

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «МТП в АПК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Управление техническими средствами

Направление подготовки (специальность) 27.03.04 - "Управление в технических системах"

Профиль образовательной программы : "Системы и средства автоматизации технологических процессов»

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	3
1.1 Лекция № 1 Структура и функции системы управления технологическими процессами (СУТП) на производстве. Сущность проблем возникающих в ходе профессиональной деятельности и их решение	3
1.2 Лекция № 2 Основные функциональные блоки систем автоматического управления (САУ) в животноводстве. Локальные СУТП в животноводстве	4
1.3 Лекция № 3 Технические средства САР и их классификация по функциональному назначению	4
1.4 Лекция № 4 Элементы структурных схем. Проектирование локальных систем. Функциональные схемы автоматизации. Выбор точек контроля, управления сигнализации	8
1.5 Лекция № 5 Способы обозначения технологического оборудования и средств автоматизации. Выбор технических средств автоматизации в с.х	10
1.6 Лекция № 6 Установившиеся динамические процессы в технических системах. Математическое описание систем управления	12
1.7 Лекция № 7 Типовые звенья; структурные схемы САУ; применение графов для отображения системы САУ. Аналитический обзор и работа с научно-техническими отчетами	15
1.8 Лекция № 8 Микропроцессоры в технических системах управления. Управление сложными техническими объектами в АПК	17
1.9 Лекция № 9 Типовые переходные процессы в САР. Качественные показатели переходных процессов. Типовые законы регулирования	19
2. Методические указания по проведению практических занятий	22
2.1 Практическое занятие № ПЗ-1 Электробезопасность при эксплуатации электроустановок	22
2.2 Практическое занятие № ПЗ-2 Магнитные пускатели	25
2.3 Практическое занятие № ПЗ-3 Трехфазный асинхронный короткозамкнутый электродвигатель	29
2.4 Практическое занятие № ПЗ-4 Автоматические водокачки	33
2.5 Практическое занятие № ПЗ-5 Комплект вентиляционного оборудования «Климат-4»	35
2.6 Практическое занятие № ПЗ-6,7 Электроизмерения. Учет электрической энергии	41
2.7 Практическое занятие № ПЗ-8,9 Элементы автоматики.	47

2.81. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Структура и функции системы управления технологическими процессами (СУТП) на производстве. Сущность проблем возникающих в ходе профессиональной деятельности и их решение»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Цель, задачи и предмет изучения дисциплины.

2. Системы управления технологическими процессами (СУТП).

1.1.2 Краткое содержание вопросов: Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) — это человеко-машинная система управления, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления технологическим объектом в соответствии с принятым критерием.

1. Наименование вопроса № 1

Под **технической системой** (объектом), предназначенной для управления технологическими процессами, понимается упорядоченная совокупность отдельных элементов, связанных между собой функционально и взаимодействующих таким образом, чтобы обеспечить выполнение некоторых заданных функций (достижение цели) при различных состояниях работоспособности. Упорядоченность означает, что относительно окружающей среды система выступает и соответственно воспринимается как нечто функционально единое.

Признаком системы является структурированность, взаимосвязанность составляющих ее частей, подчиненность организации всей системы определенной цели. Обязательным компонентом любой системы являются составляющие элементы (подсистемы), и само понятие элемента условно, так как любой элемент, в свою очередь, можно рассматривать как совокупность других элементов. Поскольку все подсистемы и элементы, из которых состоит система, определенным образом размещены и взаимосвязаны, образуя данную систему, можно говорить о структуре системы. **Структура системы** — это то, что остается неизменным в системе при реализации различных форм поведения, совершении системой операций и т.п. Любая система имеет иерархическую структуру, т.е. может быть представлена в виде совокупности подсистем разного уровня, расположенных в порядке постепенности. При анализе тех или иных конкретных систем достаточным оказывается выделение некоторого определенного числа ступеней иерархии.

Системы функционируют в пространстве и времени. Процесс функционирования систем представляет собой изменение состояния системы, переход ее из одного состояния в другое.

2. Наименование вопроса № 2

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) – совокупность аппаратно-программных средств,

осуществляющих контроль и управление производственными и технологическими процессами, поддерживающих обратную связь и активно воздействующих на ход процесса при отклонении его от заданных параметров, обеспечивающих регулирование и оптимизацию управляемого процесса. Одними из главных преимуществ АСУ ТП является снижение, вплоть до полного исключения, влияния так называемого человеческого фактора на управляемый процесс, сокращение персонала, минимизация расходов сырья, повышение качества исходного продукта, и в конечном итоге – существенное повышение эффективности производства. Основные функции, выполняемые подобными системами, включают в себя контроль данных, обработку, накопление и хранение информации, формирование сигналов тревог, построение графиков и отчетов.

1. 2 Лекция №2 (2 часа).

Тема: «Основные функциональные блоки систем автоматического управления (САУ) в животноводстве. Локальные СУТП в животноводстве »

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Системы автоматического управления (САУ).
2. Локальные СУТП.

1.2.2 Краткое содержание вопросов: Любая целенаправленная деятельность или процесс нуждаются в управлении. Если управление осуществляется техническими средствами без участия человека (или другого живого организма), — это автоматическое управление. Системы автоматического управления (САУ) предназначены для управления техническими процессами без непосредственного вмешательства или участия человека.

1. Наименование вопроса № 1

Техника управления большинством промышленных объектов базируется на применении обратных связей по координатам (переменным состояниям) объектов управления (ОУ) и возмущениям внешней (по отношению к ОУ) среды. При этом зачастую системы автоматического управления (САУ) содержат элементы различной физической природы

(электрической, механической, химической и др.). Впервые принцип обратной связи был применен в Греции за 300 лет до н. э. Это был простейший регулятор прямого действия - поплавковый регулятор уровня жидкости. Первой системой с обратной связью, изобретенной в современной Европе, был регулятор температуры голландца Корнелиуса Дреббеля (1572-1633). В России первая система с обратной связью была создана И. Ползуновым в 1765 г., в основе которой лежал поплавковый регулятор уровня воды, подаваемой в паровой котел. Первым автоматическим регулятором, нашедшим широкое промышленное применение в Европе, общепризнанно считается центробежный регулятор скорости вращения вала паровой машины, предложенный в 1769 г. англичанином Джеймсом Уаттом (при увеличении скорости вала уменьшалась подача пара в паровую машину). Основы математической теории управления линейных САУ были заложены крупнейшим английским физиком Дж. Максвеллом и российским ученым И. А. Вышнеградским во 2-й половине 19-го века, когда были предложены оценки влияния параметров ОУ на поведение САУ с обратной связью. Алгебраические критерии устойчивости линейных САУ были в разной трактовке предложены Раусом (1877 г.) и Гурвицем (1895 г.). Общая математическая теория устойчивости линейных и нелинейных САУ разработана российским ученым А. М. Ляпуновым (1892 г.) Впервые частотные критерии устойчивости систем с обратной связью были сформулированы американскими учеными Х. Найквистом (1932 г.) и Г. Боде (середина 20-го века) при создании электронных усилителей мощности сигналов в телефонии. В эти же годы советские ученые В. В. Солодовников, Ю. И. Неймарк, Я. З. Цыпкин, А. А. Воронов и др. разработали целый ряд частотных методов исследования САУ. В создание современной теории оптимального управления, основывающейся на понятии пространства состояния динамических систем, большой вклад внесли американские ученые Р. Беллман, Р. Калман, Ю. Ту, Б. Куо, Р. Изерман, а также советские ученые А. А. Фельдбаум, Л.С. Понтрягин, А. М. Летов, Н. Н. Красовский, Б.

Н. Петров, Е. П. Попов и многие др. Фундаментальными свойствами САУ являются устойчивость, качество, управляемость, наблюдаемость, чувствительность, инвариантность.

2. Наименование вопроса № 2

Основные понятия. Задачи теории управления Рассмотрим базовые структурные понятия ТАУ. Система - любой объект, который одновременно рассматривается, во-первых, как единое целое, и, во-вторых, как нечто, состоящее из множества связанных составных частей (элементов).

Элементы - части или компоненты системы, условно принятые неделимыми. Связи - соединения между элементами системы (прямые или косвенные, последовательные или параллельные, алгебраические или дифференциальные, линейные или нелинейные и др.). Любая система характеризуется структурой, параметрами и состоянием.

Структура - способ организации элементов в систему с помощью установления между ними взаимосвязей.

Параметры - свойства (качества) системы, позволяющие описывать систему и выделять ее из окружающей среды и других систем. К параметрам системы относят коэффициенты усиления звеньев, постоянные времени, номинальные значения переменных и др.

Состояние - совокупность значений переменных (координат состояния) системы, существенных с точки зрения решаемой задачи. К координатам состояния системы относят выходные и внутренние переменные объекта, меняющиеся вследствие управления.

Среда - множество элементов и систем за пределами рассматриваемой системы. Целостность системы проявляется в том, что она определенным образом выделена из среды и обладает свойствами, которыми не обладают составляющие ее элементы

1. 3 Лекция №3 (2 часа).

Тема: «Технические средства САР и их классификация по функциональному назначению.»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Технические средства САР.
2. Классификация технических средств САР.

1.3.2 Краткое содержание вопросов: Технические средства обучения - совокупность технических устройств с дидактическим обеспечением, применяемых в учебно-воспитательном процессе для предъявления и обработки информации с целью его оптимизации. ТСО объединяют два понятия: технические устройства (аппаратура) и дидактические средства обучения (носители информации), которые с помощью этих устройств воспроизводятся.

1. Наименование вопроса № 1

Основные понятия и определения. Основные функциональные блоки систем автоматического управления (САУ).

Элементы структурных схем, принцип действия систем автоматического регулирования (САР). Технические средства САР и их классификация по функциональному назначению. Математическое описание систем управления. Модели динамических управляемых объектов. Уравнение Лагранжа; дифференциальные уравнения типовых управляемых процессов и технических объектов. Установившиеся динамические процессы в технических системах. Понятие состояния; уравнения состояния линейных моделей динамических систем; матрица перехода; весовая матрица; импульсная переходная функция. Понятие об управляемости и наблюдаемости динамических систем. Уравнение в переменных вход-выход; вычисление передаточных функций одномерных и многомерных систем. Типовые звенья; структурные схемы САУ; применение графов для отображения системы САУ. Типовые передаточные функции САР. Нелинейные модели непрерывно-дискретных систем управления. Синтез корректирующих устройств. Микропроцессоры в технических системах управления. Управление сложными техническими объектами.

2. Наименование вопроса № 2

Технические средства контроля объединяют всевозможные технические устройства и комплексы, позволяющие по определенной программе и заданным критериям с той или иной степенью достоверности оценивать степень усвоения учебного материала. С этой целью используются как старые модификации устройств типа «АМК-2», так и новейшие компьютерные технологии. Контролирующие ТСО бывают *индивидуальные* и *групповые*. Они отличаются типом обучающих программ и методом ввода

ответа учащихся. По степени сложности ТСО контроля знаний варьируются от простых карт, кассет и билетов автоматизированного контроля до специальных компьютерных программ. Однако применение этих устройств, как показала практика, целесообразно лишь в узких пределах и не может заменить непосредственные контакты учителя с учащимися во время анализа и оценки результатов их работы.

Технические средства обучения и самообучения обеспечивают предъявление учебной информации обучаемым по определенным программам, заложенным в технические устройства, и самоконтроль усвоения знаний. Такие программы подают учебный материал в виде небольших доз, после каждой из которых следует контрольный вопрос. Скорость усвоения материала устанавливается в зависимости от индивидуальных возможностей, потребностей и способностей обучаемого. Обучающие программы бывают линейные, разветвленные и комбинированные. *Линейные программы* не зависят от правильности ответа по каждой порции материала. *Разветвленные программы* дают возможность продвигаться по ним только при условии правильного ответа. Если ответ ошибочный, обучаемый возвращается программой к предыдущему материалу до тех пор, пока не будут ликвидированы возникшие пробелы в знаниях и не получены правильные ответы при каждом предъявлении проверяющих вопросов. *Комбинированные программы*, как ясно из их названия, сочетают оба варианта.

1. 4 Лекция №4 (2 часа).

Тема: «Элементы структурных схем. Проектирование локальных систем. Функциональные схемы автоматизации. Выбор точек контроля, управления сигнализации»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Структурные схемы.
2. Схемы автоматизации.

1.4.2 Краткое содержание вопросов: Современный этап развития автоматизации производства характеризуется широким внедрением многоуровневых автоматизированных систем управления технологическими процессами, производствами и предприятиями. В условиях применения автоматизированных систем существенно изменяется стратегия управления производством, возникают дополнительные связи между системами разных уровней и поэтому появляется необходимость в создании схемы, которая отражала бы основные решения по функциональной, организационной и технической структурам управления сложными производствами. Такой схемой является

структурная схема управления и контроля. Она позволяет наглядно продемонстрировать характер пунктов управления и связей между ними, а также выбрать нужный вид оперативной связи.'

1. Наименование вопроса № 1

Структурная схема САУ в простейшем случае строится из элементарных динамических звеньев. Но несколько элементарных звеньев могут быть заменены одним звеном со сложной передаточной функцией. Для этого существуют правила эквивалентного преобразования структурных схем. Рассмотрим возможные способы преобразований.

1. *Последовательное соединение* (рис.28) - выходная величина предшествующего звена подается на вход последующего. При этом можно записать:

$$y_1 = W_1 y_0; y_2 = W_2 y_1; \dots; y_n = W_n y_{n-1} = >$$

$$y_n = W_1 W_2 \dots W_n y_0 = W_{\text{экв}} y_0,$$

где.

То есть цепочка последовательно соединенных звеньев преобразуется в эквивалентное звено с передаточной функцией, равной произведению передаточных функций отдельных звеньев.

2. *Параллельно - согласное соединение* (рис.29) - на вход каждого звена подается один и тот же сигнал, а выходные сигналы складываются. Тогда:

$$y = y_1 + y_2 + \dots + y_n = (W_1 + W_2 + \dots + W_n) y_0 = W_{\text{экв}} y_0,$$

где .

То есть цепочка звеньев, соединенных параллельно - согласно, преобразуется в звено с передаточной функцией, равной сумме передаточных функций отдельных звеньев.

3. *Параллельно - встречное соединение* (рис. 30а) - звено охвачено положительной или отрицательной обратной связью. Участок цепи, по которому сигнал идет в противоположном направлении по отношению к системе в целом (то есть с выхода на вход) называется *цепью обратной связи* с передаточной функцией $W_{\text{ос}}$. При этом для отрицательной ОС:

$$y = W_{\text{пу}} u; y_1 = W_{\text{ос}} u; u = y_0 - y_1,$$

следовательно

$$y = W_{пуо} - W_{пу1} = W_{пуо} - W_{пWосy} = >$$

$$y(1 + W_{пWос}) = W_{пуо} = > y = W_{эквуо},$$

где .

Аналогично: - для положительной ОС.

Если $W_{ос} = 1$, то обратная связь называется единичной (рис.30б), тогда $W_{экв} = W_{п} / (1 \pm W_{п})$.

2. Наименование вопроса № 2

Замкнутую систему называют *одноконтурной*, если при ее размыкании в какой либо точке получают цепочку из последовательно соединенных элементов (рис.31а). Участок цепи, состоящий из последовательно соединенных звеньев, соединяющий точку приложения входного сигнала с точкой съема выходного сигнала называется *прямой* цепью (рис.31б, передаточная функция прямой цепи $W_{п} = W_{о}W_1W_2$). Цепь из последовательно соединенных звеньев, входящих в замкнутый контур называют *разомкнутой цепью* (рис.46в, передаточная функция разомкнутой цепи $W_{р} = W_1W_2W_3W_4$). Исходя из приведенных выше способов эквивалентного преобразования структурных схем, одноконтурная система может быть представлена одним звеном с передаточной функцией: $W_{экв} = W_{п} / (1 \pm W_{р})$ - передаточная функция одноконтурной замкнутой системы с отрицательной ОС равна передаточной функции прямой цепи, деленной на единицу плюс передаточная функция разомкнутой цепи. Для положительной ОС в знаменателе знак минус. Если сменить точку снятия выходного сигнала, то меняется вид прямой цепи. Так, если считать выходным сигнал y_1 на выходе звена W_1 , то $W_{р} = W_{о}W_1$. Выражение для передаточной функции разомкнутой цепи не зависит от точки снятия выходного сигнала.

1. 5 Лекция №5 (2 часа).

Тема: «Способы обозначения технологического оборудования и средств автоматизации. Выбор технических средств автоматизации в с.х.»

1.5.1 Вопросы лекции:

- 1.Способы обозначения технологического оборудования
- 2.Выбор технических средств автоматизации

1.5.2 Краткое содержание вопросов: Функциональных схемах автоматизации (ФСА) является основным техническим документом проекта автоматизации, определяющим структуру системы управления технологическим процессом, а также

оснащение его средствами автоматизации. ФСА представляет собой чертеж, на котором схематически условными обозначениями изображены технологические аппараты(колонны, теплообменники и т.д.), машины(насосы, компрессоры и т.п.), трубопроводы, средства автоматизации (приборы, регуляторы, клапаны, вычислительные устройства, элементы телемеханики) и показаны связи между ними.

1. Наименование вопроса № 1

Функциональные схемы автоматизации являются основным проектным документом, определяющим структуру и уровень автоматизации технологического процесса проектируемого объекта и оснащение его приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами вычислительной техники). Функциональные схемы представляют собой чертежи, на которых при помощи условных изображений показывают технологическое оборудование, коммуникации, органы управления, приборы и средства автоматизации, средства вычислительной техники и другие агрегатные комплексы с указанием связей между приборами и средствами автоматизации, таблицы условных обозначений и пояснения к схеме.

Схемы являются основанием для выполнения остальных чертежей проекта, а также для составления заявочных ведомостей в заказных спецификациях приборов и средств автоматизации. Функциональная схема согласовывается с заказчиком или организацией, выдавшей задание.

Для однотипных технологических объектов (цехов, участков, отделений, агрегатов), не связанных между собой и имеющих одинаковое оснащение приборами и средствами автоматизации и одинаковые отдельные щиты (пульты), схему автоматизации следует выполнять для одного из них. На схеме дают пояснения. Например: «Схема разработана для агрегата 1, для агрегатов 2-5 схемы аналогичны».

2. Наименование вопроса № 2

Для однотипных технологических объектов, имеющих общие щиты, пульта с аппаратурой и приборами, на схеме автоматизации допускается показывать технологическое оборудование одного объекта. Приборы и средства автоматизации, устанавливаемые на щите, показываются полностью для всех объектов.

Графическое построение технологической схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности технологического процесса. Технологическую схему вычерчивают с упрощенным изображением оборудования, масштаб при этом не соблюдается. Конфигурация оборудования должна соответствовать действительной или изображаться принятыми условными обозначениями и схематичными изображениями.

Функциональная схема автоматизации графически делится на две зоны. В верхней части чертежа (примерно две трети по высоте схемы) изображается технологическая схема, а в нижней его части, под технологической схемой, с некоторым разрывом вычерчивают прямоугольники, изображающие: установку местных приборов, щиты, пульты, пункты контроля и управления, управляющие машины, машины централизованного контроля и т.п., в которых условными обозначениями показывают соответствующую аппаратуру.

Оборудование и коммуникации изображаются тонкими линиями, технологические потоки выделяются более жирными линиями.

Соединение и пересечение технологических трубопроводов изображают условными обозначениями, приведенными в табл.3. Допускается изображать элементы объекта в виде прямоугольников, которые должны быть снабжены соответствующими наименованиями. У изображений объекта и трубопроводов должны быть поясняющие надписи (наименование оборудования, его номер и др.), а также стрелками указаны направления

1. 6 Лекция №6 (2 часа).

Тема: «Установившиеся динамические процессы в технических системах. Математическое описание систем управления...»

1.6.1 Вопросы лекции:

1. Динамические процессы в технических системах.
2. Описание систем управления.

1.6.2 Краткое содержание вопросов: С развитием и широким внедрением средств автоматики и вычислительной техники для целей управления техническими системами задачи инженеров-производственников соответственно усложняются. При решении эксплуатационных задач инженер должен в достаточной степени владеть методами теории и практики автоматических систем управления, уметь их использовать при решении вопросов эксплуатации и проектных задач, а так же при постановке задач на

проектирование более сложных систем управления. Помимо этого инженер должен быть способен оперативно осваивать созданные и действующие автоматизированные линии и агрегаты с целью их эффективной эксплуатации и совершенствования; решать вопросы комплексной автоматизации участков производства, обеспечивающих наибольший экономический эффект.

1. Наименование вопроса № 1

Динамическим процессом является процесс изменения функционального состояния системы. Система находится в динамическом процессе тогда, когда происходит изменение числа её СФЕ, включенных в действие. Число постоянно включенных в действие СФЕ определяет стационарное состояние системы. Отсюда, динамический процесс – это процесс перехода системы с одного стационарного уровня на другой.

Если скорость изменения внешних воздействий превышает скорость установления заданного результата действия системы, то появляются переходные процессы (мультимикрочиклы), во время которых также происходит изменение числа функционирующих СФЕ. Поэтому эти переходные процессы также являются динамическими.

Следовательно, есть два типа динамических процессов – когда система переходит с одного своего стационарного состояния (уровня) на другой и когда она находится в переходном мультимикрочикле. Первый из них является целевым, а второй обусловлен несовершенством систем и является паразитным, потому что на его действия отбирается дополнительная энергия, которая была предназначена на целевые действия.

По определению данному выше, в стационарном состоянии системы функционирует некоторое определённое число СФЕ, от нуля до всех. Минимальным шагом изменения уровня функционального состояния является величина, определяемая уровнем срабатывания одной СФЕ (один квант действия). Следовательно, в принципе, переход с одного уровня функционального состояния на другой всегда является дискретным (квантованным), а не гладким, и эта дискретность определяется «калибром» СФЕ. Число стационарных состояний равно числу СФЕ системы. Системы с большим количеством «мелких» СФЕ будут проходить через динамические

процессы более гладко и без сильных рывков, чем системы с небольшим количеством «крупных» СФЕ.

Следовательно, динамический процесс характеризуется амплитудой прироста функций системы от минимума к максимуму (минимакс системы, зависит от абсолютного числа её СФЕ), дискретностью или шагом прироста функций (зависит от «калибра» или кванта единичных СФЕ) и параметрами цикличности функций (скоростью нарастания действий системы, периодом фаз цикла и т.д.). Он может быть целевым или паразитным.

Следует отметить, что стационарное состояния также является процессом, но установившимся (стационарным) процессом. В таких случаях состояние систем от цикла к циклу не меняется. Но во время каждого цикла в системе происходит очень много различных динамических процессов, потому что система сама состоит из подсистем, в каждой из которых есть свои циклы и свои процессы. Установившийся процесс сохраняет систему в одном и том же функциональном состоянии и на одном и том же стационарном уровне.

2. Наименование вопроса № 2

Если система не меняет своего функционального состояния, то она находится в стационарном состоянии. Следовательно, установившийся процесс и стационарное состояние – это одно и то же, потому что независимо от того, находятся ли системы в стационарном состоянии или в динамическом процессе, в их подсистемах всегда могут быть какие-либо стационарные или динамические процессы. Например, даже просто рецепция рецептором «Х» является динамическим процессом.

Отсюда – нет абсолютно инертных (бездеятельных) объектов, любой объект нашего Мира тем или иным образом как-то действует. Предполагается, что полностью «бездеятельным» объект может быть при нуле градусов Кельвина (абсолютный нуль). Попытки получить абсолютно бездеятельные системы предпринимались путём замораживания тел до долей градусов Кельвина. Но заморозить тело до абсолютного нуля, видимо, не

удастся, потому что тело будет всё равно двигаться в пространстве, пересекать какие-либо магнитные, гравитационные или электрические поля и взаимодействовать с ними. Поэтому, вероятно, в принципе невозможно получить абсолютно инертное и бездеятельное тело.

Целостный организм представляет собой мозаику систем, находящихся или в разных стационарных состояниях, или в динамических процессах. Можно было бы возразить, что в организме вообще нет систем в стационарном состоянии, поскольку в любых его системах постоянно происходят какие-либо динамические процессы. Во время систолы давление в аорте возрастает, а во время диастолы падает, сердце постоянно работает, кровь непрерывно течёт по сосудам, и т.д.

1. 7 Лекция №7 (2 часа).

Тема: «Типовые звенья; структурные схемы САУ; применение графов для отображения системы САУ. Аналитический обзор и работа с научно-техническими отчетами»

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Структурные схемы САУ.
2. Передаточные функции САУ.

1.7.2 Краткое содержание вопросов: Динамические звенья на структурных схемах изображаются прямоугольниками, внутри которых записываются их передаточные функции. Отдельные прямоугольники соединяются линиями со стрелками, показывающими направление прохождения сигналов. Динамические звенья могут не совпадать с конструктивными элементами САУ, исходя из того, что типичное динамическое звено должно описываться дифференциальным уравнением не выше второго порядка.

1. Наименование вопроса № 1

При огромном физическом разнообразии звеньев САУ количество их математических моделей ограничено числом типовых линейных дифференциальных уравнений, описывающих процессы независимо от их физической природы. Поэтому различные звенья представляются в САУ *типовыми динамическими звеньями*, математические модели которых описываются линейными дифференциальными уравнениями не выше второго порядка

Типовые динамические звенья делятся на четыре группы по виду зависимости выходной величины x_2 от входного воздействия x_1 в установившихся режимах работы: 1) *позиционные* — выходная величина пропорциональна входному воздействию $x_2 = Kx_1$; 2) *интегрирующие* —

выходная величина пропорциональна интегралу от входного воздействия $x_2 = K \int x_1 dt$; 3) *дифференцирующие* — выходная величина пропорциональна первой производной по времени от входного воздействия $x_2 = K dx_1/dt$; 4) *запаздывающие* — выходная величина равна входной величине, сдвинутой в текущем времени на время запаздывания $tx_2 = x_1(t - \tau)$ [1, 2].

В *переходных режимах работы* динамические свойства звеньев и САУ определяются их *временными и частотными характеристиками* [1, 2]. Передаточные функции, переходные и весовые функции, амплитудно-фазовые характеристики (АФХ), амплитудные частотные характеристики (АЧХ), фазовые частотные характеристики (ФЧХ), логарифмические амплитудные (ЛАЧХ) и фазовые (ЛФЧХ) частотные характеристики типовых динамических звеньев.

2. Наименование вопроса № 2

Графическое изображение, которое показывает по каким типовым динамическим звеньев состоит САУ и как они соединены между собой, называется структурной (алгоритмической) схемой САУ. Она является математической моделью системы и отражает ее динамические свойства. Изображение САУ структурными схемами дает возможность получить общую методику исследований для всех систем независимо от их конструкции, физической природы и т.д.

Динамические звенья на структурных схемах изображаются прямоугольниками, внутри которых записываются их передаточные функции. Отдельные прямоугольники соединяются линиями со стрелками, показывающими направление прохождения сигналов. Динамические звенья могут не совпадать с конструктивными элементами САУ, исходя из того, что типичное динамическое звено должно описываться дифференциальным уравнением не выше второго порядка.

На рис. 1 изображена, например, структурная схема САУ с температурой в термостате где $W_{ПП}(P)$ - передаточная функция (ПФ) усилителя - преобразователя, $W_{БП}(P)$ - ПФ исполняющего устройства, $W_{КО}$

(p) - ПФ управляющего органа (устройства), WOY (p) - ПФ объекта управления (термостат с нагревателем), WBE (p) - ПФ измерительного элемента температуры в термостате, ЭП - элемент сравнения заданной и фактической температур, L - возмущения (изменение напряжения питания и т.п.).

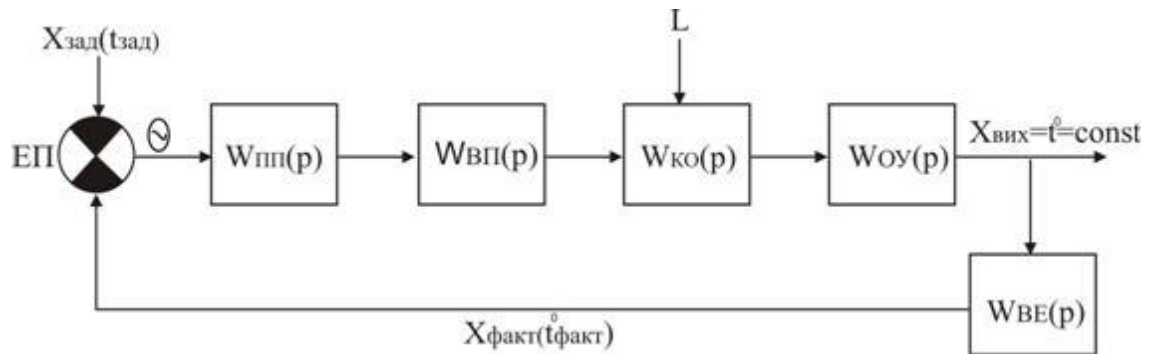


Рис. 1 Структурная схема САУ термостатом.

1. 8 Лекция №8 (2 часа).

Тема: «Микропроцессоры в технических системах управления. Управление сложными техническими объектами в АПК.»

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Микропроцессоры.

2. Управление сложными техническими объектами

1.8.2 Краткое содержание вопросов: Современные методы проектирования деятельности пользователей АСУ сложились в рамках системотехнической концепции проектирования, в силу чего учет человеческого фактора ограничился решением проблем согласования «входов» и «выходов» человека и машины. Вместе с тем при анализе неудовлетворенности пользователей АСУ удастся выявить, что она часто объясняется отсутствием единого, комплексного подхода к проектированию систем взаимодействия, представляемого как комплексное, взаимосвязанное, пропорциональное рассмотрение всех факторов, путей и методов решения сложной многофакторной и многовариантной задачи проектирования интерфейса взаимодействия. Имеются в виду функциональные, психологические, социальные и даже эстетические факторы.

1. Наименование вопроса № 1

Электронные системы управления, создаваемые на базе дискретных элементов и интегральных микросхем, выполняющих какую-либо определенную задачу управления, относятся к системам с жесткой логикой, т. е. алгоритм их функционирования определяется схемотехникой системы. У микропроцессорных систем такое ограничение отсутствует, т. е. при одной и той же структуре данные системы могут реализовывать различные алгоритмы управления вследствие соответствующего изменения записи команд в элементах памяти системы. Благодаря этому микропроцессорные системы образуют особый класс электронных систем управления и обладают

рядом уникальных возможностей с точки зрения реализации самых сложных задач управления.

В микропроцессорной системе обработка информации ведется в двоичном цифровом коде. Поэтому все многообразие поступающих в систему сигналов должно быть сведено к единой двоичной кодовой структуре, т. е. структуре вида «логический 0» или «логическая 1». Сигналы, поступающие в систему управления, можно условно разделить на следующие группы:

- сигналы от контактных или других датчиков, имеющие только два возможных состояния — открыт («логическая 1») и закрыт («логический 0»);

- сигналы от терминального устройства, т. е. от элементов системы, на которые воздействует водитель для корректирования действия системы управления (например, датчик положения педали управления подачей топлива либо контроллер управления). К этой группе могут быть отнесены и различные запросы на индикацию состояния тех или иных элементов системы управления;

- информация о режимах работы агрегатов автомобиля (температура узлов, их нагрузочный режим, напряжение бортовой сети, частоты вращения валов двигателя и трансмиссии и др.).

2. Наименование вопроса № 2

Преобразование различных сигналов в требуемый их вид (цифровой код) для последующей обработки центральным процессором (ЦПУ) выполняют предварительные устройства, к которым можно отнести аналого-цифровые (АЦП) и цифроаналоговые (ЦАП) преобразователи, преобразователи частоты в напряжение (ПЧН). АЦП применяют для преобразования непрерывного линейного сигнала датчиков температуры, давления, напряжения в цифровой код, а ЦАП — для обратного преобразования. Работа с внешними устройствами выполняется либо по методу периодического опроса их состояния, либо посредством организации

системы прерываний от них. При работе микропроцессора с реализацией системы прерываний в нем осуществляется следующий порядок действий:

1) в момент, когда одно из внешних устройств готово выдать или принять очередную информацию или оказать воздействие на функционирование системы управления, оно посылает в ЦПУ сигнал готовности (запрос на прерывание);

2) получив сигнал готовности от внешнего устройства, ЦПУ вначале заканчивает выполнение текущей команды, а затем приостанавливает выполнение действий, предусмотренных основной программой, и выдает сигнал готовности начать работу, связанную с возникшим прерыванием (разрешение прерывания);

3) при наличии обоих указанных сигналов готовности происходит обработка прерывания, т. е. выполнение подпрограммы, предусмотренной запросом данного внешнего устройства;

4) если во время решения ЦПУ текущей задачи сигнал готовности прислали несколько внешних устройств, то первой будет принята для обработки или выдана информация внешнему устройству со старшим приоритетом. Уровень приоритетности внешних устройств задается либо при проектировании системы, либо закладывается в программу.

1. 9 Лекция №9 (2 часа).

Тема: «Типовые переходные процессы в САР. Качественные показатели переходных процессов. Типовые законы регулирования..»

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Микропроцессоры.

2. Управление сложными техническими объектами

1.9.2 Краткое содержание вопросов: Граничный апериодический процесс характеризуется отсутствием перерегулирования, минимальным общим временем регулирования и наименьшим по сравнению с другими типовыми переходными процессами воздействием регулятора на объект (это наименьшее воздействие вызывает наибольшее отклонение регулируемой величины от заданного значения). Такой переходный процесс используется в качестве оптимального при значительном влиянии регулирующего воздействия на другие технологические величины объекта при отклонении основной регулируемой величины для того, чтобы свести их отклонение к минимуму.

1. Наименование вопроса № 1

Типовые звенья САР (усилительное, апериодическое, интегрирующее, запаздывания, колебательное). Динамические характеристики звеньев.

Типовым динамическим звеном САР является составная часть системы, которая описывается дифференциальным уравнением не выше второго порядка. Звено, как правило, имеет один вход и один выход. По динамическим свойствам типовые звенья делятся на следующие разновидности:

Безынерционным звеном (усилительным, идеальным, пропорциональным, безъемкостным, первого порядка и т.п.) называется такое звено, передача сигнала от входа к выходу которого осуществляется мгновенно, без какой-либо инерции. Для безынерционного звена статическая характеристика совпадает с динамической характеристикой, поэтому динамическое уравнение имеет следующий вид: *Примерами* такого звена являются рычаг, потенциометр, трансформатор, механическая передача. Инерционным звеном или апериодическим (рис.12.) называется звено, в котором при подаче на вход скачкообразного сигнала его выходная величина запаздывает относительно входной и изменяется апериодически по экспоненциальной кривой с постоянной времени по уравнению. Дифференцирующим звеном называется такое звено, в котором в идеальном случае выходная величина является производной от входной величины. *Примерами* такого звена являются тахогенератор, демпфер в механических передачах, электрические контуры, включающие активные и индуктивные сопротивления и др. Интегрирующим или астатическим (рис.14.) называется такое звено, в котором выходная величина пропорциональна по времени интегралу от входной величины. Колебательным называется звено, в котором при скачкообразном изменении величины на входе выходная величина стремится к новому установившемуся значению, совершая относительно него колебания с амплитудой, затухающей по закону экспоненты.

2. Наименование вопроса № 2

Любую САР можно рассматривать как состоящую из типовых звеньев, определенным образом соединенных между собой. Схемы систем регулирования, представленные соединениями элементарных динамических звеньев, называются *структурными*. Составление структурных схем облегчает анализ и синтез реальных схем. Следует отметить, что динамические свойства САР определяются не только динамическими характеристиками составляющих элементов, но и порядком их соединения. Соединение *типовых звеньев* может быть *последовательным, параллельным и смешанным*. *Последовательное соединение*. Последовательным называется такое соединение звеньев, при котором выходная величина предыдущего звена является входной последующего. Передаточная функция *последовательно* соединенных звеньев равна произведению передаточных функций отдельных звеньев цепи. *Параллельное соединение*. Параллельным называется такое соединение звеньев, при котором один и тот же входной сигнал подается на вход двух или большего числа звеньев. При *параллельном* соединении звеньев передаточная функция цепи равна сумме передаточных функций отдельных звеньев.

Анализ САР. Понятие об устойчивости САР.

При рассмотрении процессов в системе регулирования важное значение имеют три понятия: устойчивость системы, качество процессов регулирования и точность регулирования. Понятие устойчивости является важнейшей качественной оценкой динамических свойств САР. *Устойчивостью* называется свойство системы возвращаться в исходный или близкий к нему установившийся режим после всякого выхода из него в результате какого-либо внешнего воздействия. *Установившийся процесс* характеризуется постоянством внешних возмущений (управляющих и возмущающих воздействий). Изменения управляющих и возмущающих воздействий являются причиной возникновения в системе *переходных процессов*. Другими словами - устойчивость системы это есть затухание ее

переходных процессов. Необходимым и достаточным обобщенным условием устойчивости является наличие у всех корней характеристического уравнения системы отрицательной вещественной части при положительных знаках коэффициентов уравнения. С целью упрощения анализа устойчивости систем разработано ряд специальных методов, которые получили название *критерии устойчивости*, которые определяют условия, необходимые и достаточные для того, чтобы корни характеристического уравнения системы имели отрицательную вещественную часть. Такие критерии, которые позволяют проверить устойчивость системы, не прибегая к графическим построениям, а, ограничиваясь лишь алгебраическими

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1 Практическое занятие №1 (2 часа).

Тема: Электробезопасность при эксплуатации электроустановок.

2.1.1 Задание для работы:

1. Защита от прикосновения к частям электроустановок, нормально находящихся под напряжением
2. Меры электробезопасности при повреждении изоляции
3. Заземление и зануление

2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Защита от прикосновения к частям электроустановок, нормально находящихся под напряжением.
Переменный ток частотой 50 Гц и величиной 100 мА, протекая через тело человека более 3 с, может парализовать деятельность сердца. Большие токи парализуют деятельность сердца за доли секунды. Дыхание может быть парализовано уже при длительном токе 30 - 80 мА. Токи в 10 - 25 мА, протекающие между руками или между рукой и ногами; вызывают судорогу мышц (неотпускающий ток).

При расчетах электробезопасности принимают допустимыми:

Ток, мА	250	65	6
Продолжительность, с.....	0,2	1	30

Длительно допустимыми токи менее 0,8 - 1 мА. В зависимости от состояния кожи, пути тока и величины напряжения сопротивление тела составляет от 100 кОм до 1000 - 500 Ом.

Электроустановки по степени опасности поражения током подразделяют на две группы: до и выше 1000 В. Напряжение в 36, 24 и 12 В считают относительно безопасными.

В зависимости от характера окружающей среды помещения разделяют на три класса:

С повышенной опасностью, к которым относят: а) сырые с относительной влажностью воздуха, длительно превышающей 75%; б) с проводящей пылью, выделяющейся по условиям производства в таком количестве, что она может проникать внутрь машин и аппаратов, оседать на поверхности изоляции; в) с токопроводящими земляными, железобетонными, сырыми деревянными полами; г) жаркие с температурой более 30 С (длительно); д) с возможностью одновременного прикосновения человека к

металлическим корпусам электрооборудования и к соединенным с землей металлоконструкциям здания или механизмам.

2. Особо опасные. Имеющие один из признаков: а) особо сырые с относительной влажностью воздуха, близкой к 100% (потолок, стены, все предметы покрытые влагой); б) с химически активной разрушающей изоляцией средой; в) имеющие одновременно два (или более) признака помещений с повышенной опасностью.

3. Без повышенной опасности (когда нет признаков, определяющих два первых класса).

Важнейшим средством защиты от прикосновения к частям электроустановки, нормально находящимся под напряжением, служит электрическая изоляция. Ее сопротивление измеряют мегомметром на 1000 В не реже одного раза в 2 года у электропроводки в обычных помещениях и ежегодно в помещениях с едкими парами, сырых, особо сырых, взрыва- и пожароопасных. Если сопротивление между проводом одной из фаз и землей или между фазами на участке между последовательно включенными плавкими предохранителями или за последним предохранителем менее 0,5 МОм, то изоляцию надо испытать в течение 1 мин напряжением 1000 В переменного тока или мегомметром на напряжение 2500 В. Для электродвигателей в холодном состоянии норма сопротивления изоляции 1 МОм.

Оголенные токоведущие части, которые невозможно расположить на высоте, недопустимой для прикосновения, защищают кожухами, сплошными или сетчатыми ограждениями.

Под проводами воздушных электрических линий работа экскаватором, стреловых кранов и стогометателей запрещена. Работу вблизи линий разрешают только при условии, что расстояние между крайней точкой машины и ближайшим проводом составляет не менее 1,5 м при напряжении линий до 1 кВ, 2 м - при напряжении 1 - 20 кВ и 4 м при 35 и 110 кВ. При передвижении крупных машин под проводами высоковольтных линий расстояние по вертикале между высшей точкой машины или груза и низшим проводом линии должно быть не менее 1 м при напряжении до 1 кВ, 2 м при напряжении 1 - 20 кВ и 2,5 м при 35 - 220 кВ.

Для защиты от прикосновения к нормально находящимся под напряжением частям электроустановок используют защитные изолирующие средства и инструменты, указатели напряжения, предупредительные плакаты. Последние подразделяют на предостерегающие, запрещающие, разрешающие, напоминающие.

2. Меры электробезопасности при повреждении изоляции.

Для защиты от поражения электрическим током при соприкосновении с частями электроустановок, которые нормально не находятся под напряжением, но при повреждении изоляции приобретают опасный потенциал, проводят порознь или в сочетании следующие защитные мероприятия: защитное заземление, зануление, защитное отключение, а также применяют двойную изоляцию, разделяющие трансформаторы; пониженное напряжение; выравнивание потенциалов.

Двойная изоляция заключается в наложении двух изоляционных слоев, каждый из которых длительно и надежно выдерживает рабочее напряжение.

Например, рукоятку ручного переносного светильника делают из диэлектрического материала с таким расчетом, чтобы обеспечивалась надежная изоляция на тот случай, если произойдет повреждение рабочей изоляции проводов внутри рукоятки. С двойной изоляцией, изготавливают некоторые типы электросверлилок (ГОСТ 8524 - 63). Поэтому, хотя корпус у них металлический, заземлять или занулять их не требуется, но надо периодически проверять мегомметром на 500. В сопротивлении рабочей изоляции между обмоткой и сердечником статора, а также защитную изоляцию между статором и металлическими деталями корпуса. При сопротивлении изоляции менее 0,7 МОм пользоваться сверлилкой запрещено.

В разделяющем трансформаторе первичное напряжение - до 1000 В, вторичное - до 4000 В. Надежность конструкции и изоляции такого трансформатора повышенная. Его защитное действие основано на отделении электроприемника от первичной сети заземления. Благодаря этому прикосновение к корпусу электроприемника, на которой произошел пробой изоляции, практически безопасно. Изоляцию испытывают в течение 1 мин напряжением в 4 кВ переменного тока 50 Гц между первичной и вторичной обмотками, а также между обмотками и корпусом. От разделяющего трансформатора можно питать только один электроприемник по сравнительно коротким проводам с надежной изоляцией. Если электроприемник переносный, провод должен быть шлангового типа.

Мощности электроприемника и самого трансформатора должны быть такими, чтобы с первичной стороны трансформатор защищался плавким предохранителем с номинальным током вставки не более 15 А или автоматом с таким же током уставки, то есть трехфазный трансформатор с первичным номинальным напряжением 380 В не может иметь мощность более 10 кВА.

Запрещается заземлять или занулять вторичную обмотку разделяющего трансформатора или питающийся от него электроприемник, но корпус самого трансформатора должен быть заземлен или занулен в зависимости от режима работы нейтрали питающейся сети.

Пониженное напряжение (12 - 36 В) обычно получают от разделяющего трансформатора, например, для питания ручного переносного светильника. Пониженное напряжение является дополнительной гарантией безопасности. Пониженное напряжение можно применять и как самостоятельное защитное мероприятие. При питании от однородного общего понижающего трансформатора разветвленной сети 36 В для местного освещения на станках трансформатор нельзя считать разделяющим и нужно занулять не только его корпус, но и нейтраль или один из выводов вторичной обмотки.

3. Заземление и зануление.

Заземлением называют соединение частей электроустановки с заземляющим устройством (совокупность заземления и заземляющих проводников). Заземлитель - проводник или группа электрически соединенных проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей. Заземляющие проводники - металлические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителем.

Защитное заземление применяют во всех электроустановках до 1000 В с незаземленной нейтралью.

В сельских сетях напряжением 380 В с наглухо заземленной нейтралью применяют зануление. Под занулением понимают соединение корпусов электроприемников, каркасов распределительных щитов и шкафов, стальных труб электропроводки, металлических оболочек кабелей и проводов, станины станков с заземленной нейтральной точкой (нулевой точкой) генератора или вторичной обмотки трансформатора, питающего сеть.

В качестве зануляющих обычно используют рабочие нулевые провода. К однофазным электроприемникам (например, светильникам и электроинструменту) прокладывают отдельный (третий) зануляющий проводник. При замыкании фазы на зануленный корпус электроприемника или другие детали установки происходит однофазное короткое замыкание (к. з.), которое должно вызывать достаточно быстрое (несколько секунд или доли секунды) отключение поврежденного участка электроустановки или электроприемника.

Применение в электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью защитного заземления без связи с нулевой точкой источника запрещено. На случай обрыва нулевого провода на воздушных линиях и для снижения напряжения на зануленном оборудовании при повреждении изоляции в нем (в

том числе при целом нулевом проводе) по концам линии или ответвленной длиной более 200 м, а также в промежуточных точках не реже чем через 250 м делают повторные заземления нулевого провода. В помещениях без повышенной опасности поражения электрическим током при напряжении 380/220 В, а также во всех помещениях (кроме взрывоопасных) при напряжении 36 В и ниже переменного тока или 110 В и ниже постоянного тока зануление и защитное заземление не применяют.

Сопrotивление заземлений повторных заземлителей нулевого провода не должно превышать 10 Ом. Если сеть питается от подстанции или электростанции с суммарной мощностью агрегатов до 100 кВа, то сопротивление каждого повторного заземлителя при их количестве не менее трех на линию может достигать 30 Ом.

Наименьшие допустимые размеры стальных зануляющих проводников указаны в таблице. На воздушных линиях стальные однопроволочные нулевые провода, используемые в качестве зануляющих, могут быть того же диаметра, что и фазные (наименьший - 4 мм на линии и 3 мм на ответвлении для ввода в дом).

Металлические оболочки кабелей (но не проводов). Исключением являются взрывоопасные помещения класса В-1, где в электропроводках во всех случаях должен быть отдельный зануляющий проводник или специальная кабельная жила. Быстрое автоматическое отключение поврежденного участка или электроприемника обеспечивает ток металлического однофазного к. з. только при величине не менее трехкратного номинального тока плавкой вставки предохранителя или номинального тока расцепителя автомата с зависимой от тока характеристикой.

2.1.3 Результаты и выводы:

Во взрывоопасных наружных электроустановках или помещениях необходимая кратность - 4 для предохранителя и 6 для автомата с зависимой характеристикой. При установке автоматов с расцепителями, имеющими независимую характеристику (электромагнитный без теплового реле или часового механизма), ток однофазного короткого замыкания должен в -1,4 раза превышать ток срабатывания расцепителя при номинальном токе автомата до 100 А, или в 1,25 раза при большем номинальном токе.

2.2 Практическое занятие №2 (2 часа).

Тема: Магнитные пускатели.

2.2.1 Задание для работы:

1. *Магнитный пускатель*
2. *Реле типа РТ*
3. *Двухполюсное реле типа ТРИ*

2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

Магнитный пускатель предназначен для автоматического и дистанционного управления асинхронными электродвигателями и другими электроприемниками. В устройстве магнитного пускателя используют явление магнитного действия тока. Пускатель состоит из контактора переменного тока и теплового реле, принцип действия которого основан на тепловом действии тока и тепловом расширении тел.

Контактор переменного тока состоит из двух основных частей: неподвижной и подвижной (рис.- 1).

Неподвижная часть представляет собой изоляционное основание 4, на котором укреплены три пары: основных (силовых) контактов Л1-С1, Л2-- С2, Л3—С3 и одна или несколько пар в зависимости от типа пускателя вспомогательных контактов.. На этом же основании установлен Ш-образный сердечник (магни-тапровод) 3 (верхняя часть), набранный из изолированных листов электротехнической стали. На средний стержень сердечника надета катушка 2, которая рассчитана на напряжение 127, 220 или 380 В переменного тока частотой 50 Гц.

Подвижная часть контактора также выполнена из изоляционного материала. На ней укреплены мостиковые контакты 6, соединяющиеся в процессе работы с основными и

вспомогательными контактами. К подвижной части пускателя прикреплен Ш-образный магнитопровод 1 (нижняя часть), который средним стержнем входит внутрь катушки.

При подаче тока в катушку сердечник неподвижной части магнитного контактора намагничивается и притягивает к себе сердечник подвижной части. При этом основные и вспомогательные контакты замыкаются, и трехфазный ток течет к электроприемнику. Для выключения трехфазного тока, идущего к электроприемнику, достаточно прекратить протекание тока через катушку контактора. При этом сердечник размагничивается, и подвижная часть контактора под действием собственной массы перемещается вниз, разрывая все контакты.

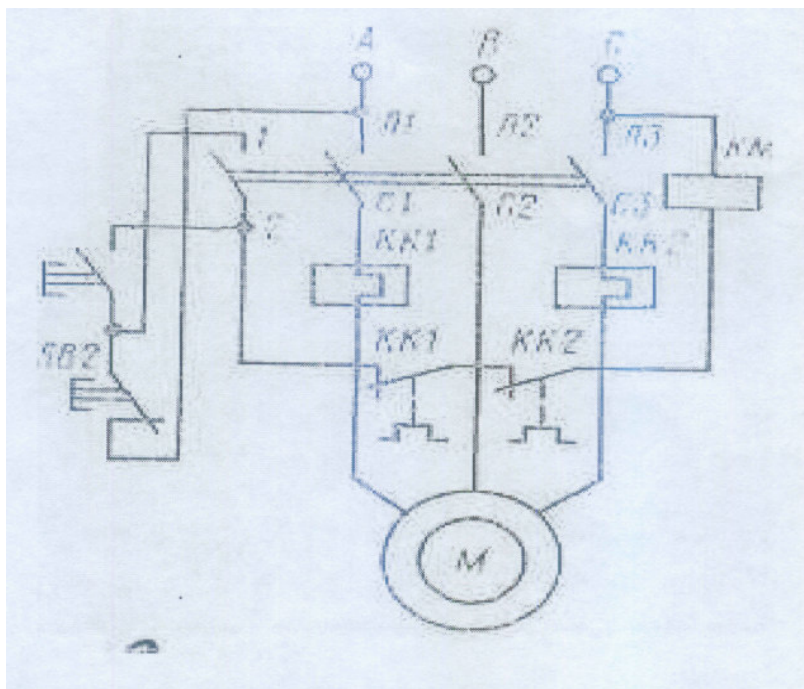


Рис. 2. Схема включения нереверсивного магнитного пускателя

Для защиты электродвигателей от перегрузки в магнитных пускателях монтируют тепловые реле. На кожухе пускателя имеет специальную кнопку возврата тепловых реле после их срабатывания и остывания. Некоторые типы пускателей не имеют тепловых реле. При выборе магнитных пускателей, прежде всего необходимо обращать внимание на наибольшую допустимую мощность электродвигателя. Если пускатель управляет электродвигателем большей мощности, чем указано в паспорте магнитного пускателя, то его контактная система быстро выйдет из строя. Напряжение, указанное на втягивающей катушке, должно соответствовать напряжению в сети. Если оно больше напряжения катушки, то последняя сгорит при первом же включении **магнитного пускателя**.

При изучении устройства обычного и реверсивного магнитных пускателей нужно обратить внимание на особенности конструкции подвижной и неподвижной частей, основные и вспомогательные контакты, электрические и механические блокировки в пускателях и кнопочных станциях.

На рисунке 2 представлена схема включения *нереверсивного магнитного пускателя*. Для пуска и остановки двигателя используют кнопочную станцию с двумя кнопками. При нажатии кнопки SB1 «Пуск» через размыкающий контакт SB2 «Стоп» замыкается цепь катушки КМ магнитного пускателя. Электрический ток течет по цепи А-Л1-SB2-SB1-2-КК1-КК2-КМ-ЛЗ-С. Это вызывает намагничивание верхней части магнитопровода пускателя, в результате чего подвижная часть притягивается к неподвижной, включаются силовые контакты Л1 - С1, Л2-С2 и Л3-С3 в главной цепи электродвигателя и он оказывается включенным в сеть. Одновременно соединяется замыкающий вспомогательный контакт 1-2 (самопитания), включенный параллельно

кнопке SB1 «*Пуск*», что позволяет отпустить ее, не вызвав при этом разрыва цепи управления. Электродвигатель отключают от сети нажатием кнопки SB2 «*Стоп*».

Работу "вспомогательных контактов магнитного пускателя проверяют, закладывая между ними изоляционный материал (бумагу, картон и др.). При наличии во вспомогательном контакте диэлектрика магнитный пускатель включается при нажатии кнопки «*Пуск*» и отключается при отпускании этой кнопки.

Магнитный пускатель обеспечивает нулевую защиту, т. е. защиту электрической установки от самопроизвольного повторного: включения при восстановлении напряжения после аварийного снижения до нуля или до недопустимо низких значений. «При отключении напряжения вследствие перебоев в электроснабжении катушка магнитного пускателя обесточивается, магнитопровод размагничивается и подвижная часть пускателей под действием собственной массы опускается, вызывая размыкание основных контактов и отключение электроприемника. При появлении напряжения в сети пускатель не включится до тех пор, пока не будет нажата кнопка «*Пуск*».

Если электродвигатель включить рубильником, пакетным выключателем или контроллером, то при перебое в электроснабжении и в случае остановки двигателя схема не нарушится, т. е. при восстановлении напряжения двигатель самопроизвольно включится в сеть. Такой самопроизвольный пуск может быть причиной аварии или несчастного случая.

Работу нулевой защиты магнитного пускателя проверяют, отключив на короткое время (1... 2 с) напряжение рубильником или автоматическим выключателем и снова включив напряжение. При этом магнитный пускатель должен отключиться. То же происходит при снижении напряжения до 50... 60% от номинального. Замена кнопочной станции аппаратами ручного управления без самовозврата, например пакетным выключателем или тумблером, приводит к тому, что схема теряет свойство нулевой защиты.

Тепловое реле предназначено для защиты электродвигателей и других электроустановок от перегрузок. Оно состоит из нагревательного элемента (нихромовая проволоочная спираль или лента), включаемого последовательно в цепь, биметаллической пластинки и контактов КК1 и КК2, включаемых в цепь катушки магнитного пускателя. Биметаллическая пластинка представляет собой конструкцию, сваренную из двух разнородных металлических пластинок. Одна пластинка выполнена из металла с высоким коэффициентом теплового расширения, например латунь, никель, а другая - из металла (сплава) с меньшим коэффициентом теплового расширения, например инвара. При нагревании такой пластинки одна из сторон расширяется сильнее, чем другая, поэтому пластинка изгибается.

При перегрузке электроустановки через нагревательный элемент проходит большой ток. От теплоты, выделяемой в нагревательном элементе, биметаллическая пластинка изгибается и, воздействуя через систему рычагов, размыкает контакты в цепи катушки магнитного пускателя. Катушка обесточивается, главные контакты пускателя при этом размыкаются, электроустановка (электродвигатель) отключается от сети. В исходное положение контакты теплового реле возвращаются в результате нажатия кнопки «*Возврат*» или автоматически, при помощи механизма самовозврата, после остывания биметаллической пластинки.

Тепловые реле выпускают однополюсными типа РТ и двухполюсными типа ТРИ. Однополюсные реле устанавливают в магнитные пускатели по два, двухполюсные — по одному.

Реле типа РТ состоит из нагревательного элемента 1 (рис.3), биметаллической пластинки 2, контактов 5, пружины 3 и кнопки возврата 4.

Нагревательный элемент 1 включен после силовых контактов магнитного пускателя последовательно с обмоткой электродвигателя. Контакты реле КК1 и КК2 включены последовательно с катушкой пускателя. Нагревательный элемент выбирают по

номинальному току защищаемого электродвигателя. Поэтому при протекании номинального тока в обмотке электродвигателя нагревательный элемент не нагревается. При перегрузках электродвигателя ток в обмотке возрастает, и нагревательный элемент теплового реле нагревается.

Излучаемая нагревательным элементом теплота нагревает биметаллическую пластинку 2, которая, изгибаясь, разрывает контакты 5 (КК1, КК2) в цепи катушки магнитного пускателя, и электродвигатель отключается. Для приведения теплового реле в состояние готовности нужно после остывания биметаллической пластинки нажать кнопку возврата 4.

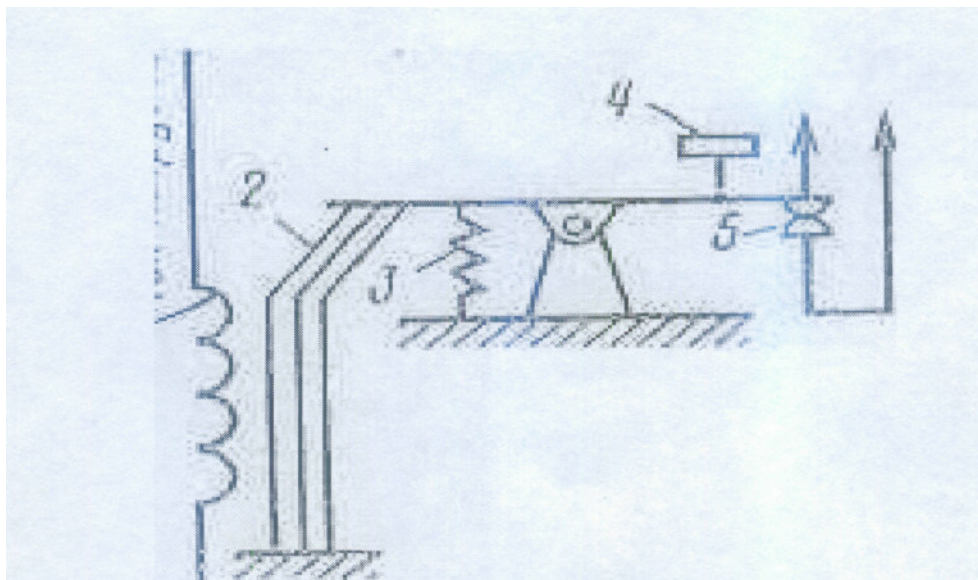


Рис. 3. Устройство теплового реле типа РТ: 1- нагревательный элемент; 2 - биметаллическая пластинка; 3- пружина; 4 - кнопка возврата; 5 - контакты.

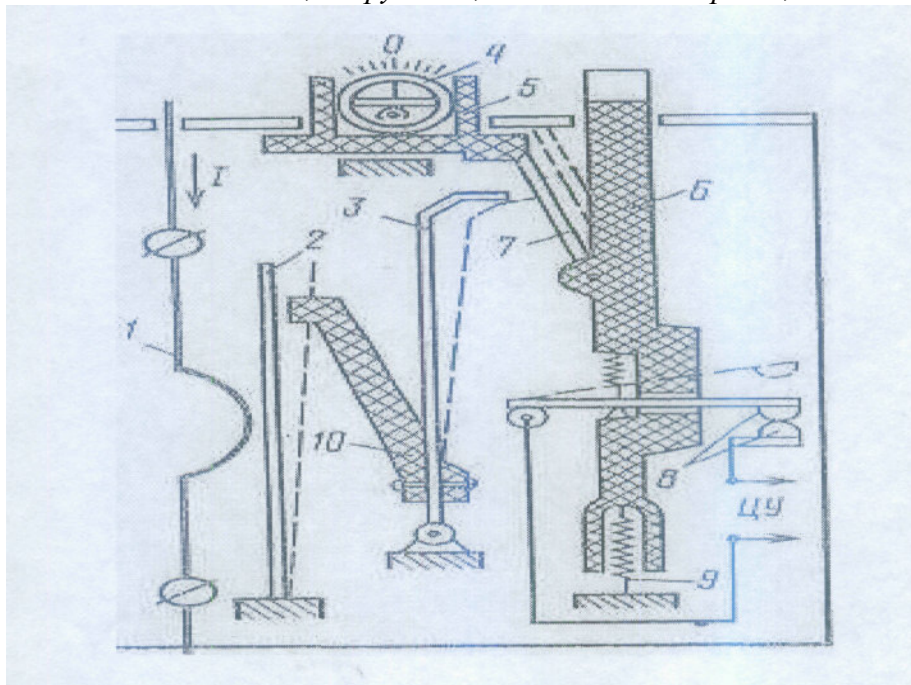


Рис. 4. Устройство теплового реле типа ТРН: 1- нагревательный элемент; 2 - биметаллическая пластинка; 3- биметаллическая пластинка температурного компенсатора; 4 - эксцентрик регулятора тока срабатывания; 5 - движок уставки; 6 - штанга расцепителя и возврата; 7 - защелка; 8 - контакты; 9 - пружина; 10 - толкатель.

Двухполюсное реле типа ТРИ (рис. 4.) состоит из пластмассового корпуса, разделенного на три ячейки. В крайних ячейках размещены нагревательные элементы 1, в

средней - - температурный компенсатор 3, регулятор тока срабатывания 4, механизм разделителя, размыкающий контакт 8 мостикового типа и рычаг ручного возврата 6.

При протекании тока перегрузки через нагревательный элемент 1 основная биметаллическая пластинка 2, деформируясь (показано пунктиром), перемещает вправо толкатель 0, связанный жестко с биметаллической пластинкой температурного компенсатора 3. Направление незначительной деформации пластины компенсатора противоположно направлению деформации основной пластины.

Вследствие этого пластина компенсатора начинает перемещаться вправо. При этом защелка 7 освобождается, штанга расцепителя 6 под действием пружины 9 отходит вверх, контакты 8 реле размыкаются.

Для каждого типа реле выпускают комплекты сменных нагревательных элементов, которые подбирают по номинальному току электродвигателя. Работу тепловых реле проверяют на стенде, где установлены электродвигатель, магнитный пускатель, амперметр и ручной тормоз. Нажимая рукоятку ручного тормоза, отмечают изменения тока по показаниям амперметра и коэффициента мощности - - по показаниям фазометра. Одновременно следят за покраснением нагревательных элементов, изгибом биметаллических пластинок и срабатыванием тепловых реле. После остывания нагревательного элемента и биметаллической пластинки тепловое реле приводят в состояние готовности, нажимая кнопку возврата. Магнитный пускатель отключается при обрыве одной из фаз сети. При этом также срабатывают тепловые реле за счет повышения силы тока в оставшихся фазах.

2.2.3 Результаты и выводы:

Реверсивный магнитный пускатель состоит из двух обычных пускателей, один из которых обеспечивает вращение вала двигателя в одном направлении, другой в противоположном, Реверсивный магнитный пускатель управляется при помощи кнопочной станции, имеющей три кнопки. Между ними имеется механическая блокировка, что исключает возможность одновременного срабатывания обоих пускателей. Реверсивные магнитные пускатели применяют в схемах управления стационарными кормораздатчиками, штанговыми и скреперными навозными транспортерами.

2.3 Практическое занятие №3 (2 часа).

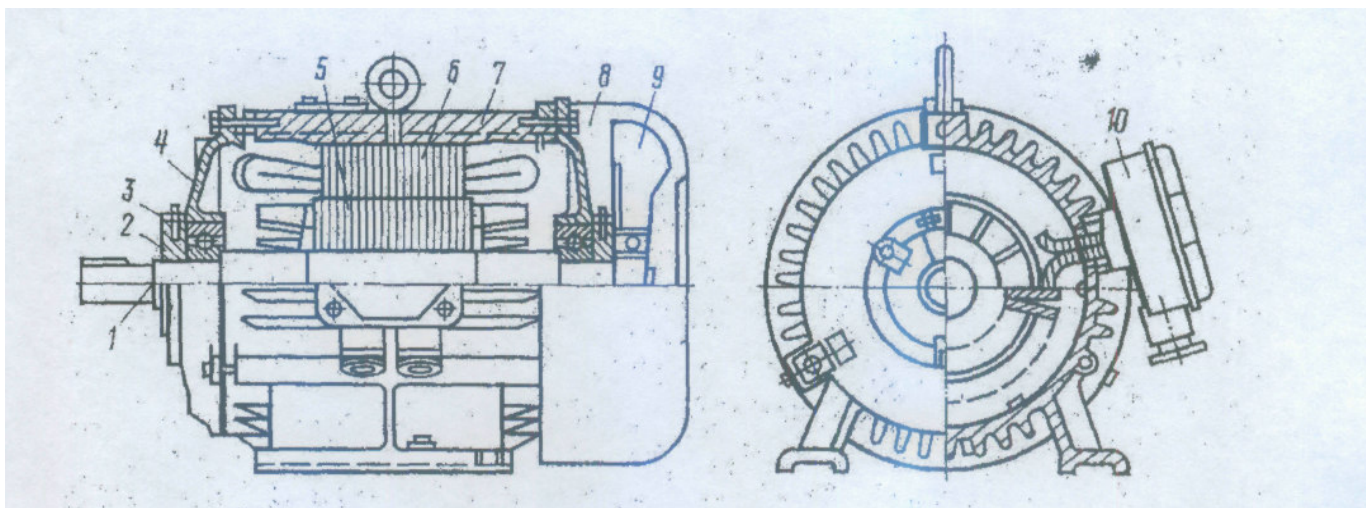
Тема: Трехфазный асинхронный короткозамкнутый электродвигатель.

2.3.1 Задание для работы:

- 1. Асинхронный короткозамкнутый трехфазный электродвигатель*
- 2. Схема включения трехфазного электродвигателя*

2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

Асинхронный короткозамкнутый трехфазный электродвигатель—самый распространенный из всех электрических двигателей. В основу устройства электродвигателя положено явление электромагнитной индукции. Основные части асинхронного двигателя неподвижный статор и вращающийся ротор.



Устройство трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя:

1 — вал ротора; 2 — подшипник; 3 — крышка подшипника; 4 — подшипниковый щит; 5 — пакет ротора; 6 — сердечник статора; 7 — корпус; 8 — кожух вентилятора; 9 — вентилятор; 10 — коробка выводов.

Статор состоит из корпуса 7, пакета сердечника статора 6 и трех обмоток. Корпус вместе с лапами для крепления к фундаменту отливают из чугуна или сплавов алюминия. Сердечник статора имеет форму полого цилиндра с продольными пазами на внутренней поверхности. Для уменьшения вихревых токов его набирают из штампованных, изолированных листов электротехнической стали толщиной 0,3... 0,5 мм. В пазы сердечника уложены три одинаковые обмотки (фазы), оси которых находятся под углом 120° .

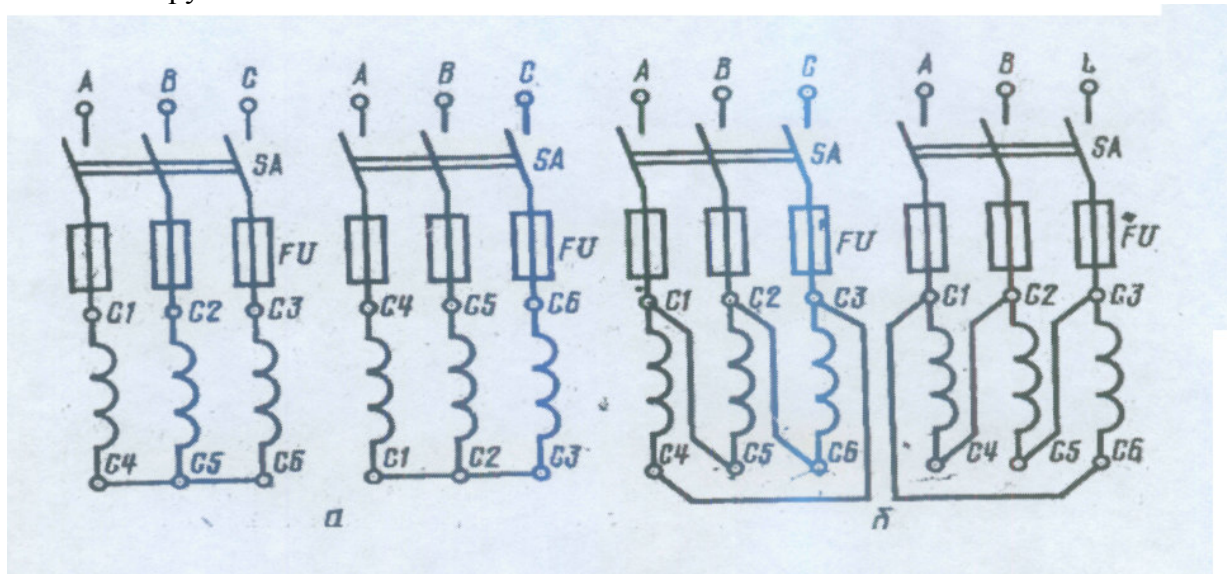
Ротор короткозамкнутого электродвигателя состоит из стального вала, наборного сердечника и короткозамкнутой обмотки в виде беличьего колеса. Короткозамкнутую обмотку изготавливают путем заливки расплавленного алюминия в пазы ротора, находящегося внутри статора. С двух сторон статора расположены подшипниковые щиты 4, которые при помощи винтов крепят к корпусу.

Принцип работы асинхронных электродвигателей основан на взаимодействии вращающегося магнитного поля статора с токами, которые наводятся этим полем в роторной обмотке. Если фазы статора соединить звездой или треугольником и подключить к сети трехфазного тока, то в магнитной системе возникает вращающееся магнитное поле, которое пересекает проводники роторной обмотки и наводит в них электродвижущие силы. Под действием этих сил в короткозамкнутой обмотке возникают токи, взаимодействующие с вращающимся полем статора и вызывающие вращение ротора.

Выводы обмоток трехфазного электродвигателя имеют маркировку в виде металлических бирок (пластинок). На бирках выбита буква С с цифрами от 1 до 6. Первая обмотка имеет выводы С1, С4, вторая—С2, С5 и третья - - С3, С6, причем С1, С2, С3— это начала, а С4, С5 и С6— концы обмоток.

Для соединения обмоток электродвигателя звездой необходимо все концы (С4, С5, С6) собрать в одну точку, а начала (С1, С2, С3) подключить к трем фазам сети. Чтобы соединить обмотки треугольником, надо конец одной обмотки соединить с началом другой, затем ее конец соединяют с началом следующей и т. д. Точки соединения выводов обмоток присоединяют к трем фазам сети. Для правильного включения асинхронного электродвигателя нужно знать напряжение сети и напряжение, на которое он рассчитан. При этом следует руководствоваться таблицей 1.

Для изменения направления вращения вала электродвигателя (реверсирования) меняют местами две любые фазы сети. Реверсирование осуществляют при помощи переключателей и рубильников.



Схемы соединения обмоток трехфазного электродвигателя:
а - звездой; б — треугольником.

При пуске электродвигатель имеет повышенный пусковой ток, в 5...7 раз превышающий номинальный. Большие пусковые токи вызывают большое снижение напряжения в сети, что вредно отражается на работе других электроприемников. Для снижения пусковых токов трехфазных электродвигателей с короткозамкнутым ротором применяют переключатели со звезды на треугольник и электродвигатели с фазным ротором.

Трехфазный электродвигатель можно включать в однофазную сеть. В этом случае две обмотки, соединенные последовательно (встречно), включают в сеть в качестве рабочей, а третью используют как пусковую. Эту обмотку включают через конденсатор или резистор только на время пуска и после того, как электродвигатель развил нормальную частоту вращения, ее отключают от сети. Двигатель продолжает работать с одной рабочей обмоткой. При включении трехфазного электродвигателя в однофазную сеть он развивает мощность 50 ...60% от номинальной. По таблице 2 можно подобрать значения емкостей и сопротивлений.

В сельскохозяйственном производстве применяют электродвигатели серии А, А2 и 4А. Каждый электрический двигатель имеет паспорт металлическую табличку, укрепленную на корпусе. В паспорте приведены основные технические данные электродвигателя и указан его тип.

Таблица 1. Выбор схемы электродвигателя в сети в зависимости от напряжения электродвигателя в сети

Напряжение электродвигателя, В	Схема включения при напряжении в сети, В		
	220/127	380/220	660/380
220/127	Y	—	—
380/220	Δ	Y	—
660/380	—	Δ	Y

Таблица 2. Подбор конденсатора и резистора в зависимости от мощности электродвигателя

Мощность электродвигателя, кВт	Емкость конденсатора, мкФ	Сопротивление резистора, Ом
0,6	40	25...30
1,0	60	20...25
1,7	ПО	12...15
2,8	185	8...10
4,0	260	5...7

Буквы в паспорте электродвигателей серии А и А2 обозначают: А -чугунный корпус, защищенное исполнение; АЛ - алюминиевый корпус, защищенное исполнение; АО - чугунный корпус, обдуваемое исполнение; АОЛ - алюминиевый корпус, обдуваемое исполнение; С - повышенное скольжение; П - повышенный пусковой момент; К - наличие фазного ротора.

Цифры после букв обозначают; первая - модификацию двигателя, вторая - диаметр сердечника статора (габарит), третья - длину пакета статора, последняя - число полюсов.

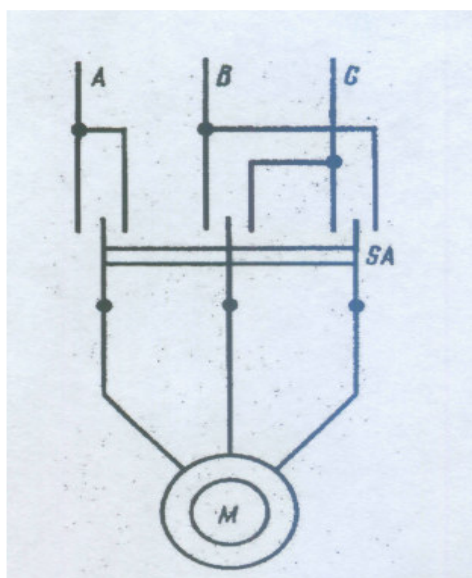


Схема включения трехфазного электродвигателя через реверсивный рубильник

Электродвигатели серий 4А имеют ряд преимуществ по сравнению с другими: их масса и габариты меньше, пусковые моменты увеличены, уровень шума и вибрация снижены, они более надежны и долговечны, более удобны при монтаже и эксплуатации, имеют современное конструкторско-художественное оформление. Обозначения в паспорте двигателя единой серии 4А расшифровываются следующим образом: А - асинхронный двигатель; Н—защищенного исполнения (отсутствие буквы Н указывает на закрытое обдуваемое исполнение); А - - станина и щиты из алюминиевого сплава; Х станина алюминиевая, щиты чугунные (отсутствие букв А и Х означает, что станина и щиты чугунные); две или три цифры указывают высоту(мм) оси вращения; 8, М, Б установочный размер по длине станины; А и В - - длина сердечника статора; 2... 12 число полюсов; также указывают климатическое исполнение и категорию размещения.

Так, например, мурка двигателя 4АН1608В4УЗ означает: асинхронный короткозамкнутый двигатель четвертой единой серии, защищенного исполнения, с высотой оси вращения 160 мм, с установочным размером по длине станины 8, четырехполюсный, для использования в местностях умеренного климата, третьей категории размещения. Специальные исполнения электродвигателей отличают буквами в конце обозначения, например 4А1602СХ означает: двигатель сельскохозяйственного назначения.

2.3.3 Результаты и выводы:

Начала и концы обмоток электродвигателя при потерянных обозначенных выводах проще всего найти способом открытого треугольника. Эту работу выполняют в два этапа. При помощи контрольной лампы определяют принадлежность проводов, выходящих из электродвигателя к каждой из трех обмоток. Для этого к одному из зажимов сети присоединяют любой из шести выводов обмотки, а к другому зажиму - - провод от лампы накаливания. Включают рубильник и вторым проводом, идущим от лампы, прикасаются поочередно к выводам статорной обмотки до тех пор, пока лампа не загорится. Это соответствует случаю, когда оба вывода идут от одной фазы двигателя. Выводы статорной обмотки нужно пометить, например, перевязав их. Затем операцию повторяют до завершения по парного распределения всех выводов. Далее обмотки электродвигателя соединяют в открытый треугольник. Параллельно каждой обмотке включают вольтметр. При подаче напряжения вольтметры покажут одинаковое напряжение, если обмотки электродвигателя включены согласно, т. е. начало - - конец - - начало - - конец - - начало - - конец. Если одна из обмоток оказалась включенной встречно, то вольтметр, подключенный к ее выводам, покажет наибольшее напряжение по сравнению с показаниями двух других. Руководствуясь показаниями вольтметров, можно сразу на выводы обмоток надеть соответствующие бирки с обозначениями начал и концов.

2.4 Практическое занятие №4 (2 часа).

Тема: Автоматические водокачки.

2.4.1 Задание для работы:

1. Принципиальная электрическая схема

2.4.2 Краткое описание проводимого занятия:

Принципиальная электрическая схема автоматической пашенной водокачки показана на рисунке 1. Основные сборочные единицы водокачки: электродвигатель М, автоматический выключатель QF, магнитный пускатель КМ, понижающий трансформатор TV, реле уровня КУ, включенное через выпрямительный мост VDL ... VD4, электродный датчик с контактами верхнего SL1 и нижнего SL2 уровней.

Для пуска водокачки переключатель SA1 ставят в положение «Р» -- ручное управление или положение «Л» — автоматическое. Затем включают автоматический выключатель QF. При этом ток проходит по цепи С - QF — FUI — SA1 — SA2 --FU2 - - ТУ --> N. Если в баке водокачки вода отсутствует (переключатель SA1 в положении «А»), то цепь электрического тока проходит через размыкающий контакт реле уровня К. V: 1 и катушку магнитного пускателя КМ, который срабатывает и замыкает свои контакты в цепи электродвигателя.

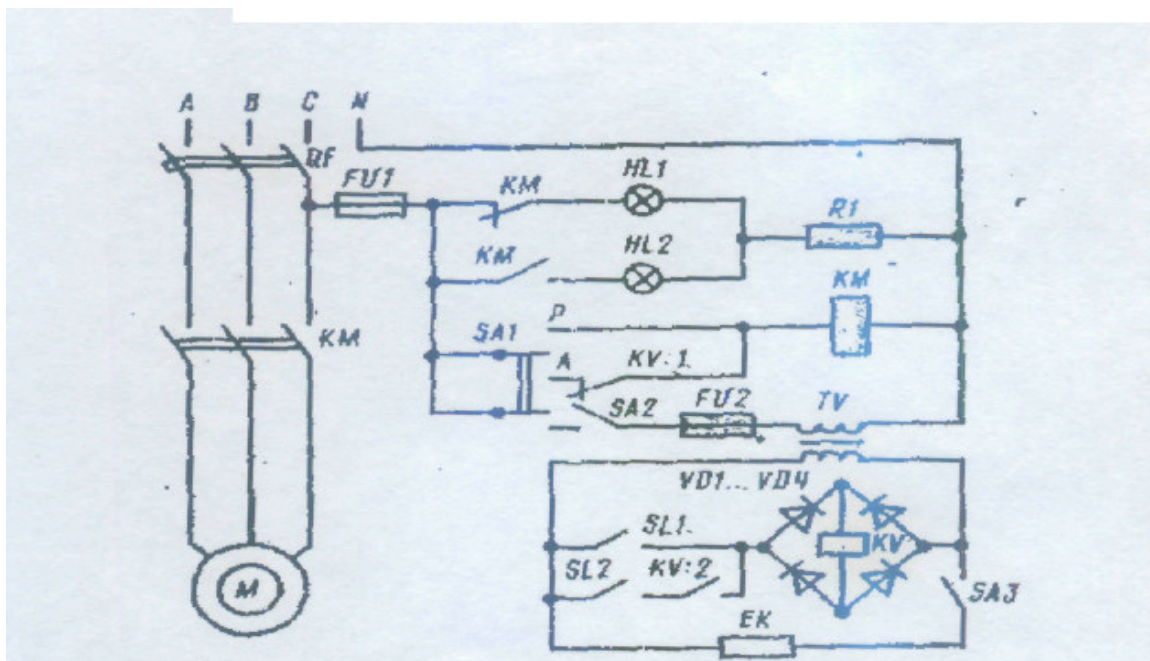


Рис.1. Схема управления башенной водокачкой.

Вода начинает поступать в напорный бак водокачки. Уровень воды в баке постепенно достигает датчика SL2 нижнего уровня, заполняет пространство между электродами и продолжает повышаться. При наполнении водой бака до датчика SL1 верхнего уровня образуется вторичная электрическая цепь TV -- SL1 -- VD1... VD4 -- KV -- ТУ. Реле уровня КУ срабатывает и разрывает размыкающим контактом KV : 1 цепь питания катушки магнитного пускателя КМ, что вызывает остановку электродвигателя М и насоса. При замыкании контакта KV :2 образуется вторичная цепь TV—SL2— KL-.2— VD\... VD4 — KV—TV, по которой поступает ток до тех пор, пока уровень воды в баке опустится ниже датчика нижнего уровня. При этом через катушку реле уровня KV ток не проходит и снова образуется цепь — С— GF — FU1 -SA1 -- KV : 1- - КМ -- N. включается двигатель М и насос подает воду в бак. Затем все повторяется. При отключении насоса загорается зеленая лампа HL2, при его работе — красная HL1. Чтобы зимой электроды датчика не обмерзали, в схеме предусмотрен нагревательный элемент ЕК, включаемый выключателем SA3.

Принципиальная электрическая схема автоматической без башенной водокачки с воздушно-водяным котлом приведена на рисунке 2.(а, б). Водокачка управляется при помощи реле давления SP, реагирующего на изменение давления воздуха внутри котла.

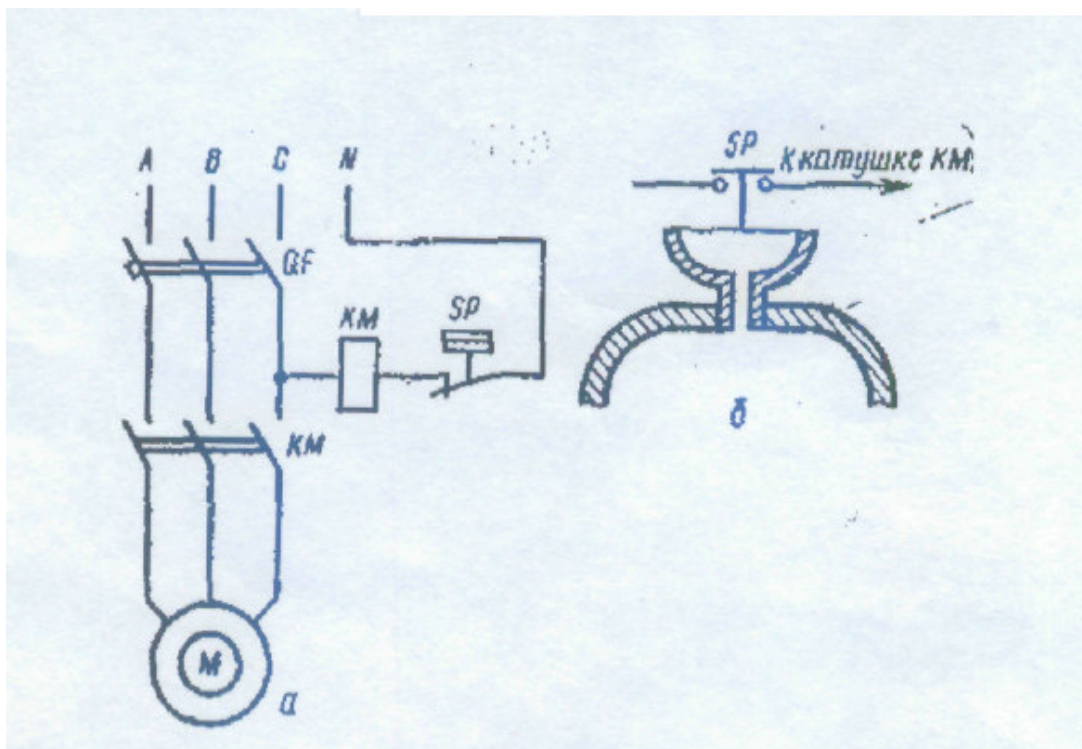


Рис. 2. Схема управления без башенной водокачкой (а) при помощи реле давления {б)

Для ее пуска включают автоматический выключатель QP. При отсутствии воды в котле контакт реле давления SP замкнут и ток проходит через катушку магнитного пускателя КМ, который управляет работой электродвигателя М, вращающего водяной насос. Насосом вода нагнетается внутрь котла и воздух в нем сжимается. При достижении заданного давления внутри котла реле SP срабатывает и выключает магнитный пускатель КМ, останавливая двигатель и насос. Под давлением сжатого воздуха вода из котла подается в водопроводную сеть. Когда давление воздуха в котле снизится до атмосферного, снова замыкается контакт реле SP и включается магнитный пускатель и насос.

В современных без башенных водокачках внутри котла устанавливают резиновую диафрагму, которая разделяет воду и воздух. Благодаря этому нет необходимости периодически сливать воду из котла.

Если по каким-либо причинам реле давления не отключит насос, когда давление превысит допустимое значение, срабатывает специальный предохранительный клапан, который открывает путь воде на слив.

2.4.3 Результаты и выводы:

Вследствие того что без башенные водокачки не требуют сооружения дорогостоящих водонапорных башен, стоимость подачи ими воды в 1,5...2 раза меньше по сравнению с башенными водокачками.

2.5 Практическое занятие №5 (2 часа).

Тема: Комплект вентиляционного оборудования «Климат-4».

2.5.1 Задание для работы:

1. Комплект оборудования «Климат-4»

2. Калориферы

2.5.2 Краткое описание проводимого занятия:

Комплект оборудования «Климат-4» предназначен для создания необходимого воздухообмена в животноводческих и птицеводческих помещениях. В состав комплекта входят системы с централизованным теплоснабжением и с децентрализованной подачей теплоты.

Комплект «Климат-4» состоит из отопительного и вентиляционного оборудования. Отопительными агрегатами служат теплогенераторы ТГ-1,0 (ТГ-1,ОА), ТГ-2,5 (ТГ-2,5А) или электрокалориферы типа СФОЦ. Число агрегатов в комплекте изменяют в зависимости от помещения, климатической зоны, вида и возраста животных.

«Климат-4» выпускают в двух типоразмерах: с контактной станцией управления типа ШАП.5711-33А2У5 и с бесконтактным устройством МК- ВАУЗ. В зависимости от номера вентилятора комплект имеет два типоразмера «Климат-45», «Климат-47». В зависимости от числа вентиляторов каждый типоразмер имеет по пять типоразмеров.

Комплекты оборудования «Климат-2» и «Климат-3» предназначены для создания температурно-влажностных условий в животноводческих и птицеводческих помещениях с системами воздушного обогрева при помощи отопительно-вентиляционных агрегатов с водяными (паровыми) калориферами.

В комплекты «Климат-2» и «Климат-3» входит приточная отопительно-вентиляционно-увлажнительная установка типа ПОВУА, которая предназначена для подогрева, увлажнения, охлаждения и подачи свежего воздуха в помещение.

Установка ПОВУА состоит (рис.1) из вентиляционного агрегата, разбрызгивателя, каплеуловителя, напорного бака, жалюзи, калориферов, регулирующего клапана (для «Климат-3»).

Вентиляционный агрегат представляет собой радиальный вентилятор Ц4- 70, смонтированный на раме с виброизоляторами. Центробежный (радиальный) вентилятор имеет входное и выходное отверстия, кожух, внутри которого находится рабочее лопастное колесо и шкив, насаженный на вал, вращающийся в подшипниках. Рабочее колесо—основной орган центробежного вентилятора — представляет собой пустотелый барабан, в котором по всей боковой поверхности параллельно оси вращения на равных расстояниях установлены лопатки. Они скреплены по окружности передним кольцом и задним сплошным диском, в центре которого находится ступица для насаживания рабочего колеса на вал. В зависимости от назначения вентилятора лопатки рабочего колеса изготовляют загнутыми вперед, назад и радиальными. Работа вентилятора заключается в том, что при вращении рабочего колеса в его полости создается разрежение. Воздух, поступающий в

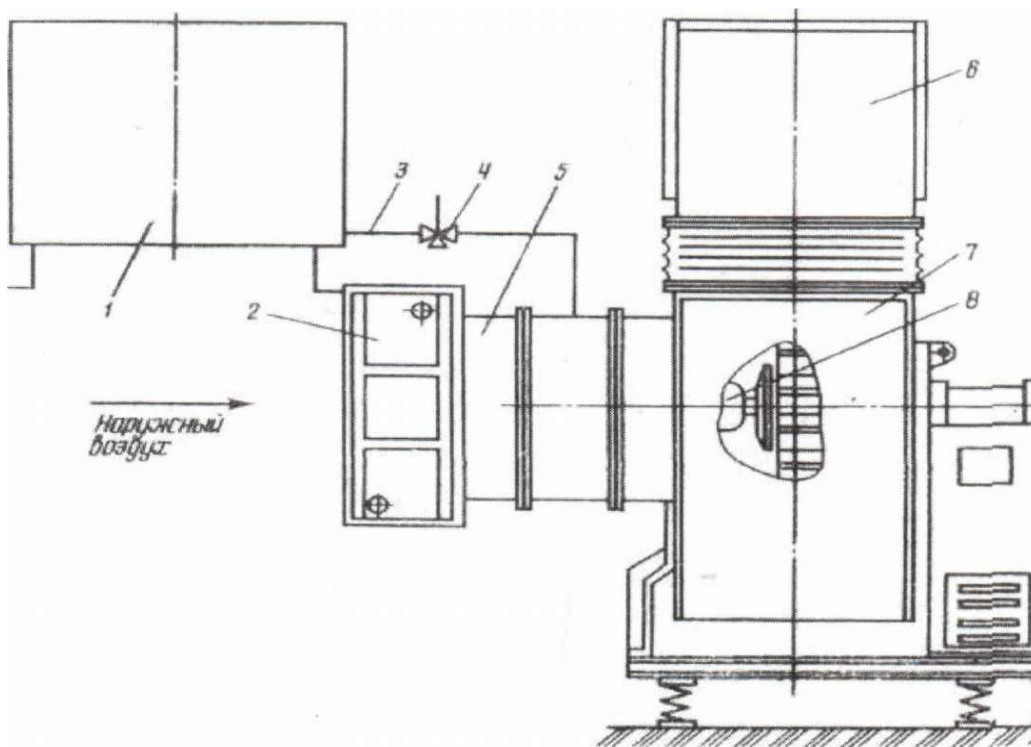


Рис. 1. Схема приточной установки комплектов оборудования «Климат-2» и «Климат-3»:

1—напорный бак; 2—калориферы; 3 — трубопровод; 4 — электромагнитный клапан; 5 — жалюзи; 6 — каплеуловитель; 7 — вентиляционный агрегат; 8 — разбрызгиватель.

полость колеса, захватывается его лопатками, сжимается и под действием центробежных сил отбрасывается к периферии кожуха, изменяя направление своего движения на 90° .

Подачу вентиляторов регулируют дросселированием, поворотом лопаток рабочего колеса и частотой вращения.

Для привода радиальных вентиляторов ПОВУА используют трехскоростные электродвигатели, позволяющие достаточно просто изменять подачу агрегатов. Частоту вращения регулируют изменением числа пар полюсов обмотки электродвигателя. Синхронная частота вращения асинхронного электродвигателя пропорциональна частоте тока питающей сети и обратно пропорциональна числу пар полюсов.

Поэтому при изменении числа пар полюсов (при неизменной частоте сети) изменяется синхронная частота вращения асинхронного короткозамкнутого электродвигателя. Многоскоростные двигатели изготавливают как с одной статорной обмоткой, разделенной на равные части, так и с двумя независимыми обмотками. Полуобмотки соединяют последовательно или параллельно. При параллельном включении изменяется направление тока в одной части обмоток и магнитный поток перераспределяется в пространстве, что уменьшает вдвое число пар полюсов и соответственно увеличивает синхронную частоту вращения. Многоскоростные двигатели обладают высокими энергетическими показателями (КПД, $\cos \varphi$), что особенно важно для вентиляции животноводческих ферм и комплексов, где приточные вентиляторы работают до 8 тыс. ч в год.

В разбрызгивателе (рис.2) вода для увлажнения потока воздуха, проходящего через вентиляционный агрегат, распыляется при помощи диска 6 приводимого во вращение двухполюсным электродвигателем 3. Вода на диск подается самотеком по трубе из напорного бака и под действием центробежных сил равномерно распыляется.

Нераспылившаяся вода стекает вниз в каплеуловитель. Подачу воды регулирует электромагнитный клапан.

Принцип действия клапана заключается в том, что электродвигатель исполнительного механизма при подаче на него напряжения через шестерни и рейку поднимает или опускает подвижную систему плунжера, который увеличивает или уменьшает расход горячей воды через клапан. Различным положениям плунжера соответствуют определенные количества воды, проходящей через клапан в калориферы. При отключенном от сети исполнительном механизме плунжер клапана может находиться в любом положении.

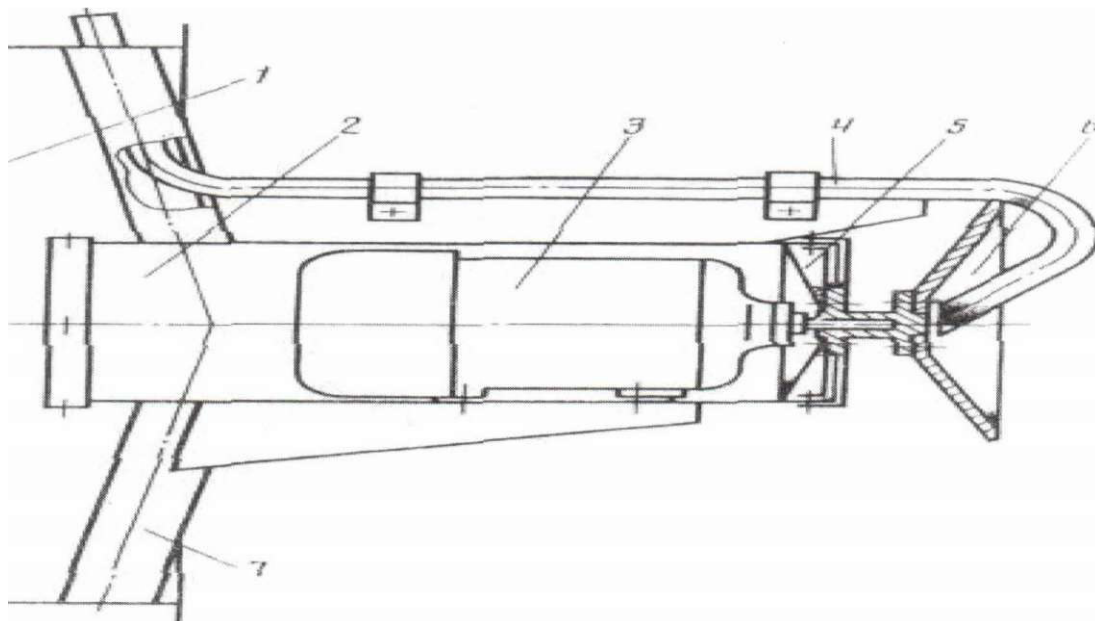


Рис. 2. Устройство разбрызгивателя:

1 — конфузор; 2 — каркас; 3 — электродвигатель; 4 — трубка; 5 — крыльчатка; 6 — диск; 7 — трубчатые стойки.

Для подогрева приточного воздуха агрегаты ПОВУА комплектуют многоходовыми пластинчатыми калориферами типа КВС-П или КВБ-П средней или большой модели.

Калориферы состоят из теплоотдающих элементов, трубных решеток, боковых крышек и щитов. Теплоотдающий элемент выполнен из трубок диаметром 16x1,6 мм и стальных гофрированных пластин, насаженных на трубки. Расположение трубок — смещенное, с шагом 8 мм. Контакт между трубками и насаженными на них пластинами осуществляется при помощи оцинковки. Калориферы имеют съемные боковые щитки, которые крепят к торцам трубных решеток при помощи болтового соединения. Между щитками и трубной решеткой, а также составных калориферных установках по торцам трубных решеток ставят уплотнительные прокладки. Калориферы устанавливают с горизонтальным расположением трубок.

В комплекте «Климат-3» мощность калориферов регулируют изменением расхода теплоносителя при помощи регулирующего клапана на обратном трубопроводе.

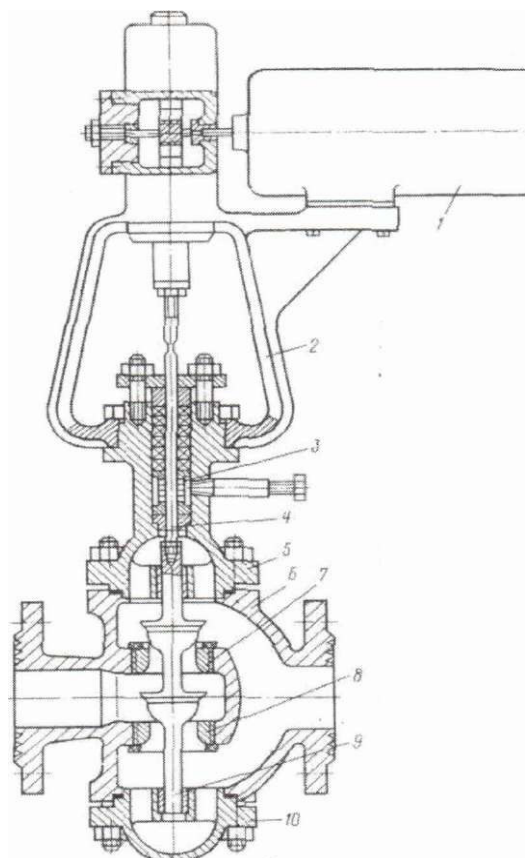


Рис. 3. Устройство регулирующего клапана:

/ — исполнительный механизм; 2 — бугель; 3 — сальник; 4 — шток; 5 — верхняя крышка; 6 — корпус; 7 — верхнее седло; 8 — нижнее седло; 9 — плунжер; 10 — нижняя крышка.

Клапан 25ч931нж (рис.3) состоит из корпуса 6 с верхним 7 и нижним 8 седлами, верхней 5 и нижней 10 крышек штока 4 с плунжером 9, сальника 3 из асбестового шнура АН, бугеля 2 и исполнительного механизма-1.

Комплекты оборудования «Климат-45» и «Климат-47» отличаются между собой типом и числом входящих в них вентиляторов. Указанные модификации комплектуют вентиляторами ВО-5,6 и ВО-7.

Отличительная особенность вентиляторов типа ВО — применение широколопастной крыльчатки из алюминия, свободно открывающейся жалюзийной решетки на выходе воздуха

из вентилятора и специальных электродвигателей для привода, частоту вращения которых можно регулировать изменением напряжения на зажимах. Для этого предназначены автотрансформатор *TV* типа АТ-10 мощностью 10 кВ-А с 16 отпайками на различное напряжение и станция управления.

Система управления комплектами оборудования типа «Климат» *обеспечивает:*

ступенчатое регулирование частоты вращения вентиляторов; автоматический переход на низшую и высшую частоты вращения вентиляторов при изменении температуры воздуха в помещении;

автоматический выбор числа работающих вентиляторов и отключение одной группы вентиляторов при понижении температуры воздуха в помещении;

автоматическое отключение вентиляторов при аварийном понижении температуры воздуха в помещении;

автоматическую защиту от коротких замыканий и перегрузок. При помощи системы управления можно задавать температуру воздуха в помещении от 5 до 35°C, регулировать напряжение, подаваемое на

электродвигатели вентиляторов, осуществлять сигнализацию частоты вращения вентиляторов.

В качестве командных приборов используют два трехпозиционных полупроводниковых терморегулятора типа ПТР-3 с диапазоном регулируемых температур 5...35°C. Терморегулятор размещают в пластмассовом корпусе, к которому крепят монтажную панель. На панели с наружной стороны укрепляют настроечный блок и предохранитель. На настроечном блоке имеются шкалы для установки требуемых значений температуры и дифференциала (размах колебаний температуры).

Принципиальная электрическая схема системы управления комплектом оборудования «Климат-4» приведена на рисунке 4. Десять вентиляторов комплекта разбиты на три группы и через автоматические выключатели подключены к щиту управления, на который выведено напряжение питания от автотрансформатора АТ-10 и напряжение сети. Максимально допустимый, ток нагрузки станции управления 25 А.

Экранированными проводами к щиту подключены датчики температуры—термисторы терморегуляторов ПТР-3. Системой предусмотрено ручное и автоматическое управление работой вентиляторов при помощи переключателя SA3. Переключатель имеет четыре положения: «1»—все вентиляторы отключены; «2»—включен пускатель КМ1, вентиляторы работают на низшей частоте вращения; «3»—включен пускатель КМ3, вентиляторы работают на средней частоте вращения. В четвертом положении двигатели вентиляторов подключаются пускателем КМ4 на полное напряжение сети и работают с максимальной подачей.

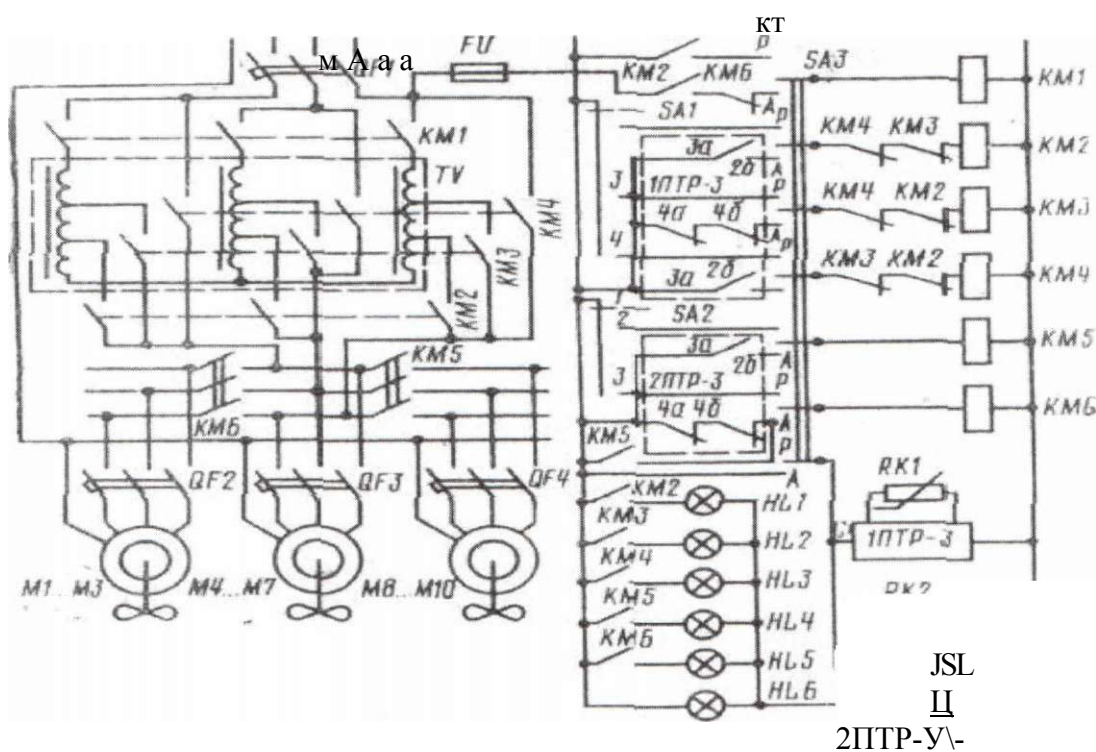


Рис. 4, Принципиальная электрическая схема автоматического управления комплектом оборудования «Климат-4».

Отдельные группы вентиляторов включаются переключателем SA2, имеющим три положения: «1»—вентиляторы отключены; «2»—пускателем КМ5 подключается первая группа; «3»—пускателем КМ6—вторая группа.

При автоматическом управлении эти же операции выполняются по командам терморегуляторов ПТР-3, датчики которых расположены в точке регулирования температуры в помещении. При этом уставка регулятора 1ПТР-3 должна быть на 2...3°C выше уставки регулятора 2ПТР-3. Терморезистор *RFC* управляет частотой вращения всех вентиляторов, *RK2* — подгруппами.

2.5.3 Результаты и выводы:

Автоматическое управление вентиляторами осуществляется следующим образом. Если температура в помещении соответствует заданной на регуляторе 1 ПТР-3, то пускатели *КМ1*, *КМ3*, *КМ5* и *КМ6* включены и вентиляторы работают на средней частоте вращения. При повышении температуры от 0,5 до 2,5 °С (половина значения установки дифференциала регулятора 1 ПТР-3) пускателем *КМ4*: вентиляторы переключаются на максимальную подачу, а при понижении температуры они переключаются на низшую подачу.

Если температура воздуха в точке регулирования продолжает понижаться, то выключается магнитный пускатель *КМ5*, отключая соответственно первую группу вентиляторов А/8...АЛО. При дальнейшем снижении температуры выключается пускатель *КМ6*, который отключает вторую группу вентиляторов М 1...А/3, а затем пускатель *КМ1*, который отключает автотрансформатор и все вентиляторы. При повышении температуры включение вентиляторов происходит в обратном порядке. Для изменения напряжения при регулировании подачи отпайки на автотрансформаторе *ТВ* выбирают по регулировочным характеристикам вентиляторов ВО-5,6 и ВО-7.

2.6 Практическое занятие №6,7 (4 часа).

Тема: Электроизмерения. Учет электрической энергии.

2.6.1 Задание для работы:

1. Электрические измерительные приборы

2. Калориферы

2.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

Электрические измерительные приборы - необходимые элементы электрических цепей при контроле режимов работы электрооборудования, учете электроэнергии, при экспериментальном исследовании электрических цепей, при получении достоверной информации для систем автоматического управления.

Электрические измерительные приборы измеряют как электрические величины (ток, напряжение, мощность, $\cos \varphi$, частоту, электрическую энергию и т.д.), так и неэлектрические величины (температуру, давление и др.).

Электрические и измерительные приборы отличаются высокой чувствительностью, простой конструкцией и надежностью. Показания электрических измерительных приборов относительно просто передавать на дальние расстояния (телеизмерения) при автоматизации и управлении технологическими процессами.






Недостатком электрических измерительных приборов является невозможность их применения на взрывоопасных и пожароопасных помещениях.

6.1. Системы электрических измерительных приборов

Электрический измерительный прибор состоит из подвижной и неподвижной частей. По перемещению подвижной части измеряют значения измеряемых величин.

В зависимости от принципа действия различают системы: магнитоэлектрическую, электромагнитную, электродинамическую, тепловую, индукционную и др.

Таблица 1. - Системы электрических измерительных приборов и их условные обозначения

№ п/п	Система прибора	Обозначение
1	Магнитоэлектрическая	
2	Электромагнитная	
3	Электродинамическая	
4	Тепловая	
5	Индукционная	

В таблице 1 приведены условные обозначения наиболее широко применяемых систем приборов. Эти обозначения и другие важнейшие характеристики приборов указываются на лицевой панели электрических измерительных приборов (рис.6.1).

Работа приборов магнитоэлектрической системы основана на взаимодействии поля постоянного магнита и подвижной катушки.

На рисунке 2 схематически показана основная часть магнитоэлектрического измерительного механизма; подвижная катушка, расположенная в сильном равномерном радиальном магнитном поле.

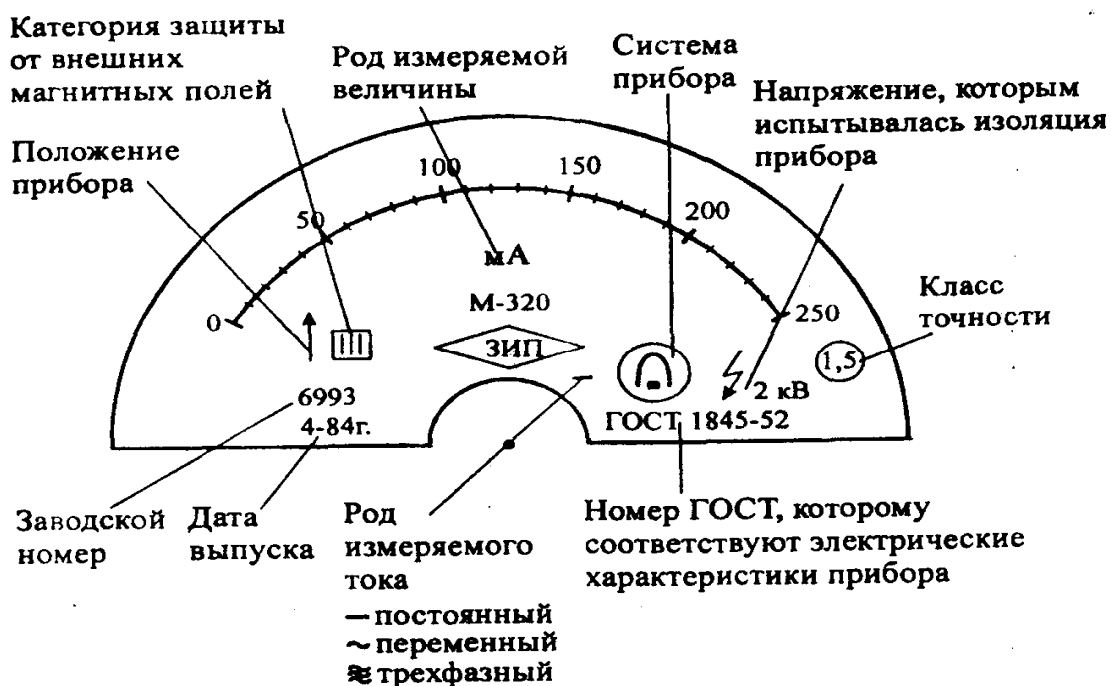


Рисунок 1 - Шкала измерительного прибора

Подвижная катушка из тонкого медного или алюминиевого провода намотана на каркас (или без него). На оси подвижной части прибора укреплена стрелка, конец которой перемещается по шкале электрического измерительного прибора.

При протекании по катушке электрического тока согласно закону Ампера возникают силы F , стремящиеся повернуть катушку. При равенстве вращающего $M_{вр}$ и противодействующего $M_{пр}$ моментов катушка останавливается.

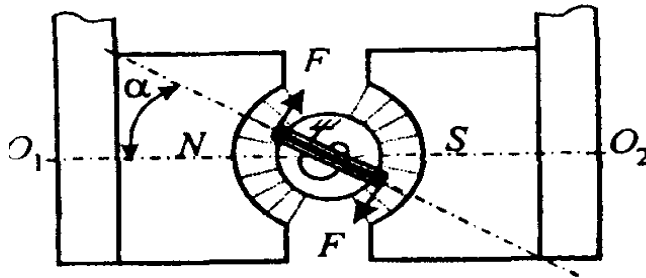


Рисунок 2. подвижная катушка в радиальном магнитном поле

Для создания противодействующего момента $M_{пр}$ и одновременно для подвода тока в катушку служат две спирали.

Общее выражение для вращающего момента имеет вид:

(6.1.)

$$M_{вр} = dW/d\alpha$$

где W - энергия электромагнитного поля, сосредоточенная в измерительном механизме;

α - угол поворота подвижной части.

Энергия электромагнитного поля W равна работе g_j перемещению активной части провода катушки в постоянном магнитном поле с индукцией B

Согласно закона Ампера сила F , действующая часть провода катушки при протекании по ней тока I равны:

$$F = I \times B \times \sin \varphi \quad (6.2)$$

где φ - угол между направлением тока в активной части провода и индукцией магнитного поля;

l - длина активной части катушки.

В нашем случае $\varphi = \pi/2$ $\sin \varphi = 1$. Следовательно, работа по перемещению двух активных частей провода катушки, перпендикулярных плоскости чертежа (рис. 6.2), равна

$$A = W = 2F \times X = 2I \times B \times l \times r, \quad (6.3)$$

где $X = r \times \alpha$ - длина траектории активной части провода;

r - радиус траектории;

α - угол поворота катушки. Подставляя (6.3) в (6.1) получаем:

$$M_{вр} = \frac{dW}{d\alpha} = 2I \times B \times l \times r.$$

Так как противодействующий момент $M_{вр}$ создается упругими элементами, то для установившегося режима

$$M_{пр} = M_{вр} \text{ или } W \varphi = 2I \times B \times l \times r,$$

где W - удельный противодействующий момент, зависящий от свойств упругого элемента. Следовательно, угол поворота катушки α пропорционален току I :

$$\alpha = \frac{2B \cdot l \cdot r}{W} \cdot I = S \cdot I, \quad (6.4)$$

где S - чувствительность измерительного механизма.

Как видно из (6.4) при перемене направления тока в катушке меняется на обратное и направление отклонения подвижной части и указателя (стрелки).

Для получения отклонения указателя в нужную сторону необходимо при включении прибора соблюдать указанную на приборе полярность

Достоинства приборов магнитоэлектрической системы: высокая чувствительность к измеряемой величине, высокая точность (класс точности 0,05 малое потребление мощности, малая чувствительность к внешним магнитным полям). Недостаток - возможность применения только в цепях постоянного тока.

В приборах электромагнитной системы в неподвижной катушке, по которой протекает измеряемый ток, создается магнитное поле, в которое втягивается, поворачиваясь на оси, ферромагнитный сердечник, намагничиваемый этим же полем. Причем втягивание происходит как при постоянном, так и при переменном магнитном поле, а угол поворота α пропорционален квадрату силы измеряемого тока. Поэтому:

а) приборы электромагнитной системы могут применяться в цепях постоянного и переменного тока;

б) шкала прибора неравномерна, сильно сжата в начальной части.

Достоинства электрических измерительных приборов электромагнитной системы: простота и надежность конструкции, небольшое потребление мощности.

Недостатки: невысокая чувствительность к измеряемой величине, относительно низкая точность (класс точности до 1.0), большая чувствительность к внешним магнитным полям.

Вращающий момент электромагнитного измерительного механизма

$$M_{\text{сп}} = \frac{dW_e}{d\alpha} = \frac{d\left(\frac{L \cdot I^2}{2}\right)}{d\alpha} = \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot \frac{dL}{d\alpha}.$$

Если противодействующий момент создается с помощью упругих элементов, то для режима установившегося отклонения

$$M = W\alpha \quad \text{и} \quad \alpha = \frac{1}{2W} \cdot I^2 \cdot \frac{dL}{d\alpha}. \quad (6.5.)$$

6.2 Основные характеристики электрических измерительных приборов

6.2.1 Статическая характеристика. Статическая характеристика измерительного прибора - зависимость выходного сигнала y от входного сигнала x в статическом режиме работы указанного прибора.

Статическая характеристика в общем случае описывается нелинейным уравнением $y = f(x)$,

Так, например, для электронных измерительных приборов магнитоэлектрической системы статической характеристикой будет являться уравнение (6.3), в котором входным сигналом будет являться электрический

$$A = SI,$$

Поскольку

$$S = \frac{2 \cdot B \cdot L \cdot r}{W} = \text{const}$$

то статическая характеристика электроизмерительного прибора магнитоэлектрической системы линейная.

6.2.2. Погрешность. Абсолютная погрешность прибора в данной точке диапазона измерения равен:

$$\Delta = x - x_u$$

где x - показание прибора;

x_u - истинное значение измеряемой величины.

Однако в связи с тем, что истинное значение чаще всего неизвестно, вместо него используется действительное значение: x_0 , в качестве которого применяют либо среднее арифметическое значение ряда измерений, либо показания образцового прибора.

Очевидно, что абсолютная погрешность прибора выражается в тех же единицах, что и измеряемая величина.

Абсолютная погрешность прибора не характеризует в полной мере точность измерения, поэтому при измерениях определяется также *относительная погрешность* - отношение абсолютной погрешности к истинному (действительному) значению измеряемой величины

$$\delta = \frac{\Delta}{x_u} = \frac{\Delta}{x_o}, \quad (6.7.)$$

или в процентах

$$\delta(\%) = \frac{\Delta}{x_o} 100\%. \quad (6.8.)$$

Приведенная погрешность у электрического измерительного прибора равна отношению абсолютной погрешности к нормирующему значению x_N , которое принимается равным верхнему пределу измерений (если нулевая отметка находится на краю или вне шкалы) или диапазону измерения (если нулевая отметка находится внутри диапазона измерения)

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N}, \quad (6.9)$$

или в процентах

$$\gamma(\%) = \frac{\Delta}{x_N} 100\% \quad (6.9)$$

Погрешность электроизмерительного прибора зависит от условий проведения измерений. Различают *основную* и *дополнительную* погрешности.

Основная погрешность - это погрешность, существующая при нормальных условиях, которые указаны в нормативных документах, регламентирующих правила испытания и эксплуатации электроизмерительных приборов.

Под нормальными условиями, например, могут пониматься: температура окружающей среды $(+20 \pm 2)^\circ\text{C}$;

положение прибора горизонтальное, с отклонением от горизонтального не превышающим $\pm 2^\circ$; относительная влажность $(65 \pm 15)\%$;

. практическое отсутствие внешних магнитных и электрических полей; . частота питающей сети (50 ± 1) Гц и так далее.

Дополнительная погрешность возникает при отклонении условий испытания и эксплуатации прибора от нормальных.

Например, приведенная погрешность электрон но-измерительных приборов при нормальных условиях не превышает 1%. Если же температура окружающей среды лежит вне указанного в нормальных условиях диапазона, то приведенная погрешность может превышать 1%.

6.2.3 Класс точности. *Класс точности* электронных измерительных приборов - обобщенная метрологическая характеристика, определяемая пределами допустимых основной и дополнительной погрешностей.

Класс точности K стрелочных и самопишущих приборов, как правило, обозначается одним числом, равным максимально допустимому значению основной приведенной погрешности, выраженной в процентах:

$$K(\%) = \frac{\Delta}{x_N} 100 = \gamma 100$$

$$x_N \quad (6.10.)$$

Электронные измерительные приборы делятся на 8 классов точности: 0.05; 0.1; 0.2; 0.5; 1.0; 1.5; 2.5; 4.0.

Пример: Милливольтметр со шкалой до 50 мВ имеет класс точности Л" = 0,5. Определить максимальную абсолютную погрешность электронного измерительного прибора.

Решение:

Из (6.10) следует, что максимальная абсолютная погрешность при измерениях во всем диапазоне равна

$$K \times X_N \quad 0,5 \times 50$$

$$\Delta = \frac{\quad}{100} = \frac{\quad}{100} = \pm 0,25 \text{ мВ}$$

6.2.4 Вариация. *Вариация* показаний электроизмерительного прибора - это наибольшая разность его показаний при одном и том же значении измеряемой величины.

Основной причиной вариации является трение в опорах подвижной части прибора.

Вариацию определяют, сравнивая показания электроизмерительного прибора, считанные один раз после установки требуемого значения измеряемой величины подходом снизу (со стороны меньших значений), а другой раз - подходом сверху (со стороны больших значений).

6.2.5 Цена деления. *Цена деления* электроизмерительных приборов численно равна изменению измеряемой величины, вызывающему перемещение указателя (стрелки) на одно деление.

При равномерной шкале цена деления равна отношению предела измерения электроизмерительного прибора x_m к числу делений шкалы n :

$$c = x_m/n$$

6.2.6 Предел измерения *Предел измерения* электроизмерительного прибора значение измеряемой величины, при котором стрелка прибора отклоняется до конца шкалы. Электроизмерительные приборы могут иметь несколько пределов измерения (многопредельные приборы). При измерениях такими приборами на различных пределах цена деления будет различна.

6.2.7 Чувствительность. *Чувствительность S* электроизмерительного прибора - это отношение изменения сигнала на выходе электроизмерительного прибора Δy к вызвавшему его изменению измеряемой величины Δx :

$$S = \Delta y / \Delta x \quad (6.12)$$

В общем случае чувствительность

$$S = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{dy}{dx} \quad (6.13)$$

Следовательно, при нелинейной статической характеристике чувствительность зависит от x , а при линейной статической характеристике - чувствительность постоянна.

У электроизмерительных приборов при постоянной чувствительности шкала равномерная, то есть длина всех делений одинакова.

6.3 Измерение тока, напряжения и мощности

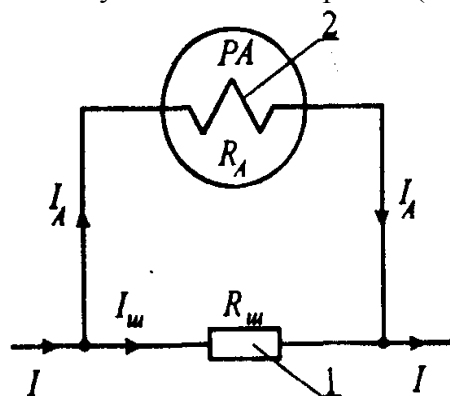
6.3.1 Измерение тока. Для измерения тока служат амперметры, миллиамперметры и микроамперметры. Эти приборы включаются последовательно в участок электрической цепи.

При этом необходимо, чтобы внутреннее сопротивление амперметра было мало по сравнению с сопротивлением участка электрической цепи, в которой он включен. В противном случае включение прибора вызовет существенное изменение сопротивления и тока на данном участке электрической цепи, а так же изменение режима работы всей цепи.

Сопротивления катушек (рамок) электроизмерительных приборов составляют 1 ...2 кОм рассчитаны на полное отклонение стрелки при токе 100...500 мкД (что соответствует падению напряжения на приборе 0,1.-1 мкА). Следовательно, непосредственное включение электроизмерительного прибора возможно только при измерении малых токов до 500 кД в высокоомных электрических цепях.

Чтобы использовать данный прибор для измерения токов больших значений и снизить его внутреннее сопротивление применяют *шунты*.

Шунт представляет собой манганиновые пластины или стержни, впаянные в медные или латунные наконечники. Сопротивление шунта значительно меньше сопротивления рамки прибора. Шунт включается в электрическую цепь последовательно, а параллельно ему подключается рамки (катушка) прибора.



1 - шунт; 2 - рамка (катушка) прибора; I - измеряемый ток; $I_{ш}$ - ток через шунт; I_A - ток через рамку прибора.

2.6.3 Результаты и выводы:

Достоинства приборов магнитоэлектрической системы: высокая чувствительность к измеряемой величине, высокая точность (класс точности 0,05 малое потребление мощности, малая чувствительность к внешним магнитным полям). Недостаток - возможность применения только в цепях постоянного тока.

2.7 Практическое занятие №8,9 (4 часа).

Тема: Элементы автоматики.

2.7.1 Задание для работы:

1. Термоэлектрический и терморезисторный метод измерения температуры
2. Пирометры

2.7.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Термоэлектрический и терморезисторный метод измерения температуры

Приборы, предназначенные для измерения температуры, называются *термометрами*. Разновидностями термометров являются пирометры, принцип действия которых основан на измерении электромагнитного излучения нагретых тел.

И настоящее время для построения термометров наибольшее распространение получил термоэлектрический и терморезисторный методы, а также метод, основанный на тепловом излучении нагретых тел.

Термоэлектрический метод измерения температуры основан на возникновении термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) в цепи, составленной из двух разнородных проводников, при неравенстве температур в местах соединения концов проводников. Первичный преобразователь - *термопара*.

В приборе прямого преобразования (рис. 1) ЭДС термопары e преобразуется в силу тока I , а затем формируется вращающий момент M как результат взаимодействия тока в рамке с полем постоянного магнита. Этот момент уравнивается упругим моментом пружины, в результате чего на выходе получается сигнал ϕ .

В схеме уравнивающего преобразователя (рис. 2) уравнивание ЭДС термопары осуществляется за счет сигнала с мостовой схемы, управляемой двигателем Д.

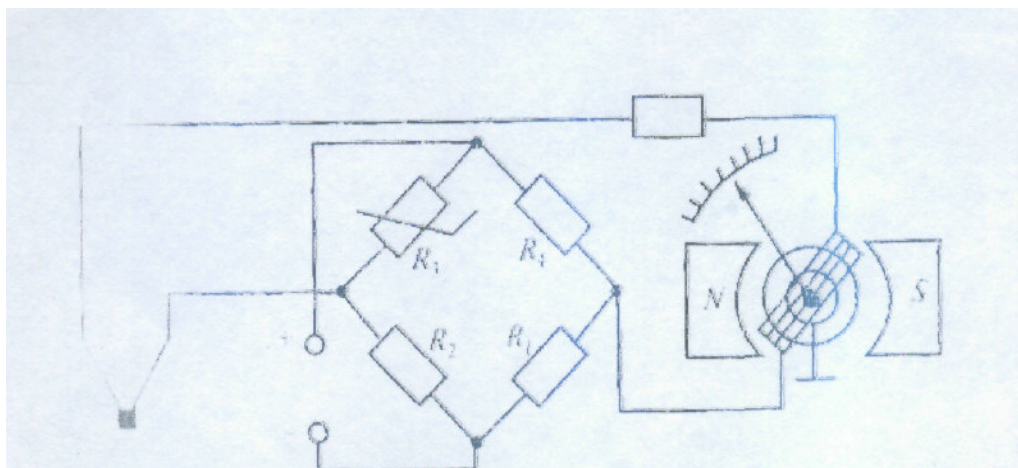


Рис 1. Измерение температуры прибором прямого преобразования на базе мостовой схемы.

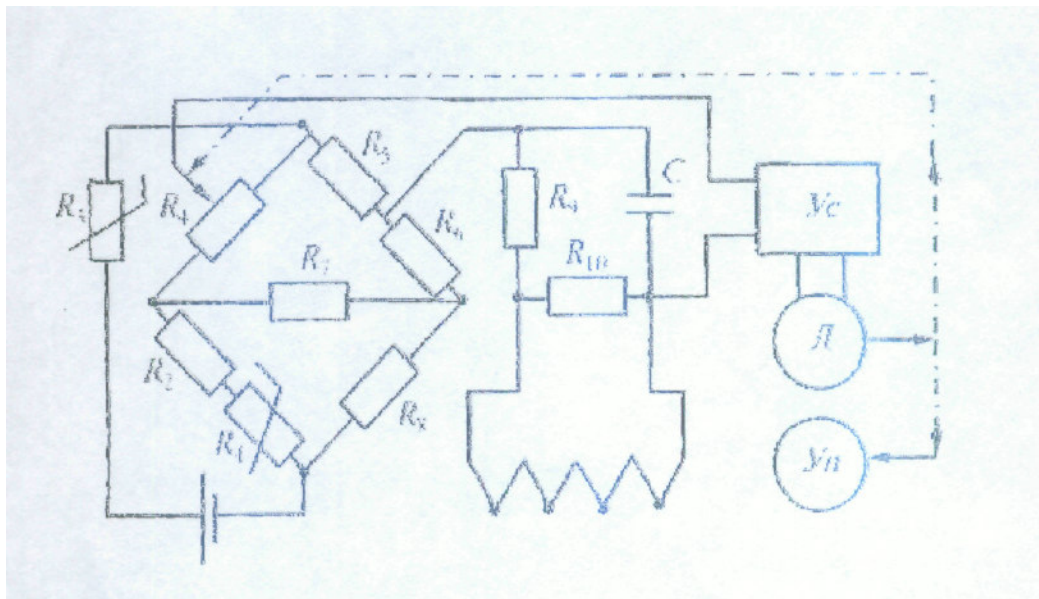


Рис 2. Измерение температуры в схеме уравнивающего преобразователя.

В качестве вторичных приборов, работающих в комплекте с термоэлектрическими преобразователями, применяются милливольтметры, автоматические потенциометры со шкалой, отградуированной в градусах.

В качестве материалов для изготовления термоэлектродов применяются вольфрам, рений, платина, платинородий, хромель, копель, медь. Промышленностью выпускаются термоэлектрические преобразователи вольфрамо-рениевые (ТВР), платинородий-платиновые (ТПП), платино-родиевые (ТПР), хромель-алюмелевые (ТХА), хромель-копелевые (ТХК), медь-копелевые (ТМК).

На защитной арматуре термоэлектрического преобразователя и на шкале измерительного прибора указывается обозначение номинальной статической характеристики преобразователя.

Преимущества: точность измерений, легкость передачи сигнала на расстояние и его обработки. Недостатки: электроды термопары защищаются чехлом, частично заключенным в стальной трубе, и в зону высоких температур вносится только наконечник, который стальной трубой не защищается, из-за наличия фарфорового чехла термопара имеет большую инерционность (несколько минут) и не выдерживает резких колебаний измеряемой температуры, не рекомендуется быстро вносить термопару в зону с высокой температурой; высокая стоимость и сложность вторичного элемента.

Предельная температура измеряемая этим методом, достигает 2500°C при временном применении с помощью термопары ТВР.

Принцип действия термопреобразователей сопротивления основан на свойстве металлических проводников изменять электрическое сопротивление при изменении температуры. Эти термометры строятся на принципе прямого (рис. 3) и уравнивающего преобразования (рис. 4).

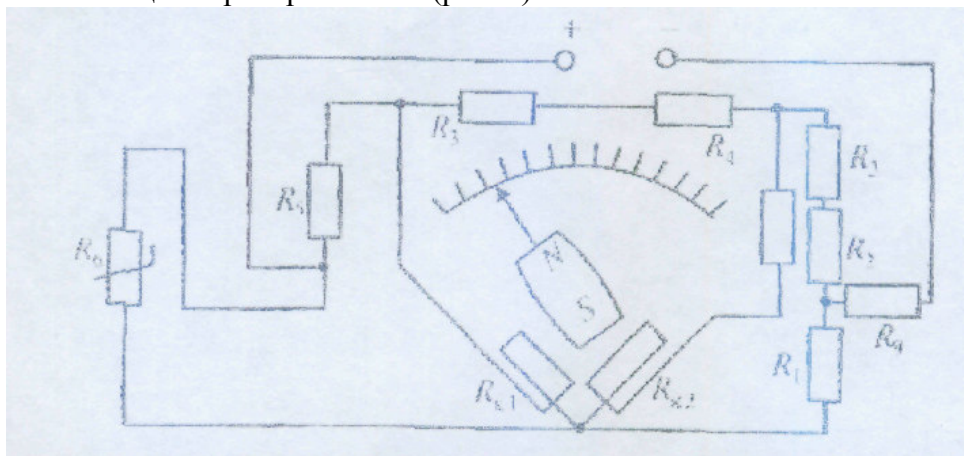


Рис 3. Измерение температуры с помощью термосопротивления и логометра.

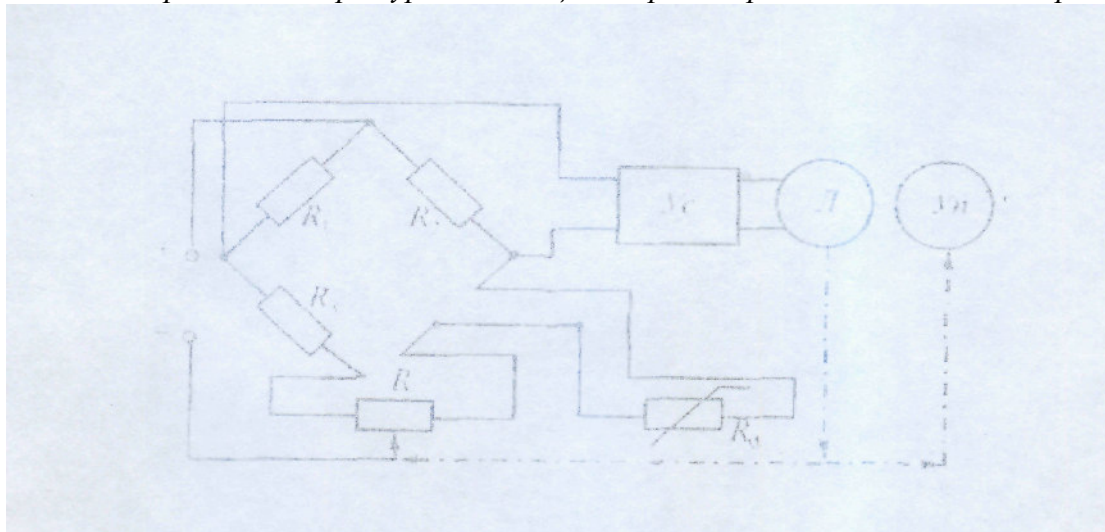


Рис 4. Схема термометра уравнивающего преобразования.

Наиболее пригодными материалами для изготовления термометров по своим физико-химическим свойствам являются медь, платина, никель. Для медных и платиновых проводников зависимость изменения сопротивления от температуры выражается формулой:

$$R_t = R^0(1 + a \cdot t),$$

где R_t сопротивление при температуре t ; R_0 сопротивление при температуре 0°C ; a - температурный коэффициент (для платины -0,00394, для меди -0,004).

Платиновые термосопротивления предназначены для измерения температур от -260 до 1100°C , они выпускаются с номинальным сопротивлением, чувствительного элемента: 1, 10, 50, 100 и 500 Ом (табл. 1) Выпускаются термопреобразователи сопротивления с монтажной длиной 60-3200 мм. Монтажную длину l выбирают в зависимости от места установки термопреобразователя.

Медные термопреобразователи сопротивления (ТСМ) применяются для длительного измерения температуры от -200 до 200°C Номинальные сопротивления чувствительного элемента R_0 составляют 10, 50, 100 Ом (см. табл.). Эти элементы выполняются в виде проволоки диаметром 0,1 мм, намотанной безындукционной намоткой на цилиндрический каркас из пластмассы и герметизированной слоем лака.

Таблица 1

Тип	Нормативное значение сопротивления при 0 °С, Ом	Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразователя		Диапазон измеряемых температур, °С
		в РФ	Международное	
ТСП	1	1 П	Pt 1	0...1100
	10	10 П	Pt 10	-200..
	50	50 П	Pt 50	-
	100	100 П	Pt 100	-
	500	500 П	Pt 500	-
ТСМ	10	10М	Cu 10	-50.. 200
	50	50 М	Cu 50	
	100	100М	Cu 100	

Никелевые термопреобразователи сопротивления применяются для измерения температуры в интервале от —60 до 180°С с номинальным сопротивлением при 0°С, равным 50 Ом.

Для изготовления полупроводниковых преобразователей сопротивления (терморезисторов) применяются германий, оксиды меди, марганца, титана и их смеси. Полупроводниковые материалы обладают большим отрицательным температурным коэффициентом сопротивления и большим удельным электрическим сопротивлением, что позволяет изготавливать небольшие по размерам терморезисторы, обладающие большим коэффициентом преобразования.

Основным недостатком, ограничивающим применение терморезисторов, является то, что технология получения полупроводниковых термопреобразователей сопротивления не позволяет изготавливать их с идентичными характеристиками. Полупроводниковые терморезисторы нашли широкое применение в качестве температурных сигнализаторов — термореле.

2. Пирометры

Тепловое излучение нагретых тел характеризуется распространением электромагнитных волн, которые могут восприниматься другими телами. *Термометры, воспринимающие тепловую энергию, доставляемую электромагнитными волнами, называются пирометрами.* Наибольшее распространение получили пирометры, основанные на трех методах измерений:

радиационном - измерение плотности интегрального излучения;

яркостном - измерение спектральной интенсивности излучения определенной длины волны;

цветовом - измерение отношения спектральной интенсивности двух волн.

Преимуществом измерения температуры по тепловому излучению является то, что можно измерять температуру бесконтактным методом, не искажая температурного поля объекта измерения; не ограничен верхний предел измерения, приборы обладают большой чувствительностью. Серийно выпускаемые пирометры применяются для измерения температур от 20 до 6000°С.

К недостаткам можно отнести то, что температура, показываемая пирометром (яркостная, цветовая, радиационная), отличается от действительной. Расхождение между температурой, показываемой пирометром, и действительной температурой тела (среды) может составлять десятки и сотни градусов. На показания пирометров влияет среда, находящаяся между пирометром и объектом, температура которого измеряется. Ослабление теплового излучения промежуточной средой, находящейся между объектом измерения и пирометром, влияет на результаты измерения всех пирометров.

Наиболее широко в промышленности применяются радиационные пирометры. В них (рис. 5.) лучи от нагретого тела поступают на линзу 1, которая направляет их через диафрагму 2 на приемник излучения 3.

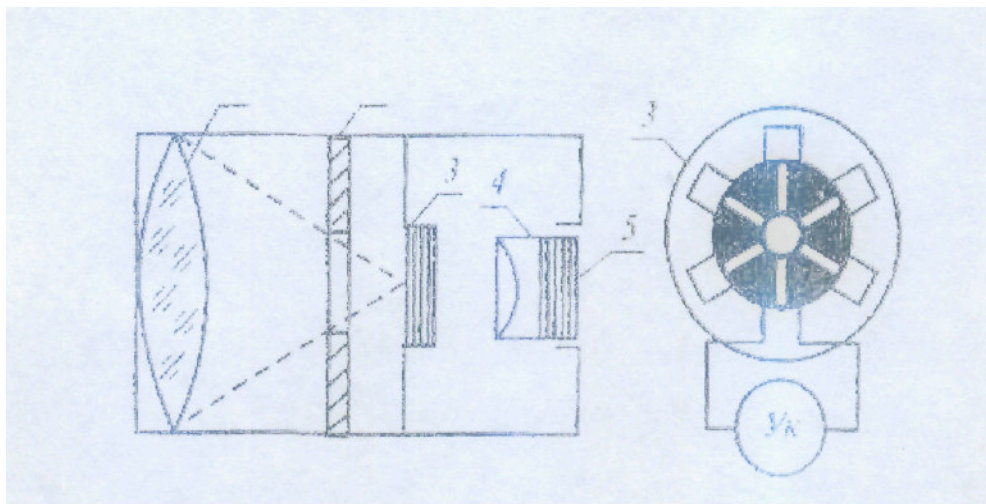


Рис. 5. Радиационный пирометр.

Приемник излучения состоит из большого числа термопар, горячие спаи которых выполнены в виде секторных тонких пластинок. Сигнал с термопар, соединенных последовательно, подается на указатель Ук, в качестве которого может быть гальванометр или автоматический потенциометр.

В настоящее время выпускаются агрегатный комплекс стационарных пирометрических преобразователей и пирометров излучения АПИР-С, пирометрические преобразователи полного излучения (ГШТ-121, ГШТ-121-01 и др.) на диапазон измерения от 30 до 1 2500°C, преобразователи частичного излучения (ГГЧД-Ш-01, ПЧД-Ш-07) с диапазоном измерения 450—2500°C.

3. Электромеханические дистанционные манометры

В электромеханических дистанционных манометрах (рис. 6) сигнал деформации упругого элемента (мембраны) используется для перемещения движка потенциометра. Потенциометр образует дни плеча R1 и R2 моста, а два других плеча составлены из резистором R3 и R4. В качестве указателя в манометре применяется логометр с неподвижными рамками (катушками) и подвижными магнитами. Применение логометра обеспечивает независимость показаний прибора от колебаний питающего напряжения. Комплект прибора включает преобразователь, указатель и соединительные провода. В качестве первичных преобразователей (чувствительных элементов) применяют манометрические коробки (при измерении давления до 0,3 МПа), гофрированные мембраны (до 10 МПа) и манометрические трубки (до 25 МПа).

Электромеханические манометры серии ЭМ предназначены для измерения давления жидкостей (например, топлива в двигателях) и выпускаются в вариантах ЭМ-10 и ЭМ-100.

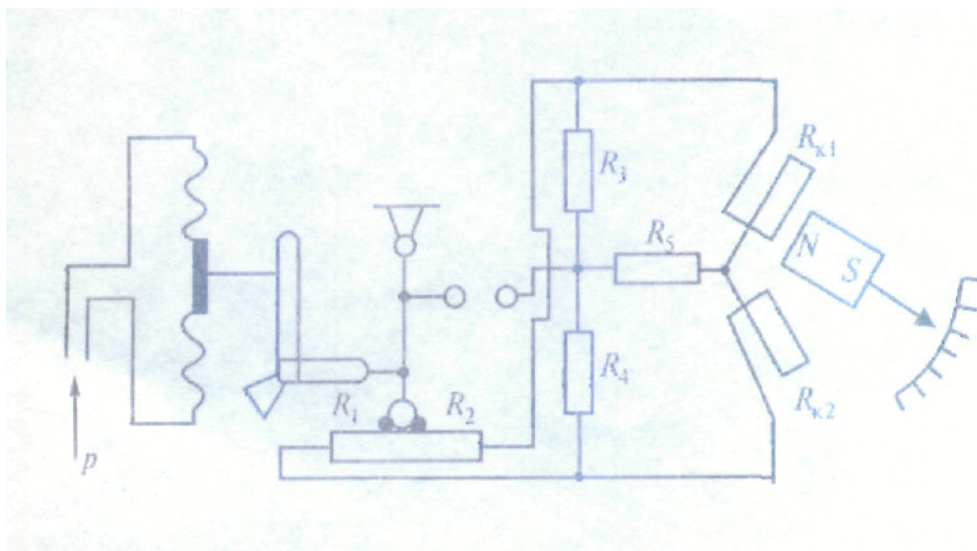


Рис. 6. Электромеханический

Погрешности манометров серии ЭМ не превышают 3%, Преобразователь и указатель взаимозаменяемы; потребляемый прибором ток не превышает 0,1 А.

В целях устранения контактного трения щетки о потенциометр можно применять бесконтактные преобразователи — индуктивный или емкостный преобразователи. В манометре с индуктивным дифференциальным преобразователем (рис. 7) якорь связан с жестким центром мембраны. Снимаемые с индуктивного преобразователя 1 сигналы переменного тока, промодулированные по амплитуде сигналом деформации, выпрямляются диодами Д1, Д2, и на логометр 2 указателя, поступают детектированные сигналы, пропорциональные измеряемому давлению.

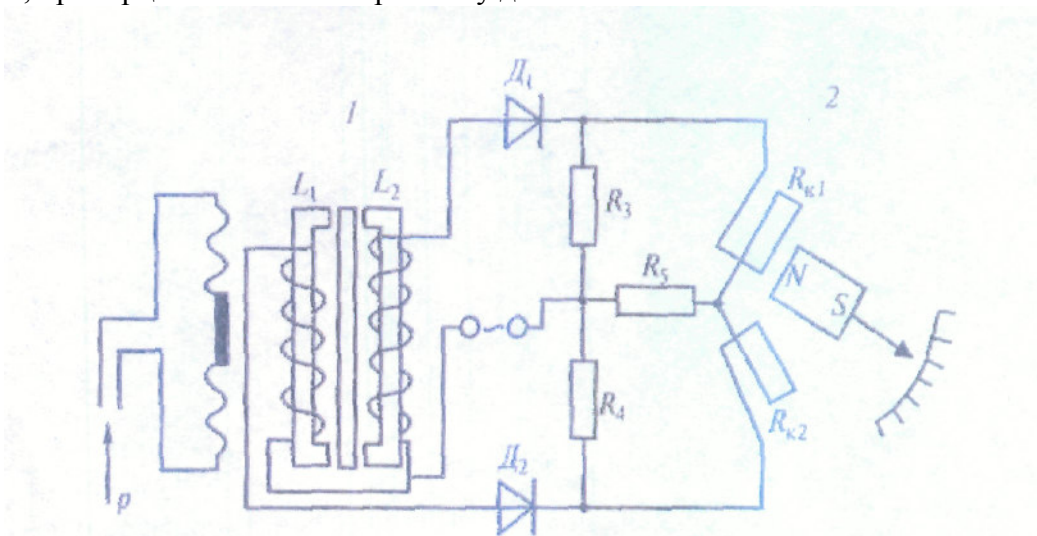


Рис. 7. Манометр с индуктивно-дифференциальным преобразователем.

Приборы выпускаются на низкое и высокое давление. Манометры МЭД модели 2364 имеют пределы измерений 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16 кгс/см, вакуумметры этой же модели выпускаются на предел от 1 до 0 кгс/см, а мановакуумметры - от 1 до 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15 кгс/см. Приборы модели 2365 выпускаются с манометрической шкалой на пределы 25, 40, 60, 100, 160, 250, 400, 600, 1000 и 1600 кгс/см, мановакуумметрической 1 - 24 кгс/см.

Диаметр корпуса 160 мм, погрешность показаний 1; 2,5% от суммы верхнего и нижнего пределов измерения. Питание осуществляется переменным током от вторичного прибора. Взаимная индуктивность манометров изменяется от нуля до 10 мГн при

измерении манометрического, вакуумметрического и мановакуумметрического давлений. Применяются во взрывобезопасных помещениях при температуре воздуха 5—50°C.

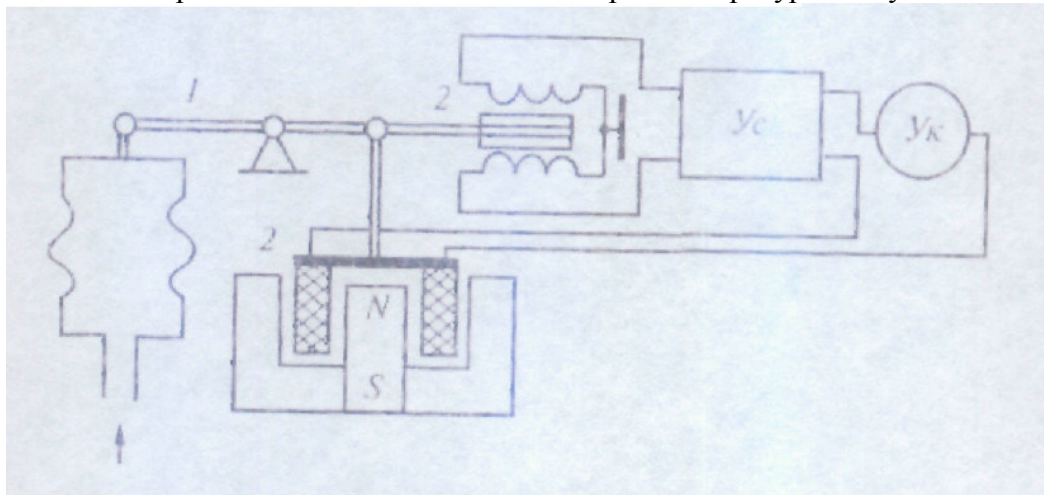


Рис. 8. Манометр уравнивающего преобразования с силовой компенсацией.

Измерительные цепи манометров уравнивающего преобразования показаны на рис. 8. В схеме (манометр с силовой компенсацией) статического уравнивания деформация сильфона преобразуется в перемещение рычага 1, на конце которого размещен преобразователь сигналов 2. Сигналы с преобразователя после усиления в усилителе U_c поступают на указатель U_k и на катушку электромагнита 3, якорь которого связан с рычагом. При взаимодействии токов в катушке с магнитным полем постоянного магнита образуется сила, уравнивающая силу, создаваемую сильфоном, и препятствующая перемещению рычага. При этом, чем больше измеряемое давление, тем больше сила тока в катушках. Таким образом, с точностью до статической погрешности рычаг будет находиться в среднем положении, а показания прибора, пропорциональные силе тока в катушках, будут являться мерой давления, подаваемого в прибор.

Схемы статического уравнивания называются также схемами силовой компенсации.

Верхний предел измерения измерительных преобразователей избыточного давления - 160 МПа, а преобразователей вакуумметрического давления - 0,1 МПа. Класс точности 0,6; 1; 1,5. Сигнал дистанционной передачи - постоянный ток 0-5 мА. Они работают в комплекте с вторичными приборами КПУ, КСУ и могут применяться в комплекте с регуляторами и другими устройствами автоматики, машинами централизованного контроля и системами управления.

4. Пьезоэлектрический манометр

При измерении высокочастотных пульсаций давления в качестве преобразователя в манометрах применяются пьезоэлектрические элементы (рис.9) в виде пластинок кварца цилиндрической или прямоугольной формы толщиной в несколько миллиметров. Допускаемая нагрузка на кварцевую пластинку достигает 8000 ГПа.

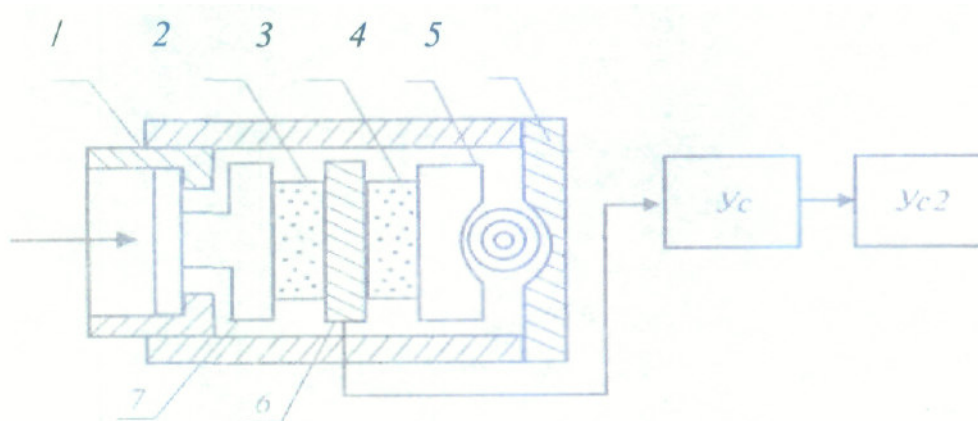


Рис. 9. Пьезометрический манометр

Чувствительный элемент пьезоманометра включает мембрану 1, кварцевые пластинки 2 и 3, шарик 4, колпачок 5, электрод 6 и опорный элемент 7. Воспринимаемое мембраной 1 давление передается через элемент 7 на кварцевые пластинки. Шарик 4 способствует равномерному распределению давления по поверхности кварцевых пластинок.

Кварцевые пластинки располагаются так, чтобы их плоскости, на которых возникают отрицательные заряды, соприкасались с электродом 6. Положительные заряды заземляются. Сигналы с электрода 6 подаются на усилитель с очень большим входным сопротивлением и малой входной емкостью, в качестве которого применяется полевой транзистор. Подобный усилитель называется электрометрическим.

2.7.3 Результаты и выводы:

Таким образом, с точностью до статической погрешности рычаг будет находиться в среднем положении, а показания прибора, пропорциональные силе тока в катушках, будут являться мерой давления, подаваемого в прибор.