фотоэлементах. При движении рабочего органа подвижная линейка 6, связанная с ним непрозрачными участками, периодически перекрывает светлые участки шкалы измерительной линейки 7, в результате чего при движении рабочего органа фотоэлемент датчика обратной связи посылает в систему управления на второй вход реверсивного счетчика импульсы,

которые вычитаются из суммы импульсов, находящихся в счетчике. В результате работы системы управления устанавливается равновесие между количеством вновь поступающих от устройства управления управляющих импульсов и импульсов обратной связи, что соответствует движению рабочего органа с запрограммированной скоростью.

Вариант 20. В схеме управления размером статической настройки при точении (рисунок А.20) упругая деформация (отжатие) резца воспринимается преобразователем 1, напряжение которого передается на сравнивающее устройство 2 и далее через усилитель 3 на сравнивающее устройство 4, получающее также задающий сигнал.

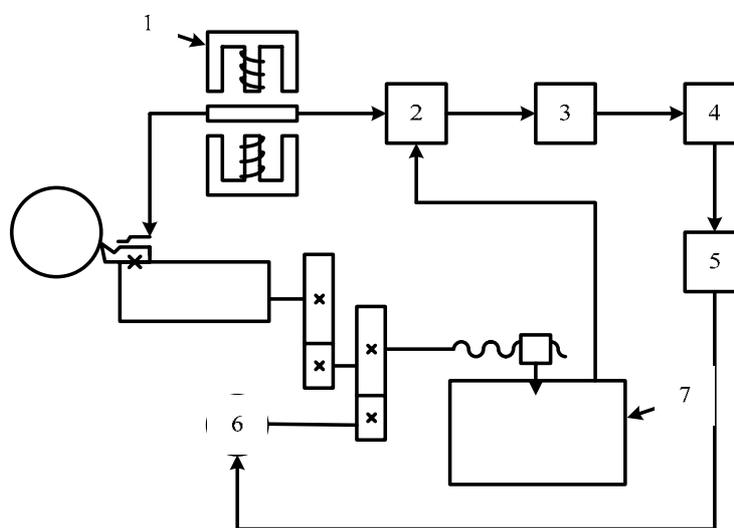


Рисунок А.20 - Система адаптивного управления при точении

Устройство 4 через усилитель 5 подает напряжение на электродвигатель 6 поперечной подачи, который перемещает инструмент в направлении детали. Одновременно перемещается движок потенциометра 7, контролирующего движение каретки суппорта. Напряжение потенциометра 7 подается на сравнивающее устройство 2. Когда перемещение полностью компенсирует отжатие резца, напряжение на выходе сравнивающего устройства 2 исчезает. При этом питание двигателя 6 прекращается. Применяя профильный потенциометр или перемещая его движок посредством кулачка, можно менять функциональную зависимость между отжатием резца и его перемещением.

Вариант 21. Напряжение U_c подается на вход устройства (рисунок А.21).

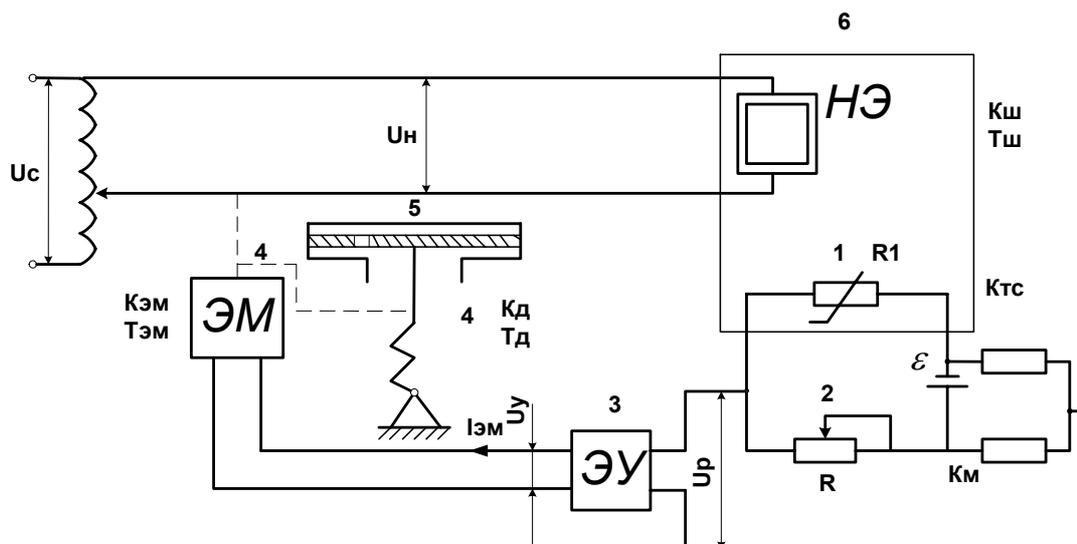


Рисунок А.21 – Система автоматического регулирования температуры сушильного шкафа

Под действием напряжения происходит увеличение температуры T_c нагревательного элемента сушильного шкафа. Эта температура действует на сопротивление терморезистора $R1$. Это сопротивление вычитается из сопротивления реостата R . Разность сопротивлений $\Delta R = R - R1$ образует падение напряжения U_p , которое подается на электронный усилитель (ЭУ). На выходе усилителя образуется напряжение U_y , которое, создавая ток возбуждения ЭМ $I_{эм}$, приведет демпфер в движение, который увеличит или уменьшит напряжение на нагревательном элементе U_n . Изменение напряжения приведет к изменению температуры сушильного шкафа. Соответственно изменится сопротивление терморезистора $R1$. Следовательно, изменится и разность сопротивлений на входе усилительного устройства. И процессы в системе будут продолжены до тех пор, пока разность сигнала ошибки не будет равна нулю.

Перемещение X рычага и поршня демпфера зависит только от разности входной силы F и силы сопротивления $F1$ сжимаемого в цилиндре воздуха. Связь между перемещением и разностью этих сил определяется свойствами пружины. В свою очередь, сила сопротивления воздуха над поршнем зависит от разности давления в цилиндре P и давления окружающего демпфер воздуха P_0 .

Вариант 22. В тиристорном регуляторе скорость двигателя постоянного тока задаётся задатчиком (рисунок А.22).

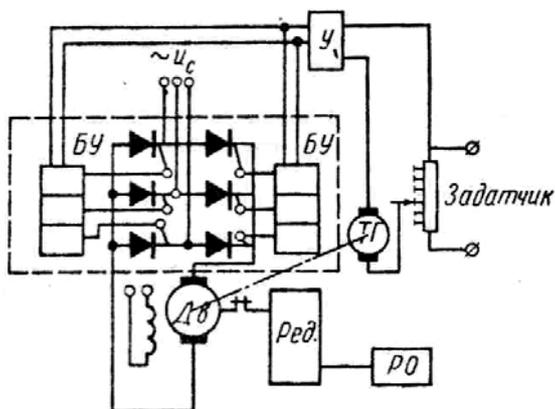


Рисунок А.22 - Система автоматического регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока

Фактическое ее значение измеряется тахометрической обратной связью ТГ. Всякое изменение скорости (в пределах чувствительности привода), вызванное изменением нагрузки или внешнего воздействия, измеряется тахогенератором ТГ, усиливается в усилителе У и воздействует на тиристорный преобразователь через блоки управления. При этом изменяется момент открывания тиристоров так, что увеличивается выпрямленное напряжение, подводимое к якору двигателя Дв до тех пор, пока величина рассогласования не будет уменьшена до допустимой. При превышении скорости выходным валом заданный процесс протекает в обратном направлении, уменьшая выпрямленное напряжение. Так поддерживается постоянной заданная скорость.

Вариант 23. Схема управления размером динамической настройки вертикально-фрезерного станка приведена на рисунке А.23.

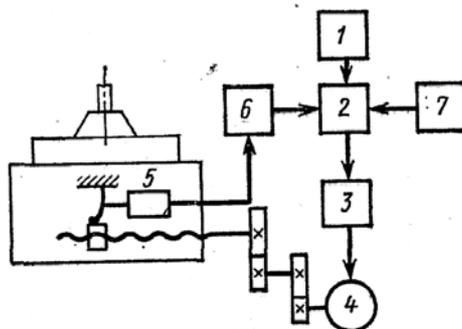


Рисунок А.23 – Система автоматического управления размером динамической настройки станка

В этом станке задающее устройство 1 подает в сравнивающее устройство 2 напряжение, определяющее величину подачи. Величина напряжения определяется выбранным размером обработки по тарировочной кривой, связывающей силу резания и жесткость системы СПИД с размером динамической настройки. Далее через усилитель 3 это напряжение подается на электродвигатель 4 подачи стола. Двигатель перемещает стол посредством ходового винта. При этом гайка ходового винта, упруго смещаясь под воздействием составляющей силы резания, изгибает плоскую пружину. Деформация этой пружины воспринимается преобразователем 5, напряжение которого через усилитель 6 передается в сравнивающее устройство 2, изменяя подачу так, что размер динамической настройки остается постоянным. В зависимости от величины и знака напряжения рассогласования, поступающего через усилитель 3 на регулируемый электродвигатель 4, возникает изменение подачи в ту или иную сторону. Подвод детали к инструменту производят с наибольшей скоростью. Чтобы при этом не сломался инструмент, величина подачи врезания задается в форме соответствующего дополнительного напряжения, вводимого в сравнивающее устройство 2 блоком 7.

Вариант 24. Релейная система автоматического регулирования температуры печи состоит из печи 1 и релейного регулятора температуры (рисунок А.24).

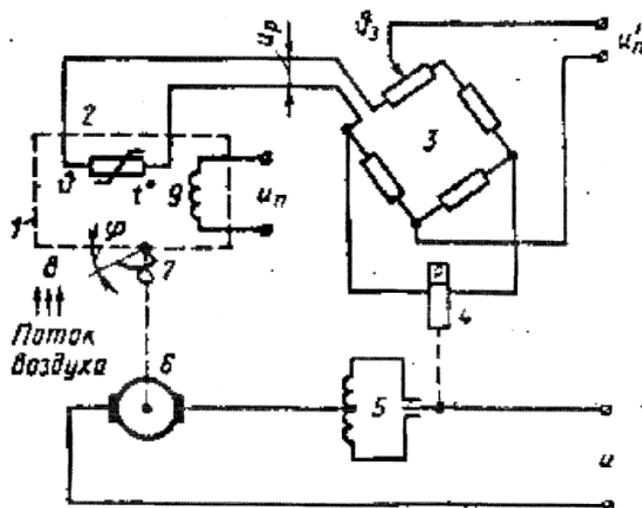


Рисунок А.24 – Система автоматического регулирования температуры печи

Электрическая печь нагревается подогревателем 9. Температура печи изменяется с помощью заслонки 8 и путем подачи охлаждающего потока воздуха.

Для измерения температуры печи применен терморезистор 2, включенный в мостовую схему 3.

В зависимости от полярности тока в диагонали моста происходит замыкание левого или правого контакта реле 4, и ток через контакты реле поступает в одну из обмоток 5 возбуждения электродвигателя 6. Электродвигатель, вращаясь, поворачивает через редуктор 7 заслонку 8. При увеличении температуры и в печи заслонка открывается, а уменьшением температуры - закрывается.

Вариант 25. На рисунке А.25 представлена упрощенная схема системы, состоящая из объекта регулирования в виде сушильной башни 2; регулятора P , состоящего из электронного усилителя 3, электромашинного усилителя (ЭМУ) 4, электродвигателя 5, механического редуктора 6 и силового серводвигателя 8; датчика 1 (электрического газоанализатора).

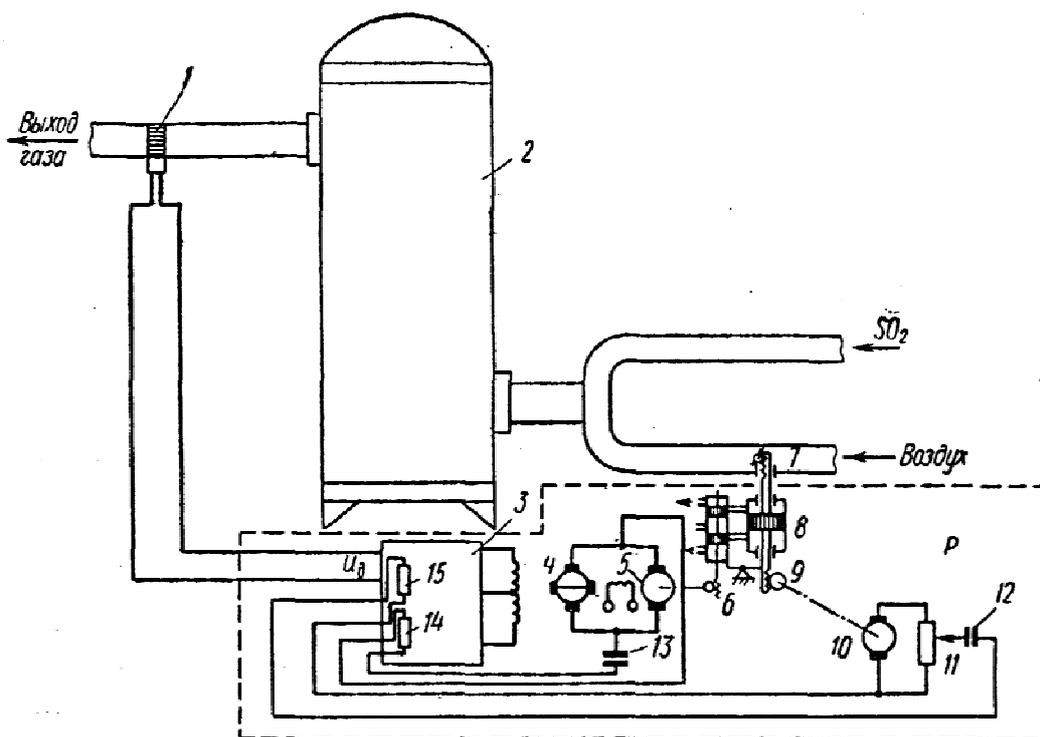


Рисунок А.25 - Система автоматического регулирования концентрации сернистого газа на заводах серной кислоты

Регулятор воздействует на управляющий орган 7, изменяющий проходное сечение воздуховода.

Работа системы регулирования заключается в следующем. При увеличении количества сернистого газа SO_2 , поступающего через трубопровод в сушильную башню, на ее выходе повышается концентрация сернистого газа. Электрический газоанализатор 7, измеряющий концентрацию SO_2 , выдает напряжение u_d , поступающее на электронный усилитель 3 регулятора P . Усиленный в ЭМУ, электродвигателе и силовом гидравлическом серводвигателе сигнал воздействует на заслонку 7 воздуховода, увеличивая количество воздуха, поступающего в башню. Таким образом, концентрация сернистого газа в башне падает до требуемого значения.

Для повышения устойчивости и качества системы регулирования в ней предусмотрены две внутренние гибкие обратные связи: первая, состоящая из конденсатора 13 и резистора 14, и вторая, состоящая из редуктора 9, тахогенератора 10, потенциометра 11, конденсатора 12 и резистора 15.

Вариант 26. С увеличением нагрузки на ЭМУ (при уменьшении сопротивления R_H) увеличивается сила тока в якоре ЭМУ и увеличивается потеря напряжения за счёт сопротивления в цепи якоря (рисунок А.26).

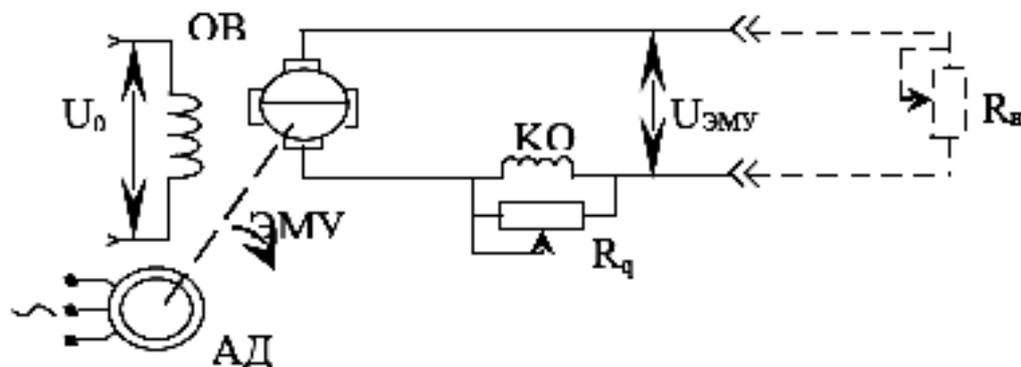


Рисунок А.26 – Система автоматической стабилизации напряжения в электромашинном усилителе

Одновременно с увеличением силы тока в цепи якоря, увеличивается ток в компенсационной обмотке (КО), увеличивается магнитный поток Φ_2 , который направлен параллельно магнитному потоку основной обмотки возбуждения Φ_1 и поэтому общий магнитный поток в ЭМУ возрастает, напряжение на выходе ЭМУ

возрастает и таким образом компенсирует потерю напряжения от увеличения силы тока в нагрузке R_H . Имеется два ИУ, которые работают независимо друг от друга.

В данной принципиальной схеме: АД – асинхронный электродвигатель;

ОВ – обмотка возбуждения ЭМУ; КО – компенсационная обмотка, включенная последовательно в цепь якоря; R_q – дополнительное сопротивление, включенное параллельно компенсационной обмотки; R_H – сопротивление нагрузки ЭМУ; U_0 – задающее напряжение; $U_{ЭМУ}$ – регулируемое напряжение.

Вариант 27. При увеличении расхода жидкости Q_2 уровень ее уменьшится, поплавков опускается и замыкает нижний контакт (рисунок А.27).

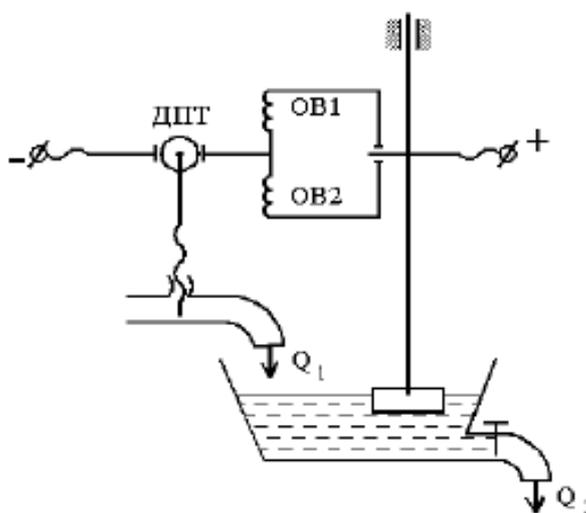


Рисунок А.27 – Система автоматического регулирования уровня жидкости в емкости

Ток проходит: (+), подвижный контакт, неподвижный нижний контакт, обмотка возбуждения (ОВ2), двигатель постоянного тока (ДПТ), (-). Двигатель начинает вращаться и поднимает заслонку впускного патрубка, приток жидкости Q_1 увеличивается до тех пор, пока уровень не восстанавливается до первоначального h_0 .

Тогда подвижный контакт вернется в исходное состояние, электрическая цепь разомкнется, регулирование закончено. При уменьшении расхода жидкости Q_2 поплавков поднимается, замыкается верхний контакт, включается ОВ1 и двигатель повернется в обратную сторону и прикроет заслонку входного патрубка.

Во всех случаях окончание регулирования будет только в случае, когда подвижный контакт вернется в исходное состояние. Таким образом, при любом расходе жидкости (или при любом возмущающем действии) окончание регулирования будет тогда, когда уровень жидкости полностью восстанавливается до значений h_0 и подвижной контакт отключает сигналы управления.

Вариант 28. Температура в сушильном шкафу (рисунок А.28) измеряется термометром сопротивления R_T , включённым в одно из плеч измерительного моста ИМ.

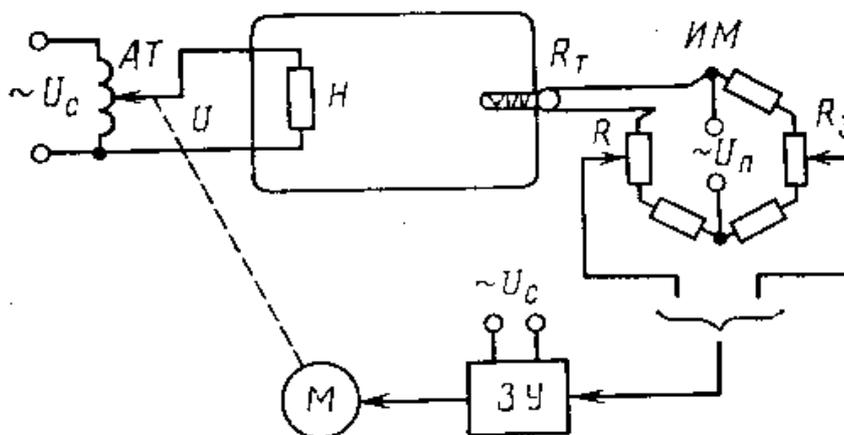


Рисунок А.28 – Система автоматического регулирования температуры в сушильном шкафу

При заданном значении температуры измерительный мост уравновешен, на вход электронного усилителя ЭУ напряжение не подаётся. При отклонении температуры от заданного значения соответственно изменяется сопротивление R_T , что вызывает разбаланс измерительного моста ИМ. На электронный усилитель подаётся напряжение разбаланса, и электродвигатель M начинает вращаться, перемещая движок автотрансформатора AT в сторону ликвидации отклонения температуры шкафа от заданного значения. При достижении заданного значения температуры измерительный мост ИМ балансируется, электродвигатель M останавливается и система приходит в равновесное состояние.

Заданное значение температуры устанавливается путём перемещения оператором движка потенциометра R_3 . Потенциометр R служит для коррекции равновесия ИМ при значении температуры в сушильном шкафу, равном заданному.

Вариант 29. При увеличении отбора газа потребителями выходное давление P_2 регулятора уменьшается и двигатель приоткрывает затвор 10 , что приводит к повышению расхода поступающего газа и соответствующему росту выходного давления P_2 до равенства с давлением $P_{зад}$ (рисунок А.29).

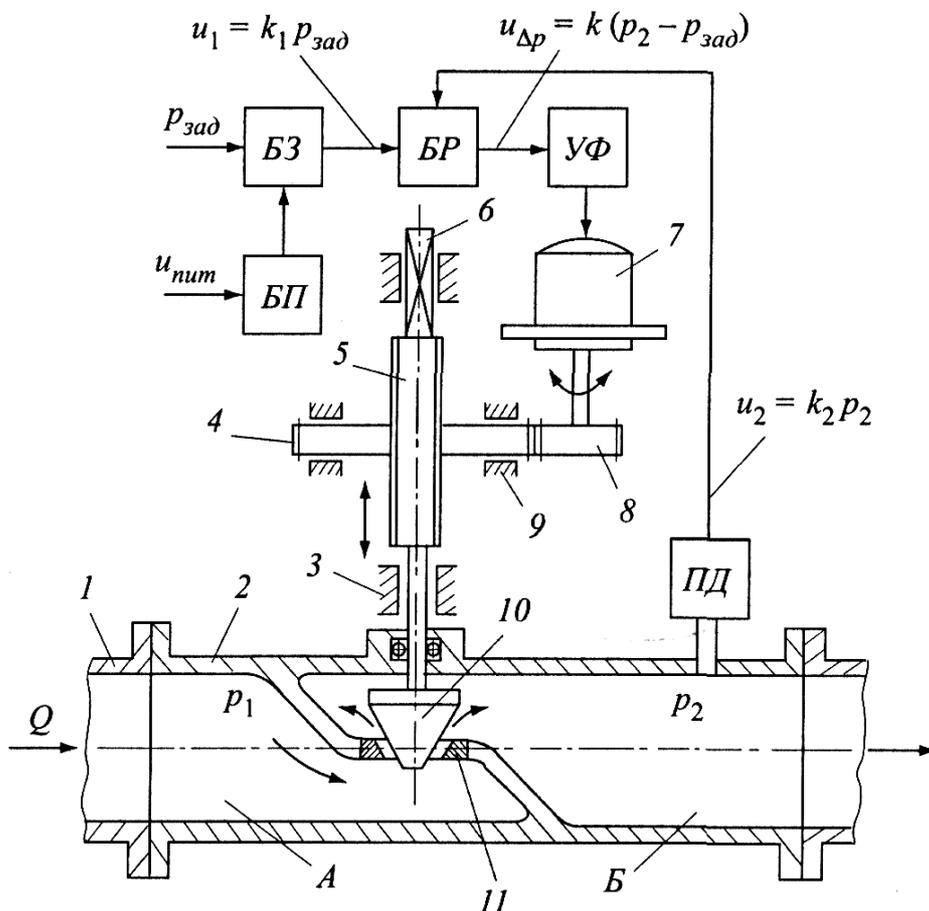


Рисунок А.29 – Система автоматического регулирования давления газа

При достижении равенства давления задания $P_{зад}$ в блоке задания выходному давлению P_2 процесс стабилизируется и двигатель останавливается.

При уменьшении отбора газа потребителями выходное давление P_2 возрастает, что приводит к автоматическому прикрытию затвора 10 и уменьшению расхода поступающего газа до достижения равенства выходного давления заданному давлению.

Такой регулятор содержит дросселирующее устройство с седлом 11 и затвором 10 , преобразователь давления (ПД) с электрическим выходным сигналом тока или напряжения, блок задания (БЗ) и блок рассогласования (БР), управляющий

через усилитель-формирователь (УФ) реверсным электродвигателем 7. Электродвигатель 7 обеспечивает необходимое перемещение затвора 10 дросселирующего органа через шестерни 4, 8 и винтовую передачу 5.

Вариант 30. В исходном состоянии, когда выходное давление P_2 за регулятором соответствует $P_{зад}$, усилие пружины 7 на рычаг 8 уравновешивает усилие манометрической пружины 9 от действия давления P_2 (рисунок А.30).

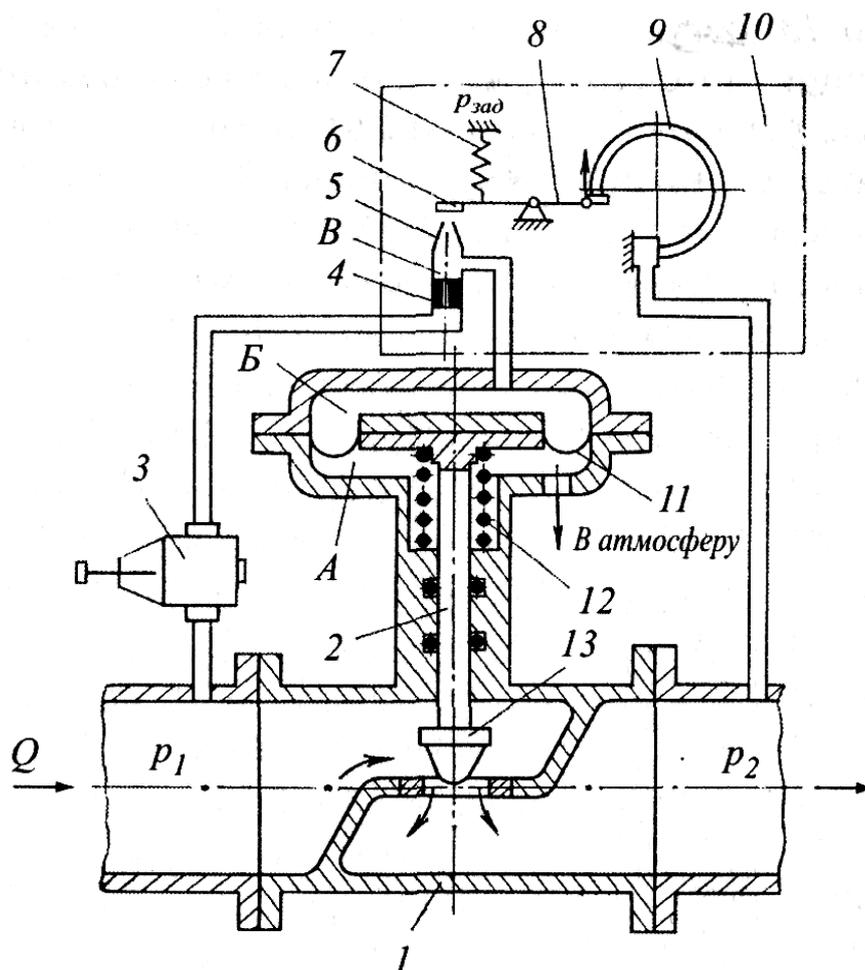


Рисунок А.30 - Система автоматического регулирования давления газа

При этом управляющее давление газа $P_{упр}$, поступающее из междроссельной камеры B в надмембранную камеру B , устанавливает затвор 13 регулирующего клапана 1 в такое положение, когда проходящий поток газа Q создает за дросселирующим органом заданное давление $P_2 = P_{зад}$. При увеличении выходного давления по сравнению с заданным ($P_2 > P_{зад}$) рычаг 8 с заслонкой 6 прикрывает сопло, вследствие чего повышается $P_{упр}$, кроме того, затвор 13 дросселирующего

устройства уменьшает проходное сечение потоку, благодаря которому выходное давление P_2 снижается до $P_2 = P_{\text{зад}}$.

При снижении выходного давления P_2 по сравнению с заданным ($P_2 < P_{\text{зад}}$) рычаг 8 приоткрывает сопло 5, имеющее заслонку 6, в результате чего уменьшается управляющее давление $P_{\text{упр}}$ в междроссельной камере B , поступающее в надмембранную камеру B регулирующего клапана 1. При уменьшении давления в камере B пружина 12 клапана приоткрывает затвор дросселирующего устройства, благодаря чему давление P_2 на выходе регулирующего клапана 1 возрастает до равенства с заданным. Изменение задания регулятора давления осуществляется регулировкой усилия пружины 7 с помощью регулировочного винта.

Приложение Б

(справочное)

Справочные данные элементов системы

Таблица Б.1 - Регуляторы

Статическая характеристика	Передаточная функция
$Y = N^{1/2} \cdot X$	$W(p) = \frac{p+1}{p+N/2}$
$Y = (N+1)^{1/2} \cdot X/N$	$W(p) = \frac{p+2}{p+N/3}$
$Y = (2N+1)^{1/2} \cdot X/N^{1/2}$	$W(p) = \frac{p+3}{p+N/3}$
$Y = (N+1)^{1/2} \cdot X$	$W(p) = \frac{p+4}{4Np}$
$Y = (4N+1)^{1/2} \cdot X/N^{1/2}$	$W(p) = \frac{p+4}{p+N/4}$
$Y = N^{1/2} \cdot (X+1)$	$W(p) = \frac{p+5}{p+N/5}$
$Y = (N/2)^{1/2} \cdot (X+2)$	$W(p) = \frac{p+6}{p+N/6}$

Таблица Б.2 - Датчики

Статическая характеристика	Передаточная функция
$Y = (N + 1)^{1/2} \cdot X$	$W(p) = \frac{1 + p/N}{p - 1}$
$Y = (N + 1)^{1/2} \cdot X/N$	$W(p) = \frac{p + 2}{(p/N) - 1}$
$Y = (N^2 + 1)^{1/2} \cdot X/N$	$W(p) = \frac{2p + 1}{(p/N) - 2}$
$Y = (2N - 1)^{1/2} \cdot X$	$W(p) = \frac{3p + 2}{p + 1/N}$
$Y = (3N - 2)^{1/2} \cdot X$	$W(p) = \frac{2p + 1}{p + 2/N}$
$Y = N^{1/2} - X$	$W(p) = \frac{2p + 2}{p + 4/N}$
$Y = (N/2)^{1/2} - X$	$W(p) = \frac{4p + 3}{p + 5/N}$
$Y = (3N)^{1/2} - X$	$W(p) = \frac{5p + 2}{p + 5/N}$

Таблица Б.3 – Исполнительные механизмы

Статическая характеристика	Передаточная функция
$Y = X/N^{1/2}$	$W(p) = \frac{p+1}{N}$
$Y = X/(N+1)^{1/2}$	$W(p) = \frac{2+N}{2Np}$
$Y = NX/(N^2+1)^{1/2}$	$W(p) = \frac{3+N}{3Np}$
$Y = NX/(N^2+2)^{1/2}$	$W(p) = \frac{4+N}{4Np}$
$Y = NX/(N^2+4)$	$W(p) = \frac{Np+1}{2N}$

Приложение В

(справочное)

Пример выполнения курсового проекта

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Индустиально-педагогический колледж

Отделение «Автоматизация информационных и технологических процессов»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине “Автоматическое управление”

**Исследование системы автоматического регулирования уровня
бензина в поплавковой камере**

Пояснительная записка

ИПК 220703.51.4012.31 ПЗ

Руководитель проекта

_____ А. В. Зобин
“ ___ ” _____ 20__ г.

Исполнитель

студент группы АТП-11-08

_____ Л. И. Волох
“ ___ ” _____ 20__ г.

Оренбург 20__

Отделение «Автоматизация информационных
и технологических процессов»

Утверждаю:

Зав. отделением _____

«_____» _____ 20__ г.

Задание на курсовой проект

Студенты _____

1 Тема проекта: «Исследование системы автоматического регулирования уровня бензина в поплавковой камере»

2 Срок сдачи законченной работы «___» _____ 20__ г.

3 Исходные данные к работе: структурная схема САР, статические характеристики и передаточные функции элементов системы, принципиальная схема САР, алгоритм работы САР (смотри приложение к заданию на курсовой проект).

4 Перечень подлежащих разработке в работе вопросов:

4.1 По заданной принципиальной схеме определить объект регулирования и регулируемую величину.

4.2 Определить вид возмущающего и управляющего воздействия на объект регулирования.

4.3 Кратко описать алгоритм работы данной САУ.

4.4 Определить основные функциональные элементы САУ.

4.5 Определить сигналы, поступающие на сравнивающее устройство, и сигнал, выходящий со сравнивающего устройства.

4.6 Составить функциональную схему и показать все элементы функциональной схемы и сигналы взаимодействия между ними.

4.7 Объяснить, как увеличить быстродействие системы и повысить точность регулирования.

4.8 Объяснить, как увеличить значение регулируемого параметра.

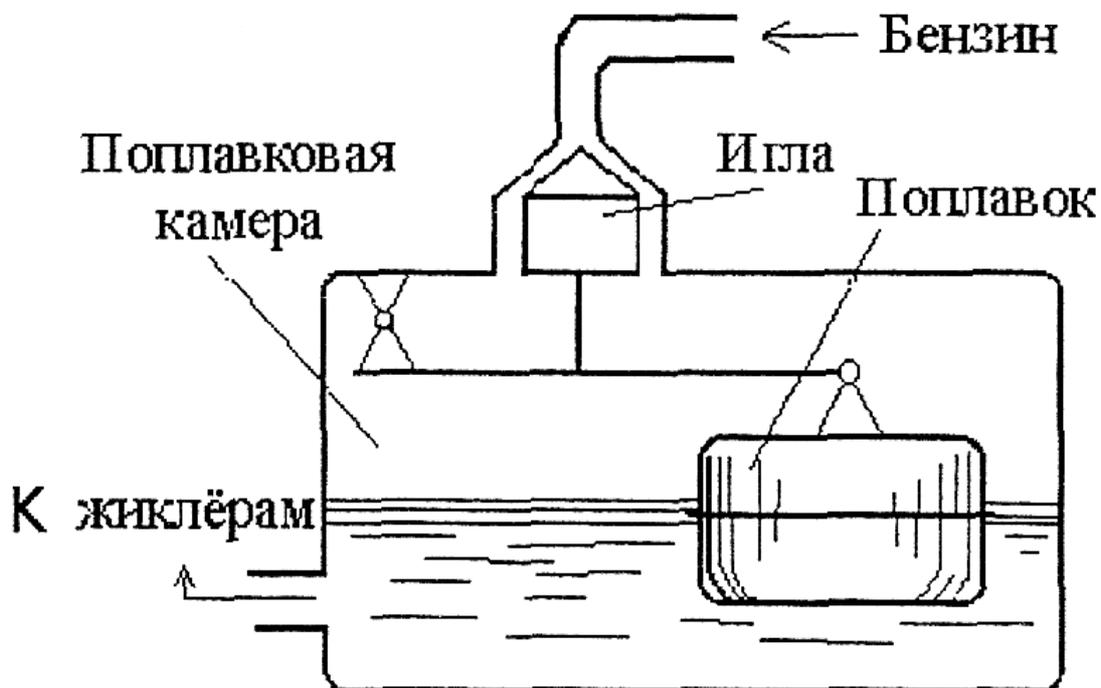
4.9 Определить цель управления и алгоритм управления.

4.10 Провести классификацию по закону регулирования.

- 4.11 Провести классификацию по наличию местных и обратных связей.
 - 4.12 Провести классификацию по количеству регулируемых параметров.
 - 4.13 Провести классификацию по ошибке в установившемся режиме.
 - 4.14 Провести классификацию по использованию вспомогательной энергии и ее виду.
 - 4.15 Провести классификацию по стабильности параметров системы.
 - 4.16 Провести классификацию по виду сигналов управления.
 - 4.17 Провести классификацию по математическим признакам.
 - 4.18 Построить статические характеристики устройств системы управления.
 - 4.19 Определить графическим методом общую статическую характеристику цепи обратной связи — ДРИМ.
 - 4.20 Построить статические характеристики объекта регулирования и системы управления.
 - 4.21 Определить на графиках рабочую точку и угол между статическими характеристиками.
 - 4.22 Рассчитать динамический коэффициент регулирования
 - 4.23 Определить аналитическое выражение регулирующей системы - ДРИМ.
 - 4.24 Найти аналитическим способом рабочую точку.
 - 4.25 Произвести расчет динамических параметров системы
- 5 Перечень графического материала: принципиальные схемы, функциональные схемы. Графический материал входит в структуру пояснительной записки и должен быть представлен в виде презентации на защите курсового проекта.

Приложение к заданию на курсовой проект

1 Принципиальная схема САР



2 Алгоритм работы автоматической системы

При увеличении расхода бензина из поплавковой камеры уровень бензина уменьшается, поплавок опускается. Вместе с ним опускается игла, открывается запорный клапан и увеличивается приток бензина. В результате уровень бензина в поплавковой камере восстанавливается.

Дата выдачи задания «___» _____ 20__ г.

Руководитель _____ (ФИО)

Задание принял к исполнению «___» _____ 20__ г.

_____ (подпись студента)

Аннотация

Пояснительная записка содержит 23 страниц, в том числе 13 рисунков, 10 источников. Графическая часть выполнена на 1 листе формата А1.

В данном проекте произведена разработка системы автоматического регулирования уровня топлива в поплавковой камере. Дан анализ САР по классификационным признакам и предложения по повышению качества автоматической работы устройства.

На основании разработанной структурной схемы выведено аналитическое выражение регулирующей системы, определена статическая устойчивость САР, а так же произведены расчеты динамических параметров системы, передаточной функции системы.

Annotation

This explanatory note contains 23 pages including 13 pictures, 10 sources. The graphical part is executed on 1 sheet of A1 format.

The development of system of automatic control of fuel level in the float chamber was executed in this project. The analysis of SAR of the classification criteria and proposals for improving the quality of the automatic operation of the device was given.

On the basis of the developed structural scheme an analytical expression of the control system was made, and the static stability of SAR was defined, as well as calculations of dynamic parameters of the system, the transfer function of the system are carried out.

Содержание

Введение.....	5
1 Составление функциональной схемы САУ.....	6
1.1 Принцип работы автоматического устройства.....	6
1.2 Объект регулирования и действующие на него факторы.....	6
1.3 Функциональная схема объекта регулирования.....	7
1.4 Элементы функциональной схемы САУ.....	7
1.5 Работа сравнивающего устройства.....	7
1.6 Функциональная схема САР.....	8
1.7 Функциональный анализ работы САР.....	8
1.8 Анализ САР по классификационным признакам.....	9
2 Анализ системы автоматического регулирования.....	10
2.1 Структурная схема системы автоматического регулирования.....	10
2.2 Статические характеристики элементов системы.....	10
2.2.1 Статическая характеристика объекта регулирования.....	10
2.2.2 Статические характеристики элементов цепи обратной связи.....	11
2.2.3 Общая статическая характеристика цепи обратной связи.....	12
2.3 Определение статической устойчивости САР.....	13
2.3.1 Определение рабочей точки системы графическим путем.....	13
2.3.2 Расчет динамического коэффициента регулирования.....	13
2.3.3 Определение аналитического выражения работы САР.....	14
2.3.4 Определение координат рабочей точки системы.....	14
2.4 Расчет динамических параметров системы.....	15
2.4.1 Расчет передаточной функции системы.....	15
2.4.2 Определение временной функции переходного процесса.....	16
Заключение.....	22
Список использованных источников.....	23
Приложение А Статическая характеристика объекта регулирования.....	24
Приложение Б Статическая характеристика датчика.....	25
Приложение В Статическая характеристика регулятора.....	26
Приложение Г Статическая характеристика исполнительного механизма.....	27
Приложение Д Результирующая статическая характеристика цепи обратной связи.....	28

Введение

Непрерывно развивающиеся на наших глазах производственные технологические процессы постоянно усложняются, скорость работы самых различных приборов, аппаратов и технических устройств возрастает, а человек, с точки зрения его возможностей и способностей, остается почти таким же, каким он был не только вчера, но и много веков назад [1].

Человек не может воспринимать инфра- и ультразвуки; он не располагает органами восприятия магнитных, электрических и многих других физических полей и величин; он не видит предметы, находящиеся слишком далеко или слишком близко от глаз. Если предметы, расположенные в поле его зрения, начнут мелькать (возникать и пропадать) со скоростью более пяти раз в секунду, он перестает их различать. Восприняв всю информацию, необходимую для осуществления процесса управления, он далеко не всегда может правильно ее оценить, проанализировать и на основе этого принять нужное решение. Но даже если решение принято правильно, это еще не означает, что оно будет вовремя и точно выполнено: ведь его надо довести до исполнительных механизмов или приборов, или подчиненных людей, а эта задача выполняется с помощью исполнительных органов человека, принимающего решение, то есть руками, языком, возможности которых также ограничены. Человеку, прежде всего, необходимо определенное время, чтобы воспринять даже простейший сигнал (например, отклонение стрелки прибора в ту или иную сторону) и должным образом отреагировать на него.

Исследования специалистов показали, что время, затрачиваемое человеком на анализ такого сигнала, колеблется в пределах 0,25-0,8 секунды. А на принятие решения, опять-таки простейшего (например, после обнаружения отклонения стрелки прибора нажать на ту или иную кнопку), он затрачивает 0,15-0,3 секунды. Если же ситуация требует от оператора более быстрой реакции (что бывает довольно часто), то он уже работает на пределе своих психических и физических возможностей, а это ведет к неустойчивости, к дезорганизации его работы. Таким образом, в ходе технического процесса возникла потребность исключить человека из операций управления для более совершенного их выполнения.

Замена человека в процессе управления действием автоматических управляющих устройств называется автоматизацией [2]. Автоматизация в целом облегчает труд человека, (не только физически, но и умственный), ведет к значительному повышению производительности машин и механизмов, улучшает качество выпускаемой продукции и расширяет возможности человеческого общества.

Целью данного курсового проекта является исследование и анализ принципиальной схемы регулирования уровня топлива в поплавковой камере, а также приобретение навыков самостоятельной работы.

Для достижение данной цели необходимо решить следующие задачи [3]:

- определить объект регулирования (ОР) и действующие на него воздействия;
- построить функциональную схему ОР;
- построить функциональную схему регулирования уровня топлива в поплавковой камере;
- провести классификацию данной САУ по самым различным признакам от алгоритма процесса управления до анализа сигналов управления.
- построить статические характеристики объекта регулирования и элементов обратной связи.
- рассчитать динамические параметры системы.
- определить временную функцию переходного процесса.

1 Составление функциональной схемы САР

1.1 Принцип работы автоматического устройства

При увеличении расхода бензина из поплавковой камеры уровень бензина уменьшается, поплавок опускается (рисунок 1) [4].

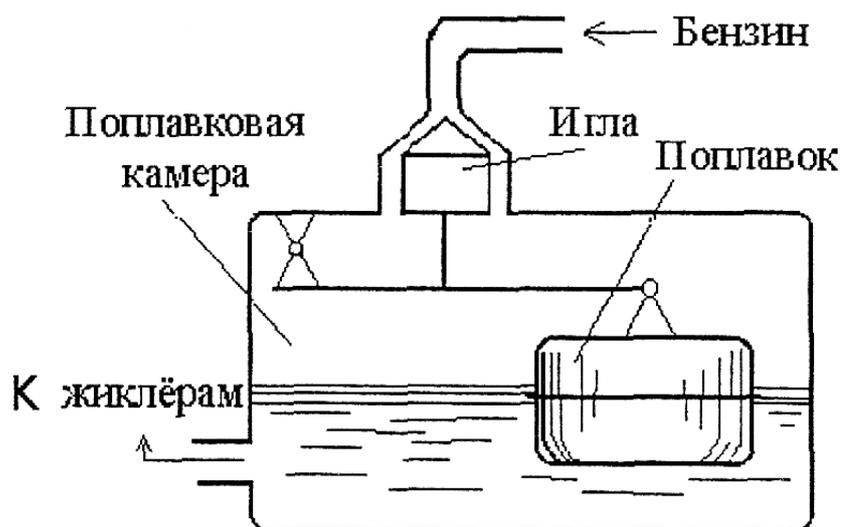


Рисунок 1 - Принципиальная схема регулирования уровня топлива в поплавковой камере

Вместе с ним опускается игла, открывается запорный клапан и увеличивается приток бензина. В результате уровень бензина в поплавковой камере восстанавливается.

1.2 Объект регулирования и действующие на него факторы

Объект регулирования (ОР) - поплавковая камера карбюратора, в которой происходит процесс регулирования.

Регулируемая величина $Y(t)$ - уровень бензина.

Возмущающее воздействие $f(t)$ - изменение расхода бензина.

Управляющее воздействие $Q(t)$ - подачи бензина в поплавковую камеру для восстановления заданного уровня.

1.3 Функциональная схема объекта регулирования

Функциональная схема ОР и воздействующие на него сигналы показаны на рисунке 2.



Рисунок 2 - Функциональная схема ОР и сигналы, воздействующие на него

1.4 Элементы функциональной схемы

Основные элементы функциональной схемы:

Исполнительное устройство (ИУ) - запорный клапан, от которого зависит количество поданного бензина в поплавковую камеру. Чем ниже будет расположена игла, тем больше будет подано бензина в поплавковую камеру;

Датчик (D) - поплавок, который служит для измерения регулируемой величины - уровня бензина и преобразования его в перемещение иглы клапана;

Задающее устройство (ЗУ) - длина стержня иглы клапана, от которой зависит уровень бензина.

1.5 Работа сравнивающего устройства

Выходной сигнал от задающего устройства — предписанная длина стержня L_{np} , на котором установлена игла клапана.

Выходной сигнал от датчика - действительное расстояние от запорного клапана до уровня бензина $L_{дей}$, которое передается на сравнивающее устройство с помощью поплавка.

Работа сравнивающего устройства заключается в сравнении этих двух сигналов (рисунок 3).

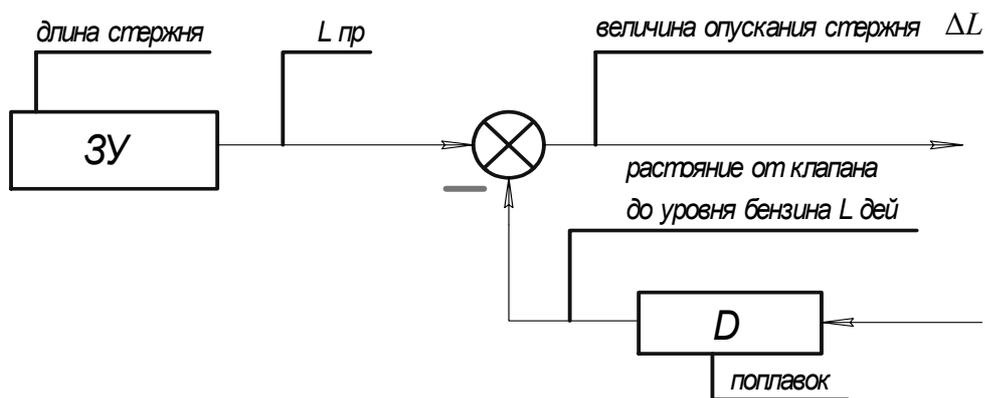


Рисунок 3 - Схема работы сравнивающего устройства

В результате, чем меньше уровень бензина и, соответственно ниже расположен поплавок, тем ниже опускается запорная игла относительно заданного значения и тем больше будет поступать бензина в поплавковую камеру. Величина опускания иглы ΔL определяется уравнением:

$$\Delta L = L_{пр} - L_{дей} \quad (1)$$

1.6 Функциональная схема САР

На основании принципиальной схемы устройства и приведенного анализа составляем функциональную схему регулирования уровня топлива в поплавковой камере (рисунок 4).

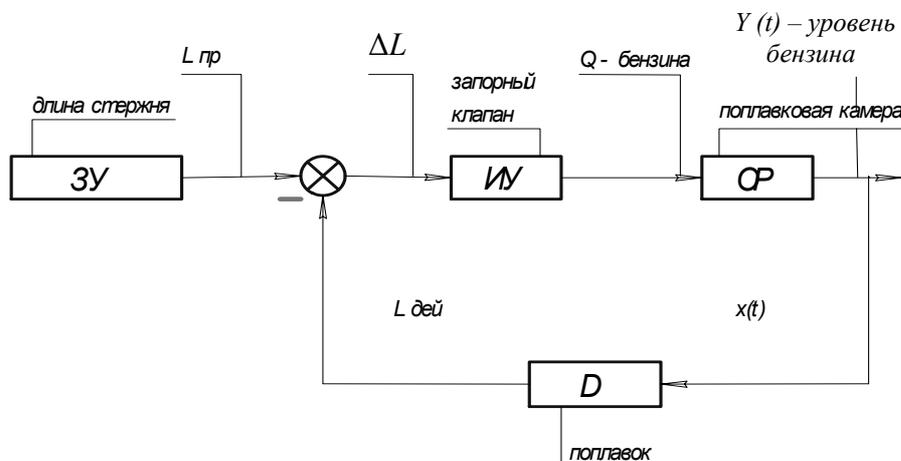


Рисунок 4 - Функциональная схема системы автоматического регулирования уровня бензина в поплавковой камере

1.7 Функциональный анализ работы САР

С помощью функциональной схемы проведем анализ работы данной САР и определим какие элементы функциональной схемы и как обеспечивают заданные показатели качества работы системы, а также выдвинуть предложения по повышению качества автоматического регулирования уровня бензина в поплавковой камере и увеличению значения регулируемой величины.

РЕШЕНИЕ:

1 Быстродействие работы САУ зависит от исполнительного устройства (ИУ). В данной САР - это запорный клапан. Для более быстрого наполнения поплавковой камеры бензином необходимо увеличить размер этого клапана.

2 Точность регулирования уровня бензина зависит от качества работы датчика. В данной САР - это поплавок. Для повышения точности регулирования необходимо уменьшить его вес и увеличить размер.

3 Увеличить значение регулируемой величины - это значит повысить уровень бензина в поплавковой камере. Величина регулируемой величины зависит от задающего устройства (ЗУ). Это расстояние от поплавка до запорного клапана. Для увеличения уровня бензина необходимо это расстояние уменьшить.

1.8 Анализ САУ по классификационным признакам

С помощью принципиальной и функциональной схем проведем анализ работы системы автоматического регулирования уровня бензина в поплавковой камере по классификационным признакам (рисунки 1 и 4).

РЕШЕНИЕ:

1 Цель управления в этой автоматической системе – стабилизировать уровень бензина при разных возмущающих воздействиях и прежде всего от изменения нагрузки. Это САР - система автоматического регулирования.

2 Согласно полученной функциональной схеме (рисунок 4) сигнал с регулируемого параметра (уровень бензина) через главную обратную связь (поплавок) подается на сравнивающее устройство регулятора. Регулирование

происходит пропорционально ошибке регулирования или по отклонению действительного значения уровня бензина от заданного. Алгоритм регулирования соответствует принципу регулирования по отклонению.

3 Открытие клапана (опускание его иглы) происходит пропорционально опусканию поплавка при уменьшении уровня бензина. По функциональной схеме видно, что в системе нет преобразующего устройства для интегрирования или дифференцирования управляющего сигнала. Эта система пропорционального регулирования или алгоритм работы ее соответствует П-закону регулирования.

4 Согласно функциональной схеме эта САР не имеет других обратных связей, кроме главной. Это одноконтурная САР.

5 В объекте регулирования (поплавковой камере) регулируется только одна величина - уровень бензина. Это одномерная САР.

6 В установившемся режиме количество уходящего бензина из поплавковой камеры должно соответствовать количеству поступающего бензина через клапан. Чем больше будет расход бензина (нагрузка), тем ниже должна располагаться игла клапана и соответственно уменьшится уровень бензина (регулируемая величина). Возникает статическая ошибка пропорционально увеличению расхода топлива (нагрузки). Это статическая система.

7 По функциональной схеме видно, что усилителя нет, Энергия датчика (поплавка) достаточна для срабатывания исполнительного устройства (запорного клапана). Это система прямого регулирования.

8 В данной автоматической системе все элементы регулятора имеют постоянные параметры (износ при этом не учитывается). Это стационарная система.

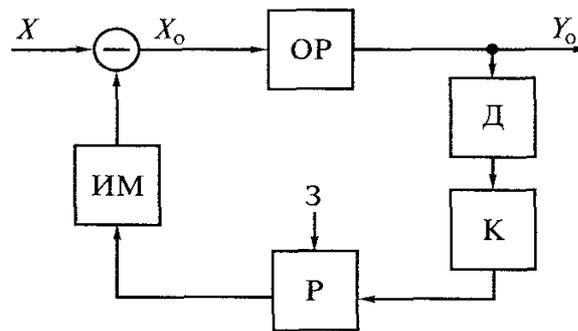
9 Сигнал управления от датчика постоянно связан с исполнительным устройством (стержень иглы даже припаян к поплавку). Эта система с непрерывным сигналом управления.

10 В этой системе есть нелинейная зависимость между опусканием иглы и количеством поступающего бензина. При заданных пределах регулирования такую зависимость можно линеаризировать. Это нелинейная САР допускающая линеаризацию.

2 Анализ системы автоматического регулирования

2.1 Структурная схема системы автоматического регулирования

По заданию курсового проекта необходимо разработать систему автоматического регулирования, структурная схема которой представлена на рисунке 5 [5].



ОР - объект регулирования; Д - датчик; К — усилитель; Р - регулятор;
З – задающее устройство; ИМ - исполнительный механизм.

Рисунок 5 - Функциональная схема системы автоматического регулирования

2.2 Статические характеристики элементов системы

2.2.1 Статическая характеристика объекта регулирования

В соответствии с заданием курсового проекта имеем статическую характеристику объекта регулирования, которая описывается уравнением

$$Y_{o.p} = \frac{X_{o.p}}{N}, \quad (1)$$

где N — номер студента в журнале (в данном случае $N = 31$).

Для построения статической характеристики объекта необходимо давать текущие значения для $X_{вх}$ (расчеты с помощью программы Mathcad приведены в приложении А). На основании результатов расчета построена прямая, показанная на рисунке 6.

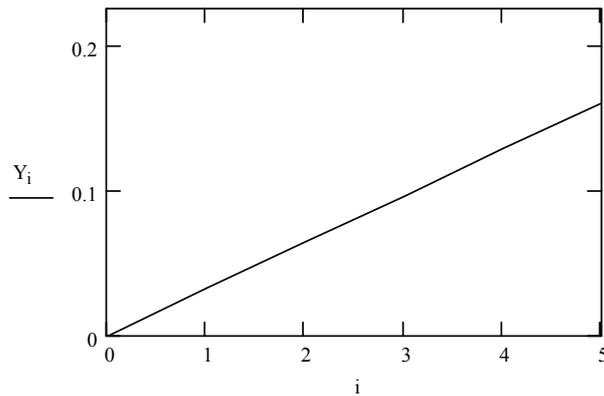


Рисунок 6 - Статическая характеристика объекта регулирования

2.2.2 Статические характеристики элементов цепи обратной связи

Для определения статической характеристики цепи обратной связи выбираются статические характеристики датчика, регулятора и исполнительного механизма.

Статическая характеристика датчика описывается уравнением

$$Y_D = \sqrt{N} - X_D. \quad (2)$$

Для построения этой статической характеристики выполнены необходимые расчеты (приложение Б) на основании которых строим статическую характеристику датчика (рисунок 7).

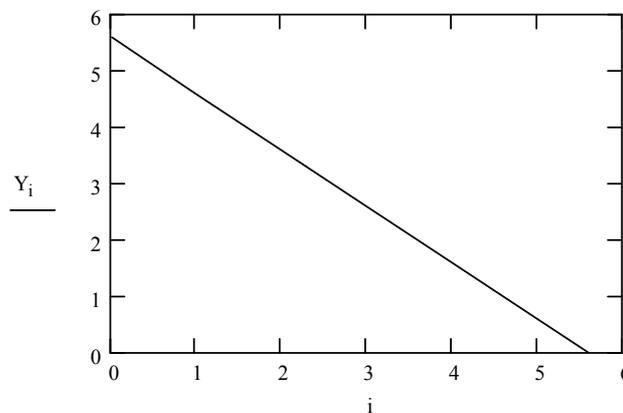


Рисунок 7 - Статическая характеристика датчика

Статическая характеристика регулятора описывается уравнением

$$Y_p = \sqrt{\frac{4N + 1}{N}} \cdot X_p. \quad (3)$$

Для ее построения достаточно взять две точки (приложение В). Статическая характеристика регулятора приведена на рисунке 8.

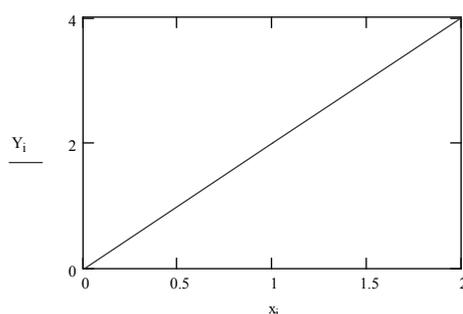


Рисунок 8 - Статическая характеристика регулятора

Статическая характеристика исполнительного механизма описывается уравнением

$$Y_{И.М} = \frac{NX_{И.М}}{\sqrt{N^2 + 1}}. \quad (4)$$

Для построения этой линейной статической характеристики достаточно дать $X_{И.М}$ два значения. Расчеты в Mathcad (приложение Г) дают основание провести прямую, которая изображена на рисунке 9.

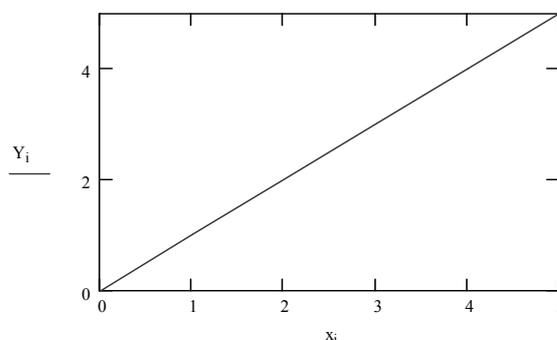


Рисунок 9 - Статическая характеристика исполнительного механизма

2.2.3 Общая статическая характеристика цепи обратной связи

Для определения общей статической характеристики цепи обратной связи (ДРИМ) необходимо изобразить статические характеристики этих звеньев на общей плоскости. В четвертом квадранте находится статическая характеристика датчика, в третьем - регулятора, во втором - исполнительного механизма (рисунок 10).

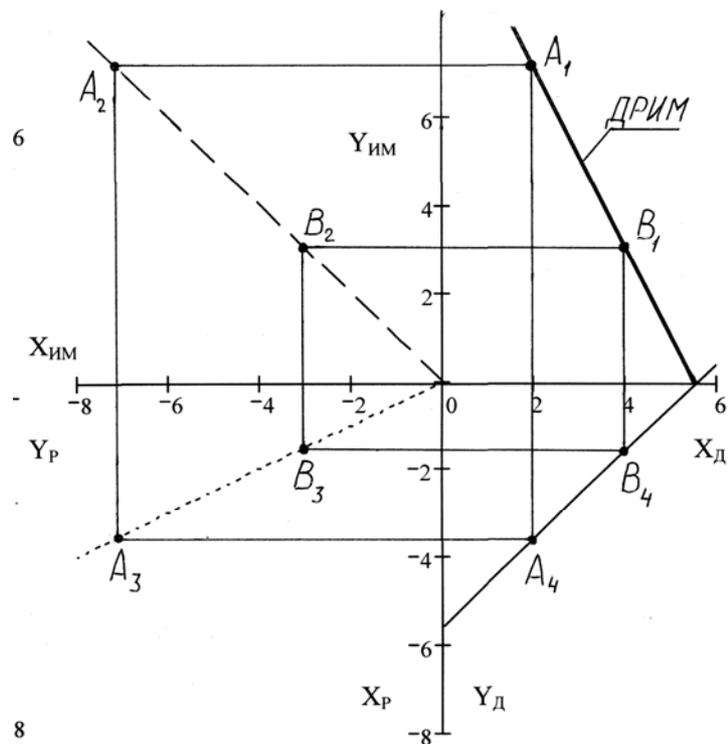


Рисунок 10 - Статические характеристики элементов цепи обратной связи

В результате выполнения необходимых построений (приложение Д) получим точки A_1 , B_1 , C_1 и т.д. Соединяя эти точки, получим результирующую статическую характеристику цепи обратной связи - ДРИМ.

2.3 Определение статической устойчивости САР

2.3.1 Определение рабочей точки системы графическим путем

Для определения взаимосвязи между статическими характеристиками объекта и ДРИМ изобразим их в одной системе координат (приложение Е). В результате эти две статические характеристики пересекутся в точке A (рисунок 11).

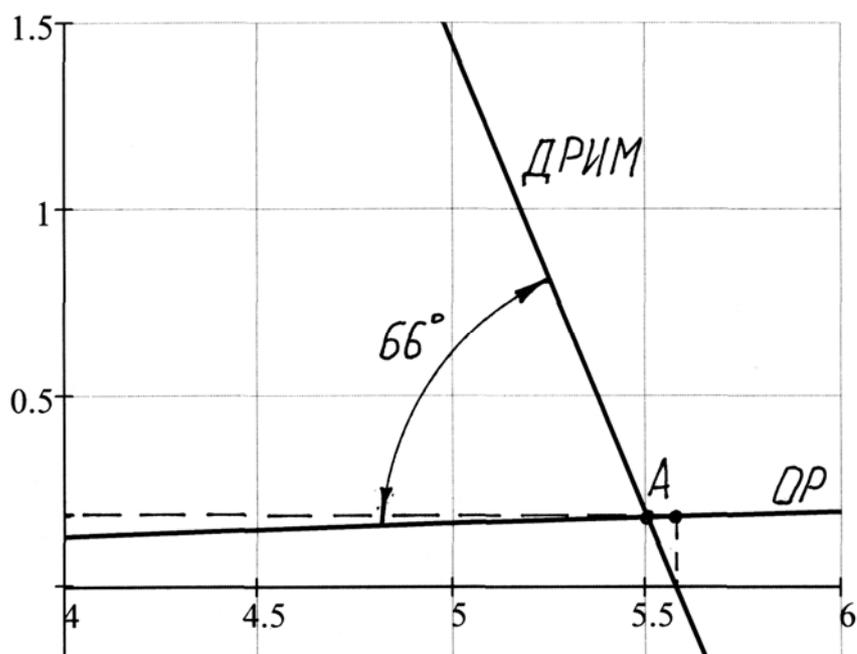


Рисунок 11 - Взаимосвязь статических характеристик ОР и ДРИМ

Угол пересечения этих двух статических характеристик равен примерно 66° . Так как при пересечении двух статических характеристик под углом $60^\circ - 90^\circ$ система характеризуется хорошей статической стабильностью, то полученная система обладает статической стабильностью.

2.3.2 Расчет динамического коэффициента регулирования

Для расчета динамического коэффициента регулирования обратимся к рисунку 11. На этом рисунке по одной из характеристик определяется возможный диапазон изменений входного параметра (приложение Е).

В результате по статической характеристике ДРИМ определим $\Delta X_{BX} = 4,69$, по статической характеристике объекта получим $\Delta Y = 0,21$. Подставим эти значения ΔY и ΔX_{BX} в выражение

$$D = \frac{\Delta Y}{\Delta X_{BX}}, \quad (6)$$

$$D = \frac{0,176}{5,5} = 0,03.$$

Так как нам нужен динамический коэффициент равный единице, в цепь обратной связи включен усилительный элемент (рисунок 5) с коэффициентом передачи $K = 33$.

2.3.3 Определение аналитического выражения работы САР

Для определения аналитического выражения работы регулирующей системы осуществим преобразования статических характеристик датчика, регулятора и исполнительного механизма.

Из структурной схемы системы (смотри рисунок 5) следует, что $Y_d = X_p$, $Y_p = X_{И.М.}$. Подставим уравнение датчика (2) в уравнение для регулятора (3). Результирующее уравнение подставим в уравнение для исполнительного механизма (4):

$$Y_p = \sqrt{\frac{4N+1}{N}} Y_d = \sqrt{\frac{125}{31}} (\sqrt{31} - X_d) = 11,2 - 2X_d;$$

$$Y_{И.М.} = \frac{NY_p}{\sqrt{N^2+1}} = \frac{31}{\sqrt{31^2+1}} Y_p = 11,2 - 2X_d.$$

В результате получено выражение

$$Y_{И.М.} = 11,2 - 2X_d. \quad (5)$$

Это выражение является статической характеристикой цепи обратной связи, полученной аналитическим способом. Оно также описывает статическую характеристику цепи обратной связи, полученную ранее графическим способом.

2.3.4 Определение координат рабочей точки системы

Для дальнейшего исследования автоматической системы с обратной связью упростим ее функциональную схему (рисунок 5) до вида, представленного на рисунке 12.

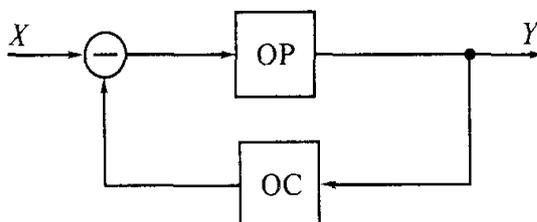


Рисунок 12 - Упрощенная функциональная схема САР

Таким образом, систему автоматического регулирования можно представить в виде двух элементов (звеньев): объекта регулирования и регулятора. Эти два звена включены встречно-параллельно. Каждое звено имеет свою статическую характеристику. Эти характеристики должны взаимодействовать друг с другом таким образом, чтобы получилась рабочая точка системы. Оптимальное взаимодействие характеристик возможно только при их пересечении.

Поскольку статические характеристики представляются прямыми линиями, то необходимо найти точку пересечения двух прямых линий. Эти линии задаются уравнениями

$$\begin{cases} Y_{И.М} = 11,2 - 2X \\ Y_{О.Р} = \frac{X_{О.Р}}{31} \end{cases} .$$

Обозначим $X_{вх} = X$ и $Y_{вых} = Y$, в результате получим

$$\begin{cases} Y = 11,2 - 2X \\ Y = 0,032X \end{cases} .$$

Решим систему уравнений и определим координаты рабочей точки

$$\begin{aligned} X &= 5,5; Y = 0,176; \\ A &(5,5; 0,176). \end{aligned}$$

2.4 Расчет динамических параметров системы

2.4.1 Расчет передаточной функции системы

Передаточная функция объекта регулирования

$$W_{o.p}(p) = \frac{N^2 + 1}{(N^2 + 4)p} = \frac{(31^2 + 1)}{(31^2 + 4)p} = \frac{962}{965p} \approx 1/p. \quad (7)$$

Для расчета передаточной функции всей системы необходимо определить передаточные функции датчика, регулятора и исполнительного механизма.

Передаточная функция датчика

$$W_D(p) = \frac{2p + 2}{p + 4/N} = \frac{2p + 2}{p + 4/31} = \frac{2p + 2}{p + 0,13}. \quad (8)$$

Передаточная функция регулятора

$$W_P(p) = \frac{p + 4}{p + N/4} = \frac{p + 4}{p + 31/4} = \frac{p + 4}{p + 7,75}. \quad (9)$$

Передаточная функция исполнительного механизма

$$W_{И.М}(p) = \frac{(2 + N)}{2Np} = \frac{2 + 31}{2 \cdot 31p} = \frac{0,53}{p}. \quad (10)$$

Для определения передаточной функции обратной связи ($W_{o.c}$) необходимо воспользоваться формулой

$$W_{o.c}(p) = W_D(p) \cdot W_P(p) \cdot W_{И.М}(p). \quad (11)$$

Подставив выражения передаточных функций в эту формулу, получим

$$W_{o.c}(p) = \frac{2p+2}{p+0,13} \cdot \frac{p+4}{p+7,75} \cdot \frac{0,53}{p} =$$

$$= \frac{(2p^2 + 8p + 2p + 8) \cdot 0,53}{(p^2 + 7,75p + 0,13p + 1,01)p} = \frac{1,06p^2 + 5,3p + 4,24}{p^3 + 7,88p^2 + 1,01p}.$$

Для определения передаточной функции системы воспользуемся выражением

$$W_c(p) = W_{o.p}(p) / [1 + W_{o.p}(p)W_{o.c}(p)]. \quad (12)$$

Подставим сюда все составляющие передаточные функции и преобразуем результирующее выражение:

$$W_c(p) = \frac{\frac{1}{p}}{1 + \frac{1}{p} \cdot \frac{1,06p^2 + 5,3p + 4,24}{p^3 + 7,88p^2 + 1,01p}} = \frac{p^3 + 7,88p^2 + 1,01p}{p^4 + 7,88p^3 + 2,07p^2 + 5,3p + 4,24}.$$

Для нахождения временной функции переходного процесса необходимо упростить это выражение. Целесообразно исключить из выражения в числителе $p^3 + 7,88p^2$, а в знаменателе $p^4 + 7,88p^3$. Тогда передаточная функция будет иметь вид

$$W_{nep}(p) = \frac{0,47p}{p^2 + 2,63p + 2,1}. \quad (13)$$

2.4.2 Определение временной функции переходного процесса

Для определения переходной функции представим общее выражение передаточной функции системы в виде двух слагаемых. Эти слагаемые можно получить, если определить корни характеристического уравнения

$$W_{nep}(p) = \frac{A}{p - p_1} + \frac{B}{p - p_2}, \quad (14)$$

где p_1 и p_2 – значения корней характеристического уравнения.

Для определения корней характеристического уравнения приравняем к нулю знаменатель:

$$p^2 + 2,56p + 2,05 = 0.$$

Найдем дискриминант уравнения

$$D = \sqrt{b^2 - 4ac} = \sqrt{2,56^2 - 4 \cdot 1 \cdot 2,05} = \sqrt{-1,6} = 1,26i;$$

$$p_{1,2} = \frac{-2,56 \pm 1,26i}{2 \cdot 1} = -1,28 \pm 0,63i;$$

$$p_1 = -1,28 - 0,63i;$$

$$p_2 = -1,28 + 0,63i;$$

Подставим значения p_1 и p_2 в выражение $W_{nep}(p)$ и таким образом определим коэффициенты А и В:

$$\frac{A}{p + 1,28 + 0,63i} + \frac{B}{p + 1,28 - 0,63i} = \frac{(A + B)p + A(1,28 - 0,63i) + B(1,28 + 0,63i)}{(p + 1,28 + 0,63i) \cdot (p + 1,28 - 0,63i)}.$$

Отсюда получим систему уравнений

$$\begin{cases} A + B = 0,48; \\ A(1,28 - 0,63i) + B(1,28 + 0,63i) = 0. \end{cases}$$

Подставляем $A = 0,48 - B$ во второе уравнение и решаем относительно B :

$$(0,48 - B)(1,28 - 0,63i) + B(1,28 + 0,63i) = 0;$$

$$0,48 \cdot 1,28 - 0,63i \cdot 0,48 - B \cdot 1,28 + B \cdot 0,63i + B \cdot 1,28 + B \cdot 0,63i = 0;$$

$$B = \frac{-0,48 \cdot 1,28 + 0,63i \cdot 0,48}{1,26i};$$

$$B = \frac{-0,6 + 0,63i \cdot 0,48}{1,26i};$$

$$B = 0,5i + 0,24;$$

$$A = -0,5i + 0,24;$$

Для определения функций времени необходимо воспользоваться обратным преобразованием Лапласа:

$$\frac{A}{p - p_1} = A \cdot \exp(p_1 t); \quad \frac{B}{p - p_2} = B \cdot \exp(p_2 t).$$

Далее определяем переходную функцию системы, которая определяется выражением

$$h(t) = A \cdot \exp((-1,28 - 0,63i)t) + B \cdot \exp((-1,28 + 0,63i)t).$$

Преобразуем это выражение к виду

$$h(t) = \exp(-1,28t) \cdot A \cdot \exp(-0,63i \cdot t) + B \cdot \exp(-1,28t) \cdot \exp(0,63i \cdot t)$$

или

$$h(t) = \exp(-1,28t) \cdot [A \cdot \exp(-0,63i \cdot t) + B \cdot \exp(0,63i \cdot t)].$$

Подставим значения А и В:

$$h(t) = \exp(-1,28t) \cdot [(0,24 - 0,5i) \cdot \exp(-0,63i \cdot t) + (0,24 + 0,5i) \cdot \exp(0,63i \cdot t)]$$

или

$$h(t) = \exp(-1,28t) [(0,24 \cdot \exp(-0,63i \cdot t) - 0,5i \cdot \exp(-0,63i \cdot t) + 0,24 \cdot \exp(0,63i \cdot t) + 0,5i \cdot \exp(0,63i \cdot t)].$$

Сгруппируем слагаемые в квадратных скобках таким образом, чтобы формировать уравнения Эйлера:

$$h(t) = \exp(-1,28t) \times$$

$$\times \left[0,24 \cdot \frac{\exp(-0,63i \cdot t) + \exp(0,63i \cdot t)}{2} \cdot 2 + 0,5i \cdot \frac{-\exp(-0,63i \cdot t) + \exp(0,63i \cdot t)}{2i} \cdot 2i \right]$$

В результате получим

$$h(t) = \exp(-1,28t) \cdot [0,5 \cos(0,63 \cdot t) - \sin(0,63 \cdot t)].$$

Две гармонические функции можно заменить одной, если определить модуль и фазу результирующего колебания.

Определим модуль $a = 0,5$; $b = 1$; $M = (a^2 + b^2)^{1/2} = 1,12$;

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b} = 0,5, \quad \alpha \approx 27^\circ \approx 0,5 \text{ рад.}$$

В результате получим выражение

$$h(t) = \exp(-1,28t) \cdot \sin(-0,63t + 27^\circ).$$

Переведем величину угла в градусах в радианы и получим

$$h(t) = \exp(-1,28t) \cdot \sin(-0,63t + 0,5).$$

Для построения этой функции рассчитаем характерные точки гармонической функции.

Построение графика данной функции (смотри рисунок 13) осуществляется с учетом того что

$$\sin x = \begin{cases} +1 \text{ при } \frac{\pi}{2}, \frac{5}{2}\pi, \\ 0 \text{ при } \pi, 2\pi, 3\pi, \\ -1 \text{ при } \frac{3}{2}\pi, \frac{7}{2}\pi. \end{cases}$$

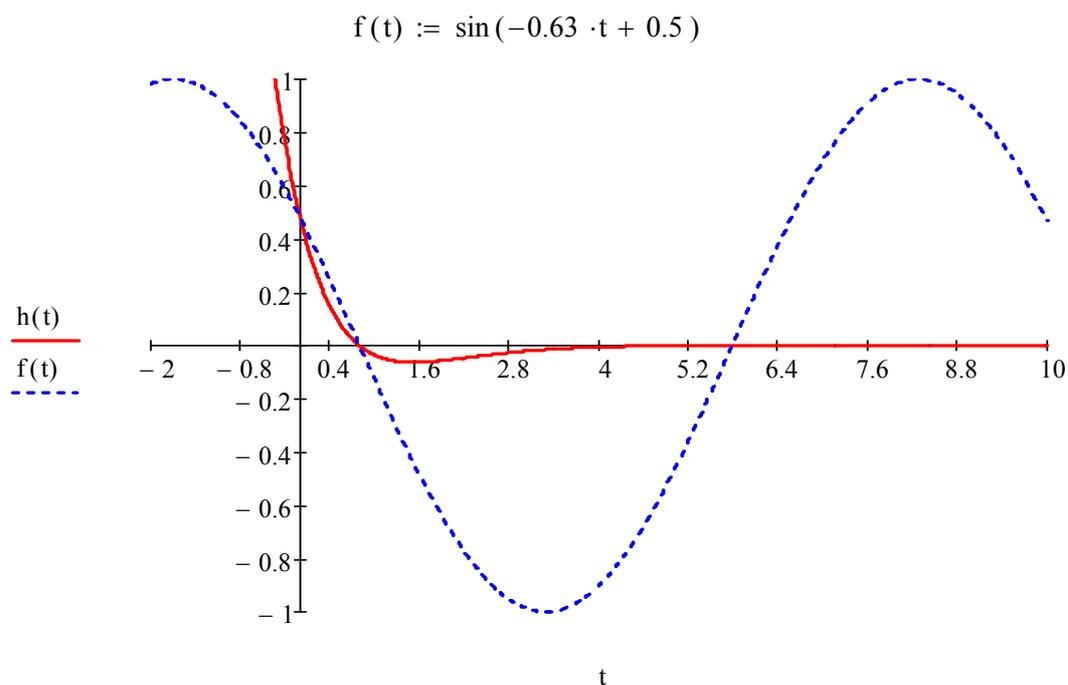


Рисунок 13 - График переходной функции

Определение основных параметров системы следует проводить с учетом построенного графика $h(t)$.

В нашем случае согласно построенному графику время регулирования равно $t_{pez} = 3,26$.

Заключение

В курсовом проекте была исследована система автоматического регулирования уровня бензина в поплавковой камере. На основании алгоритма работы данной САР составлена функциональная схема, проведен функциональный анализ работы устройства, дан анализ САР по классификационным признакам. После построения общей статической характеристики цепи обратной связи и статической характеристики объекта регулирования определены статическая устойчивость САР и координаты рабочей точки системы.

Список использованных источников

1 Савин, М. М. Теория автоматического управления: учеб. пособие / М. М. Савин, В. С. Елсуков. - Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 469 с. – ISBN 978-5-222-11274-8.

2 Гальперин, М. В. Автоматическое управление: учебник / М. В. Гальперин. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2004. - 224с. - ISBN 5-8199-0020-0, ISBN 978-5-8199-0020-8.

3 Евсюков, В. Н. Основы теории автоматического управления : линейные системы : учебное пособие для студентов вузов / В. Н. Евсюков - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2006. - 568 с.

4 Евсюков, В. Н. Методическое пособие для выполнения практических заданий по теории автоматического управления / В. Н. Евсюков. - Оренбург : ОГУ, 2004 - 171с.

5 Горошков, Б. И. Автоматическое управление : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Б. И. Горошков. - М. : Издательский центр «Академия», 2003. - 304 с. - ISBN 5-7695-1637-2.

6 СТО 02069024.101-2010 Работы студенческие. Общие требования и правила оформления. - Введ. 2010-10-01. - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2010. - 97 с.

Приложение А (обязательное)

Статическая характеристика объекта регулирования

Номер в журнале

$$N := 31$$

Диапазон вычислений

$$i := 0..5$$

Текущие значения входящего сигнала

$$x_i := i$$

Текущие значения выходного сигнала

$$Y_i := \frac{x_i}{N}$$

$$Y = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.032 \\ 0.065 \\ 0.097 \\ 0.129 \\ 0.161 \end{pmatrix}$$

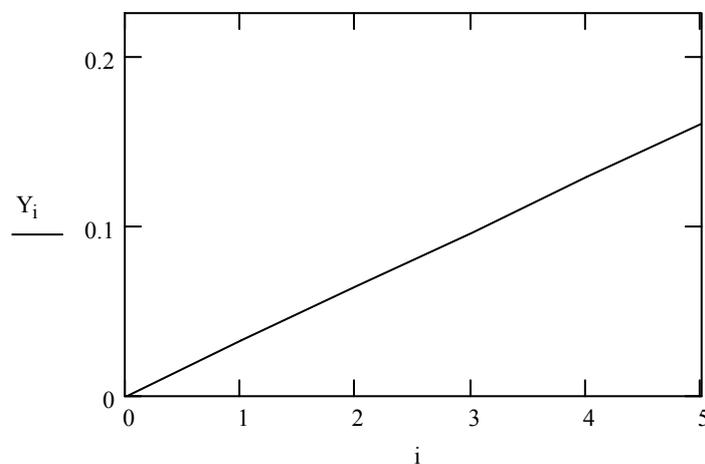


Рисунок А.1

Приложение Б (обязательное)

Статическая характеристика датчика

Номер в журнале

$N := 31$

Диапазон вычислений

$i := 0..6$

Текущие значения входящего сигнала

$x_i := i$

Текущие значения выходного сигнала

$Y_i := \sqrt{N} - x_i$

$$Y = \begin{pmatrix} 5.568 \\ 4.568 \\ 3.568 \\ 2.568 \\ 1.568 \\ 0.568 \\ -0.432 \end{pmatrix}$$

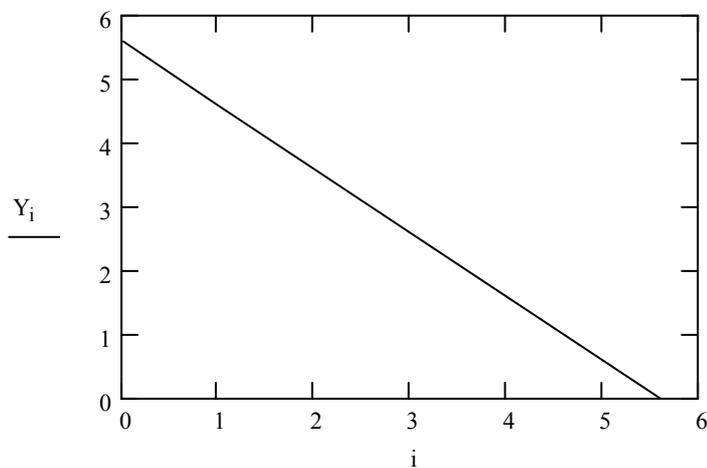


Рисунок Б.1

Приложение В (обязательное)

Статическая характеристика регулятора

Номер в журнале

$$N := 31$$

Диапазон вычислений

$$i := 0..2$$

Текущие значения входящего сигнала

$$x_i := i$$

Текущие значения выходного сигнала

$$Y_i := \sqrt{\frac{(4N + 1)}{N}} \cdot x_i$$

$$Y = \begin{pmatrix} 0 \\ 2.008 \\ 4.016 \end{pmatrix}$$

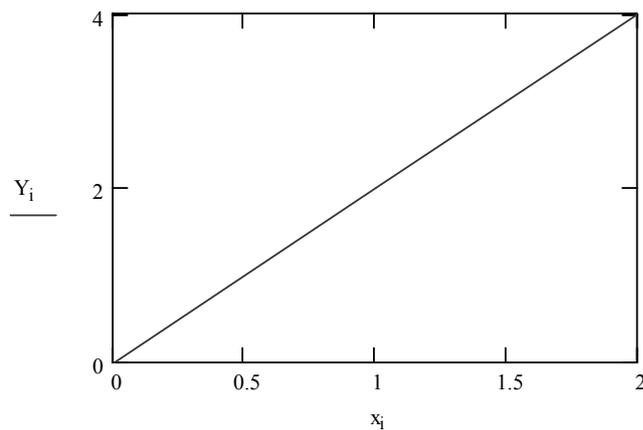


Рисунок В.1

Приложение Г (обязательное)

Статическая характеристика исполнительного механизма

Номер в журнале

$$N := 31$$

Диапазон вычислений

$$i := 0..5$$

Текущие значения входящего сигнала

$$x_i := i$$

Текущие значения выходного сигнала

$$Y_i := \frac{(N \cdot x)_i}{\sqrt{N^2 + 1}}$$

$$Y = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.999 \\ 1.999 \\ 2.998 \\ 3.998 \\ 4.997 \end{pmatrix}$$

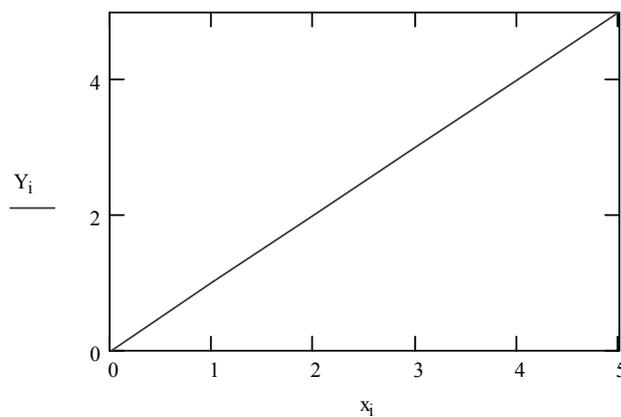


Рисунок Г.1

Приложение Д (обязательное)

Статическая характеристика цепи обратной связи

Таблица Д.1

$N := 31$	$i := 0..6$	$x_i := i$
$Y_{Дi} = -(\sqrt{N} - X_i)$	$b_i = Y_{Дi}$	$a_i := x_i$
$Y_{Pi} = \sqrt{\frac{(4N+1)}{N}} \cdot X_i$	$c_i = -Y_{Pi}$	$d_i := -x_i$
$Y_{ИМi} = \frac{NX_i}{\sqrt{N^2+1}}$	$e_i = Y_{ИМi}$	$f_i := -x_i$

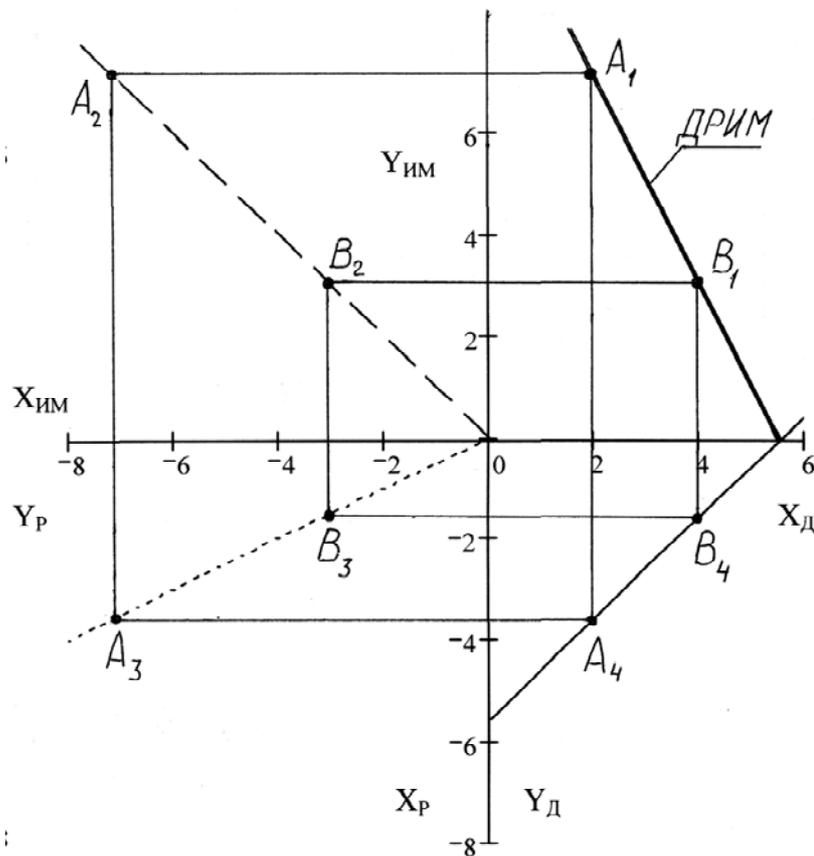


Рисунок Д.1

Приложение Е (обязательное)

Взаимосвязь статических характеристик ОР и ДРИМ

Таблица Е.1

$x := 0..8$	$a := 5.57$	$b := 14$	$Y(x) := -\frac{b}{a} \cdot x + b$	
$u := 0..8$	$n := 31$	$P(u) := \frac{1}{n} \cdot u$	$Y(x) =$	$P(u) =$
$\alpha := \operatorname{atan}\left(-\frac{b}{a}\right) \cdot \frac{180}{\pi}$	$\beta := \operatorname{atan}\left(\frac{1}{n}\right) \cdot \frac{180}{\pi}$		14	0
$\alpha = -68.305$	$\beta = 1.848$		11.487	0.032
$\gamma := -\alpha - \beta$	$\gamma = 66.457$		8.973	0.065
			6.46	0.097
			3.946	0.129
			1.433	0.161
			-1.081	0.194
			-3.594	0.226
			-6.108	0.258

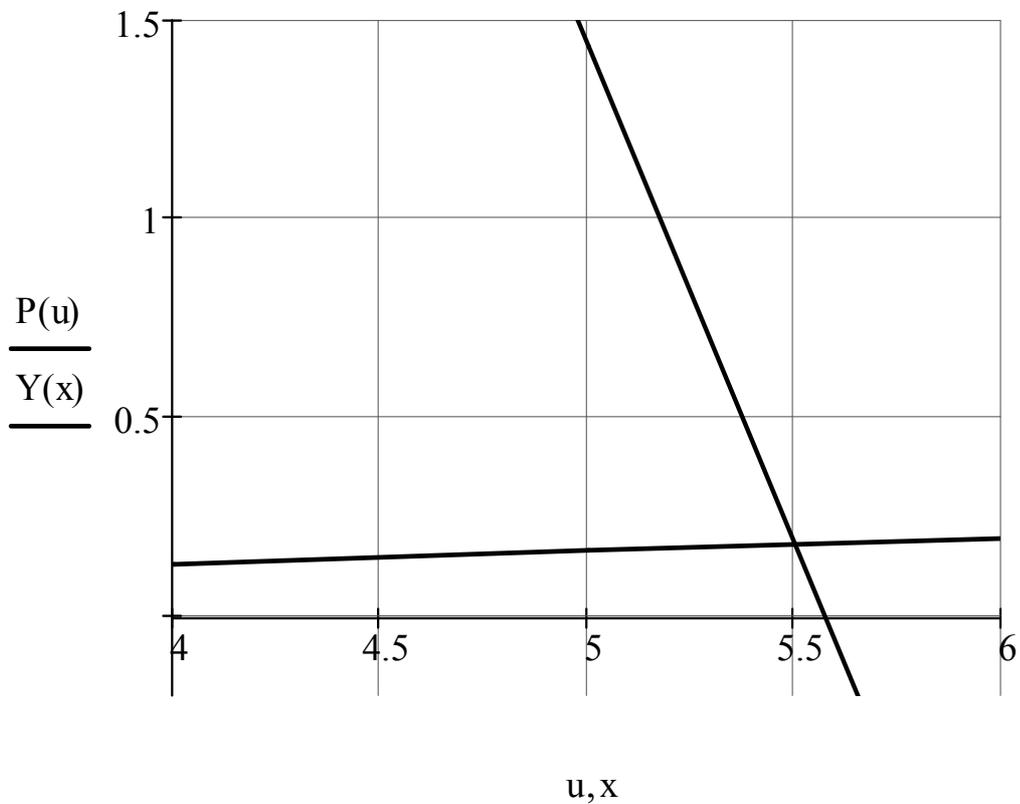


Рисунок Е.1