

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

Кафедра «Энергообеспечение с.х.»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Электротехнические устройства в системах автоматического управления

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 Основные сведения о средствах измерений.....	3
1. 2 Лекция № 2 Схемы с использованием измерительных устройств.....	8
1. 3 Лекция № 3 Измерительные преобразователи. Классификация	11
1. 4 Лекция № 4 Изучение принципов работы нормирующих преобразователей.....	26
1. 5 Лекция № 5 Схемы подключения нормирующих преобразователей	30
1.6 Лекция № 6 Изучение принципов работы различных видов реле	30
1.7 Лекция № 7 Схемы с использованием реле	32
1.8 Лекция №8 Эффективность частотного управления.....	36
1.9 Лекция № 9 Преобразователи частоты.....	38
1.10 Лекция № 10 Исполнительные механизмы. Общие сведения классификация	40
1.11 Лекция № 11 Схемы управления исполнительным механизмом.....	45
1.12 Лекция № 12 Сравнительный анализ и применяемость электрических, пневматических и гидравлических исполнительных механизмов	53
1.13 Лекция № 13 Унификация и агрегатирование	56
1.14 Лекция № 14 Основные принципы построения ФСА	59
1. 15 Лекция № 15 Автоматические регуляторы	69
1. 16 Лекция № 16 Интерфейсные устройства.....	70
1. 17 Лекция № 17 Программируемые контроллеры назначение, классификация, структура.....	73
1. 18 Лекция № 18 SCADA - системы: общая характеристика и основные требования	75
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	80
2.1 Лабораторная работа № 1	80
2.2 Лабораторная работа № 2	80
2.3 Лабораторная работа № 3	81
2.4 Лабораторная работа № 4	83
2.5 Лабораторная работа № 5	83
2.6 Лабораторная работа № 6	84
2.7 Лабораторная работа № 7	85
2.8 Лабораторная работа № 8	86
2.9 Лабораторная работа № 9	87
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	88
3.1 Практическое занятие № 1.....	88
3.2 Практическое занятие № 2.....	88
3.3 Практическое занятие № 3.....	89
3.4 Практическое занятие № 4.....	89
3.5 Практическое занятие № 5.....	90
3.6 Практическое занятие № 6.....	90
3.7 Практическое занятие № 7.....	90
3.8 Практическое занятие № 8.....	91
3.9 Практическое занятие № 9.....	92
3.10 Практическое занятие № 10.....	92
3.11 Практическое занятие № 11.....	92
3.12 Практическое занятие № 12.....	93
3.13 Практическое занятие № 13.....	93
3.14 Практическое занятие № 14.....	94
3.15 Практическое занятие № 15.....	94
3.16 Практическое занятие № 16.....	95
3.17 Практическое занятие № 17.....	95
3.18 Практическое занятие № 18.....	96

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция № 1 (2 часа).

Тема: «Основные сведения о средствах измерений»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Общие сведения об измерениях. Классификация средств измерений.
2. Статические и динамические характеристики измерительных устройств.
3. Стандартизация и технические требования к средствам измерений.
4. Государственная система приборов и средств автоматизации.
5. Метрологические аспекты измерений и нормирование метрологических характеристик измерительных устройств. Погрешности измерений и их оценка.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Общие сведения об измерениях. Классификация средств измерений.

Развитие науки и техники тесно связано с применением средств измерения, как процесс является одним из способов познания, помогает осуществлять научные открытия и внедрять их в производство и технику. Измерения представляют огромное значение и как единственное средство контроля технологических процессов в системах теплогазоснабжения и энергетики в целом. Правильно организованные измерения обеспечивают надежность, экономичность и удобство ведения производственных процессов, а также дают возможность их широкой автоматизации. Кроме того, без применения контрольно-измерительных приборов отсутствует возможность осуществления безопасного и безаварийного ведения производственных процессов и работы установок.

Основные понятия и определения. Измерение это нахождение значения некоторой физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Средства измерений - технические средства, которые имеют нормированные метрологические характеристики. При этом значение физической величины, отсчитываемое по отчетному устройству средства измерения, строго соответствует определенному количеству физических единиц, принятых в качестве единиц измерения.

К средствам измерения относятся: мера, измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительные системы, установки, комплексы. Мера - эталонное средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера или количества. Меры могут быть однозначными и многозначными. Так, например, в электротехнических измерениях к однозначным мерам относятся катушки индуктивности, нормальные элементы и т.д., к многозначным конденсаторы переменной емкости, калибраторы напряжения и тока и т.д.

Измерительный прибор это средство измерений, предназначенное для выдачи количественной информации об измеряемой величине в доступной для восприятия форме. По способу отсчета значений измеряемой величины измерительные приборы делятся - аналоговые и цифровые. В цифровых измерительных приборах значение измеряемой величины определяется по цифровому индикатору прибора. Измерительные приборы подразделяются - показывающие и регистрирующие.

Показывающие измерительные приборы предназначены для отсчитывания результата измерений в аналоговой или цифровой форме, регистрирующие для регистрации (записи или печати) результатов измерения.

Измерительный преобразователь - средство измерения, предназначенное для выработки информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но не поступающей непосредственно на восприятие. К измерительным преобразователям относятся датчики (сенсоры), нормирующие и масштабирующие устройства.

Классификация измерений. Измерения классифицируют по нескольким признакам, наиболее важные из которых отражены на рисунке. По первому классификационному

признаку измерения подразделяют на: статические, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени в процессе измерения, и динамические, при которых измеряемая величина изменяется в процессе измерения.

Классификация по второму признаку является в большой степени условной, однако широко применяется в измерительной технике. Определяются сложившиеся совокупности родственных по природе или применению в отдельных областях науки или техники физических величин.

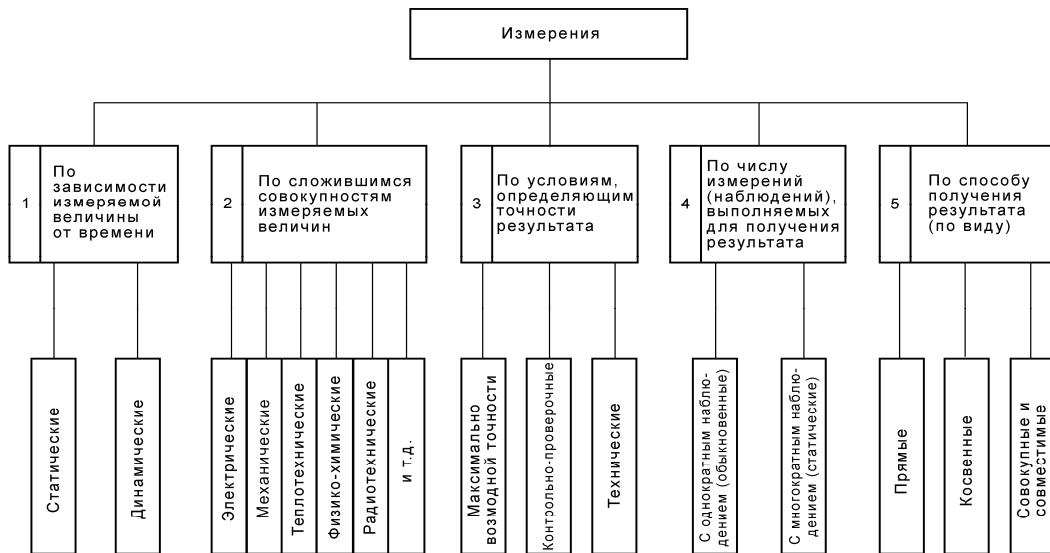
По третьему признаку измерения подразделяют на три класса.

Измерения максимально возможной точности, достижимой при современном уровне техники. Это измерения, связанные с созданием и воспроизведением эталонов, а также измерения универсальных физических констант. Контрольно-проверочные измерения, погрешности которых не должны превышать заданного значения. Такие измерения осуществляются в основном государственными и ведомственными метрологическими службами.

Технические измерения, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений. Технические измерения являются наиболее распространенными и выполняются во всех отраслях хозяйства и науки. К ним, в частности, относятся и технологические измерения.

Четвертым классификационным признаком служит число измерений (наблюдений) при измерении или просто наблюдений), выполняемых для получения результата.

По пятому признаку измерения в зависимости от вида функциональной связи между искомой и непосредственно измеряемой величинами и от способа получения числового значения измеряемой величины все измерения разделяются - прямые, косвенные, совокупные и совместные.



2. Статические и динамические характеристики измерительных устройств.

Для описания измерительных систем применяются структурные схемы, состоящие из функциональных элементов (функциональных блоков ФБ, измерительных преобразователей ИП), связанных между собой входными и выходными сигналами.

Входной величиной средства измерений, например, измерительного прибора, является измеряемая величина, а выходной - изменение состояния отсчетного устройства, например показания стрелочного прибора. Входные величины могут изменяться во времени и быть распределенными в пространстве. В этих случаях следует говорить об исследуемых процессах: временных или пространственных.

Различают стационарные и нестационарные процессы, и соответственно - статические и динамические измерительные системы, в которых взаимосвязи входных и выходных величин будут описываться статическими и динамическими характеристиками.

Статические характеристики средств измерений:

1. Функция (характеристика) преобразования - функциональная зависимость выходной величины y от входной x , которая может быть задана формулой, таблицей, графиком. В аналитическую функцию преобразования $y = f(x)$ обычно входят конструктивные параметры прибора или функционального преобразователя, используемые при их расчете или проектировании. Функция преобразования реального преобразователя определяется экспериментально. Желательно, чтобы функция преобразования была линейной: $y = Sx + y_0$.

2. Статическая нелинейность. В измерительной системе с независящей от частоты чувствительностью (статические системы) соотношение между выходным сигналом и входным, как правило, линейно. Реальная измерительная система не является идеально линейной, она всегда линейна лишь приближенно (например, в малом интервале значений входного сигнала). Причинами отклонений от линейности являются: гистерезис, мертвая зона, насыщение. Степень статической (частотно-независимой) нелинейности определяется соотношением:

$$\left| \frac{f(x) - ax}{ax} \right|,$$

$f(x)$ - реальная зависимость между y и x , а $y = ax$ - линейное приближение $f(x)$.

3. Стандартизация и технические требования к средствам измерений.

Помимо перечисленных, статическими характеристиками измерительных систем являются: пределы измерений - наибольшее и наименьшее значения измеряемой величины, для которых нормированы погрешности; диапазон измерений - область значений, заключенная между верхним и нижним пределами измерений; надежность - способность сохранять заданные характеристики средства измерения в течение заданного времени.

Порог чувствительности Δx - изменение значения измеряемой величины, способное вызвать наименьшее обнаруживаемое изменение выходной величины. Порог чувствительности препятствует обнаружению сколь угодно малых сигналов. Это обусловлено наличием в любой физической системе случайных флюктуаций (шум), затрудняющих выявление сигнала на фоне шума. Шум в измерительной системе может быть вызван многими причинами, такими как тепловые флюктуации (шум резистора), квантовый характер потока носителей зарядов (дробовой шум в полупроводниках) и т.д. Существуют и другие источники возмущений, например, механические дефекты (трение, люфт), механические вибрации, электрические наводки, ухудшающие порог чувствительности. Однако эти факторы могут быть устранены, часто простым изменением конструкции измерительной системы. Теоретически достижимый порог чувствительности (пределный порог чувствительности) определяется собственными шумами системы и может быть определен как наименьший входной сигнал, который можно обнаружить с определенной степенью достоверности на фоне собственного шума измерительной системы. Например, при условии, что отношение «сигнал/шум» на выходе этой системы равно единице.

4. Государственная система приборов и средств автоматизации.

Создана ГСП - государственная система приборов и средств автоматизации, охватывает измерительную, управляющую и регулирующую технику. Одной из задач ГСП - создание ограничений номенклатуры унифицированных устройств, способных максимально удовлетворять требованиям построения автоматических систем управления и регулирования. Основным преимуществом конструирования АСУТП является блочно-модульный принцип - агрегирование. Агрегирование является третьим этапом конструкторского исполнения.

Блок - конструктивное сборное устройство, выполняющее одну или несколько функций, смонтированное в одном корпусе. Модуль - более простая структурная единица, унифицированный узел, выполняющий одну элементарную операцию и входящий в состав блока или прибора. Исполнительный механизм - устройство для преобразования управляющей информации в

механическое перемещение регулирующего органа и развивающее мощность, достаточную для потребителя. В составе ГСП имеется три ветви приборов:

- электрическая;
- пневматическая;
- гидравлическая.

Электрическая - высокая точность и удобство воспроизведения законов регулирования, возможность строить распределенные системы регулирования, быстродействие передачи сигналов. Первые электрические устройства - лампы, затем полупроводники, интегральные схемы - уменьшение размеров, повышенная надежность.

Пневматическая - пожаро-, взрыво-, безопасность, несколько сложнее реализуются законы регулирования и меньшие диапазоны изменения параметров, передача сигналов, осуществляется медленнее, исполнительные механизмы более быстрые.

Гидравлическая - наименее гибкая ветвь, узкий диапазон применения, реализует простейшие функции, исключительно надежная, исполнительные механизмы наиболее эффективные (высокая мощность, высокое усилие, высокая скорость при ограниченных размерах).

Унифицированные сигналы ГСП. Электрические ГОСТ 9895-75 - токовый сигнал постоянного тока: 0...5 мА (наиболее распространены); -5...0 + 5 мА; 0...20 мА; 4...20 мА. Сигналы по напряжению: 0...10 мВ; -10...0...+ 10 В; -10...0...+ 10 В; 0...24 В; 0...48 В; 0...110 В; 0...220 В. Сигналы переменного тока: 0...1 В; 0...2 В; 0...220 В; 0...36 В; 0...127 В. Частотные сигналы ГОСТ 10938-75. Пневматические сигналы: 0,1...1,0 атм; 0,01...0,1 Мпа.

5. Метрологические аспекты измерений и нормирование метрологических характеристик измерительных устройств. Погрешности измерений и их оценка.

Перечень важнейших из них регламентируется ГОСТ «Нормируемые метрологические характеристики средств измерений». Комплекс нормируемых метрологических характеристик устанавливается таким образом, чтобы с их помощью можно было оценить погрешность измерений, осуществляемых в известных рабочих условиях эксплуатации посредством отдельных средств измерений или совокупности средств измерений, например автоматических измерительных систем.

Все средства измерений, независимо от их конкретного исполнения, обладают рядом общих свойств, необходимых для выполнения их функционального назначения. Технические характеристики, описывающие эти свойства и оказывающие влияние на результаты и на погрешность измерений, называются метрологическими характеристиками. При любом измерении неизбежны погрешности, т.е. отклонения результата измерения от истинного значения измеряемой величины, которые обуславливаются, с одной стороны, непостоянством параметров измерительного прибора, несовершенством измерительного механизма (например, наличием трения и т.д.), влиянием внешних факторов (наличием магнитных и электрических полей).

Погрешности средств измерений. При любом измерении имеется погрешность, представляющая собой отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. На рисунке 1.8 приведена классификация погрешностей средств измерений по ряду признаков.

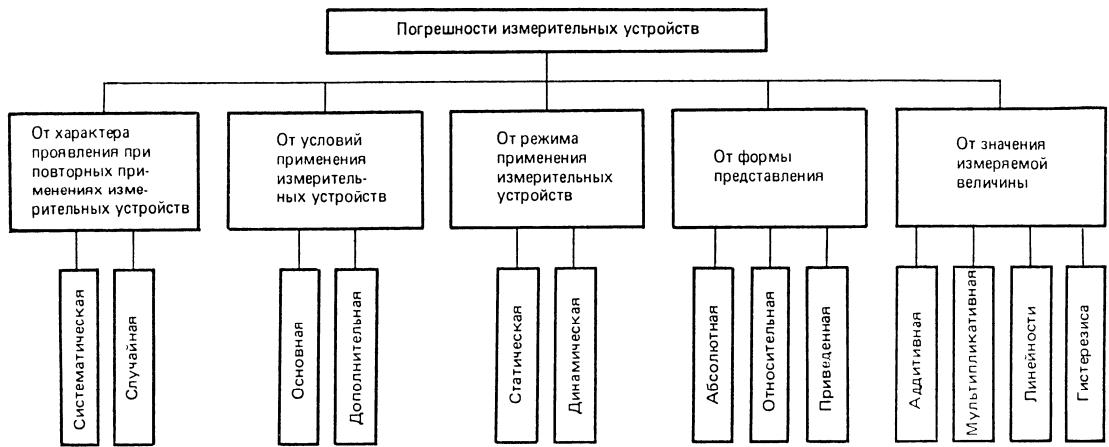


Рис. Классификация погрешностей измерительных устройств

Систематическая погрешность - составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины. По характеру проявления систематические погрешности разделяются на постоянные и переменные. Переменные в свою очередь могут быть прогрессирующими, периодическими и изменяющимися по сложному закону.

Для исключения систематической погрешности наибольшее распространение в практике получил метод поправок. Случайная составляющая погрешности при повторных измерениях одной и той же величины изменяется случайным образом. Обычно она является следствием одновременного действия многих независимых причин, каждая из которых в отдельности мало влияет на результат измерения. Случайные погрешности не могут быть исключены из результата измерения, но теория вероятности и математическая статистика позволяют оценить результат измерения при наличии случайных погрешностей.

Они характеризуются свойствами, которые формулируют двумя аксиомами:

1. Аксиома случайности - при очень большом числе измерений случайные погрешности, равные по величине и различные по знаку, встречаются одинаково часто. Число отрицательных погрешностей равно числу положительных.

2. Аксиома распределения - малые погрешности встречаются чаще, чем большие. Очень большие погрешности не встречаются.

Случайные погрешности рассматриваются как случайные величины, подчиняющиеся некоторому симметричному закону распределения.

Основной погрешностью называют погрешность при использовании средства измерений в нормальных условиях. Нормальными условиями применения средств измерений называют условия, при которых влияющие величины имеют номинальные значения или находятся в пределах нормальной области значений. Нормальные условия применения указываются в стандартах или технических условиях на средства измерений. При использовании средств измерений в нормальных условиях считают, что влияющие на них величины практически никак не изменяют их характеристики.

Дополнительной погрешностью измерительного преобразователя (или изменением показаний измерительного прибора) называют изменение его погрешности, вызванной отклонением одной из влияющих величин от ее нормативного значения или выходом ее за пределы нормальной области значений. Дополнительная погрешность может быть вызвана изменением сразу нескольких влияющих величин.

Изменение погрешности, как и других характеристик и параметров измерительных устройств под действием влияющих величин, описывается функциями влияния.

Иными словами, дополнительная погрешность – это часть погрешности, которая добавляется (имеется в виду алгебраическое сложение) к основной в случаях, когда измерительное устройство применяется в рабочих условиях. Рабочие условия обычно таковы, что изменения значений влияющих величин для них существенно больше, чем для нор-

мальных условий, т. е. область рабочих (часть этой области называют расширенной областью) условий включает в себя область нормальных условий.

В некоторых случаях основная погрешность измерительных устройств определяется для рабочей области изменения значений влияющих величин. В этих случаях понятие дополнительной погрешности теряет смысл.

В зависимости от режима применения различают статическую и динамическую погрешности измерительных устройств.

По форме представления принято различать абсолютную, относительную и приведенную погрешности измерительных устройств. У измерительных приборов имеется шкала, отградуированная в единицах входной величины, либо шкала, отградуированная в условных единицах с известным множителем шкалы, поэтому результат измерения представляется в единицах входной величины. Это обуславливает простоту определения погрешности измерительных приборов.

Абсолютной погрешностью измерительного прибора Δ называют разность показаний прибора X_{Π} и истинного (действительного) X_d значения измеряемой величины:

$$\Delta = X_{\Pi} - X_d$$

Действительное значение определяется с помощью образцового прибора или воспроизводится мерой.

Относительной погрешностью измерительного прибора называют отношение абсолютной погрешности измерительного прибора к действительному значению измеряемой величины. Относительную погрешность выражают в процентах:

$$\delta = \Delta / X_d \cdot 100\%$$

Так как $\Delta \ll X_d$ или X_{Π} , то в вышеприведенном выражении вместо значения X_d может быть использовано значение X_{Π} .

Приведенной погрешностью измерительного прибора называют отношение абсолютной погрешности измерительного прибора к нормирующему значению X_N . Приведенную погрешность также выражают в процентах:

$$\gamma = \Delta / X_N \cdot 100\%$$

В качестве нормирующего значения используется верхний предел измерений, диапазон измерений и др., т. е.

$$\gamma = \Delta / X_N \cdot 100\%$$

Статические погрешности средств измерений. Каждое измерение сопровождается погрешностью. Различают систематические и случайные, абсолютные и относительные, основные и дополнительные погрешности измерений, источники и причины которых будут системно проанализированы в курсе метрологии измерений.

Здесь же рассмотрим погрешности, вызванные отклонением функции преобразования измерительной системы от номинальной характеристики, описываемой соотношением. Погрешность, обусловленная изменением значений y_0 при нулевом значении входной величины x , называется *аддитивной* погрешностью, или погрешностью нуля преобразования. Погрешность, вызванная отклонением значения S от номинального, называется *мультипликативной*, или погрешностью чувствительности преобразования. Аддитивная погрешность не зависит от значения входной величины, а мультипликативная погрешность пропорциональна входной величине.

1. 2 Лекция № 2 (2 часа).

Тема: «Схемы с использованием измерительных устройств»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Структурные схемы измерительных устройств.

2. Основные составные части измерительных устройств: преобразовательный элемент, измерительная цепь, чувствительный элемент, измерительный механизм, отсчетные и регистрирующие устройства.

2. Компенсационные устройства.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

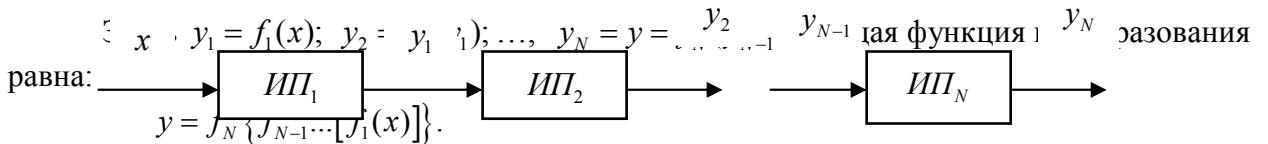
1. Структурные схемы измерительных устройств.

Электроизмерительные приборы отличаются высокой чувствительностью, точностью измерений, надежностью и простотой исполнения. Наряду с измерением электрических величин - тока, напряжения, мощности электрической энергии, магнитного потока, емкости, частоты и т.д., с их помощью можно измерять неэлектрические величины.

Структурные схемы средств измерений. При создании измерительных систем используют различные схемы соединения измерительных преобразователей (функциональных блоков). Различают разомкнутые структуры, основанные на методе прямого преобразования сигналов, и замкнутые структуры (компенсационные), реализующие метод уравновешивающего преобразования.

Структуры разомкнутого типа:

1. *Последовательной схемой* соединения измерительных преобразователей называется такая, у которой входной величиной каждого последующего преобразователя служит выходная величина предыдущего.

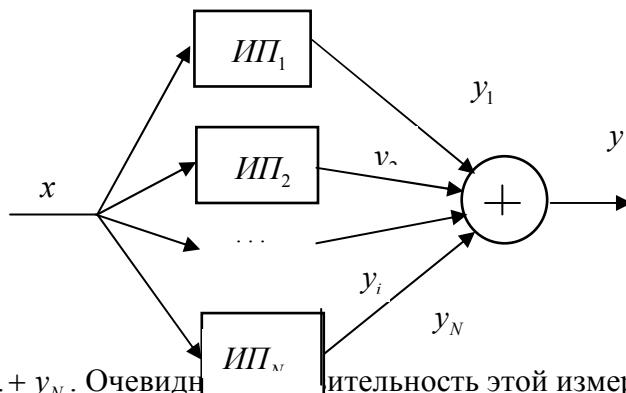


Из соотношений и несложно получить:

$$S = \frac{dy}{dx} = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot \dots \cdot S_N = \prod_{i=1}^N S_i$$

Таким образом, при последовательном соединении преобразователей чувствительность измерительной системы в целом равна произведению чувствительностей входящих в него преобразователей (функциональных блоков).

Параллельная структура соединения измерительных преобразователей приведена на рисунке:



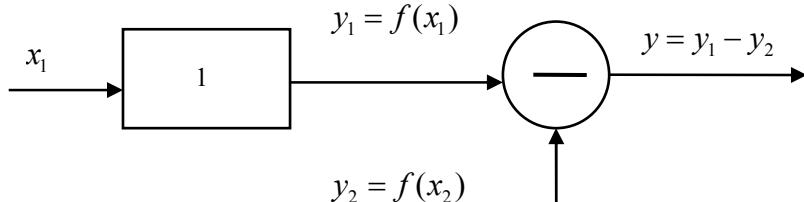
Здесь $y = y_1 + y_2 + \dots + y_N$. Очевидно, что чувствительность этой измерительной системы равна: $S = \frac{dy}{dx} = \sum_{i=1}^N S_i$,

где S_i - чувствительность каждого измерительного преобразователя $ИП_i$.

Параллельно-последовательная структура соединения измерительных преобразователей является комбинацией первых двух структур. В этой структуре органически сочетается параллельный принцип получения и последовательный способ преобразования измерительных сигналов. Для согласования частей измерительного тракта, работающих по этим принципам, применяются коммутаторы, связывающие между собой участки измерительных преобразователей, работающих в параллельном и последовательном режимах.

Дифференциальные схемы соединения преобразователей содержат два канала с последовательным соединением преобразователей, при этом выходные величины каждого из каналов подаются на входы вычитающего преобразователя.

Оба канала дифференциальной схемы, представленной на рисунке, делаются одинаковыми и находятся в одинаковых рабочих условиях:



В дифференциальной схеме первого типа измеряемая величина воздействует на вход первого канала, а измеряемая величина воздействует на вход второго канала. Входы первого и второго канала подаются на входы вычитающего преобразователя. Величина, подаваемая на вход первого канала, имеет постоянное значение физической величины той же природы, что и измеряемая: $x_1 = x_{изм}$; $x_2 = const$. Если преобразователи 1 и 2 имеют линейную функцию преобразования: $y_1 = Sx_1 + y_0$, $y_2 = Sx_2 + y_0$, то выходная величина дифференциального преобразователя равна: $y = S(x_1 - x_2)$. Таким образом, в дифференциальных схемах компенсируются аддитивные погрешности каналов 1 и 2.

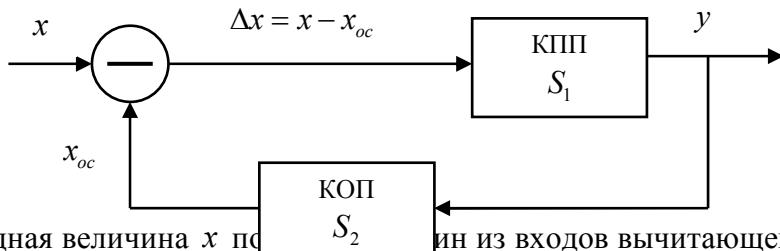
В дифференциальной схеме второго типа измеряемая величина после некоторого преобразования воздействует на оба канала, причем на выходе одного канала входная величина возрастает, а на выходе другого – уменьшается: $x_1 = x_0 + x_{изм}$, $x_2 = x_0 - x_{изм}$. Здесь $x_0 = const$.

Очевидно, в случае линейных преобразователей: $y = f(x_1) - f(x_2) = 2Sx$, и чувствительность дифференциального преобразователя в 2 раза больше чувствительности каждого из каналов. При этом увеличивается величина линейного участка рабочей характеристики преобразователя и компенсируются аддитивные погрешности каналов.

Структуры замкнутого типа (компенсационные):

Компенсационные схемы соединения измерительных преобразователей (схемы с обратной связью) позволяют компенсировать как аддитивную, так и мультиплексивную погрешности измерений.

Структурная схема компенсационного преобразователя приведена на рисунке и содержит два канала преобразования – прямой КПП и обратный КОП:



Входная величина x подается на вход вычитающего преобразователя, на другой вход поступает формируемый каналом КОП сигнал обратной связи той же физической природы, что и входная величина. Разность $\Delta x = x - x_{oc}$ поступает в канал прямого преобразования КПП. Если преобразователи КПП и КОП имеют линейные функции преобразования с чувствительностью соответственно S_1 и S_2 , то

$$y = S_1 \cdot \Delta x,$$

$$\text{а } x_{oc} = S_2 \cdot y.$$

Тогда зависимость между входной величиной x и сигналом x_{oc} определяется соотношением:

$$x_{oc} = S_1 \cdot S_2 \cdot \Delta x = S_1 \cdot S_2 \cdot (x - x_{oc}).$$

$$\text{Из следует } (S_1 \cdot S_2 + 1)x_{oc} = S_1 \cdot S_2 \cdot x$$

Произведение $S_1 \cdot S_2$ часто достаточно велико, поэтому $x \approx x_{oc}$. Это соотношение имеет место и при нелинейных характеристиках преобразователей. Если $x \approx x_{oc}$, то в соответствии с (2.8) выходной сигнал определяется чувствительностью преобразователя КОП и мало зависит от характеристик преобразователя КПП.

Из соотношений и нетрудно получить чувствительность схем с обратной связью:

$$S = \frac{y}{x} = \frac{S_1}{(1 + S_1 \cdot S_2)} \approx \frac{1}{S_2},$$

что уменьшает мультиплексивные погрешности, вызванные изменением S_1 .

Чувствительность преобразования S - отношение изменения выходной величины прибора или измерительного преобразователя к вызвавшему ее изменению входной величины $S = \frac{dy}{dx} \approx \frac{\Delta y}{\Delta x}$.

Чувствительность может быть определена при любом способе задания функции преобразования. В частном случае линейного преобразования $S = \frac{y}{x}$, где y - значение выходной величины, соответствующей входной x . Возможно задание относительной чувствительности преобразования - $S_0 = \frac{\Delta y}{(\Delta x/x)}$.

1.3 Лекция № 3 (2 часа).

Тема: «Измерительные преобразователи, классификация»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Измерение температуры. Термоэлектрические преобразователи (термопары) и термосопротивления.
2. Приборы вторичного преобразования. Вторичные измерительные преобразования для измерения давления. Измерение количества и расхода жидкости, газа, пара.
3. Классификация средств измерения расхода по различным признакам. Дифференциальные манометры для измерения препада.
4. Расходомеры переменного перепада давления. Классификация, устройство и принцип действия.
5. Скоростные и объемные счетчики жидкости. Устройство, принцип действия и применение. Измерение уровня. Контактные (поплавковые) методы и средства измерения уровня.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Измерение температуры. Термоэлектрические преобразователи (термопары) и термосопротивления.

Измерение температуры термопреобразователями сопротивления основано на свойстве металлов и

полупроводников, изменять свое электрическое сопротивление с изменением температуры. Свойство это характеризуется температурным коэффициентом сопротивления α , величина которого определяется уравнением

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \cdot 100} \text{ и имеет размерность } 1/\text{градус, где } R_{100} \text{ и } R_0 \text{ - сопротивления проводника при температуре } 100 \text{ и } 0^\circ\text{C.}$$

Величина α показывает, во сколько раз увеличивается сопротивление проводника при повышении его температуры на один градус. Для большинства чистых металлов коэффициент положителен и приблизительно равен 0,004 1/град, для железа и никеля около 0,0064 1/град. Некоторые сплавы имеют очень маленький ТКС (манганин 0,000006 1/град, константан 0,00004 1/град)

Для изготовления стандартных термопреобразователей сопротивления в настоящее время применяют платину и медь, соответственно термопреобразователи сопротивления (ТС) по материалу чувствительного элемента подразделяются на платиновые (ТСП) и медные (ТСМ). Если известна зависимость между электрическим сопротивлением R_t термопреобразователя сопротивления и его температурой t (т. е. $R_t=f(t)$ - градуировочная характеристика), то, измерив R_t , можно определить значение температуры среды, в которую он погружен.

Термопреобразователи позволяют надежно измерять температуру в пределах от -260 до +1100°C.

К металлическим проводникам термопреобразователей сопротивления предъявляется ряд требований, основными из которых являются:

- стабильность градуировочной характеристики;
- воспроизводимость градуировочной характеристики;

Воспроизводимость градуировочной характеристики обеспечивает взаимозаменяемость изготавляемых термопреобразователей сопротивления.

К числу не основных, но желательных требований относятся:

- линейность функции $R_t = f(t)$
- по возможности высокое значение ТКС
- большое удельное сопротивление
- невысокая стоимость материала.

Исследованиями установлено, что чем чище металл, тем в большей степени он отвечает указанным основным требованиям и тем больше значения отношения R_{100}/R_0 и α (где R_{100} и R_0 — электрические сопротивления металла при 100 и 0 °C соответственно). Поэтому степень чистоты металла, а также наличие в нем механических напряжений, принято характеризовать значениями R_{100}/R_0 .

Для эталонных термометров применяют платину с отношением R_{100}/R_0 больше 1,392, а для технических от 1,385 до 1,390. Построить динамические характеристики термопары и термометров сопротивления, определить аналитическим и графическим методами значения постоянных времени преобразователей.

Платина является наилучшим материалом для термопреобразователей сопротивления, так как легко получается в чистом виде, обладает хорошей воспроизводимостью, химически инертна в окислительной среде при высоких температурах, имеет достаточно большой температурный коэффициент сопротивления, и высокое удельное сопротивление. Платиновые преобразователи сопротивления используются для измерения температуры от -260 до +1100°C, при этом для диапазона температур от -260 до +750°C используются платиновые проволоки диаметром 0,05-0,07 мм, а для измерения температур до 1100°C, в силу распыления платины при этих температурах, диаметр проволоки составляет около 0,5 мм.

Платиновые термопреобразователи сопротивления являются наиболее точными первичными преобразователями в диапазоне температур, где они могут быть использованы. Платиновые термопреобразователи сопротивления используются в качестве рабочих, образцовых и эталонных термометров. С помощью последних осуществляется воспроизведение международной шкалы температур в диапазоне от -182,97 до 630,5 °C. Недостатком платины является нелинейность функции $R_t = f(t)$ и, кроме того, платина - дорогой металл.

Медь - один из недорогостоящих металлов, легко получаемых в чистом виде. Медные термопреобразователи сопротивлений предназначены для измерения температуры в

диапазоне от -50 до $+200^{\circ}\text{C}$. При более высоких температурах медь активно окисляется и потому не используется. Диаметр медной проволоки обычно $0,1$ мм. В широком диапазоне температур зависимость сопротивления от температуры линейна и имеет вид $R_t = R_0(1+\alpha t)$.

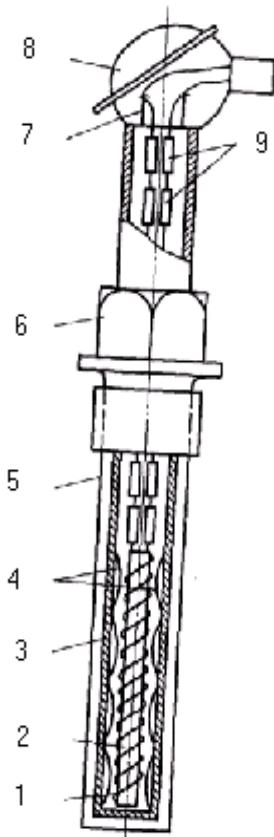


Рис. 4

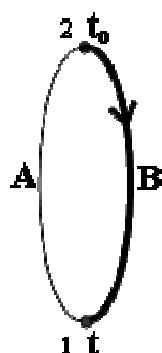
Никель и железо благодаря своим относительно высоким температурным коэффициентам электрического сопротивления и сравнительно большим сопротивлениям хотя и используются для измерения температуры в диапазоне от -50 до $+250^{\circ}\text{C}$, однако широко не применяются. Это связано с тем, что градуировочная характеристика их нелинейна, а главное, не стабильна и не воспроизводима, и потому термопреобразователи сопротивления, изготовленные из этих металлов, не стандартизованы.

Конструкция технических термометров с металлическим термопреобразователем сопротивления показана на рис. 1.

Тонкая проволока или лента 1 из платины или меди наматывается бифилярно на каркас 2 из керамики, слюды, кварца, стекла или пластмассы. Бифилярная намотка необходима для исключения индуктивного сопротивления. Каркас для защиты от повреждений помещают в тонкостенную алюминиевую гильзу 3, а для улучшения теплопередачи от измеряемой среды к намотанной части каркаса между последней и защитной гильзой 3 устанавливаются упругие металлические пластины 4 или массивный металлический вкладыш. Помимо наматываемого проволокой каркаса используются двух- и четырехканальные керамические каркасы. В каналах размещают проволочные платиновые спирали, которые фиксируются в каналах каркаса с помощью термоцемента на основе оксида алюминия и кремния.

Термоэлектрические преобразователи (ТЭП)

Термоэлектрические преобразователи (термопары) и термосопротивления.



Измерение температуры термоэлектрическими термометрами - термоэлектрическими преобразователями (ТЭП) - основано на использовании открытого в 1821 году Зеебеком термоэлектрического эффекта. Рисунок – ТЭП Термоэлектрический преобразователь - цепь, состоящая из двух или нескольких соединенных между собой разнородных проводников (см. рис.).

Эффект Зеебека: если взять два разнородных проводника, соединенных вместе, и нагреть спаи так, что $t > t_0$, то в замкнутой цепи будет протекать электрический ток.

Если $t > t_0$ то направление тока – такое, как на рисунке 1.2 (в спае 1 от В к А). А, В - термоэлектроды; 1, 2 – спаи. При размыкании такой цепи на ее концах появится термоЭДС.

Эффект Зеебека обладает обратным свойством (эффект Пельтье): если в такую цепь извне подать электрический ток, то в зависимости от направления тока один из спаев будет нагреваться, а другой охлаждаться.

Термоэлектрод, от которого в спае с меньшей температурой идет ток к другому термоэлектроду считают положительным «+», а другой электрод - отрицательным. Например, $t_o < t$, тогда ток в спае 2 протекает от А к В, значит А - термоположительный, В - термоотрицательный термоэлектроды. Спай, погруженный в объект измерения температуры t , называют рабочим спаев (спай 1), а спай вне объекта называют свободным спаев (концом) (спай 2).

Введем обозначения:

$e_{AB}(t)$ – термоЭДС в спае 1 между термоэлектродами А и В при $t = t$;

$e_{AB}(t_o)$ - термоЭДС в спае 2 между термоэлектродами А и В при $t = t_o$;

$E_{AB}(t, t_o)$ – термоЭДС контура, состоящего из термоэлектродов А и В при температуре рабочего спая t и температуре свободного спая t_o .

Примем, что $e_{AB}(t) = -e_{BA}(t)$; $e_{AB}(t_o) = -e_{BA}(t_o)$. Тогда для замкнутой цепи (см. рисунок 1.2) $E_{AB}(t, t_o) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_o)$ или

$$E_{AB}(t, t_o) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_o).$$

Уравнение называется - основное уравнение ТЭП.

Если спаи 1 и 2 имеют одинаковые температуры ($t = t_o$), то контактные термоЭДС в каждом спае равны друг другу и направлены навстречу, значит, термоЭДС такого контура $E_{AB}(t_o, t_o)$ равна 0.

$E_{AB}(t_o, t_o) = e_{AB}(t_o) - e_{AB}(t_o) = 0$. Если $t_o = \text{const}$, то $e_{AB}(t_o) = C = \text{const}$, тогда

$$E_{AB}(t, t_o)|_{t_o=\text{const}} = e_{AB}(t) - C = f(t)$$

Если известна зависимость $f(t)$, то путем измерения термоЭДС в контуре можно найти t в объекте измерения. Зависимость $f(t)$ в явном виде пока не может быть получена с достаточной точностью, она устанавливается экспериментальным путем и называется градуировкой ТЭП: построение графика зависимости термоЭДС от температуры. В процессе градуировки температура свободных концов $t_o = \text{const}$, обычно $t_o = 0^\circ\text{C}$.

Генерируемая в контуре ТЭП термоЭДС зависит только от химического состава термоэлектродов и температуры спаев и не зависит от геометрических размеров термоэлектродов и размера спаев.

Требования к материалам термоэлектродов ТЭП Два любые проводника в паре создают термоЭДС, но лишь ограниченное число термоэлектродов используется для создания ТЭП.

К термоэлектродным материалам, предназначенным для изготовления ТЭП, предъявляются ряд требований:

- однозначная и близкая к линейной зависимость термоЭДС от температуры;
- жаростойкость и механическая прочность с целью измерения высоких температур;
- химическая инертность;
- термоэлектрическая однородность материала проводника по длине, что позволяет восстанавливать рабочий спай без переградуировки и менять глубину его погружения;
- технологичность изготовления с целью получения взаимозаменяемых по термоэлектрическим свойствам материалов;
- высокая чувствительность;
- стабильность и воспроизводимость термоэлектрических свойств, что обуславливает точность измерения температуры и позволяет создать стандартные градуировки;

3) дешевизна.

Ни один из существующих материалов полностью не удовлетворяет всем требованиям, поэтому для различных пределов температур используются термоэлектроды из различных материалов.

В настоящее время используются пять стандартных градуировок ТЭП, принятых в Республике Казахстан и представленных в таблице.

Т а б л и ц а - Стандартные градуировки ТЭП

Стандартная градуировка	Обозначение ТЭП	Диапазон, °C	Погрешность, °C
Хромель-копель (ХК)	TXK	- 50÷600	$\pm(2,2 \div 5,8)$
Хромель-алюмель (ХА)	TXA	- 50÷1000	$\pm(4,0 \div 9,7)$
Платинородий (10% родия) - платина (ПП)	TПП	0÷13 00	$\pm(1,2 \div 3,6)$
Платинородий (30% родия) - платинородий (6% родия) (ПР30/6)	TПР	300÷ 1600	$\pm(3,2 \div 5,2)$
Вольфрамрений (5% рения) - вольфрамрений (20% рения) (ВР5/20)	TВР	0÷22 00	$\pm(5,4 \div 9,7)$

По характеру термоэлектродных материалов ТЭП подразделяются на две группы: ТЭП с металлическими термоэлектродами из благородных и неблагородных металлов; ТЭП с термоэлектродами из тугоплавких соединений или их комбинаций с графитом и другими материалами. ТЭП первой группы являются наиболее распространенными, они вошли в практику технологического контроля и научно-исследовательских работ. Высокотемпературные ТЭП второй группы не распространены из-за трудности стабильности их термоЭДС во времени и недостаточная взаимозаменяемость.

2. Приборы вторичного преобразования. Вторичные измерительные преобразования для измерения давления. Измерение количества и расхода жидкости, газа, пара.

Рассмотренные выше СИ избыточного, абсолютного и вакуумного давлений и разности давлений широко применяются при автоматизации технологических процессов, а также при проведении научных исследований. Точность измерений давлений и разности давлений зависит от выбранного метода измерений, метрологических характеристик средств измерений, от условий измерений и ряда других причин.

Выбор метода и СИ необходимо производить в зависимости от поставленной задачи, требуемой точности и условий измерений.

Одновременно с выбором СИ должен стоять вопрос о диапазоне измеряемых давлений, а, следовательно, о выборе шкалы прибора. При выборе шкалы необходимо иметь в виду, что допускаемые погрешности приборов давления, дифманометров и вторичных приборов выражены в виде приведенных погрешностей, в % от диапазона измерения. Поэтому при прочих равных условиях погрешность измерения для первой половины шкалы прибора будет больше, чем для второй половины его шкалы.

При выборе СИ необходимо иметь в виду не ту точность, которая свойственна им в нормальных условиях, а ту точность, которую приборы могут обеспечить в данных эксплуатационных условиях .

При выборе первичного прибора не следует брать приборы, требующие дополнительного преобразователя для согласования рода энергии выходного сигнала первичного и входного сигнала вторичного измерительных устройств. Применение дополнительного преобразователя в измерительной схеме увеличивает погрешность измерения. При создании АСУ целесообразно применять первичные приборы с унифицированным выходным сигналом постоянного тока.

Внешние условия сильно влияют на точность измерений, поэтому их необходимо учитывать при выборе места установки прибора.

Место установки приборов должно обеспечивать удобство обслуживания и наблюдения за их работой. Длина соединительных линий от места отбора давления до прибора должна быть минимальной. Наибольшая длина соединительных линий не должна превышать 50 м. При этом следует иметь в виду, что с увеличением длины соединительных линий рабочая полоса пропускания частот для данного прибора уменьшается. Для предохранения приборов от непосредственного действия горячей среды, давление которой измеряется, надо устанавливать специальные дополнительные устройства.

В подавляющем числе случаев, любое измерительное устройство состоит из цепочки аналоговых измерительных преобразователей физических величин из одного вида в другой, заканчивающейся блоком того или другого вида, преобразующего конечную аналоговую физическую величину в ее цифровое значение. Вид аналоговой физической величины, после последнего аналогового преобразования, определяется техническим удобством ее преобразования в цифровую форму.

В общем случае: измерительным преобразователем называется аналоговый преобразователь одной физической величины в другую, обладающий нормированными метрологическими характеристиками.

Следовательно, для любого измерительного преобразователя должно указываться предельное значение погрешности, которое данный измерительный преобразователь может внести в измерительную цепь.

Принято различать несколько типов аналоговых измерительных преобразователей, в зависимости от того назначения, которое они имеют в измерительной цепи.

Первичный преобразователь (датчик, сенсор) - измерительный преобразователь, на который воздействует измеряемая величина, т.е. он является первым в измерительной цепи. Выделяют, при этом, измерительные преобразователи электрических величин и измерительные преобразователи неэлектрических величин. Примером последних является термопара в цепи термоэлектрического термометра.

Вторичные преобразователи, подключаемые к измерительной цепи после первичного преобразователя, которые служат либо для масштабирования измеряемой величины (усилители, делители), либо для ее линеаризации, либо для дистанционной передачи измерительного сигнала (модуляторы, демодуляторы), либо просто для преобразования входной величины в ту физическую величину, для которой наиболее просто получить числовое значение.

Интеллектуальными называют датчики, которые, кроме преобразования рода физической величины, осуществляют и некоторую предварительную обработку измеряемой информации.

Вторичные измерительные преобразования для измерения давления. Измерение количества и расхода жидкости, газа, пара. Назначение, устройство измерительного преобразователя Сапфир 22-ДИ.

Измерительный преобразователь предназначен для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивает непрерывное преобразование значения измеряемого параметра (давления избыточного) в унифицированный токовый выходной сигнал в пределах 0-5 или 0-20 или 4-20 мА постоянного тока.

Преобразователи давления (датчики давления): САПФИР 22Р, малогабаритный САПФИР 22Р ДИ, микропроцессорный САПФИР 22МР предназначены для непрерывного преобразования значения измеряемого параметра давления абсолютного (ДА), избыточного (ДИ), разрежения (ДВ), давления-разрежения (ДИВ), гидростатического (ДГ) и разности давлений (ДД) нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал.

Преобразователи разности давлений могут использоваться для преобразования значений уровня жидкости, расхода жидкости или газов, а преобразователи гидростатического давления – для преобразования уровня жидкости в унифицированный токовый выходной сигнал.

Преобразователи имеют исполнение:

- обычное;
- взрывозащищенное (Ex, Вн см. основные технические характеристики);
- для эксплуатации на ОАЭ.

Преобразователи взрывозащищенные предназначены для установки во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок согласно ГОСТ Р 51330.13 и другим нормативным документам, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных зонах.

Принцип действия преобразователей основан на воздействии измеряемого давления (разности давления) на мембранные измерительные блоки (для моделей 2051, 2144, 2145, 2151, 2152, 2153, 2161, 2162, 2163, 2171, 2172, 2173, 2174, 2351 - на мембрану тензопреобразователя), что вызывает деформацию упругого чувствительного элемента и изменение сопротивления тензорезисторов тензопреобразователя. Измеряемый параметр подается в камеру измерительного блока и линейно преобразуется в деформацию чувствительного элемента и изменение электрического сопротивления тензорезисторов тензопреобразователя, размещенного в измерительном блоке.

Электронное устройство измерительного преобразователя преобразует изменение сопротивления в токовый выходной сигнал. Чувствительным элементом тензопреобразователя является пластина из монокристаллического сапфира с кремниевыми плёночными тензорезисторами, прочно соединенная с металлической мембраной тензопреобразователя. Схема преобразователей Сапфир 22-ДИ представлена на рис.

Измерительный преобразователь состоит из измерительного блока и электронного устройства. Преобразователи различных параметров имеют унифицированное электронное устройство и отличаются лишь конструкцией измерительного блока.

Измерительный преобразователь состоит из измерительного блока и электронного устройства. Преобразователи различных параметров имеют унифицированное электронное устройство и отличаются лишь конструкцией измерительного блока.

Мембранный тензопреобразователь 4 размещен внутри корпуса 6.

Измеряемое давление подается в камеру 5, воздействует на мембрану тензопреобразователя, вызывая её прогиб и изменения сопротивления тензорезисторов. Полость 3 сообщена с окружающей атмосферой.

Электрический сигнал от тензопреобразователя передается из измерительного блока в электронное устройство 1 по проводам через гермовывод 2.



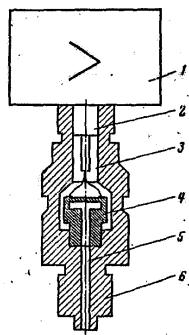


Рисунок - Схема преобразователей Сапфир-22 ДИ моделей 2151,2161, 2171; Сапфир-22 ДИВ модели 2351 1 - электронное устройство, 2 - гермовывод, 3 - полость сообщения с окружающей атмосферой, 4 - мембранный тензопреобразователь, 5 - рабочая камера, 6 - штуцер.

Электронный преобразователь смонтирован на трех платах 4,5,13 (рис.2) размещенных внутри специального корпуса 3. Корпус закрыт крышками 2, 6, уплотненными резиновыми кольцами. Преобразователь имеет сальниковый кабельный ввод 11 клеммную колодку 19 для подсоединения жил кабеля и болт 12 для заземления корпуса. Корректоры 9 и 10 служат соответственно для плавной настройки «диапазона» и «нуля» выходного сигнала. Перемычки 16 и 17 служат для грубой настройки «нуля» выходного сигнала.

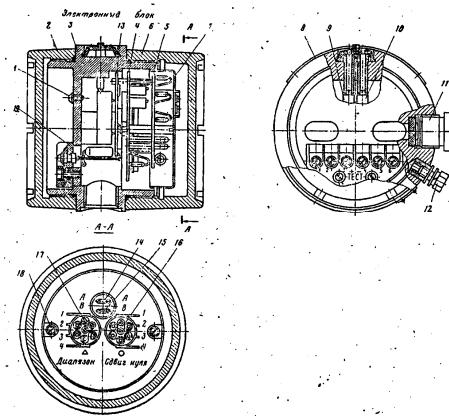


Рисунок - 1 - винт для подсоединения экрана кабеля; 2,6 - крышка; 3 - корпус; 4,5,13 - платы; 7 - крышки; 8 -табличка; 9 - корректор настройки «диапазона»; 10 - корректор настройки «нуля»; 11 - кабельный ввод; 12 - винт заземления прибора; 14,15 - перемычки для изменения диапазона измерения; 16 - перемычки для грубой настройки «нуля»; 17 - перемычки для грубой настройки «диапазона»; 18 - винт крепления крышки 7; 19 - клеммная колодка.

5. Классификация средств измерения расхода по различным признакам. Дифференциальные манометры для измерения препада.

Преобразователи давления входят в общий комплекс унифицированной системы взаимозаменяемых компенсационных преобразователей ГСП и используются в комплекте с вторичными приборами, регуляторами и другими устройствами автоматики, машинами централизованного контроля, и системами управления, работающими от стандартного пневматического выходного сигнала 0,2-1 кгс/см².

Преобразователь давления - прибор предназначенный для работы в системах автоматического управления, контроля и регулирования производственных процессов с целью выдачи информации об измеряемом давлении или заряжении газа или жидкости в виде унифицированного аналогового выходного сигнала.

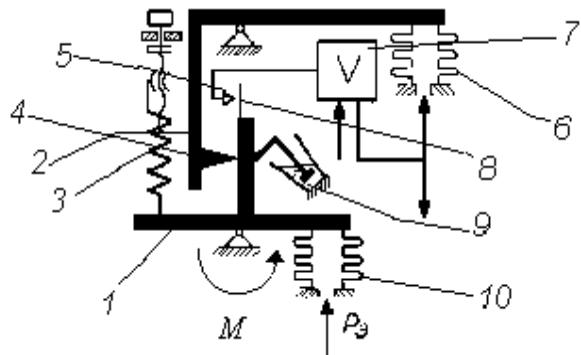
Рабочий диапазон изменения выходного сигнала от 0,2 до 1 кгс/см². Питание приборов производится очищенным от пыли, влаги и масла сжатым воздухом под давлением 1,4 ±0,14 кгс/см². Расход воздуха питания преобразователей, в установившемся режиме

превышает 3 л-мин. Температура «точки росы» воздуха питания должна быть не менее чем на 10°С ниже температуры воздуха, окружающего прибор.

Предельное расстояние передачи выходного сигнала по трассе 300 м (внутренний диаметр трубы 6—8 мм). Зона нечувствительности, то есть, изменение измеряемой величины, необходимое для получения заметного изменения выходного сигнала, не должна превышать 0,1% диапазона измерений.

В зависимости от используемого усилительного реле приборы предназначены для работы в следующих окружающих условиях: приборы предназначены для работы при температуре окружающего воздуха от —50 до +50° С.

1,2 - Рычаг передаточного механизма; 3 - Пружина корректора нуля; 4 - Подвижная опора; 5 - Сопло; 6 - Сильфон обратной связи; 7 - Пневмореле; 8 - Заслонка; 9 - Демпфер;



10 - Чувствительный элемент; Р1 - Давление питания; Р2 - Выходной сигнал; Р3 - Измеряемое давление или разрежение; М - Момент воздействующий на преобразователь;

Рисунок - Схема пневматическая принципиальная измерительного преобразователя и пневмосилового преобразователя давления.

Датчики могут работать при отрицательной температуре только в том случае, если исключены: высаживание конденсата из измеряемой среды (для датчиков, измеряющих давление газообразных сред); замерзание, кристаллизация среды или выкристаллизование из нее отдельных компонентов (для датчиков, измеряющих давление жидкостей).

Для измерения параметров вязких, горячих, кристаллизующихся сред и сред, агрессивных по отношению к указанным ниже материалам, манометры с верхними пределами измерений не выше 600 кгс/см² (кроме манометров абсолютного давления), мановакуумметры и вакуумметры по согласованию с заводом-изготовителем поставляются в комплекте с разделительными устройствами, изготовленными из материалов, предусмотренных техническими условиями на эти устройства.

Для изготовления сопротивляющихся с измеряемой средой деталей приборов (кроме манометров сверхвысокого давления) применяются нержавеющие стали.

Вес манометров сверхвысокого давления не более 8 кг, остальных приборов — не более 7 кг.

Преобразователи могут применяться во взрывоопасных помещениях.

По устойчивости к механическим воздействиям преобразователи изготавливаются в обычном исполнении по ГОСТ 12997-76.

Принцип действия

Пневмосиловой преобразователь предназначен для непрерывного преобразования усилия, развиваемого чувствительным элементом преобразователя, в стандартный пневматический выходной сигнал и может использоваться в различных преобразователях, в которых изменение измеряемого параметра может быть преобразовано в изменение силы. Пневмосиловой преобразователь может быть использован также как самостоятельное изделие.

Принцип действия прибора основан на пневмосиловой компенсации.

Измеряемое давление или разрежение преобразуется на чувствительном элементе измерительного блока в пропорциональное усилие, которое автоматически уравновешивается усилием, развивающим давлением сжатого воздуха в сильфоне обратной связи. Это давление является выходным сигналом преобразователя.

Преобразователи построены по блочному принципу. Основным блоком преобразователя является пневмосиловой преобразователь

Принципиальная схема пневмосилового преобразователя представлена на рисунке 1. Усилие с которым измерительный блок воздействует на пневмосиловой преобразователь, создает момент M , вызывающий незначительное перемещение рычажной системы передаточного механизма и связанной с рычагом 1 заслонки 8, относительно неподвижного сопла 5.

Возникший в линии сопла сигнал, управляет давлением поступающим с пневмореле 7, в сильфон обратной связи 6.

Пневмосиловой преобразователь (рисунок 2) состоит из следующих основных элементов: передаточного механизма, сильфона обратной связи, индикатора рассогласования и пневмореле.

Передаточный механизм смонтирован между двумя платами 10. Усилие передается от Т – образного рычага 2 к Г – образному рычагу 3 через подвижную опору 5

4. Расходомеры переменного перепада давления. Классификация, устройство и принцип действия.

Одним из самых распространенных принципов измерения расхода жидкостей, газов и паров является принцип измерения переменного перепада давления на сужающем устройстве.

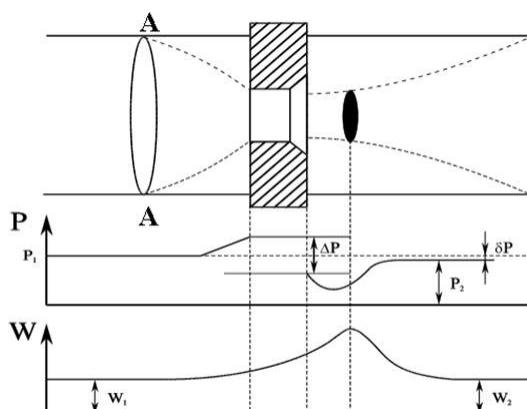


Рис. - Принцип переменного перепада давления на СУ

В соответствии с рассматриваемым принципом в трубопровод устанавливаются сужающее устройство (СУ). Пройдя сечение А - А (см. рисунок), поток сжимается и, благодаря инерции, сжатие продолжается и на выходе из СУ достигает наибольшее значение на некотором расстоянии после нее. Уменьшение струи приводит к увеличению скорости потока W по сравнению с его скоростью до сужения. Это значит, что увеличивается кинетическая энергия потока. Согласно закону сохранения энергии, увеличение кинетической энергии происходит за счет уменьшения потенциальной энергии. А это приведет к тому, что давление потока P на выходе из СУ уменьшится. На СУ создается перепад давления $\Delta P = P_1 - P_2$, измеряемый дифманометром.

К стандартным сужающим устройствам относятся (см. рисунок):

- стандартная диафрагма (а);
- стандартное сопло (б);
- сопло Вентури (в);
- трубы Вентури (г).

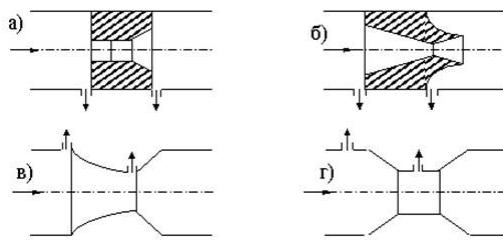


Рисунок - Стандартные сужающие устройства

Простота и малая стоимость обуславливают широкое использование дифрагм. Но необходимо при выборе СУ учитывать и следующие факторы:

- 1) Если лимитируется потеря давления (др) на СУ, то при выборе СУ необходимо принимать во внимание эту потерю, определяемую по графику.
- 2) Потеря давления при использовании диафрагм и сопла практически одинакова.
- 3) У сопла Вентури др значительно меньше.
- 4) Коэффициент расхода α может изменяться, т.к. отрицательные влияния оказывают местные сопротивления в трубопроводе.
- 5) Отношение др/р влияет на погрешность определения поправочного множителя на расширение ϵ .

Из перечисленных выше требований к выбору СУ следует, что при измерении расхода газа и пара вопрос выбора оптимального модуля СУ должен решаться путем компромиссного удовлетворения противоречивых требований.

Модуль сужающего устройства:

$$m = \frac{F_0}{F_1} = \frac{d^2}{D^2},$$

где F_0 , d - площадь и диаметр входного отверстия СУ;

F_1 - площадь поперечного сечения потока в сечении А-А;

D - диаметр трубопровода.

Коэффициент расхода

$$\alpha = f(Re_D, m),$$

где Re_D - число Рейнольдса;

m - модуль сужающего устройства.

Коэффициент расхода α не может быть пока точно расчитан теоретическим путем. Значения α для некоторых типов СУ определены экспериментально.

Экспериментально найденные зависимости α от числа Рейнольдса Re приведены на рисунке 3.4 для условий установившегося потока, протекающего в гладких трубах через стандартную диафрагму (а), через сопло и сопло Вентури (б).

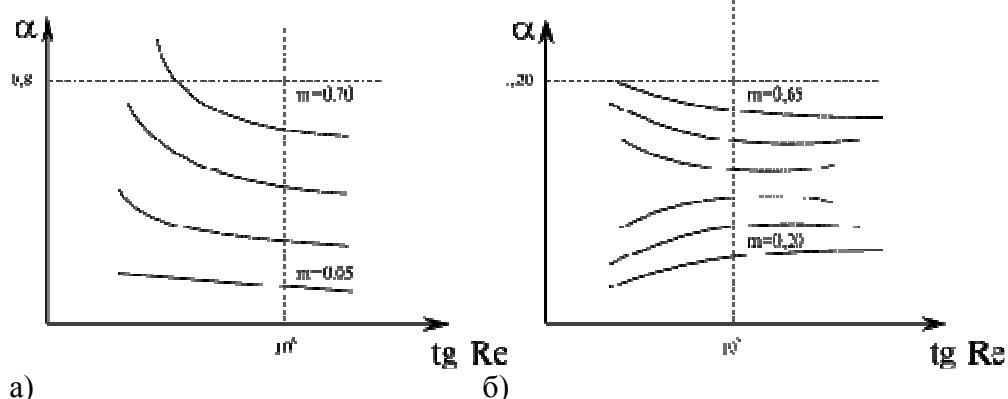


Рисунок - Экспериментальные зависимости коэффициента расхода от числа Рейнольдса и модуля СУ

Из графиков видно, что с уменьшением m уменьшается Re . Из этого следует, что при выборе малых m есть гарантия того, что в процессе измерения расхода его уменьшение не приведет к изменению выбранного значения α . Чем меньше Re , тем зависимость $\alpha=f(Re)$ проявляется сильнее. С увеличением Re уменьшается его влияние на коэффициент расхода. Значение α приводятся в таблицах нормативных документов. Указанные СУ не требуют проведения индивидуальных градуировок и называются стандартными СУ.

Стандартные СУ могут быть использованы для диаметров трубопроводов не менее $D=50$ мм, в противном случае увеличивается погрешность определения коэффициента расхода.

Расходомеры обтекания иначе расходомеры обтекания называются расходомерами постоянного перепада давлений. В расходомерах обтекания обтекаемое тело (поплавок, поршень, клапан, шарик, поворачивающаяся пластика) (см. рис.) воспринимает со стороны набегающего потока силовое воздействие, которое при возрастании расхода увеличивается и перемещает обтекаемое тело. В качестве противодействующей силы служит вес обтекаемого тела при движении потока вертикально снизу вверх или сила противодействия пружины в случае произвольного направления потока.

Выходным сигналом рассматриваемых преобразователей расхода служит перемещение обтекаемого тела.

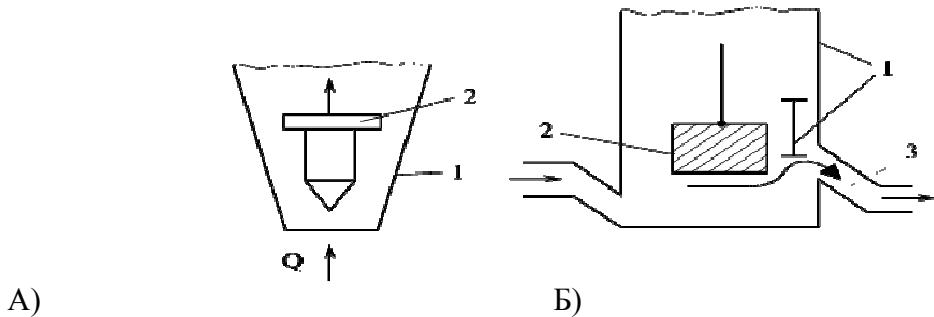


Рис.- Схемы преобразовательных элементов расходомеров обтекания

Обозначения на рисунке А: 1 - коническая трубка; 2 - поплавок; 3 - верхний обод поплавка. При подъеме вверх поплавка под воздействием возросшего потока увеличивается площадь проходного кольца между поплавком и стенкой конической трубы, что приводит к уменьшению силы, действующей на поплавок. Обозначения на рисунке Б: 1 - поршень; 2 - стенка цилиндра; 3 - боковое отверстие. При подъеме поршня увеличивается площадь выходного бокового отверстия в стенке цилиндра 2.

Ротаметры обтекания имеют несколько разновидностей. Ротаметры со стеклянной конической трубкой предназначены для измерения газов и прозрачных жидкостей. В них используется преобразовательный элемент, показанный на рисунке А.

Шкала нанесена непосредственно на внешней поверхности стекла. Указателем является верхняя горизонтальная плоскость врачающегося поплавка.

Ротаметры обтекания с цилиндрической стеклянной трубкой и цилиндрическим поплавком. Используются для измерения расхода непрозрачных жидкостей. Ротаметры с электрическим и пневматическим выходным сигналом для измерения расхода газов и жидкостей на технологических линиях.

Поршневой расходомер постоянного перепада давления. Используется преобразовательный элемент, показанный на рисунке Б. Класс точности 2,5.

Электромагнитные расходомеры принцип действия электромагнитных расходомеров (см. рисунок) основан на законе электромагнитной индукции (Закон Фарадея), соглас-

но которому в проводнике, пересекающем магнитные силовые линии, индуцируется ЭДС, пропорциональная скорости движения проводника.

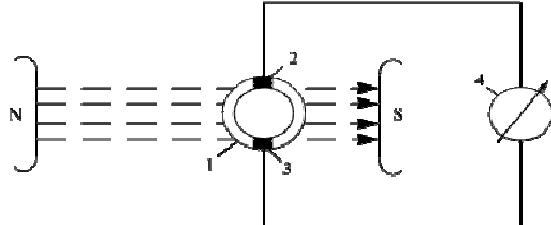


Рисунок - Схема электромагнитного расходомера

Обозначения на рисунке: 1 - металлическая немагнитная труба; 2,3 - электроды; 4 - измерительный прибор.

Если в качестве проводника использовать поток электропроводящей жидкости, текущей между полюсами магнита, и измерить наведенную в жидкости ЭДС, то можно определить скорость потока или объемный расход жидкости. Внутренняя поверхность трубы покрыта электроизоляционным материалом (эмаль, стеклопластик, резина).

Электромагнитные расходомеры могут быть использованы для жидкостей, имеющих электропроводность не менее 10^{-5} - 10^{-6} См/м.

Электромагнитные расходомеры с постоянным магнитным полем имеют существенный недостаток-возникновение на электродах гальванической ЭДС и ЭДС поляризации. Для ликвидации этого недостатка – использовать электромагнитные расходомеры с переменным магнитным полем. Однако использование переменного магнитного поля создает ряд эффектов, искажающих полезный сигнал. Например, трансформаторная помеха, достигает 20-30 % полезного сигнала, но несмотря на наличие отмеченных помех и трудность их устранения, в промышленности нашли применение электромагнитные расходомеры с переменным магнитным полем.

Преимущества электромагнитных расходомеров с переменным магнитным полем:

- 1) Нет необходимости в измерении плотности жидкости (потока).
- 2) На показания расходомера не влияют взвешенные в жидкости частицы и пузырьки газа, а также температура, вязкость, плотность, давление Р жидкости.
- 3) Позволяют проводить измерения без потери давления, а также проводить их в стерильных объектах.
- 4) Расходомеры безинерционны, поэтому могут быть использованы при измерении быстроменяющихся потоков. Класс точности: 1,0-2,5.

Тепловые расходомеры. Принцип действия тепловых расходомеров (см. рисунок 3.7) основан на нагреве потока вещества и измерении разности температур до и после нагревателя(калориметрические расходомеры)или на измерении температуры нагретого тела , помещенного в поток(термоанемометрические расходомеры). Последние не имеют самостоятельного применения в технологических измерениях.

Массовый расход

$$G = \frac{N}{kC_p \sigma t}$$

где G - массовый расход;
 N - мощность нагревателя;

k - поправочный множитель на неравномерность распределения температуры по сечению трубопровода;

$$k = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

C_p - теплоемкость вещества при

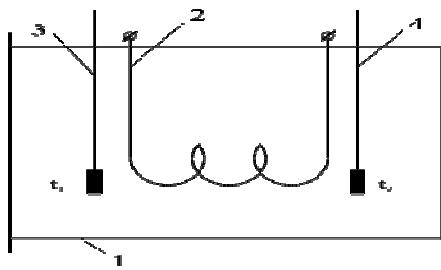


Рисунок - Схема теплового расходомера

Обозначения на рисунке: 1 - трубопровод; 2 - нагреватель потока; 3,4 - термопреобразователи (термопары, термосопротивление).

Измерение расхода G может быть осуществлено 2 способами:

1) По значению мощности N , обеспечивающей постоянную заданную разность температур t^0 .

2) По значению разности температур t^0 при постоянной мощности N .

По первому способу расход определяют по показаниям ваттметра в цепи нагревателя. По второму способу, когда к нагревателю подводится постоянная мощность, расход определяют по прибору, измеряющему разность температур t^0 . Недостаток этого способа - гиперболическая характеристика шкалы, а значит, падение чувствительности при увеличении расхода.

Калориметрические расходомеры имеют класс точности 0,5-1. Они используются для измерения малых расходов чистых газов без измерения их параметров состояния (давления, t , плотности), что является их достоинством.

Уровнем называют высоту заполнения технологического аппарата рабочей средой – жидкостью или сыпучим телом.

Уровень измеряют в единицах длины (мм, см, м).

Средства измерения уровня называют уровнемерами. По диапазону измерения различают уровнемеры широкого и узкого диапазонов. Уровнемеры широкого диапазона (0,5-20 м) используются в товароучетных операциях. Уровнемеры узкого диапазона (0-100 мм), (0-450 мм) обычно используются в системах автоматического регулирования (САР).

В настоящее время различают уровнемеры (по принципу действия): визуальные СИ уровня, поплавковые, буйковые, гидростатические, электрические, ультразвуковые, радиоизотопные уровнемеры.

К первым относятся мерные линейки, рейки, рулетки с лотами (цилиндрическими стеклами), уровнемерные стекла.

Скоростные и объемные счетчики жидкости. Устройство, принцип действия и применение. Измерение уровня. Контактные (поплавковые) методы и средства измерения уровня. Поплавковые уровнемеры

Поплавковые уровнемеры - наиболее простые из уровнемеров (см. рисун.). Бывают поплавковые уровнемеры узкого и широкого диапазонов.

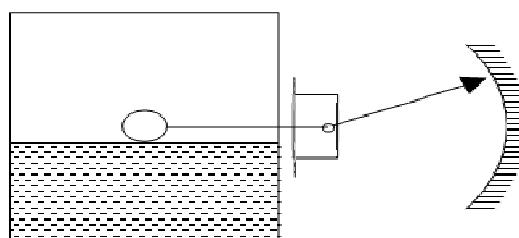


Рисунок - Схема поплавкового фланцевого уровнемера

Уровнемеры узкого диапазона включают в себя шарообразный поплавок диаметром (80-200) мм из нержавеющей стали. Поплавок плавает на поверхности жидкости и через штангу соединяется со стрелкой измерительного прибора (ИП) или с преобразователем угловых перемещений в унифицированный электрический или пневматический сигнал. Диапазоны измерений: минимальный ± 10 мм, максимальный ± 200 мм. Класс точности 1,5.

Буйковые уровнемеры входят в номенклатуру приборов ГСП. основу работы буйковых уровнемеров (см. рисунок) положено физическое явление, описываемое законом Архимеда. Чувствительным элементом этих уровнемерах является цилиндрический буек, изготовленный из материала с плотностью \geq плотности жидкости. Буек находится в вертикальном положении и частично погружен в жидкость. При изменении уровня жидкости в аппарате масса буйка в жидкости изменяется пропорционально изменению уровня. Преобразование веса буйка в сигнал измерительной информации осуществляется с помощью унифицированных преобразователей «сила-давление» и «сила – ток», поэтому различают пневматические и электрические буйковые уровнемеры.

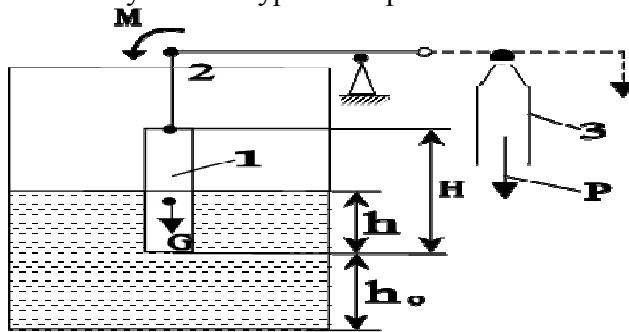


Рисунок Схема буйкового уровнемера

Обозначения на рисунке 4.2: 1 – буек; 2 – рычаг; 3 – сопло; h_0 – первоначальный уровень жидкости; M – вращающий момент.

Когда уровень жидкости увеличивается до h , буек погружается в жидкость, по закону Архимеда вес буйка уменьшится, значит уменьшится момент M и рычаг 2 начнет поворачиваться вокруг точки О по часовой стрелке. Заслонкой начнет прикрываться отверстие сопла 3, отсюда пневматическая передача

$$P_{\text{вых}} = k \cdot \Delta G,$$

Существуют различные принципы построения акустических уровнемеров. Наиболее распространенный принцип локации: измерение уровня по времени прохождения УЗ-колебаниями расстояния от излучателя до границы раздела 2-х сред и обратно.

Уровнемеры, в которых локация границы раздела 2-х сред осуществляется через газ, называются акустическими, а уровнемеры с локацией границы раздела двух сред через слой рабочей среды – ультразвуковыми.

Преимущество акустических уровнемеров – не зависят от физико-химических свойств и состава рабочей среды. Недостаток – зависимость от температуры, давления и состава газа.

Как правило, акустические уровнемеры представляют собой сочетание первичного, промежуточного, а в некоторых случаях и передающего измерительных преобразователей. Поэтому, говоря, акустические уровнемеры следует рассматривать как часть измерительной системы с акустическими измерительными преобразователями.

Акустический уровнемер жидких сред состоит из первичного и промежуточного преобразователей. Первичный преобразователь представляет собой пьезоэлемент, выполняющий одновременно функции источника и приемника ультразвуковых колебаний. В промежуточном преобразователе при измерении генератор с определенной частотой вы-

работывает электрические импульсы, которые подаются в пьезоэлемент, где они преобразуются в ультразвуковые импульсы. Последние распространяются вдоль акустического тракта, отражаются от границы раздела жидкость – газ и воспринимаются тем же пьезоэлементом, преобразующим их в электрические импульсы. Далее импульсы подаются в промежуточный преобразователь на схему измерения времени отражения сигнала. Расстояние между первичным и промежуточным преобразователями - не более 25 м. Диапазоны измерения уровня: 0-1; 0-2; 0-3 м. Класс точности - 2,5. Температура контролируемой среды: 10-50°C, давление в технологическом аппарате до 4 Мпа.

Акустические уровнемеры сыпучих сред по принципу действия и устройству аналогичны акустическим уровнемерам жидких сред. Акустические уровнемеры сыпучих сред входят в номенклатуру ГСП и имеют унифицированный токовый сигнал. Они могут быть одноточечными и многоточечными. Многоточечные уровнемеры состоят из нескольких (до 30) первичных измерительных преобразователей акустического типа, каждый из которых размещается на отдельном технологическом аппарате и через коммутатор подключаются к промежуточному измерительному преобразователю. Контролируемая среда - гранулы диаметром 2,200мм. Диапазон измерения: минимальный - 0,2,5 м; максимальный - 0,30м. Класс точности - 1,0; 1.5.

1. 4 Лекция № 4 (2 часа).

Тема: «Изучение принципов работы нормирующих преобразователей»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Назначение нормирующих преобразователей.
2. Интеллектуальные нормирующие преобразователи (программируемый нормирующий преобразователь температурный).
3. Нормирующие преобразователи с индикацией.
4. Нормирующие преобразователи без индикации.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Назначение нормирующих преобразователей.

Рассматриваются основные характеристики нормирующих преобразователей, являющихся связующим звеном между датчиками и системами сбора данных и управления. Описываются новые перепрограммируемые преобразователи, как пример НПФ «Сенсорика».

На сегодняшний день невозможно себе представить ни одно предприятие, на котором производственный процесс не был, автоматизирован хотя бы частично. В свою очередь ни один производственный процесс невозможен без информации об объектах, полученной с помощью первичных датчиков. Однако, сигналы от этих датчиков не всегда возможно сразу передавать для обработки и хранения. Эти сигналы требуют дополнительного преобразования, так как имеют нелинейную зависимость выходного сигнала (параметра) от измеряемой величины. По этой причине между датчиками и устройствами обработки и хранения ставят нормирующие преобразователи.

Задача прямого подключения датчика к контроллеру (ПК) является актуальной и сегодня. Но могут ли имеющиеся устройства ввода-вывода обеспечить прямое подключение всего многообразия датчиков, обеспечит безопасность и достоверность измерений? Способны ли модули ввода-вывода современных контроллеров решить самостоятельно

все проблемы, возникающие при построении систем управления? Далеко не всегда. Необходимость использования нормирующих преобразователей очевидна для грамотного инженера - системотехника. «Если нет возможности напрямую связать датчик с контроллером, то необходимо использовать специальное устройство - нормирующий преобразователь», - напрашивается логичный вывод.

Следовательно, все нормирующие преобразователи необходимы для усиления, обработки и преобразования сигналов от первичных датчиков в унифицированные сигналы, а также линеаризации характеристики первичного преобразования. Для аналоговых сигналов такими являются, как правило, сигналы 0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА, 0-1 В, 0-10 В. Для дискретных - сигналы TTL-уровня 0-5 В или 0-30 В.

2. Интеллектуальные нормирующие преобразователи (программируемый нормирующий преобразователь температурный).

Нормирующие преобразователи необходимы также для повышения помехоустойчивости всей системы в целом. Применение в нормирующих преобразователях трехуровневой гальванической развязки (входные, выходные каскады и цепи питания изолированы друг от друга) исключает, во-первых, протекание токов потенциалов и точек заземления датчика, в остальной части измерительной системы; во-вторых, исключается попадание высокого потенциала на входные и выходные цепи дорогостоящего оборудования, которое призвано защитить нормирующий преобразователь. Необходимой функцией нормирующего преобразователя является сигнализация обрыва цепи датчика. К дополнительным функциям можно отнести сигнализацию о выходе измеряемого параметра за пределы заранее установленных границ (установок), а также цифровую и аналоговую (барграфическую) индикацию измеряемой величины.

Одной из особенностей датчиков является то, что у большинства из них есть отклонения от идеальной линейной зависимости между входом и выходом. Например, заданное изменение температуры не вызывает прямо пропорционального изменения ЭДС термопары. Поэтому, ещё одной важной задачей любого нормирующего преобразователя является аппроксимация кривой зависимости вход-выход для разных типов датчиков.

Большинство сигналов, поступающих от датчиков, требуют предварительного усиления. Благодаря приведению амплитуды сигналов к одному уровню обеспечивается достаточно простой выбор измерительных модулей компьютеров или контроллеров, минимизируется число таких модулей. Сами первичные датчики могут быть разделены на две категории. К первой категории мы отнесём те датчики, которые сами генерируют напряжение или ток, для второй категории необходим внешний источник напряжения или тока. Первый тип называется датчиками с самовозбуждением (например, термопара), второй – датчиками с внешним возбуждением (например, тензодатчик). Отличие как будто небольшое, однако, качество выходного сигнала напрямую зависит от качества возбуждения, поэтому запитка датчика часто возлагается на нормирующий преобразователь. Более того, нормирующие преобразователи позволяют минимизировать длину проводов и кабелей со слаботочными сигналами, которые наиболее подвержены влиянию помех. Они приближают функцию нормирования сигнала к точке измерения, увеличивая тем самым достоверность информации, передаваемой в систему сбора данных и управления.

3. Нормирующие преобразователи с индикацией.

При выборе нормирующего преобразователя следует иметь в виду, что чем точнее фактический диапазон измерения соответствует выбранным, тем больше точность измерения. А также, чем точнее преобразователь, тем он дороже, дополнительные функции (установки, цифровая индикация) также удорожают стоимость прибора. Поэтому к выбору прибора необходимо отнестись со всей серьёзностью, и подобрать именно такую его конфигурацию, которая действительно необходима.

НПФ «Сенсорика» приступили к серийному выпуску перепрограммируемых нормирующих преобразователей щитового исполнения Ш932.2 - 01, - 02. Преобразователи предназначены для одного (Ш932.2 - 01) или двухканальных (Ш932.2 - 02) преобразова-

ний сигналов термометров сопротивления (ТС), термопар (ТП), сигналов постоянного тока и напряжения, а также для отображения измеряемого параметра в цифровом виде и виде барограмм. Приборы могут также использоваться для блокировки и регулирования. Выпускаются во взрывозащищённом исполнении с искробезопасными цепями уровня «ia».

Достоинства:

- Полностью перепрограммируемый (каждый канал отдельно) по типам датчиков и входных сигналов, диапазонам измерения и выходным сигналам;
- Задание уставок со встроенной клавиатурой и с ПК (RS-232);
- Дистанционное управление и работа в сети (интерфейс RS-485);
- Высокая точность измерения (класс точности 0,1);
- Линейная зависимость выходных сигналов от измеряемой температуры;
- Гальваническое разделение входных и выходных цепей и цепей питания;
- Крупные, хорошо видимые на расстоянии цифровые индикаторы и барографы;
- Сигнализация обрыва цепи датчика;
- Встроенный источник питания 24 В для токовой петли;
- Подключение ТС по двух -, трёх - или четырёхпроводной схеме;
- Встроенное устройство компенсации температуры холодного спая ТП;
- Двух или трёхпозиционное регулирование;
- Функции извлечения квадратного корня и интегрирования (суммирования);
- Вычисление и регулирование разности температур (для двухканального варианта);
- Сохранение заданной конфигурации при отключении питания;
- Унификация по конструкции и монтажу с приборами Ш703, Ш704, Ш705, Ш9321, Ш932.2 (одноконтактный вариант) и БПС-90, БИК-1, БИК-36, Ш9331, Ш9332, Ш9335 (двухканальный вариант).

Основные технические характеристики преобразователей Ш932.2 – 01, 02 приведены в таблице.

Технические характеристики нормирующих преобразователей Ш932.2-01,02

Характеристики	Значение
Количество каналов преобразования	1;2
Класс точности	0,1
Подключаемые датчики и сигналы:	
Термопары	TXK (2,2-DIN,B); TXA (K); TBP (A-1, A-2, A-3); TPIR (B);
Термометры сопротивления	ТПП (S, R); ТМК (T); ТЖК (J); ТНН (N) ТСП (Pt'100, Pt'50, Pt'100, Pt'50, 46П) ТСМ (Cu'100, Cu'50, Cu'100, Cu'50, 53М); TCH (100Н) 0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА 0-100 мВ, 0-1 В
Постоянный ток	
Постоянное напряжение	
Диапазоны выходных сигналов:	
Токовых	0-20 мА, 0-5 мА, 4-20 мА 0-10 В
Напряжения	
Индикация цифровая	Четырёхразрядные светодиодные индикаторы h=13 мм; Трёхцветный светодиодный барограф

	граф на 20 дискретов/канал
Протокол	RS 232/RS 485 протокол MODBUS
Встроенный гальванически развязанный источник питания токовых петель	24 В, 100 мА
Релейные выходы	(~250 В; 0,1А) – 2 шт (4 шт. для 2-х канального НИП); или (~280 В; 2 А) – 2шт.
Напряжение питания	220 В 50 Гц
Габаритные размеры в (мм) - одноканальный - двухканальный	160 x 60 x 350 160 x 80 x 350
Условия эксплуатации: - температура - относительная влажность - атмосферное давление	0-60 °C 30-80 % 84-107 мм.рт ст.
Межповерочный интервал	2 года
Гарантийный срок	2 года
Средний срок службы	10 лет

4. Нормирующие преобразователи без индикации.

Помимо превичной обработки информации, получаемой от датчиков, такой как линеаризация характеристик (чаще всего применяется для термосопротивлений и термопар) и линейное отображение, часто требуются более глубокие математические преобразования. Специальная обработка измеряемых параметров в Ш932.2 осуществляется в составе, так называемых, математических каналов, которые позволяют технологу реализовывать наиболее важные и распространенные в промышленном производстве функции. Преобразования первичных сигналов осуществляется на основе, задаваемой в виде формулы зависимости.

Формулы могут включать стандартные математические операции (+, -, *, /), а также функции, такие как извлечение квадратного корня, логарифмирование, тригонометрические функции и пр. Формула задается пользователем произвольно, что делает прибор универсальным. Прибор также может осуществлять функцию интегрирования параметров. Например, Ш932.2 позволяет измерять текущие (мгновенные) значения расхода вещества, извлекая корень из разности давлений в двух точках. С помощью элементарных операций можно привести измеренный мгновенный расход к заданным условиям по температуре или давлению, а с помощью функции интегрирования нормирующий преобразователь способен рассчитать суммарный расход вещества.

В заключение хочется обратить внимание на следующие три фактора:

- Преобразователи Ш932.2 - 01, 02 (так же как и остальные преобразователи серии Ш932) введены в госреестр средств измерения России, Беларуссии, Украины, Казахстана;
- Стоимость новых (перепрограммируемых) преобразователей не выше стоимости старых преобразователей серии Ш932;

- НПФ «Сенсорика» бесплатно представляет в опытную эксплуатацию сроком до 3-х месяцев нормирующие преобразователи Ш932.2 - 01, 02, так же как и все свои новые приборы.

1. 5 Лекция № 5 (2 часа).

Тема: «Схемы подключения нормирующих преобразователей»

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Преобразователь сигналов.
2. Преобразователь малых постоянных напряжений в стандартный токовый сигнал.
3. Устройства, обеспечивающие работу датчиков во взрывоопасных помещениях.
4. Нормирующий преобразователь в общепромышленном и взрывозащищенном исполнении.

1.5.2 Краткое содержание вопросов:

1. Преобразователь сигналов. Нормирующие преобразователи могут быть одноканальными или двухканальными. Все преобразователи могут быть выполнены с искробезопасными входными цепями. И наконец, преобразователи могут иметь настраиваемые или фиксированные диапазоны входных и выходных сигналов НПФ «Сенсорика» уже более 10 лет выпускает нормирующие преобразователи серии Ш932, которые удовлетворяют всем выше перечисленным требованиям. Преобразователи имеют модульную (на DIN-рейку 35 мм) или щитовую (аналогичную приборам Ш703, 704, 705) конструкцию и предназначены для работы с термометрами сопротивления (Ш9321), термоэлектрическими преобразователями (Ш9322), реохордными датчиками (Ш9324). За всё время было выпущено более 15 тысяч преобразователей, которые неплохо зарекомендовали себя в процессе эксплуатации. Однако к настоящему времени разработки 10-ти летней давности значительно устарели. Основным недостатком преобразователей является жёсткая привязка к датчикам и диапазонам измерения.

2. Преобразователь малых постоянных напряжений в стандартный токовый сигнал.

1.6 Лекция № 6 (2 часа).

1.6.1 Вопросы лекции:

1. Электромагнитное реле.
2. По способу присоединения (первичное, вторичное и промежуточное реле).
3. Реле типа РПН. Реле типа МКУ. Слаботочное электромагнитное реле.

1.6.2 Краткое содержание вопросов:

1. Электромагнитное реле.

Реле это элемент автоматического устройства, который при воздействии на его вход внешних физических явлений скачкообразно принимает значение выходной величины, то есть этих значений, чаще всего у выходной величины бывает два: например, в электромагнитном реле два устойчивых состояния контактов - замкнутое и разомкнутое.

Электромагнитное реле реагирует на изменение каких-либо определенных параметров замыканием или размыканием своих контактов. Контакты реле включаются в цепь, которая осуществляет контроль или управление аппаратами,ключенными в силовую цепь, для коммутации, например: осуществляет управление контакторами и др. Реле

могут работать под воздействием самых различных факторов: электрического тока, световой энергии, давления жидкости или газа, уровня жидкости и т. п.

2. По способу присоединения (первичное, вторичное и промежуточное реле).

По способу присоединения различают первичные, вторичные и промежуточные реле. Первичные реле включаются непосредственно в цепь управления. Вторичные реле включаются через измерительные трансформаторы тока или напряжения. Промежуточные реле работают от исполнительных органов других реле и предназначаются для усиления и размножения сигнала, т. е. распределения воздействия на несколько цепей.

Основными параметрами реле являются:

а) номинальные данные - ток, напряжение, время и другие величины, на которые рассчитаны реле;

б) величина срабатывания, т. е. то значение параметра (ток, напряжение, время и пр.), при котором происходит автоматическое действие реле; реле реагирует на тот параметр, на который оно было изготовлено;

в) уставка реле - значение величины срабатывания, на которую отрегулировано данное реле (реле, имеет некоторое количество уставок, фиксирующих величину срабатывания в определенных пределах).

Электромагнитные реле характеризуются следующими основными параметрами:

1) напряжением (током) втягивания, т. е. наименьшим значением напряжения (или тока) на зажимах катушки реле, при котором якорь втягивается;

2) напряжением (током) отпадения - наибольшим значением напряжения (или тока) на зажимах катушки реле, при котором происходит отпадение якоря;

3) коэффициентом возврата реле - отношением напряжения (тока) отпадения к напряжению (току) втягивания.

Электромагнитные реле по времени срабатывания (τ_{cp}) бывают: безынерционные ($\tau_{cp} < 0,001$ сек); быстродействующее ($\tau_{cp} < 0,05$ сек), нормальные ($\tau_{cp} = 0,05 \dots 0,15$ сек); замедленные ($\tau_{cp} = 0,15 \dots 1$ сек) и реле времени, у которых время срабатывания $\tau_{cp} > 1$ сек, причем его можно регулировать.

Реле состоит обычно из трех органов: 1) воспринимающего 2) промежуточного 3) исполнительного. Воспринимающий (чувствительный орган) реагирует на входной параметр и преобразует его в физическую величину, необходимую для работы реле; чувствительным органом является, например, катушка реле.

Промежуточный орган сравнивает преобразованную величину с эталоном и по достижении заданного значения передает воздействие воспринимающего органа к исполнительной части. Промежуточными органами контактных реле являются противодействующие пружины и успокоители. Успокоители применяются для успокоения колебаний подвижных частей, а в реле времени для получения заданной выдержки времени.

Исполнительный орган воздействует на управляемую цепь; исполнительными органами контактных реле являются контакты. Слаботочные электромагнитные реле, применяющиеся раньше только в области связи, находят все большее применение в автоматике. Это объясняется тем, что слаботочные (телефонные) реле имеют число контактов в несколько раз большее, чем в обычных электромагнитных реле; это позволяет уменьшить общее количество реле в схеме. Кроме того, такие реле потребляют малые токи, благодаря чему они могут работать с датчиками, которые на большие токи не рассчитаны (например, полупроводниковые термо- и фотосопротивления).

3. Реле типа РПН. Реле типа МКУ. Слаботочное электромагнитное реле.

Рассмотрим два типа реле, которые нашли наиболее массовое применение. Реле типа РПН постоянного тока (реле плоское нормальное) - это электромагнитное однокатушечное реле с плоским сердечником. Оно предназначено для коммутации электрических цепей в различных схемах стационарных устройств. Ток срабатывания этих реле очень мал - порядка нескольких десятков миллиампер.

Пакет контактных групп реле состоит из одной или нескольких групп, каждая из которых состоит, в свою очередь, из набора контактов (от двух до пяти); комбинации контактов могут быть самыми различными.

Внешние провода подключаются к концам хвостов пружин при помощи пайки. Для цепей переменного тока выпускаются реле РПП аналогичного устройства. Реле МКУ-48 представляет собой многоконтактное реле. Конструктивно выпускаются реле в кожухе и без кожуха. Внешние провода подключаются к реле без кожуха при помощи пайки. Контактные группы реле выполняются с различными комбинациями контактов. Например, реле для переменного тока напряжением 220 в изготавливается с числом контактов от 2 до 8; при этом выпускаются реле с 2, 4 и 8 замыкающими контактами; с 2 замыкающими и 2 размыкающими контактами; с 4 размыкающими контактами и т. д.

Рабочий ток реле мал: для некоторых реле он составляет 0,0045 а. Потребляемая мощность реле $>$ или $=$ 5 вт. На рис. показано устройство реле типа МКУ-48 с кожухом. Поляризованное реле представляет собой электромагнитное реле, у которого направление перемещения якоря зависит от направления намагничивающего тока. В отличие от обычного электромагнитного реле поляризованное имеет два направления перемещения якоря; оно дополнительно снабжено постоянными магнитами.

1.7 Лекция № 7 (2 часа).

Тема: «Схемы с использованием реле»

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Особенности динамики релейных систем автоматического регулирования.
2. Процесс регулирования в релейной системе со статической линейной частью.
3. Процесс регулирования в релейной системе с астатической линейной частью.

1.7.2 Краткое содержание вопросов:

1. Особенности динамики релейных систем автоматического регулирования.

Реле температуры предназначено для регулирования температуры в охлаждаемом объекте путем включения и выключения исполнительного механизма (например, соленоидного вентиля перед ТРВ) или пуска и остановки компрессора. Различают манометрические, биметаллические и полупроводниковые реле температуры. Манометрические реле температуры получили наибольшее распространение. Они применяются для поддержания заданной температуры охлаждаемых объектов и защиты компрессора от превышения верхнего предела температуры нагнетания. Принцип действия приборов. Он основан на изменении давления парожидкостной смеси хладона в термосистеме прибора (рис.) в зависимости от изменения температуры термобаллона. При повышении температуры термобаллона давление хладона возрастает и, воздействуя через капиллярную трубку на сильфон, сжимает его. Толкатель сильфона действует на основной рычаг, стремясь повернуть его по часовой стрелке. Этому препятствует сжатая пружина уставки, которая действует на рычаг сверху. При повороте основного рычага по часовой стрелке его плечо действует на систему рычагов контактной группы и замыкает контакт для включения компрессора в работу. Усилие сжатия пружины уставки регулируется винтом-задатчиком. Настройка прибора контролируется по положению стрелки шкалы уставки. Чем сильнее сжата пружина уставки (стрелка установлена в нижней части шкалы), тем большее давление требуется со стороны сильфона для поворота основного рычага по часовой стрелке. Следовательно, замыкание контактов прибора будет происходить при большей температуре контролируемого объекта.

Узел дифференциала предназначен для установки винтом-задатчиком дифференциала определенной разности температур прямого срабатывания прибора (контакт при этом размыкается) и обратного срабатывания (замыкание контактов). Корпус прибора ус-

танавливают вне охлаждаемого объекта или среды. Закрепляют вертикально с подводом электропроводки снизу.

Термобаллончик закрепляют: в охлаждаемой камере - на кронштейне капилляром вверх, вертикально, на максимальном удалении от охлаждающих или нагревательных приборов; при контроле температуры хладоносителя - в специальной гильзе, заполненной маслом для улучшения теплообмена.

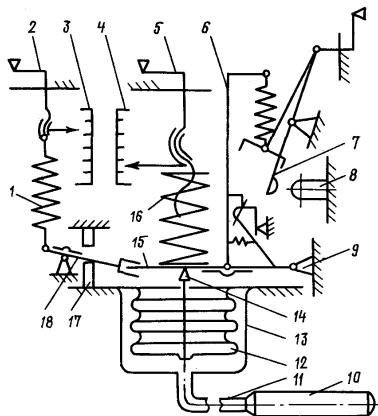


Рис. - Принципиальная схема реле температуры: 1 - пружина дифференциала; 2 - задатчик дифференциала; 3 - шкала дифференциала; 4 - шкала уставки; 5 - задатчик уставки; 6 - плечо основного рычага; 7- подвижный контакт; 8 - неподвижный контакт; 9 - ось основного рычага; 10 - термобаллончик; 11 - капиллярная трубка; 12 - сильфон; 13 - корпус сильфона; 14 - толкатель сильфона; 15 - основной рычаг; 16 - основная пружина уставки; 17 - упор вилки дифференциала; 18 - вилка дифференциала.

2. Процесс регулирования в релейной системе со статической линейной частью.

Реле давления. Характеристики реле давления. В зависимости от назначения различают *реле низкого* и *высокого давления*. Реле низкого давления. Прямое срабатывание этого реле (размыкание контакта) происходит при понижении контролируемого давления до величины, установленной на шкале уставки. Обратное срабатывание (замыкание контакта) происходит при повышении контролируемого давления на величину настройки дифференциала. Реле высокого давления. Прямое срабатывание реле высокого давления (размыкание контакта) происходит при увеличении контролируемого давления до величины, установленной на шкале уставки. Обратное срабатывание (замыкание контакта) бывает при понижении контролируемого давления на величину настройки дифференциала. Двухблочное реле давления. Прибор включает в себя узлы низкого и высокого давления (рис.). Узел низкого давления устроен и работает аналогично одноблочному реле низкого давления. Узел высокого давления имеет нерегулируемый дифференциал. При воздействии на сильфон высокого давления двуплечий рычаг узла высокого давления поворачивается против часовой стрелки и отодвигает от кнопки микропереключателя плечо рычага низкого давления. Основной рычаг узла низкого давления может оставаться в поднятом положении, а его плечо будет отодвинуто от микропереключателя пружиной заводской настройки. При понижении высокого давления двуплечий рычаг перемещается по часовой стрелке и перестает препятствовать замыканию контакта плечом узла низкого давления.

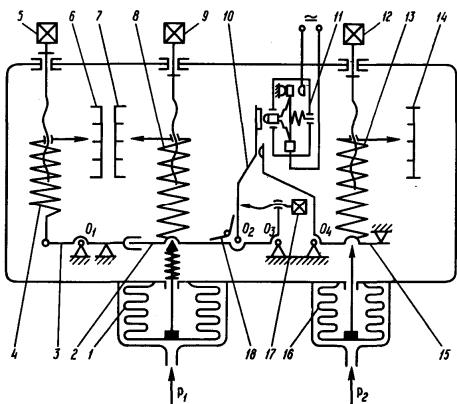


Рис.- Схема двухблочного реле давления: 1 - сильфон низкого давления; 2 - основной рычаг низкого давления; 3 - вилка дифференциала; 4 - пружина дифференциала; 5 - винт-задатчик дифференциала; 6 - шкала дифференциала; 7 - шкала уставки низкого давления; 8-пружина уставки низкого давления; 9 - винт-задатчик уставки низкого давления; 10 - плечо основного рычага узла низкого давления; 11 - микропереключатель; 12 - винт-задатчик уставки высокого давления; 13 - пружина уставки высокого давления; 14 - шкала уставки высокого давления; 15-двулучий рычаг; 16-сильфон высокого давления; 17- винт заводской настройки; 18 - вспомогательная пружина; О₁ - О₄ - оси вращения.

Реле контроля смазки. Реле контроля смазки предназначены для автоматической защиты компрессоров и компрессорных агрегатов от понижения разности давлений в системе смазки; контроля разности давлений, создаваемой насосами хладагентов и автоматической защиты от работы в кавитационном режиме.

Принцип действия прибора. При равенстве давлений на нижний и верхний сильфоны основной рычаг находится в нижнем положении, поскольку сверху на него действует усилие пружины уставки. Плечо основного рычага не воздействует на контактную группу. Основной контакт разомкнут. Пуск компрессора или насоса возможен только при внешнем замыкании контактов, что обычно осуществляется путем включения в электрическую схему реле времени. Реле должно разомкнуть свои контакты через 45-60 с после пуска. При повышении разности давлений контролируемой среды давление на нижний сильфон становится выше, чем на верхний. Это приводит к сжатию нижнего сильфона и растяжению верхнего, поскольку они жестко связаны друг с другом ножевой опорой и штоком. Основной рычаг поднимается вверх, преодолевая сопротивление пружины уставки, и его плечо, воздействуя на контактную группу, замыкает основной контакт и размыкает дополнительный контакт сигнализации. Схема прибора показана на рис.

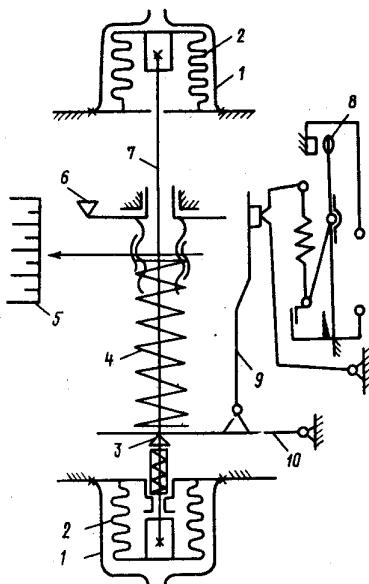


Рис - Схема реле контроля смазки: 1 - корпус сильфона; 2 - сильфоны; 3 - ножевая опора; 4 - пружина уставки; 5 - шкала разности давлений; 6 - задатчик уставки; 7- шток; 8 - узел переключения контакта; 9 - плечо основного рычага; 10 - основной рычаг.

3. Процесс регулирования в релейной системе с астатической линейной частью.

Если ко времени размыкания внешних контактов реле времени не произойдет замыкания основного контакта прибора, то работающий компрессор или насос остановится. В процессе работы компрессора или насоса контролируемая разность давлений должна поддерживаться постоянно. При понижении контролируемой разности давлений до величины, установленной на шкале прибора, произойдут размыкание его контакта и остановка контролируемого механизма. Соленоидные вентили являются двухпозиционными исполнительными механизмами. Они устанавливаются на трубопроводах для воздуха, пресной воды, хладоносителя, аммиака, хладонов, смешанных с маслом в качестве автоматических запорных устройств. Промышленностью выпускаются также вентили, предназначенные только для какого-либо определенного рабочего вещества, например хладона.

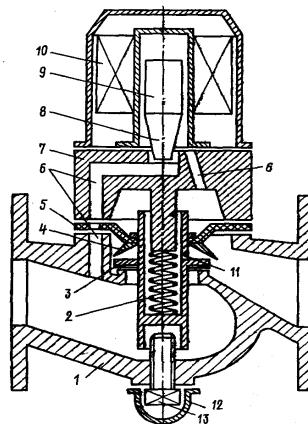


Рис. - Соленоидный вентиль типа СВМ: 1 - корпус; 2 - пружина; 3 - основной клапан; 4 - фильтрующая шайба; 5 - мембрана; 6 - каналы в корпусе и крышке прибора; 7 - крышка; 8 - вспомогательный клапан; 9 - сердечник; 10 - катушка электромагнитная; 11 - калиброванное отверстие; 12 - колпачок; 13 - винт ручного подъема клапана.

Принцип действия соленоидных вентилей. По конструкции соленоидные вентили бывают прямого и непрямого действия. Соленоидные вентили непрямого действия типа СВМ работают за счет разности давлений на входе и выходе из прибора (рис.). При отсутствии тока в катушке сердечник опущен, и вспомогательный клапан закрыт. Давления под мембраной и над ней одинаковы и равны давлению конденсации, поскольку полости сообщаются через калиброванное отверстие. Основной клапан закрыт за счет собственной массы и вспомогательной пружины. При прохождении тока через катушку сердечник поднимается, открывая вспомогательный клапан. Хладагент из надмембранный полости уходит по каналу, высверленному в корпусе прибора. Давление над мембраной уменьшается, поскольку сечение перепускного канала и вспомогательного клапана значительно больше сечения калиброванного отверстия. За счет разности давлений под мембраной и над ней основной клапан открывается.

Контроллеры обеспечивают автоматическую и безопасную работу силовой электрической цепи и цепи управления. Электронный блок также выводит информацию о режимах работы на панель управления. Температурный контроллер предназначен для использования при охлаждении или обогреве и устанавливает контрольную точку. Водоре-

гулирующие вентили устанавливаются на входе воды в конденсатор и служат для поддержания постоянного давления конденсации, регулируя расход воды, охлаждающей конденсатор.

В водорегулирующем вентиле в качестве чувствительного элемента используются мембрана или сильфон, на которые воздействуют давление конденсации и уравновешивающее его давление пружины. Регулирование подачи воды производится клапаном, установленным на штоке, связывающем мембрану (сильфон) с пружиной.

1.8 Лекция №8(2 часа).

Тема: «Эффективность частотного управления»

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Эффективность частотного управления электропроводами центробежных механизмов. Аналогия с электрической цепью. Характеристики насоса (вентилятора) при неизменной частоте вращения.

2. Характеристики насоса (вентилятора) при частном регулировании. Законы частотного управления. Механические характеристики двигателя при частотном управлении.

3. Эффективность частотного управления. Экономия электроэнергии. Расчет экономии электроэнергии на механизмах, требующих регулирования расхода.

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

1. Эффективность частотного управления электропроводами центробежных механизмов. Аналогия с электрической цепью. Характеристики насоса (вентилятора) при неизменной частоте вращения

Конструкция - на рис. представлена конструктивная схема трехфазной машины с короткозамкнутым ротором типа "беличьей клетки". Внутри корпуса 1, отлитого из стали, чугуна или сплавов алюминия, закреплен неевнополюсный магнитопровод статора 2, набранный из листовой электротехнической стали толщиной 0,35-0,5 мм. Листы штампуются с пазовыми отверстиями и в собранном магнитопроводе на внутренней поверхности образуются пазы для укладки обмотки.

Трехфазная обмотка статора 3 обычно выполняется распределенной, т.е. состоит из отдельных катушек, расположенных в пазах вдоль всей окружности статора. У трехфазной обмотки на внешнюю панель выводов либо выходят все 6 выводов, либо обмотки фаз соединяются внутри машины по схеме "звезда" или "треугольник" и на панель выходят 3 вывода. Обмотка статора предназначена для создания вращающегося магнитного поля машины. Магнитопровод ротора 4 выполняется в виде цилиндра, набранного из листовой электротехнической стали с пазами на внешней поверхности. Обмотка ротора 5 типа "беличьей клетки" состоит из неизолированных алюминиевых или медных стержней, расположенных в пазах и замкнутых накоротко с торцов двумя кольцами. Наиболее часто "беличью клетку" с кольцами получают путем заливки алюминия под давлением в пазы ротора.

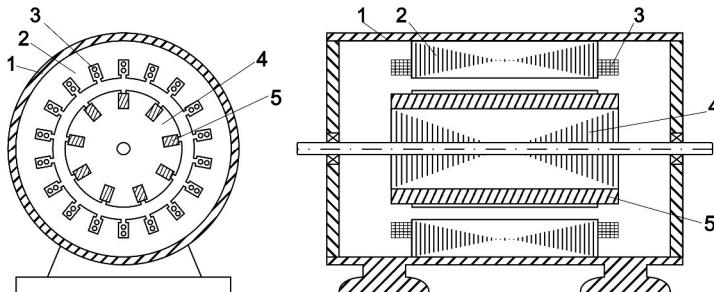


Рис. Конструкция асинхронного двигателя

2. Характеристики насоса (вентилятора) при частном регулировании. Законы частотного управления. Механические характеристики двигателя при частотном управлении.

Принцип действия. Принцип работы асинхронных машин связан с понятием вращающегося магнитного поля. Обмотка, создающая вращающееся поле, представляет собой N-фазную систему, т.е. состоит из N обмоток, которые сдвинуты друг относительно друга в пространстве и по которым протекают токи, сдвинутые во времени. Каждая из обмоток фаз создает пульсирующий поток (неподвижный в пространстве и изменяющийся во времени), сдвинутый относительно других в пространстве и во времени. Если все обмотки фаз имеют одинаковое число витков и сдвинуты в пространстве на одинаковый пространственный угол γ , токи имеют одинаковую амплитуду I_m и частоту f и сдвинуты во времени на одинаковый угол β , то результирующее магнитное поле будет круговым. Это означает, что поток представляет собой вектор постоянной длины, вращающийся в пространстве с постоянной угловой скоростью.

Условия образования кругового магнитного поля в трехфазной машине ($N=3$) примут вид $\gamma = 120^\circ$; $\beta = 120^\circ$; $I_{m1} = I_{m2} = I_{m3}$.

Угловая скорость магнитного поля, называемая синхронной скоростью машины переменного тока, будет равна (рад/с) $\omega_1 = 2\pi f / p_m$, где p_m - число пар полюсов обмотки.

Синхронная частота вращения (об/мин) $n_1 = 60 f / p_m$.

Если изменить порядок чередования любых двух обмоток фаз, то вектор магнитного поля будет вращаться в противоположную сторону.

Принцип действия асинхронной машины основан на электромагнитном взаимодействии вращающегося магнитного поля статора с токами, наведенными этим полем в роторе. Поскольку наведение ЭДС в роторе возможно только при неравенстве угловых скоростей ротора ω_2 и магнитного поля статора ω_1 , то условие $\omega_2 \neq \omega_1$ является обязательным для создания электромагнитного момента в любом режиме работы асинхронной машины. В качестве характеристики этого неравенства вводится понятие скольжения:

$$s = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1}.$$

3. Эффективность частотного управления. Экономия электроэнергии. Расчет экономии электроэнергии на механизмах, требующих регулирования расхода.

Работу асинхронной машины рассмотрим на примере машины с короткозамкнутым ротором (рис.2). Пусть магнитное поле статора Φ_1 и ротор вращаются в одну сторону и $\omega_2 < \omega_1$. Направление ЭДС e_2 , наводимой в роторе, определяется по mnemonicескому правилу правой руки. Токи ротора i_2 во взаимодействии с полем статора создают электромагнитные силы F_{em} , направление которых определяется по mnemonicескому правилу левой руки.

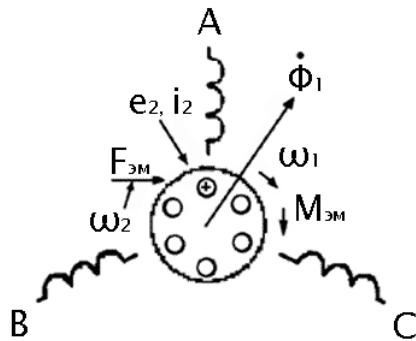


Рис. Принцип работы асинхронного двигателя

Электромагнитный момент M_{em} , создаваемый этими силами, направлен в сторону вращения ротора и разгоняет его в сторону поля, электрическая сеть преобразует-

ся в механическую энергию на валу ротора, т.е. машина работает в режиме двигателя. Электромагнитный момент, развиваемый двигателем при неподвижном роторе, является пусковым моментом. Угловая скорость, до которой разгоняется ротор, тем больше, чем меньше момент нагрузки на валу двигателя. При отсутствии нагрузки угловая скорость ω_2 стремится к ω_1 , но в реальных машинах никогда не достигает ее, т.к. при $\omega_2 = \omega_1$ проводники ротора не пересекают поле и $M_{\text{эм}} = 0$, а момент сопротивления нулю не равен - его создают силы трения в двигателе. Следовательно, теоретический диапазон работы асинхронной машины в режиме двигателя $\omega_2 = 0 \div \omega_1$, $s = 1 \div 0$.

1.9 Лекция № 9 (2 часа).

Тема: «Преобразователи частоты»

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Структура преобразователя. Силовая часть.
2. Функции системы управления преобразователем.
3. Внешние цепи управления. Настройки параметров преобразователя.
4. Станции управления насосами. Экономическая эффективность применения ПЧВ_х в механизмах АСУ ТП.

1.9.2 Краткое содержание вопросов:

1. Структура преобразователя. Силовая часть. Преобразователи частоты. Силовые преобразователи частоты и амплитуды напряжения для частотного управления асинхронными двигателями выполняются в настоящее время на силовых полупроводниковых элементах. Преобразователи частоты можно разделить на две основные группы: преобразователи с промежуточным звеном постоянного тока и преобразователи с непосредственной связью первичной и вторичной цепей.

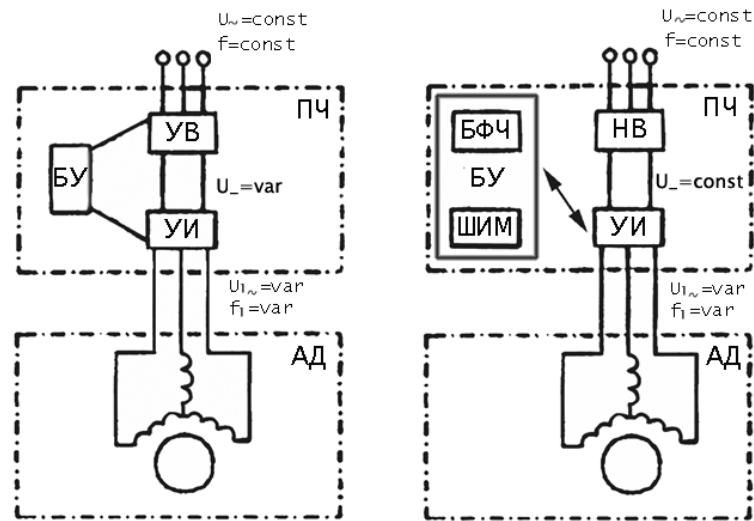
Широкое распространение получили преобразователи с промежуточным звеном постоянного тока. В рассматриваемых преобразователях переменное напряжение питающей сети выпрямляется, фильтруется и подается на управляемый инвертор, который преобразует постоянное напряжение в переменное с регулируемой частотой. Выпрямители преобразователей в свою очередь могут быть управляемые и неуправляемые.

В преобразователе частоты (ПЧ) с управляемым выпрямителем УВ (рис.) напряжение $U_{1\sim}$, подаваемое на двигатель АД, регулируется по амплитуде за счет изменения напряжения постоянного тока U_- на выходе УВ. Управление работой выпрямителя и управляемого инвертора УИ осуществляется блок управления БУ.

2. Функции системы управления преобразователем.

В преобразователе частоты с неуправляемым выпрямителем НВ (рис.) выпрямленное напряжение преобразуется с помощью транзисторного широтно-импульсного модулятора (ШИМ) в импульсное напряжение на входе инвертора, частота импульсов должна быть значительно больше верхнего предела рабочей частоты на выходе инвертора.

При обычной широтно-импульсной модуляции среднее значение напряжения на такте инвертора примерно равно относительной продолжительности импульсов ШИМ. Изменяя ее, можно регулировать значение напряжения $U_{1\sim}$ на выходе инвертора.



а)

б)

Рис. Преобразователи частоты

3. Внешние цепи управления. Настройки параметров преобразователя.

Блок-схема инвертора показана ниже. Схему используют в режиме торможения, чтобы гасить генерируемое напряжение двигателем и обезопасить конденсаторы от перезарядки и выхода из строя.

Принцип действия управляемого инвертора рассмотрим на примере инвертора, выполненного потрехфазной мостовой схеме и работающего на чисто активную нагрузку (рис.). В управляемом инверторе силовыми элементами должны быть полностью управляемые полупроводниковые приборы, т.е. способные открываться и закрываться под воздействием соответствующих сигналов управления. Этому требованию отвечают либо транзисторы, работающие в ключевом режиме, либо тиристоры в совокупности со схемой искусственной коммутации, либо запираемые тиристоры. В общем виде эти силовые элементы обозначены на рисунке как ключи K_1 - K_6 . На вход УИ подано напряжение постоянного тока U , переключение в схеме происходит по команде блока управления каждую $1/6$ часть периода требуемой выходной частоты. При этом каждый ключ замкнут либо $1/2$ периода выходной частоты, либо $1/3$ периода. На рис. в качестве примера показаны временные диаграммы формирования выходного напряжения в фазах А, В, С сопротивления нагрузки R_h для первого случая.

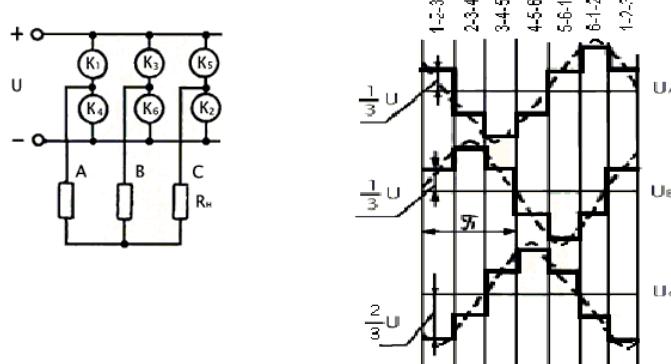


Рис. Принцип работы управляемого инвертора

Как видно, на каждом такте коммутации схемы одновременно проводят ток три ключа (во втором случае - два ключа). Например, на первом такте открыты ключи с номерами 1, 2, 3 и ток протекает по цепи, в которой последовательно с сопротивлением фазы С включены параллельно соединенные сопротивления фаз А и В. При этом в фазе С падает $2/3$ приложенного напряжения U , в фазах А и В – по $1/3$ U . Знак падения напряжения определяется направлением тока в фазе. За положительное падение напряжения принято такое, которое создается током, протекающим к общей точке фаз нагрузки. По мере переключения ключей напряжение в фазах ступенчато изменяется и на нагрузке формируется симметричная трехфазная система напряжений прямоугольно-ступенчатой формы. Первые гармоники этих напряжений требуемой частоты (пунктирные линии на рис.6,б) имеют фазовый сдвиг 120° . Высшие гармоники могут быть отфильтрованы LC-фильтрами. Частота выходного напряжения определяется частотой коммутации ключей, порядок следования напряжений – порядком коммутации ключей.

4. Экономическая эффективность применения ПЧВх в механизмах.

Частотный преобразователь в комплекте с асинхронным электродвигателем позволяет заменить электропривод постоянного тока. Системы регулирования скорости двигателя постоянного тока достаточно просты, но слабым местом такого электропривода является электродвигатель. Он дорог и ненадежен. При работе происходит искрение щеток, под воздействием изнашивается коллектор. Такой электродвигатель не может использоваться в запыленной и взрывоопасной среде. Кроме того, в схему иногда включают цепь «слива» энергии - транзистор с резистором большой мощности рассеивания.

- основные статические и динамические характеристики трехфазных асинхронных двигателей малой мощности с короткозамкнутым ротором при питании от источника переменного тока промышленной частоты;

- основные регулировочные характеристики разомкнутых и замкнутых частотных электроприводов с трехфазными асинхронными двигателями.

Конструкция, принцип действия и характеристики трехфазных асинхронных машин.

1.10 Лекция № 10 (2 часа).

Тема: «Исполнительные механизмы. Общие сведения классификация».

1.10.1 Вопросы лекции:

1. Электрические исполнительные механизмы постоянной скорости.
2. Электрические исполнительные механизмы переменной скорости.
3. Исполнительные механизмы регулирования мощности.
4. Аппаратура подготовки и подачи воздуха. Компрессоры, ресиверы, редукторы, фильтры.

1.10.2 Краткое содержание вопросов:

1. Электрические исполнительные механизмы постоянной скорости.

Исполнительные механизмы - это устройства, механически воздействующие на физические процессы путем преобразования электрических сигналов в требуемое управляющее воздействие. Аналогично датчикам, исполнительные механизмы должны быть подобраны соответствующим образом для каждой задачи.

Исполнительные механизмы могут быть бинарными, дискретными или аналого-выми; конкретный тип для каждой задачи выбирается с учетом необходимой выходной мощности и быстродействия.

Электромеханическое преобразование энергии с помощью двигателей постоянного тока, асинхронных, синхронных и шаговых двигателей. Так, исполнительные механизмы являются системами управления, т.е. включают в себя контуры регулирования своих параметров в основе управляющего сигнала от внешней системы управления. Некоторые сервомеханизмы, изменяющие скорость и позиционирование, включают в себя и элемент управления этими параметрами. В других случаях, контур регулирования может быть реализован управляющим компьютером.

Исполнительное устройство или механизм преобразует электрическую энергию в механическую или в физическую величину для воздействия на управляемый процесс. К основным блокам ИУ относятся исполнительный механизм (ИМ) и регулирующий орган (РО), которые конструктивно могут быть объединены в одно изделие или собираются из индивидуально выпускаемых блоков.

В некоторых случаях ИУ может состоять из одного блока, выполняющего функции ИМ, как пример, в электрических усилителях мощности РНТО, РНТТ, У 252.

Под исполнительным механизмом в общем случае подразумевается блок ИУ преобразующий входной управляющий сигнал, который через соответствующую связь осуществляет воздействие на регулирующий орган или непосредственно на объект регулирования. Регулирующим органом называют блок ИУ, с помощью которого производится регулирующее воздействие на объект регулирования.

Преобразующую связь осуществляет воздействие на регулирующий орган или непосредственно на объект регулирования. Регулирующим органом называют блок ИУ, с помощью которого производится регулирующее воздействие на объект регулирования.

Кроме исполнительного механизма и регулирующего органа, ИУ содержит ряд дополнительных блоков, назначение и способы, подключения которых ясны из блок-схемы (рис основных характеристик ИУ является величина перестановочного усилия (момента), передаваемого выходным органом исполнительного механизма на регулирующий орган. Эта величина обычно указывается в паспорте и является основной при энергетическом расчете и выборе ИУ.

2. Электрические исполнительные механизмы переменной скорости. По виду энергии, создающей перестановочные усилие, ИМ подразделяются на пневматические, гидравлические и электрические. Существуют ИМ, в которых кратко остановимся на основных типах и характеристиках исполнительных механизмов и регулирующих органов. Одной из них используются одновременно два вида энергии: электропневматические, пневмоэлектрические, электрогидравлические и пневмогидравлические ИМ. Вид энергии управляющего сигнала может отличаться от вида энергии, создающего перестановочное усилие.

В пневматических ИМ перестановочное усилие создается за счет действия давления сжатого воздуха на мембрану, поршень или сильфон. В соответствии с этим пневматические ИУ подразделяются на мембранные, поршневые и сильфонные. Давление сжатого воздуха в пневматических ИУ обычно не превышает 1 МПа.

3. Исполнительные механизмы регулирования мощности. Электродвигательные исполнительные механизмы в них используют электродвигатели постоянного и переменного тока, в том числе асинхронные двухфазные с полым ротором, с конденсаторами в цепи обмотки управления, а также асинхронные трехфазные двигатели. Исполнительные двигатели постоянного тока имеют независимое возбуждение или возбуждение от постоянных магнитов. Управляют этими двигателями, изменяя напряжение на якоре или на обмотке возбуждения (якорное или полюсное управление).

В большинстве конструкций электрических ИМ применяют двухфазные и трехфазные асинхронные двигатели. Асинхронный двухфазный двигатель приближенно можно рассматривать как инерционное звено, если выходная величина - угловая скорость ротора, или как два последовательно соединенных звена - интегрирующее и инерционное, если выходная величина - угол, а поворота ротора. Значение коэффициента передачи зависит

от способа управления двигателем, а постоянная времени - от сигнала управления, возрастающая с уменьшением пускового момента двигателя от 0,1 до 0,2 с (для полого ротора с обмоткой типа «беличьей клетки»).

Передаточная функция асинхронного трехфазного двигателя совпадает с ПФ инерционного звена. Коэффициент преобразования и постоянную времени определяют по механической характеристике двигателя и рабочей машины. Большинство электродвигательных исполнительных механизмов работает в режиме, когда скорость перемещения не зависит от значения отклонения регулируемого параметра от заданного. ИМ состоит из асинхронного электродвигателя, редуктора, концевых и путевых выключателей, датчиков (преобразователей), тормозного устройства и ручного привода.

Электродвигатель с редуктором служит для преобразования электрической энергии в механическую, достаточную для перемещения РО. Концевые выключатели используют для отключения пускателя при достижении РО крайних положений, а путевые выключатели - для ограничения диапазона перемещения РО в автоматическом режиме. Датчики положения формируют сигнал, пропорциональный углу поворота выходного вала ИМ. Этот сигнал используется индикатором положения на пульте оператора, а также, возможно, в качестве сигнала ОС по положению ИМ (для формирования П-закона регулирования, например).

Ручной привод обеспечивает возможность ручной перестановки РО при нарушениях работы электрической части механизма. Включение-отключение электродвигателя по команде регулирующего устройства осуществляется через посредство электромагнитного или полупроводникового релейного устройства-пускателя. Реверс электродвигателя электромагнитного ИМ с трехфазным электродвигателем обеспечивается изменением схемы подключения двух фаз. После размыкания силовых контактов (рис.) и отключения напряжения питания электродвигателя выходной вал ИМ останавливается не сразу, а продолжает в течение некоторого времени движение по инерции. Так называемый «выбег» может существенно ухудшать качество регулирования. Уменьшают выбег с помощью тормоза, представляющего собой электролитический конденсатор С, подключаемый через размыкающие блок-контакты КМ1 и КМ2 к одной из статорных обмоток электродвигателя. В результате этого в статорной обмотке появляется ток, наводящий в статоре магнитное поле, которое, взаимодействуя с вращающимся ротором, создает противодействующий вращению тормозной момент, уменьшающий выбег ИМ.

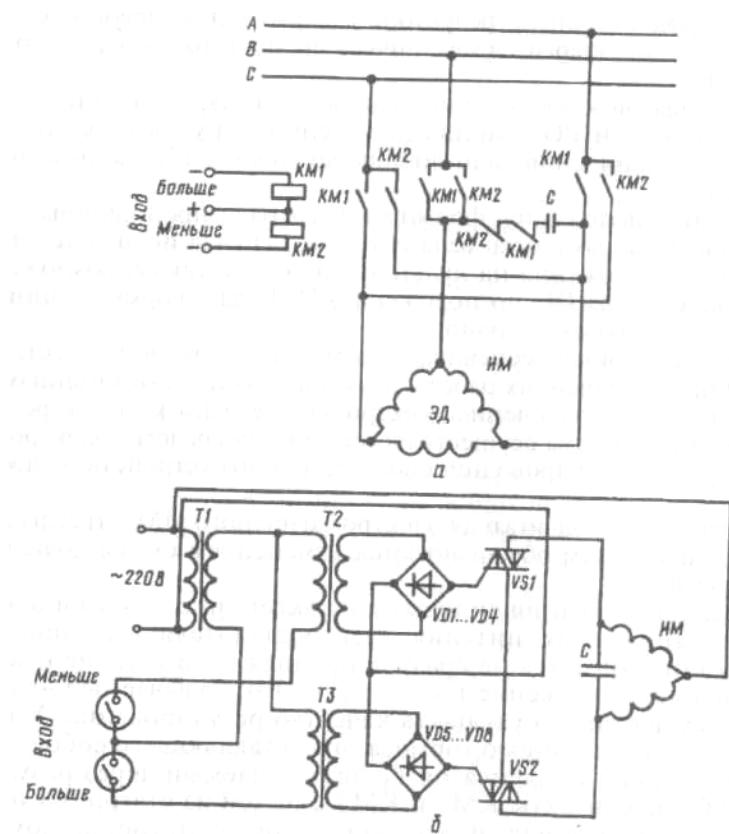


Рис. Схемы управления ИМ:

Главный недостаток электромагнитного релейного пускового устройства - невысокая надежность. Значительно лучшие характеристики имеет полупроводниковое релейное устройство (рис.). Основу устройства составляют два тиристорных ключа на симисторах VS1 и VS2, которыми управляют с помощью сигналов «Больше» - «Меньше», вырабатываемых регулятором или оператором. Каждый из тиристорных ключей включен в цепь питания одной из статорных обмоток электродвигателя. При отсутствии управляющих сигналов тиристорные ключи разомкнуты и электродвигатель неподвижен. Включение симистора происходит в результате подачи на управляющий электрод отрицательного напряжения, вырабатываемого соответствующим выпрямительным мостом, питаемым от разделительного трансформатора T2 (T3) при наличии командного сигнала от регулятора или оператора. Трансформатор разделяет управляющие и силовые цепи. Реверсирование электродвигателя осуществляется изменением схемы подключения обмоток, при этом одна обмотка подключается к сети непосредственно, а вторая - через фазосдвигающий конденсатор C.

Таким образом, движение ИМ может быть описано системой уравнений, соответствующих движению ИМ в сторону открытия, неподвижному состоянию и движению в сторону закрытия,

Рис. Схемы управления ИМ:

а - с трехфазным асинхронным электрическим двигателем; б - с однофазным конденсаторным электрическим двигателем

$$\begin{cases} T_{\text{ИМ}} \frac{dy}{dt} = 1 & \text{при } x > 0; \\ T_{\text{ИМ}} \frac{dy}{dt} = 0 & \text{при } -\Delta < x < \Delta; \\ T_{\text{ИМ}} \frac{dy}{dt} = -1 & \text{при } x < -\Delta, \end{cases}$$

где $T_{\text{ИМ}}$ - время, равное времени движения ИМ из одного крайнего положения в другое; Δ - зона нечувствительности релейного устройства. Характеристика ИМ - существенно нелинейная, но линейные законы регулирования могут быть реализованы и с этим механизмом при использовании регулятора с импульсным выходом.

4. Аппаратура подготовки и подачи воздуха. Компрессоры, ресиверы, редукторы, фильтры.

На пищевых предприятиях распространены системы пневмоавтоматики, для питания которых используется воздух с технической характеристикой, основным требованием которого является отсутствие в сжатом воздухе водяных паров, масла, атмосферной пыли и других частиц. Сжатый воздух стабилизированного давления для следующих целей: транспортирования сыпучих материалов (давление воздуха 0,8- 1,5 МПа), питания приборов и средств автоматизации при использовании на предприятиях пневмоавтоматики (давление воздуха 0,14 МПа), для интенсификации микробиологических, химических и других процессов.

Атмосферный воздух через воздушный фильтр и всасывающий клапан поступает на компрессор в цилиндре I ступени сжатия, затем воздух через патрубок поступает в промежуточный холодильник, где охлаждается проточной водой и поступает в цилинды II ступени сжатия компрессора. Из цилиндра II ступени через нагнетательный клапан воздух поступает в воздухосборник, а от него к потребителю. Воздушный фильтр служит для очистки от пыли забираемого из атмосферы воздуха, а промежуточный холодильник предназначен для охлаждения воздуха, который при сжатии нагревается, и его температура может повысить температуру масла, применяемого для смазки цилиндров. Воздух поступает в холодильник с температурой 90-120°C и охлаждается до температуры 10-25 °C.

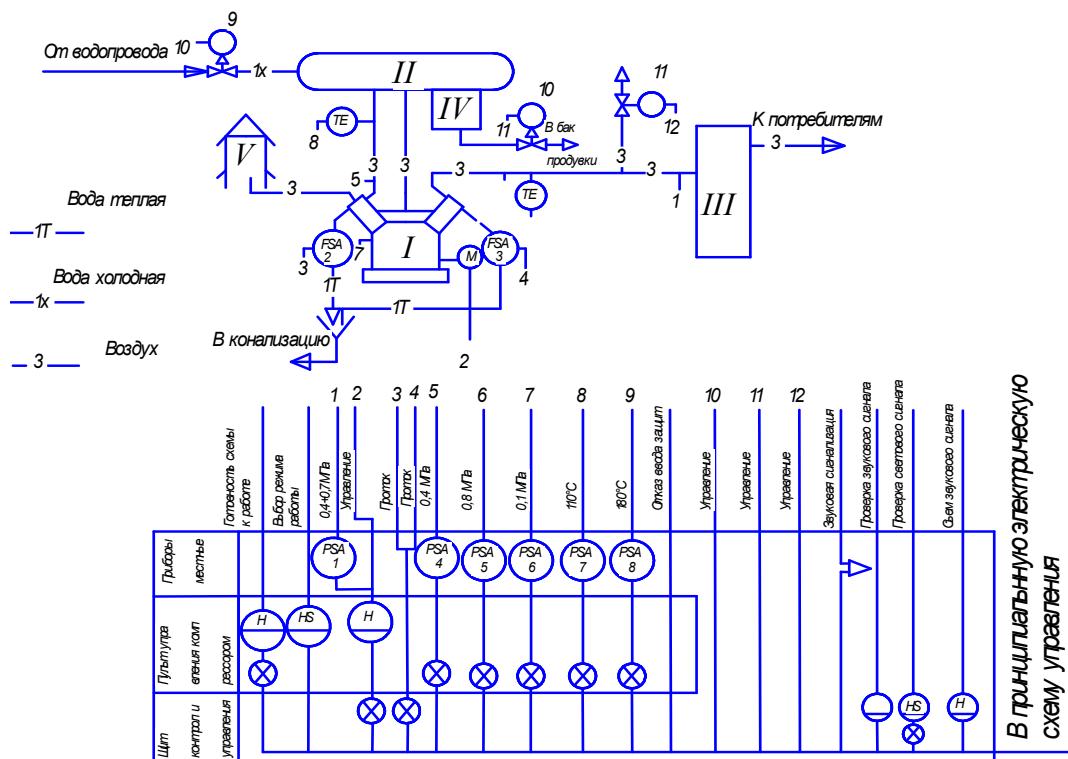


Рис. Схема технологического процесса I - компрессор; II - промежуточный холодильник; III - воздухосборник; IV - водомаслоотводитель; V - воздушный фильтр.

Схемой автоматизации предусмотрены автоматическое управление работой и автоматические противоаварийные защитные компрессора. Аппаратура управления работой компрессора размещена в пульте управления типа «Пуск - 11», изготавливаемом НГБ «Пищепромавтоматика». Выбор режима работы осуществляется ключом, расположенным на фасаде пульта управления компрессором.

Командой на автоматический пуск компрессора служит давление сжатого воздуха в воздухосборнике. Контроль указанного давления осуществляется датчиком-реле давления.

На линиях подачи воды в рубашки компрессора и продувки установлены электромагнитные вентили.

При срабатывании любой из перечисленных защит загорается соответствующая лампа пульта компрессора, включается аварийная звуковая сигнализация. После ликвидации аварии, вызвавшей остановку, и поворотного пуска компрессора на пульте нажимается кнопка «Ввод защиты».

1.11 Лекция № 11 (2 часа).

Тема: «Схемы управления исполнительным механизмом»

1.11.1 Вопросы лекции:

1. Гидравлические исполнительные механизмы.
2. Аппаратура подготовки и подачи гидравлической жидкости.
3. Масляные насосы, регуляторы давления, фильтры.
4. Электрогидравлические клапаны и распределители.
5. Рабочие органы автоматики.
6. Запорная и регулирующая аппаратура автоматики.
7. Дросселирующие и дозирующие рабочие органы.
8. Транспортные и подъемные механизмы.
9. Леночные, шнековые, скребковые, конвейеры, нории, лифты, подъемные краны

1.11.2 Краткое содержание вопросов:

Устройство, преобразующее управляющий сигнал регулятора в перемещение РО, называют исполнительным механизмом. Такое устройство обычно состоит из исполнительного двигателя, передаточного или преобразующего узла (например, редуктора), а также систем защиты, контроля и сигнализации положения выходного элемента, блокировки и отключения. Передаточная функция ИМ входит в ПФ регулятора, и потому ИМ должен обладать достаточным быстродействием и точностью, с тем чтобы осуществлять перемещение РО с возможно меньшим искажением закона регулирования.

Наиболее характерна классификация ИМ по виду потребляемой энергии (табл. 1) на гидравлические, пневматические и электродвигательные или электромагнитные.

Гидравлические ИМ. Они состоят из управляющего и исполнительного элементов. Обычный вариант первого элемента — золотник, второго — гидроцилиндр. Последний, в свою очередь, реализует поступательное (а) или вращательное (б) движение выходного

Табл. 1 Исполнительные механизмы.

Схема	Наименование	Вход	Выход	Выходная мощность, Вт
	Поршневые двигатели с поступательным (а) и вращательным (б) движением поршня	Давление 0,1...10 МПа	Механическое перемещение	$10^{-2} \dots 5 \cdot 10^4$
	Пневматический мембранный двигатель	Давление 0,1...0,5 МПа	То же	До 200
	Электродвигательный исполнительный механизм	Напряжение	Механическое вращение	10^4
	Электромагнит-соленоид	То же	Механическое перемещение	$1,4 \cdot 10^3$

вала (табл. 1). В гидравлических ИМ входная величина — перемещение управляющего устройства или давление жидкости на поршень P , а выходная — перемещение (поворот) выходного вала S

Постоянная времени реального гидравлического ИМ при больших скоростях перемещения поршня сильно возрастает, что объясняется резким увеличением сил поршня вязкого трения, но все-таки с достаточной точностью его характеристики совпадают с характеристиками интегрирующего звена, постоянная времени которого прямо пропорциональна площади поршня и обратно пропорциональна $\sqrt{p_1 - p_2}$, где p_1 и p_2 — давление

нагнетания и слива рабочей жидкости.

1.1. Гидравлические ИМ обладают очень большим быстродействием и выходной мощностью, и потому их применяют в системах автоматизации мобильных сельскохозяйственных машин и агрегатов.

1.2. Пневматические ИМ. По устройству аналогичны гидравлическим. Они получили широкое распространение благодаря высокой надежности, простоте конструкции и возможности получения достаточно больших усилий.

Крутизна статической характеристики пневматического ИМ находится в прямой зависимости от площади мембранны и в обратной — от коэффициента жесткости пружины (несколько возрастает по мере ее сжатия). Соответственно, при малых изменениях выходного параметра S динамику механизма можно представить характеристиками безынерционного звена, причем коэффициент передачи которого несколько убывает с увеличением S .

Общие недостатки пневматических и гидравлических ИМ — сложность операций по их наладке и, главное, необходимость специальных компрессорных (насосных) установок для их питания.

1.3. Электродвигательные ИМ. В них используют электродвигатели постоянного и переменного тока, в том числе асинхронные двухфазные с полым ротором, с конденсаторами в цепи обмотки управления, а также асинхронные трехфазные двигатели. Исполнительные двигатели постоянного тока имеют независимое возбуждение или возбуждение от постоянных магнитов. Управляют этими двигателями, изменяя напряжение на якоре или на обмотке возбуждения (якорное или полюсное управление).

В большинстве конструкций электрических ИМ применяют двухфазные и трехфазные асинхронные двигатели.

Асинхронный двухфазный двигатель приближенно можно рассматривать как инерционное звено, если выходная величина — угловая скорость ротора, или как два последовательно соединенных звена — интегрирующее и инерционное, если выходная величина — угол а поворота ротора (табл. 1).

Значение коэффициента передачи зависит от способа управления двигателем, а постоянная времени — от сигнала управления, возрастаая с уменьшением пускового момента двигателя от 0,1 до 0,2 с (для полого ротора с обмоткой типа «беличьей клетки»).

Передаточная функция асинхронного трехфазного двигателя совпадает с ПФ инерционного звена.

Коэффициент преобразования и постоянную времени определяют по механической характеристике двигателя и рабочей машины.

Большинство электродвигательных ИМ работает в режиме, когда скорость перемещения не зависит от значения отклонения регулируемого параметра от заданного. Такой ИМ состоит из асинхронного электродвигателя, редуктора, концевых и путевых выключателей, датчиков (преобразователей), тормозного устройства и ручного привода.

Электродвигатель с редуктором служит для преобразования электрической энергии в механическую, достаточную для перемещения РО.

Концевые выключатели используют для отключения пускателя при достижении РО крайних положений, а путевые выключатели — для ограничения диапазона перемещения РО в автоматическом режиме.

Датчики положения формируют сигнал, пропорциональный углу поворота выходного вала ИМ. Этот сигнал используется индикатором положения на пульте оператора, а также, возможно, в качестве сигнала ОС по положению ИМ (для формирования П-закона регулирования, например).

Ручной привод обеспечивает возможность ручной перестановки РО при нарушениях работы электрической части механизма.

Включение-отключение электродвигателя по команде регулирующего устройства осуществляется через посредство электромагнитного или полупроводникового релейного

устройства-пускателя.

Реверс электродвигателя электромагнитного ИМ с трехфазным электродвигателем обеспечивается изменением схемы подключения двух фаз.

После размыкания силовых контактов (рис. 1, а) и отключения напряжения питания электродвигателя выходной вал ИМ останавливается не сразу, а продолжает в течение некоторого времени движение по инерции. Так называемый «выбег» может существенно ухудшать качество регулирования. Уменьшают выбег с помощью тормоза, представляющего собой электролитический конденсатор С, подключаемый через размыкающие блок-контакты КМ1 и КМ2 к одной из статорных обмоток электродвигателя. В результате этого в статорной обмотке появляется ток, наводящий в статоре магнитное поле, которое, взаимодействуя с вращающимся ротором, создает противодействующий вращению тормозной момент, уменьшающий выбег ИМ.

Главный недостаток электромагнитного релейного пускового устройства — невысокая надежность. Значительно лучшие характеристики имеет полупроводниковое релейное устройство (рис. 4.5, б).

Основу устройства составляют два тиристорных ключа на симисторах VS1 и VS2, которыми управляют с помощью сигналов «Больше» — «Меньше», вырабатываемых регулятором или оператором. Каждый из тиристорных ключей включен в цепь питания одной из статорных обмоток электродвигателя.

При отсутствии управляющих сигналов тиристорные ключи разомкнуты и электродвигатель неподвижен.

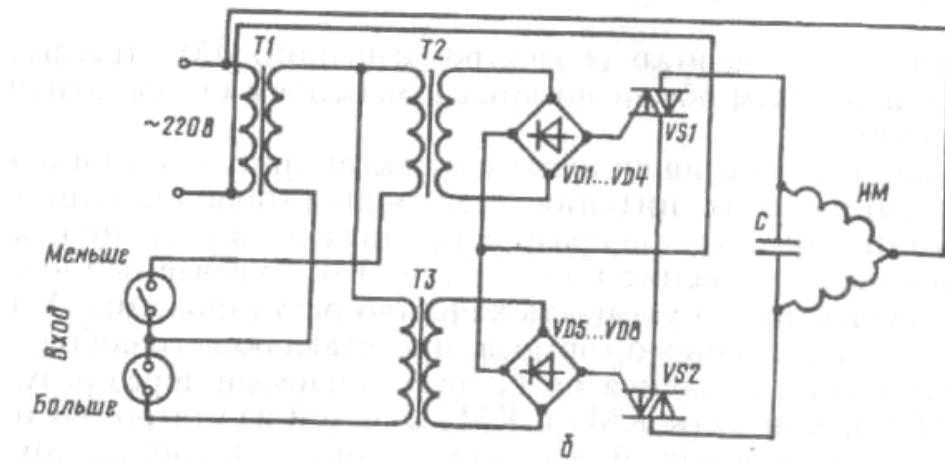
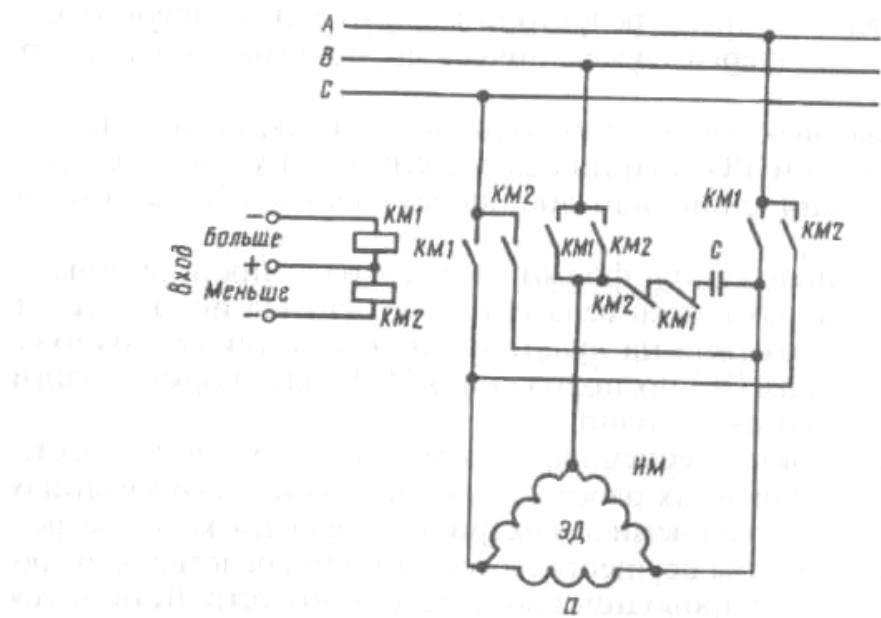
Включение симистора происходит в результате подачи на управляющий электрод отрицательного напряжения, вырабатываемого соответствующим выпрямительным мостом, питаемым от разделительного трансформатора Т2 (Т3) при наличии командного сигнала от регулятора или оператора.

Трансформатор 77 разделяет управляющие и силовые цепи. Реверсирование электродвигателя осуществляется изменением схемы подключения обмоток, при этом одна обмотка подключается к сети непосредственно, а вторая — через фазосдвигающий конденсатор С.

Таким образом, движение ИМ может быть описано системой уравнений, соответствующих движению ИМ в сторону открытия, неподвижному состоянию и движению в сторону закрытия,

Рис. 1. Схемы управления ИМ:

а — с трехфазным асинхронным электрическим двигателем; б — с однофазным конденсаторным электрическим двигателем



$$\left\{ \begin{array}{l} T_{\text{ИМ}} \frac{dy}{dt} = 1 \quad \text{при } x > 0; \\ T_{\text{ИМ}} \frac{dy}{dt} = 0 \quad \text{при } -\Delta < x < \Delta; \\ T_{\text{ИМ}} \frac{dy}{dt} = -1 \quad \text{при } x < -\Delta, \end{array} \right.$$

где Тим — время, равное времени движения ИМ из одного крайнего положения в другое; Д — зона нечувствительности релейного устройства.

Характеристика ИМ — существенно нелинейная, но линейные законы регулирования могут быть реализованы и с этим механизмом при использовании регулятора с импульсным выходом.

1.4. Электромагнитные ИМ. Они представляют собой соленоиды и электромагнитные муфты. Соленоидный ИМ — это катушка, втягивающее усилие которой при подаче управляющего сигнала U перемещает якорь на расстояние S , преодолевая сопротивление пружины.

Статическая характеристика электромагнитных ИМ, как правило, нелинейная, и их используют в системах позиционного регулирования.

Электромагнитные муфты могут быть фрикционными, порошковыми или асинхронными. Фрикционная муфта состоит из двух полумуфт, посаженных на ведущий и ведомый валы. В одной из полумуфт расположена обмотка возбуждения. При подаче на нее

напряжения полумуфты сдвигаются и возникающая сила трения приводит их в движение. Такие муфты также применяют в системах позиционного регулирования и защиты оборудования при аварийных нарушениях его работы.

Принцип действия порошковой муфты основан на изменении вязкости ферромагнитной массы, заполняющей муфту. При подаче на катушку напряжения вязкость ферромагнитной массы возрастает и передаваемый момент увеличивается.

В муфтах скольжения момент вращения передается посредством магнитного поля, создаваемого обмоткой, расположенной на ведущей полумуфте. При ее вращении в ведомой полумуфте, как в роторе асинхронного двигателя, индуцируется ток, от взаимодействия которого с магнитным полем возникает момент вращения, увлекающий ведомую полумуфту за ведущей.

Порошковые и асинхронные электромагнитные муфты могут быть использованы и в системах непрерывного регулирования. В этом случае их характеризует ПФ инерционного звена с постоянной времени $0,03\ldots0,25$ с (для порошковых) и $0,11\ldots0,45$ с (для асинхронных муфт).

Устройство, позволяющее изменять направление или расход потока вещества или энергии в соответствии с требованиями ТП, называют регулирующим органом (РО).

Работоспособность РО определяется его характеристиками: диапазоном регулирования и рабочей расходной характеристикой.

Отношение максимального расхода среды G_{\max} к минимальному G_{\min} , соответствующему перемещению РО из одного крайнего положения h_{\min} в другое h_{\max} , называют диапазоном регулирования

$$R = G_{\max} / G_{\min}$$

Зависимость расхода среды от положения РО h называют рабочей расходной характеристикой

$$G = f(h).$$

При разработке, выборе и наладке РО для обеспечения возможности эффективного управления ТП в широком диапазоне нагрузок и при разных режимах следует обеспечить достаточный диапазон регулирования и линейную рабочую характеристику в пределах этого диапазона. Используемые в сельскохозяйственном производстве РО можно разделить на три группы.

Регулирующие органы объемного типа (рис. 4.6, а). Они изменяют расход среды за счет изменения ее объема (например, ленточные питатели-дозаторы компонентов

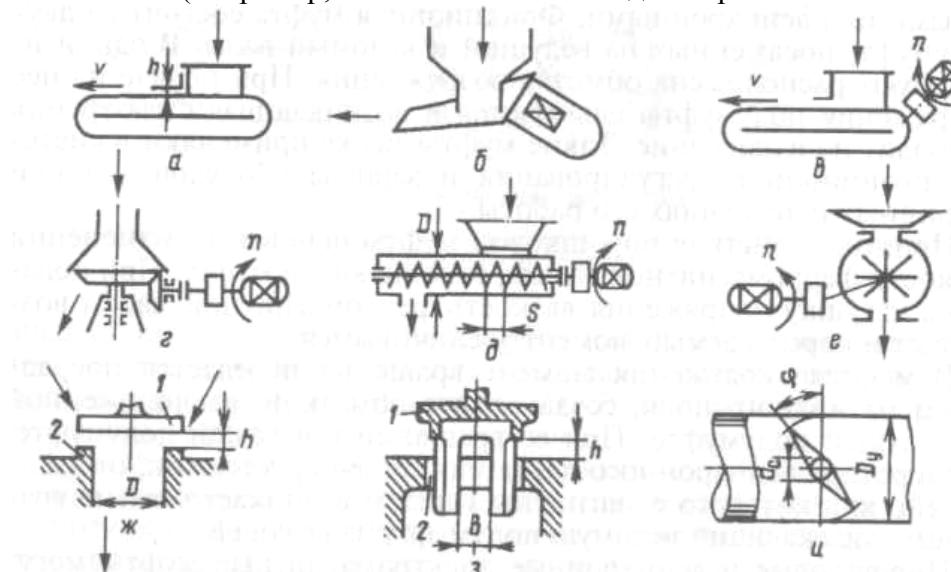


Рис. Регулирующие органы:

а — ленточный питатель (объемный); б — вибрационный питатель; в — ленточный питатель (скоростной); г — тарельчатый питатель; д — шнековый питатель; е — секторный

питатель-
ж — тарельчатый клапан; з — золотниковый клапан; и — поворотная заслонка

кормовых смесей). Материал на ленту поступает непосредственно из бункера через воронку в его нижней части. На фронтальной грани воронки в вертикальных направляющих перемещается заслонка, посредством которой осуществляется регулирование производительности питателя.

Для исключения заклинивания ленты высота щели h между заслонкой и лентой должна быть не менее $(2,5...3)d_{max}$, где d_{max} — максимально возможный размер частиц материала.

Регулирующие органы скоростного типа. Они изменяют производительность РО за счет изменения его частоты вращения. К РО этого типа относят устройства для регулирования частоты вращения вытяжных вентиляторов систем вентиляции животноводческих помещений, шнековых питателей-дозаторов и т. д.

В связи с большим разнообразием физико-химических свойств дозируемых компонентов кормов, других сыпучих материалов и условий, в которых работают эти РО, известно большое число конструкций их рабочих органов. Эти органы, как правило, состоят из активных элементов, обеспечивающих перемещение дозируемого материала, ограничивающих элементов, формирующих поток, и вспомогательных элементов.

Рациональный выбор рабочего органа и его конструктивное оформление в значительной степени обеспечивают надежность устройства и точность дозирования.

Вибрационные питатели (рис. 2, б) предназначены для подачи из бункера, не имеющего дна, мелко- и крупнокусковых материалов. Подачу материала регулируют изменением амплитуды выпрямленного напряжения, подводимого к электромагнитам питателя. Электромагниты, жестко связанные с корпусом лотка, заставляют его вибрировать с определенной частотой. Материал вследствие небольшого наклона лотка перемещается к его концу со скоростью, зависящей от амплитуды питающего напряжения. Достоинства вибрационных питателей — отсутствие вращающихся частей, плавное и практически безынерционное регулирование производительности.

Ленточные питатели (рис. 2, в) предназначены для выдачи сыпучих материалов с различными размерами фракций. Производительность питателя зависит от размеров фракций материала и скорости перемещения ленты v . Последнюю можно изменять с помощью частоты вращения электропривода или бесступенчатого вариатора, управляемого ИМ.

Тарельчатые питатели (рис. 2, г) предназначены для подачи из бункеров преимущественно мелкозернистых и мелкокусковых материалов. Тарельчатый питатель представляет собой круглый плоский диск (тарель), устанавливаемый под бункером и вращаемый специальным приводом желательно с возможностью регулирования частоты вращения π .

Между бункером и тарелью устанавливают манжеты и нож, с помощью которых осуществляется регулирование сечения потока материала. Более точное регулирование осуществляют поворотом ножа или изменением частоты вращения тарели. Производительность питателя зависит от изменения физических свойств материала, высыпающегося на тарель.

Шнековые питатели (рис. 2, д) более всего пригодны для выдачи мелкозернистых и мелкодисперсных материалов.

Производительность шнекового питателя пропорциональна квадрату диаметра рабочего винта D , шагу S и частоте его вращения π .

Секторные питатели (рис. 2, е) предназначены для выдачи мелкозернистых материалов. Основа конструкции секторного питателя — вращающийся барабан, разделенный радиальными перегородками на несколько секторов.

В частном случае (барабанный питатель) сектор может быть и один. Секторный

питатель устанавливают под бункером. Материал выдается за счет поочередного заполнения и опорожнения секторов в процессе вращения ротора. Производительность регулируют, изменяя частоту n вращения рабочего органа.

Недостатком питателя является зависимость степени заполнения секторов от числа оборотов n вращения ротора.

Регулирующие органы дроссельного типа. Они изменяют расход вещества за счет изменения скорости и площади сечения потока жидкости или газа при прохождении его через дросселирующее устройство, гидравлическое сопротивление которого — переменная величина. Регулирующие клапаны (рис. 2, ж и з) отличаются формами плунжера 1 и седла 2.

Каждая конструкция характеризуется прежде всего зависимостью площади проходного сечения F клапана от положения плунжера.

Для тарельчатого клапана, показанного на рисунке 4.6, ж, эту характеристику называют конструктивной и рассчитывают по формуле ($h_{\max} = 0,25D$)

$$F = \pi D h,$$

где D — диаметр отверстия, м.

Для золотникового клапана (рис. 4.6, з) с прямоугольным сечением окон

$$F = nbh,$$

где n — число окон; b и h — ширина и высота окна, м.

Поворотные заслонки (рис. 4.6, и) круглой или прямоугольной формы предназначены в основном для регулирования расхода газообразных сред при малых перепадах давления на регулирующем органе.

Зависимость площади проходного сечения от угла поворота заслонки имеет вид

$$F = 0,78 D_y^2 (1 - \cos \phi),$$

где D_y — диаметр условного прохода круглой или равной ей по площади прямоугольной заслонки, численно равный внутреннему диаметру круглой заслонки, м; ϕ — угол поворота заслонки, изменяющийся от 0 до ϕ_{\max} .

Работоспособность системы автоматического управления в значительной мере зависит от правильности выбора регулирующего органа. Выбирают конкретный РО по данным справочников или каталогов в соответствии с наибольшим значением пропускной способности.

Управление исполнительными механизмами осуществляется с помощью систем привода, преобразующих сигналы управления в соответствующее состояние механизма. Робототехнические комплексы и оборудование с ЧПУ представляют собой сложные устройства, содержащие большое количество механизмов с различными типами двигателей, работа которых организуется в соответствии с общей программой с целью получения требуемого результата наиболее эффективным путем. Отдельные механизмы снабжаются электрическим, гидравлическим или пневматическим приводом. Наиболее распространенным типом привода является электропривод.

Существующие системы ЭП классифицируются по различным признакам. Самым существенным из них является тип используемого электродвигателя, в соответствии с которым различают следующие классы электроприводов: 1) ЭП с двигателем постоянного тока; 2) ЭП с двигателем переменного тока; 3) ЭП с шаговым двигателем. Каждый из названных классов может быть подразделен на более мелкие группы в зависимости от конкретных типов электродвигателей и других признаков. С учетом основных функций механизма и режимов его работы различают ЭП зажимных устройств и устройств натяжения, ЭП систем стабилизации скорости, позиционный ЭП, следящий ЭП и др.

ЭП с двигателями постоянного и переменного тока используются в системах непрерывного и релейного управления для получения заданного закона движения. ЭП с шаговыми двигателями реализуют заданное движение как результат суммирования отдельных шаговых перемещений.

Шаговые двигатели имеют специфическую конструкцию, позволяющую фиксировать каждый шаг перемещения. По принципу действия ШД можно рассматривать как синхронный двигатель, позволяющий осуществлять синхронность движения при пуске и торможении, а также допускающий длительную фиксированную остановку с протеканием постоянного тока в обмотках ротора. В то же время ШД является аналогом обращенной машины постоянного тока с поворотом щеток коллектора, имитируемым коммутатором ШД.

ШД различаются по числу фаз, по типу магнитной системы и способу возбуждения. Наиболее распространеными являются многофазные ШД с числом фаз m , равным 3, 4 и 5.

По способу возбуждения ШД делят на следующие виды:

1) ШД с активным ротором (с электромагнитным возбуждением или магнитоэлектрические, т.е. с возбуждением постоянными магнитами);

2) индукторные ШД, имеющие зубчатый пассивный ротор с числом зубцов Z и гребенчатые зубчатые зоны статора. Каждая гребенчатая зубчатая зона

представляет собой выступающий полюс статора. В симметричной магнитной системе обмотки противоположных полюсов объединяются в фазы, так что число пар полюсов p статора равно числу фаз m . Число зубцов ротора Z_n выбирается так: если ось какого-либо полюса статора совпадает с осью зубца ротора, то ось соседнего полюса статора оказывается сдвинутой относительно оси ближайшего зубца ротора на угол $2\pi/(mZ_p)$. При симметричной коммутации каждому переключению фаз соответствует угол поворота вектора намагничивающих сил $a = 2\pi/m$ (электрических радиан) или $a_r = 2\pi/2p$ (геометрических радиан). В результате переключения ротор займет новое положение, т.е. повернется на угол $a_m = 2\pi/mZ$. Таким образом, механический шаг a оказывается меньше геометрического шага поля a_r . Отношение $a_r/a_m = mZ_p/2p$ называется электромагнитной редукцией (ЭР), а двигатель с ЭР, большей или равной 1, — редукторным.

Классификационным признаком индукторного ШД является постоянство потокосцепления контура возбуждения, который реализуется за счет постоянной составляющей тока обмоток фаз (самовозбуждение) или специальной обмотки возбуждения (независимое возбуждение);

3) индукторно-реактивные ШД, не имеющие отдельного контура возбуждения. При разнополярном управлении такие ШД развивают только реактивный момент, пропорциональный квадрату переменной составляющей тока фазы. При однополярной коммутации возникают одновременно реактивный и активный, или индукторный, момент, пропорциональный постоянной составляющей тока в фазе;

4) реактивные ШД, электромагнитный момент которых является реактивным независимо от наличия или отсутствия постоянных составляющих тока в фазах.

1.12 Лекция № 12 (2 часа).

Тема: «Сравнительный анализ и применяемость электрических, пневматических и гидравлических исполнительных механизмов»

1.12.1 Вопросы лекции:

1. Пневматические исполнительные механизмы непрерывного действия.
2. Электропневматические преобразователи.

1.12.2 Краткое содержание вопросов:

Электропневматический преобразователь типа ЭПП-63.

Преобразователь ЭПП-63 предназначен для преобразования сигнала постоянного тока 0—5 мА в пропорциональный унифицированный пневматический сигнал 0,2—1

кгс/см². Принципиальная схема прибора приведена на рис. 3

При установленном режиме постоянный ток, проходя по катушке 1, укрепленной на основном рычаге 5, создает усилие втягивания катушки в зазор постоянного магнита 2, которое уравновешивается на рычажной системе при определенном давлении в сильфоне обратной связи 6.

При изменении тока нарушается равновесие рычажной системы и рычаги 5 и 7, соединенные гибкой тягой 8, поворачиваются вокруг шарниров, изменяя зазор между соплом 3 и укрепленной на основном рычаге заслонкой 4. Это вызывает изменение давления в междроссельной

камере А, вследствие чего нарушаются равновесие дифференциальной мембранны 9, и шток, жестко связанный с мембранный, изменяет степень открытия клапана 11. При этом начинает изменяться давление в камере выхода Б и в сильфоне обратной связи. Равновесие рычажной системы восстановится при определенном соотношении между выходным давлением и входным током при новом соотношении давлений в выходной и междроссельной камерах, что соответствует новым значениям перепадов давлений на постоянных дросселях 10 и 12.

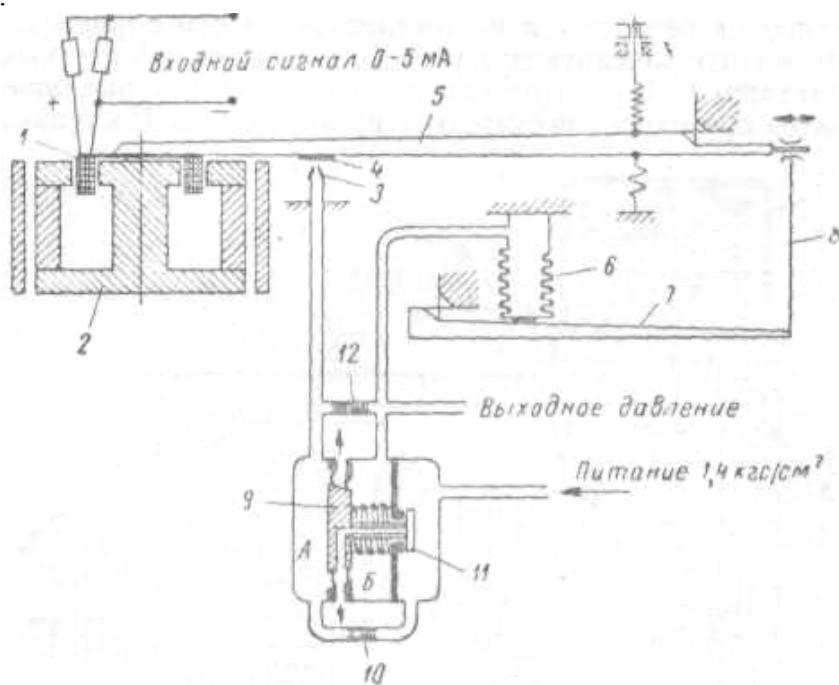


Рис. 3. Принципиальная схема электропневматического преобразователя ЭПП-63

Основная допустимая погрешность выходного сигнала не превышает $\pm 1\%$ от диапазона его изменения. Пневматическая часть прибора питается сухим и чистым воздухом давлением 1,4 кгс/см², длина трассы передачи пневматических импульсов до 300 м, расход воздуха 2 л/мин. Габаритные размеры прибора 194 X 166 X 375 мм. Изготовитель: Опытный завод «Энергоприбор», Москва.

Кодовый электропневматический преобразователь КЭПП-2М. Прибор предназначен для преобразования электрического параллельного восьмиразрядного двоичного кода в пневматический аналоговый сигнал 0,2—1 кгс/см². Управление преобразователем осуществляется от вычислительной машины. Принцип действия прибора основан на суммировании расходов воздуха, проходящего через параллельно включенные дроссели с различными условными проходными сечениями при постоянном перепаде давления на них, при этом предусматривается автоматический сдвиг начальной точки диапазона преобразования. Преобразователь состоит из семи регулируемых разрядных дросселей, настроенных так, что их условные проходные сечения относятся, как 1 : 2 : 4 : 8 : 16 : 32 : 64, электропневмопреобразователей, отключающих или подключающих разрядные дроссели,

следующей системы нулевого опорного давления и схемы автоматического сдвига начала преобразования. Пневматическая схема задатчика выполнена на базе универсальной системы элементов промышленной пневмоавтоматики.

Напряжение питания 27 В постоянного тока, номинальный ток управления не более 150 мА. Давление питания 1,4 кгс/см², объемный расход воздуха не более 8 л/мин. Основная погрешность — 1,5%.

Изготовитель: Завод приборов, Усть-Каменогорск.

В качестве электропневматического аналогового преобразователя может быть использован также преобразователь ферродинамический функциональный ПФФ, работающий с выходным пневматическим преобразователем ПП.

Пневмоэлектрический преобразователь типа ПЭ-55М.

Прибор предназначен для преобразования унифицированного пневматического сигнала (0,2—1 кгс/см²) в унифицированный электрический сигнал постоянного тока (0—5 мА).

Измерительным элементом преобразователя является манометрическая трубчатая одновитковая пружина 1 (рис. 4). Преобразование перемещения ее конца в усилие осуществляется с помощью спиральной пружины 2, которая укреплена на рычаге 3, врашающемся вокруг оси 4. На рычаге 3 укреплен также медный диск 7, который находится в высокочастотном поле плоской катушки 6, входящей в базовый контур генератора 9. Генератор выполнен двухконтурным по схеме с общим коллектором. При перемещении коромысла изменяются параметры базового контура, что приводит к изменению режима генератора. Изменение режима генератора вызывает изменение постоянной составляющей коллекторного тока и тока базы, а следовательно, и выходного тока. В цепь коллектора включена катушка обратной связи 5, укрепленная на рычаге 3 в поле постоянного магнита 8. Выходной ток, обтекая катушку 5, создает момент обратной связи, противоположный моменту, создаваемому пружиной 2, вследствие чего коромысло будет перемещаться до наступления нового состояния равновесия.

В блоке I собраны электрические элементы, обеспечивающие питание генератора, фильтрацию выходного тока и стабилитроны для смещения нуля. На соединительной колодке 11 кроме зажимов для подключения питания и нагрузки, имеются клеммы, предназначенные для проверки исправности преобразователя.

Класс точности преобразователя 1. Пневматическая часть прибора питается сухим и чистым воздухом давлением 1,4 кгс/см², электрическая часть — переменным током напряжением 220 В, потребляемая мощность 5 В-А. Суммарное сопротивление проводов и нагрузки не должно превышать 2,5 кОм. Преобразователь выпускается в пылезащищенном и брызгонепроницаемом исполнении. Габаритные размеры 314 X 220 X 132 мм. Изготовитель: Чебоксарский завод электрических исполнительных механизмов.

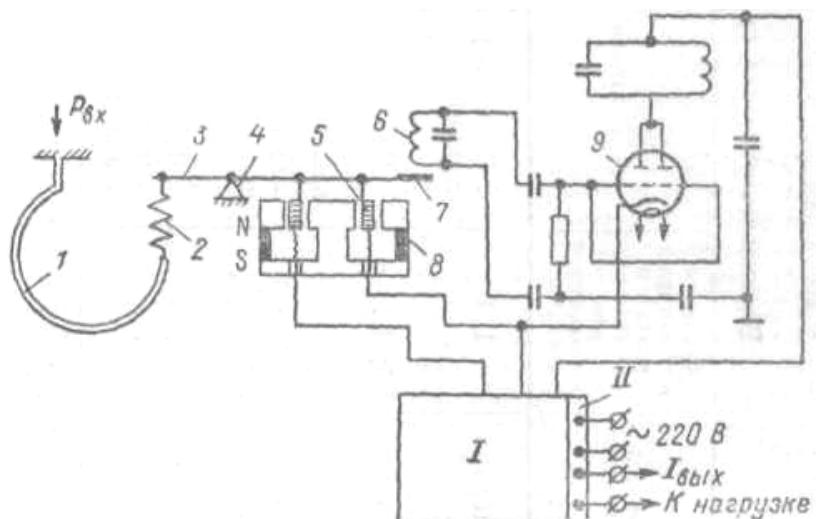


Рис. Принципиальная схема пневмаэлектрического преобразователя ПЭ-55М

1.13 Лекция № 13 (2 часа).

Тема: «Унификация и агрегатирование»

1.13.1 Вопросы лекции:

1. Методы стандартизации. Агрегатирование.
2. Построение блоков и приборов (блочно-модульный принцип).
3. Унификация средств автоматизации.
4. Сигналы-носители, аналоговый сигнал, импульсный сигнал, кодовый сигнал, цифровой сигнал.
5. Классификация и функциональные схемы автоматизированный контроль - измерительных устройств. Прикладные вопросы метрологии.

1.13.2 Краткое содержание вопросов:

1. Методы стандартизации. Агрегатирование. Известно, что в средствах автоматизации требуется достаточно узкая специализация предприятий, выпускающих крупные серии однотипных устройств. В то же время с развитием автоматизации, с появлением новых, все более сложных объектов управления и увеличением объема автоматизированной специализации предприятий, выпускающих крупные серии однотипных устройств.

Появление новых, все более сложных объектов управления и увеличением объема автоматизируемых функций возрастают требования к функциональному разнообразию устройств автоматизации и к разнообразию их технических характеристик и конструктивных особенностей исполнения.

Задача уменьшения функционального и конструктивного многообразия при оптимальном удовлетворении запросов автоматизируемых предприятий решается при помощи методов стандартизации. Решениям по стандартизации всегда предшествуют системные исследования практики автоматизации, типизация имеющихся решений и научное обоснование экономически оптимальных вариантов и возможностей дальнейшего сокращения многообразия применяемых устройств.

Принимаемые при этом решения после их практической проверки оформляются обязательные для исполнения государственным стандартам (ГОСТ). Более узкие по сфере применения решения могут оформляться и в виде отраслевых стандартов (ОСТ), а также в виде имеющих еще более ограниченную применимость стандартов предприятий (СТП).

Агрегатирование - принцип формирования состава серийно изготавливаемых средств автоматизации, направленный на максимальное удовлетворение запросов предприятий-потребителей при ограниченной номенклатуре серийно выпускаемой продукции.

Агрегатирование базируется на том, что сложные функции управления можно разложить на простейшие составляющие (как, пример, сложные вычислительные алгоритмы можно представить в виде совокупности отдельных простейших операторов).

Таким образом, агрегатирование основывается на разложении общей задачи управления на ряд простейших однотипных операций, повторяющихся в тех или иных комбинациях в самых различных системах управления.

При анализе большого количества подобных систем управления можно выделить ограниченный набор простейших функциональных операторов, на комбинации которых строится практически любой вариант АСУТП. В результате формируется состав серийно изготавливаемых средств автоматизации, включающий такие конструктивно завершенные и функционально самостоятельные единицы, как блоки и модули, приборы и механизмы.

2. Построение блоков и приборов (блочно-модульный принцип).

Блок - конструктивное сборное устройство, выполняющее одну или несколько функциональных операций по преобразованию информации.

Модуль - унифицированный узел, выполняющий элементарную типовую операцию в составе блока или прибора.

Исполнительный механизм (ИМ)- устройство для преобразования управляющей информации в механическое перемещение с располагаемой мощностью, достаточной для воздействия на объект управления.

В соответствии с принципом агрегирования системы управления создаются путем монтажа модулей, блоков, приборов и механизмов с последующей коммутацией каналов и линий связи между ними. В свою очередь, сами блоки и приборы создаются также путем монтажа и коммутации различных модулей.

Модули же собираются из более простых узлов (микромодулей, микросхем, плат, устройств коммутации и т.п.), составляющих элементную базу технических средств.

При этом изготовление блоков, приборов и модулей осуществляется полностью в заводских условиях, в то время как монтаж и коммутация АСУТП полностью завершается лишь на месте ее эксплуатации.

Такой подход к построению блоков и приборов получил название блочно-модульного принципа исполнения технических средств автоматизации.

Применение блочно-модульного принципа не только позволяет проводить широкую специализацию и кооперирование предприятий в рамках отрасли, производящей средства автоматизации, но и ведет к повышению ремонтопригодности и увеличению коэффициентов использования этих средств в системах управления. Обычно предприятия, выпускающие средства автоматизации промышленного назначения, специализируются на изготовлении комплексов или систем блоков и приборов, функциональный состав которых ориентирован на реализацию каких-либо крупных функций или подсистем АСУТП.

При этом в рамках отдельного комплекса все блоки и приборы выполняются совместимые по интерфейсу, т.е. совместимы по параметрам и характеристикам сигналов-носителей информации, равно

как и по конструктивным параметрам и характеристикам устройств автоматизации агрегатные или агрегатированные.

3. Унификация средств автоматизации. В России производство средств автоматизации промышленного назначения осуществляется в рамках Государственной системы приборов и средств автоматизации промышленного назначения (или сокращенно ГСП). ГСП включает все средства автоматизации, отвечающие единым общим технологическим требованиям к параметрам и характеристикам сигналов-носителей информации, к характеристикам точности и надежности средств, к их параметрам и особенностям конструктивного исполнения.

Стандарты на виды и параметры сигналов унифицируют систему внешних связей или интерфейс средств автоматизации. Такая унификация, дополненная стандартами на устройства коммутации блоков друг с другом (в виде системы разъемов), создает предпосылки для максимального упрощения проектирования, монтажа, коммутации и наладки технических средств систем управления. При этом блоки, приборы и прочие устройства с одинаковым типом и диапазоном параметров сигналов на входах-выходах

стыкуются путем простого соединения разъемов.

4. Сигналы-носители, аналоговый сигнал, кодовый сигнал, цифровой сигнал.

Аналоговый сигнал характеризуется текущими изменениями какого-либо физического параметра - носителя (например, мгновенными значениями электрического напряжения или тока). Такой сигнал существует практически в каждый момент времени и может принимать (любые значения электрического напряжения и тока).

Импульсный сигнал характерен представлением информации только в дискретные моменты времени, т.е. наличием квантования по времени. При этом информация представляется в виде последовательности импульсов одинаковой продолжительности, но раз-

личной амплитуды (амплитудно-импульсная модуляция сигнала) или одинаковой амплитуды, но разной продолжительности (широко-импульсная модуляция сигнала). Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ) сигнала применяется в тех случаях, когда значения физического параметра-носителя информации могут изменяться со временем. Широко-импульсная модуляция (ШИМ) сигнала используется, если физический параметр-носитель информации может принимать, лишь некоторое постоянное значение.

Такой сигнал существует практически в каждый данный момент времени и может принимать любые значения в пределах заданного диапазона изменений параметра. проводить широкую специализацию и кооперирование предприятий в рамках отрасли, про из водящей средства автоматизации, но и ведет к повышению ремонтопригодности и увеличению коэффициентов использования этих средств в системах управления. Обычно предприятия, выпускающие средства автоматизации промышленного назначения, специализируются на изготовлении комплексов или систем блоков и приборов, функциональный состав которых ориентирован на реализацию каких-либо крупных функций или подсистем АСУТП.

При этом в рамках отдельного комплекса все блоки и приборы выполняются совместимыми по интерфейсу, т.е. совместимыми по параметрам и характеристикам сигналов носителей информации, равно как и по конструктивным параметрам и характеристикам устройств коммутации. Принято называть такие комплексы и системы средств автоматизации агрегатными или агрегатированными.

Сигналы - носители информации в средствах автоматизации могут различаться как по физической природе и параметрам, так и по форме представления информации. В рамках ГСП применяются в серийном производстве средств автоматизации следующие типы сигналов:

- электрический сигнал (напряжение, сила или частота электрического тока);
- пневматический сигнал (давление сжатого воздуха);
- гидравлический сигнал (давление или перепад давлений жидкости).

Соответственно в рамках ГСП формируются электрическая, пневматическая и гидравлическая ветви средств автоматизации. Наиболее развитой ветвью средств автоматизации является электрическая. В то же время широко используются и пневматические средства. Развитие пневматической ветви ограничивается относительно низкой скоростью преобразования и передачи пневматических сигналов. Тем не менее в области автоматизации пожаро- и взрывоопасных производств пневматические средства находятся, по существу, вне конкуренции.

Гидравлическая ветвь средств ГСП не получила широкого развития. По форме представления информации сигнал может быть аналоговым, импульсным и кодовым. Кодовый сигнал представляет собой сложную последовательность импульсов, используемую для передачи цифровой информации. При этом каждая цифра может быть представлена в виде сложной последовательности импульсов, т.е. кода, а передаваемый сигнал является дискретным (квантуется) и по времени, и по уровню.

В соответствии с формой представления информации средства ГСП подразделяются на аналоговые и дискретно-цифровые. К последним относятся также средства вычислительной техники.

Все параметры и характеристики сигналов-носителей информации в средствах ГСП унифицированы. Стандартами предусматривается использование в аналоговых средствах следующих видов электрических сигналов:

- сигнал по изменению силы постоянного тока (токовый сигнал);
- сигнал по изменению напряжения постоянного тока;
- сигнал по изменению напряжения переменного тока;
- частотный электрический сигнал.

Сигналы постоянного тока используются чаще. При этом токовый сигнал (с большим внутренним сопротивлением источника) применяется для передачи информации в относительно длинных линиях связи.

Сигналы переменного тока редко используются для преобразования и передачи информации во внешних линиях связи. Это связано с тем, что при сложении и вычитании сигналов переменного тока необходимо выполнить требование синфазности, а также обеспечить подавление нелинейных искажений гармоник тока. В то же время при использовании этого сигнала легко реализуются задачи гальванического разделения электрических цепей.

Электрический частотный сигнал является потенциально наиболее помехоустойчивым аналоговым сигналом. В то же время получение и осуществление линейных преобразований этого сигнала вызывает известные затруднения. Поэтому частотный сигнал не получил широкого распространения.

Для каждого вида сигналов установлен ряд унифицированных диапазонов их изменений.

1.14 Лекция № 14 (2 часа).

Тема: «Основные принципы построения ФСА»

1.14.1 Вопросы лекции:

1. Функциональная схема автоматизации.
2. Информационный поток, объект управления, система управления, вид контроля.
3. Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры, установленный по месту (например, термоэлектрический преобразователь термопары).
4. Термопреобразователь сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пирометра и т.д.

1.14.1 Краткое содержание вопросов:

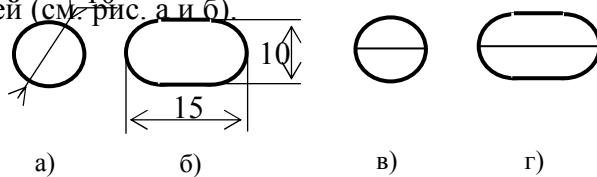
1. Функциональная схема автоматизации. Для составления ФСА необходимо определить информационный поток, действующий между объектом управления и системой управления.

Затем разделить всю информацию на оперативную, отчетную и статистическую, указать характер информации и ее функциональную обработку (вид контроля, преобразование, сигнализация, блокировка, защита, регулирование, управление). Дать описание ФСА, составить спецификацию на технические средства автоматизации. Технические средства должны иметь требуемую избирательность измерения, обеспечивать достоверность получаемой и выдаваемой информации, надежность, удобство пользованием.

Функциональная схема автоматизации технологического процесса представляет собой чертеж упрощенной технологической схемы процесса, выполненной без масштаба с обозначением технических средств автоматизации (ГОСТ 21.404-85) и функциональных связей между ними. При построении графических условных обозначений средств автоматизации в верхней части окружности наносятся буквенные обозначения параметра и функциональных признаков прибора.

2. Информационный поток, объект управления, система управления, вид контроля.

Все местные измерительные и преобразовательные приборы, установленные на технологическом объекте изображаются на функциональных схемах автоматизации в виде окружностей (см. рис. а и б).



Если приборы размещаются на щитах и пультах в центральных или местных операторных помещениях, то внутри окружности проводится горизонтальная разделительная линия (см. рис. в и г).

Внутрь окружности вписываются:

- в верхнюю часть - обозначения контролируемых, сигнализируемых или регулируемых параметров, обозначение функций и функциональных признаков приборов и устройств;
- в нижнюю часть - позиционные обозначения приборов и устройств.

Места расположения отборных устройств и точек измерения указываются с помощью тонких сплошных линий. Буквенные обозначения средств автоматизации строятся на основе латинского алфавита и состоят из трех групп букв: 1 буква - Контролируемый, сигнализируемый или регулируемый параметр:

Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации

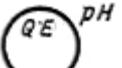
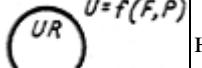
п/п	Обозначение	Наименование
		<p>Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту.</p> <p>Например: преобразователь термоэлектрический (термопары), термопреобразователь сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пирометра и т.п.</p>
		<p>Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту.</p> <p>Например: термометр ртутный, термометр манометрический и т.п.</p>
		<p>Прибор для измерения температуры показывающий, установленный на щите.</p> <p>Например: милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.</p>
		<p>Прибор для измерения температуры бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.</p> <p>Например: термометр манометрический (или любой другой датчик температуры) бесшкальный с пневмо- или электропередачей</p>
		<p>Прибор для измерения температуры одноточечный, регистрирующий, установленный на щите.</p> <p>Например: самопищий милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.</p>
		<p>Прибор для измерения температуры с автоматическим обегающим устройством, регистрирующий, установленный на щите.</p> <p>Например: многоточечный самопищий потенциометр, мост автоматический и т.п.</p>
		<p>Прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, установленный на щите.</p> <p>Например: любой самопищий регулятор температуры (термометр манометрический, милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.)</p>
		<p>Регулятор температуры бесшкальный, установленный по месту.</p> <p>Например: дилатометрический регулятор температуры</p>
		<p>Комплект для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленный на щите.</p> <p>Например: вторичный прибор и регулирующий блок системы "Старт"</p>
0		<p>Прибор для измерения температуры бесшкальный с контактным устройством, установленный по месту.</p> <p>Например: реле температурное</p>
1		Байпасная панель дистанционного управления, установленная на щите

2		Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых (воздушных) линий, установленный на щите
3		<p>Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, установленный по месту.</p> <p>Например: любой показывающий манометр, дифманометр, тягомер, напоромер, вакуумметр и т.п.</p>
4		<p>Прибор для измерения перепада давления показывающий, установленный по месту.</p> <p>Например: дифманометр показывающий</p>
5		<p>Прибор для измерения давления (разрежения) бесшельчальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.</p> <p>Например: манометр (дифманометр) бесшельчальный с пневмо- или электропередачей</p>
6		<p>Прибор для измерения давления (разрежения) регистрирующий, установленный на щите.</p> <p>Например: самопищий манометр или любой вторичный прибор для регистрации давления</p>
7		<p>Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту.</p> <p>Например: реле давления</p>
8		<p>Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий с контактным устройством, установленный по месту.</p> <p>Например: электроконтактный манометр, вакуумметр и т.п.</p>
9		Регулятор давления, работающий без использования постороннего источника энергии (регулятор давления прямого действия) "до себя".
0		<p>Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту.</p> <p>Например: диафрагма, сопло, труба Вентури, датчик индукционного расходомера и т.п.</p>
1		<p>Прибор для измерения расхода бесшельчальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.</p> <p>Например: дифманометр (ротаметр), бесшельчальный с пневмо- или электропередачей</p>
2		<p>Прибор для измерения соотношения расходов регистрирующий, установленный на щите.</p> <p>Например: любой вторичный прибор для регистрации соотношения расходов</p>
3		<p>Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту.</p> <p>Например: дифманометр (ротаметр), показывающий</p>
4		<p>Прибор для измерения расхода интегрирующий, установленный по месту.</p> <p>Например: любой бесшельчальный счетчик-расходомер с интегратором</p>

5		<p>Прибор для измерения расхода показывающий, интегрирующий, установленный по месту</p> <p>Например: показывающий дифманометр с интегратором</p>
6		<p>Прибор для измерения расхода интегрирующий, с устройством для выдачи сигнала после прохождения заданного количества вещества, установленный по месту.</p> <p>Например: счетчик-дозатор</p>
7		<p>Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту.</p> <p>Например: датчик электрического или емкостного уровнемера</p>
8		<p>Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту.</p> <p>Например: манометр (дифманометр), используемый для измерения уровня</p>
9		<p>Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту.</p> <p>Например: реле уровня, используемое для блокировки и сигнализации верхнего уровня</p>
0		<p>Прибор для измерения уровня бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.</p> <p>Например: уровнемер бесшкальный с пневмо- или электропередачей</p>
1		<p>Прибор для измерения уровня бесшкальный, регулирующий, с контактным устройством, установленный по месту.</p> <p>Например: электрический регулятор-сигнализатор уровня. Буква <i>H</i> в данном примере означает блокировку по верхнему уровню.</p>
2		<p>Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите.</p> <p>Например: вторичный показывающий прибор с сигнальным устройством. Буквы <i>H</i> и <i>L</i> означают сигнализацию верхнего и нижнего уровней</p>
3		<p>Прибор для измерения плотности раствора бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.</p> <p>Например: датчик плотномера с пневмо- или электропередачей</p>
4		<p>Прибор для измерения размеров показывающий, установленный по месту.</p> <p>Например: показывающий прибор для измерения толщины стальной ленты</p>

5	   	<p>Прибор для измерения любой электрической величины показывающий, установленный по месту.</p> <p>Например:</p> <p>Напряжение *</p> <p>Сила тока *</p> <p>Мощность *</p>
---	--	--

* Надписи, расшифровывающие конкретную измеряемую электрическую величину, располагаются либо рядом с прибором, либо в виде таблицы на поле чертежа.

6		<p>Прибор для управления процессом по временной программе, установленный на щите.</p> <p>Например: командный электропневматический прибор (КЭП), многоцепное реле времени</p>
7		<p>Прибор для измерения влажности регистрирующий, установленный на щите.</p> <p>Например: вторичный прибор влагомера</p>
8		<p>Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения качества продукта, установленный по месту.</p> <p>Например: датчик pH-метра</p>
9		<p>Прибор для измерения качества продукта показывающий, установленный по месту.</p> <p>Например: газоанализатор показывающий для контроля содержания кислорода в дымовых газах</p>
0		<p>Прибор для измерения качества продукта регистрирующий, регулирующий, установленный на щите.</p> <p>Например: вторичный самопищий прибор регулятора концентрации серной кислоты в растворе</p>
1		<p>Прибор для измерения радиоактивности показывающий, с контактным устройством, установленный по месту</p> <p>Например: прибор для показания и сигнализации предельно допустимых концентраций α- и β-лучей</p>
2		<p>Прибор для измерения скорости вращения, привода регистрирующий, установленный на щите.</p> <p>Например: вторичный прибор тахогенератора</p>
3		<p>Прибор для измерения нескольких разнородных величин регистрирующий, установленный по месту.</p> <p>Например: самопищий дифманометр-расходомер с дополнительной записью давления. Надпись, расшифровывающая измеряемые величины, наносится справа от прибора</p>
4		<p>Прибор для измерения вязкости раствора показывающий, установленный по месту.</p> <p>Например: вискозиметр показывающий</p>

5		<p>Прибор для измерения массы продукта показывающий, с контактным устройством, установленный по месту.</p> <p>Например: устройство электронно-тензометрическое, сигнализирующее</p>
6		<p>Прибор для контроля погасания факела в печи бесшкальный, с контактным устройством, установленный на щите.</p> <p>Например: второй прибор запально-защитного устройства. Применение резервной буквы <i>B</i> должно быть оговорено на поле схемы</p>
7		<p>Преобразователь сигнала, установленный на щите. Входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический.</p> <p>Например: преобразователь измерительный, служащий для преобразования т.э.д.с. термометра термоэлектрического в сигнал постоянного тока</p>
8		<p>Преобразователь сигнала, установленный по месту. Входной сигнал пневматический, выходной - электрический</p>
9		<p>Вычислительное устройство, выполняющее функцию умножения.</p> <p>Например: множитель на постоянный коэффициент <i>K</i></p>
0		<p>Пусковая аппаратура для управления электродвигателем (включение, выключение насоса; открытие, закрытие задвижки и т.д.).</p> <p>Например: магнитный пускатель, контактор и т.п. Применение резервной буквы <i>N</i> должно быть оговорено на поле схемы</p>
1		<p>Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления (включение, выключение двигателя; открытие, закрытие запорного органа, изменение задания регулятору), установленная на щите.</p> <p>Например: кнопка, ключ управления, задатчик</p>
2		<p>Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, снабженная устройством для сигнализации, установленная на щите.</p> <p>Например: кнопка со встроенной лампочкой, ключ управления с подсветкой и т.п.</p>

3. Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры, установленный по месту (например, термоэлектрический преобразователь термопара). Функциональная схема рассматриваемой цифровой системы управления гидравлическим объектом представлена на рис.

4. Термопреобразователь сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пиromетра и т.д. Средства измерений теплового излучения. Оптический пиromетр (ОП) Принцип действия ОП (см. рисунок) основан на сравнении спектральной яркости тела со спектральной яркостью градуированного источника излучения.

В качестве чувствительного элемента, определяющего совпадение спектральных яркостей, служит глаз человека.

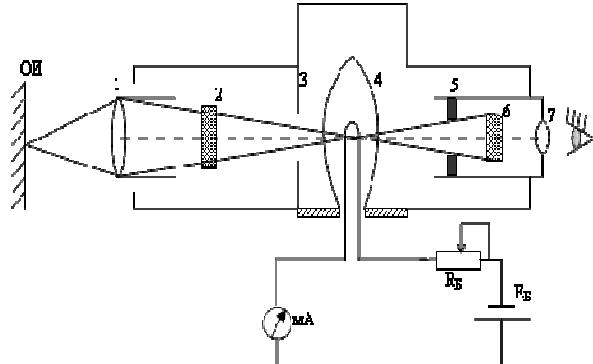


Рисунок - Схема оптического пирометра с исчезающей нитью

Обозначения на схеме: 1 – объектив прибора; 2 – поглощающий светофильтр; 3 – диафрагма входная; 4 – оптическая лампа; 5 – выходная диафрагма; 6 – красный светофильтр; 7 – окуляр; ОИ – объект измерения.

Для измерения температуры объектив прибора 1 направляется на ОИ так, чтобы на его фоне видна была в окуляре 7 нить оптической лампы 4.

Сравнение спектральных яркостей ОИ и нити лампы 4 осуществляется при длине волны, равной 0,65 мкм, для чего перед окуляром установлен красный светофильтр 6. Диафрагмы 3 и 5 ограничивают входной и выходной углы пирометра, оптимальное значение которых позволяет обеспечить независимость показаний прибора от изменения расстояния между ОИ и объективом.

С помощью реостата R_B изменяют силу тока, идущего от батареи к нити лампы, до тех пор, пока яркость нити не станет равной видимой яркости объекта измерения ($T_y^0 = T_y^H$). При достижении указанного равенства нить «исчезает» на фоне изображения объекта измерения (см. рисунок 1.18). В этот момент по миллиамперметру, отградуированному в значениях яркостной температуры нити лампы T_y^H , определяют яркостную температуру объекта T_y^0 . Затем по T_y^0 определяют действительную (истинную) температуру объекта T (формула 1.34).

Нить оптической лампы выполнена из вольфрама, поэтому для избежания ее возгорки при температуре выше 1400°C , для измерения более высоких температур перед лампой включается ослабляющий или поглощающий светофильтр 2. Благодаря этому светофильтру уменьшается видимая яркость ОИ в кратное число раз, что позволяет не перекаливать нить и сохранять стабильность градуировки пирометра.

В оптических пирометрах обычно имеется две шкалы, одной пользуются при невведенном поглощающем светофильтре (800 — 1200°C), а второй - при введенном поглощающем светофильтре (1200 — 2000°C).

Существующие оптические пирометры имеют интервал измерения 800 — 6000°C , классы точности - 1,5 до 4,0.

Фотоэлектрические пирометры (ФП) являются автоматическими. Чувствительными элементами, воспринимающими лучистую энергию, служат фотоэлементы, фотоумножители, фотосопротивления и фотодиоды.

По принципу действия ФП бывают двух типов:

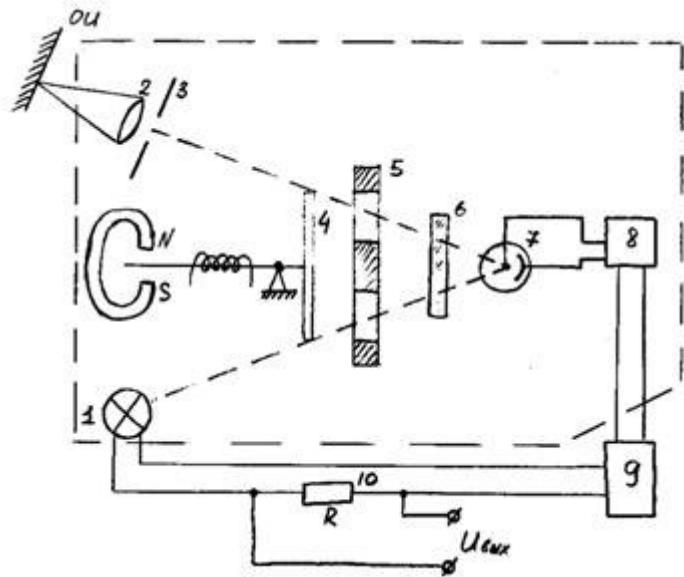
а) лучистая энергия, воспринимаемая прибором, попадая на чувствительный элемент, изменяет его параметры (фототок, сопротивление);

б) измерение лучистой энергии осуществляется компенсационным методом, здесь чувствительный элемент работает в режиме нуль-индикатора, сравнивая интенсивности

излучения от измеряемого тела и от стабильного источника излучения – миниатюрной лампочки накаливания.

ФП второго типа более сложны, но и более точны, т.к. их показания не зависят от характеристик чувствительного элемента и электронной схемы.

Схема ФП второго типа, работающего по компенсационному методу, представлена на рисунке 1.19.



Обозначения на схеме:

- 1 – регулируемый источник света;
- 2 – объектив;
- 3, 5 – диафрагма;
- 4 – вибрирующая заслонка;
- 6 – красный светофильтр;
- 7 – фотоэлемент;
- 8 – электронный усилитель;
- 9 – силовой блок;
- 10 – резистор.

Рисунок 1.19 - Схема фотоэлектрического пирометра

Световые потоки от ОИ и от 1 попадают на фотоэлемент 7 в противофазе. Это осуществляется тем, что перед отверстиями диафрагмы 5 установлена вибрирующая заслонка 4, поочередно перекрывающая эти отверстия. Каждый из световых потоков, попадая на фотоэлемент, создает противоположный по фазе синусоидальный ток. При одинаковых спектральных яркостях от ОИ и от источника 1, воздействующих в противофазе, на фотоэлементе генерируется постоянный ток. Если спектральные яркости не равны друг другу (например, при изменении температуры ОИ), то в цепи фотоэлемента появляется переменная составляющая фототока, которая усиливается усилителем 8 и поступает на фазочувствительный каскад силового блока 9. В результате изменяется ток накала лампы 1 до тех пор, пока на фотоэлементе не уравняются световые потоки от ОИ и от 1. Ток лампы, однозначно связанный с ее спектральной яркостью, может служить мерой яркостной температуры объекта. Поэтому, измеряя автоматическим потенциометром падение напряжения на резисторе 10, шкалу потенциометра градуируют в значениях яркостной температуры.

ФП имеют основную погрешность $\pm 1\%$ (800 — 2000°C) и $\pm 1,5\%$ ($>2000^\circ\text{C}$).

1.8.3 Пирометр спектрального отношения (цветовой пирометр)

Эти пирометры предназначены для измерения цветовой температуры путем измерения отношения спектральных энергетических яркостей, соответствующих двум длинам волн.

Существуют двухканальные и одноканальные цветовые пирометры (ЦП). В двухканальных ЦП измерительные сигналы, соответствующие каждой длине волн излучения, передаются одновременно по двум независимым каналам, из соотношения величин данных сигналов определяется мгновенная цветовая температура T_c объекта. Двухканальные ЦП используются в основном в лабораторных условиях, когда требуется определить T_c с большой скоростью.

В ЦП с одноканальной схемой измерения два различных монохроматических потока с помощью оптического коммутатора поочередно подаются на один фотоэлектрический приемник. Одноканальные ЦП обладают большой стабильностью, поэтому имеют широкое применение. Схема одноканального ЦП приведена на рисунке 1.20. Обозначения на схеме: Т – телескоп; БП – блок преобразования сигналов; 1 – объект измерения; 2 – оптическая система; 3 – обтюратор – диск с двумя отверстиями (в одном красный светофильтр, в другом синий); 4 – фотоэлемент; 5 – предварительный усилитель; 6 – БП (включает в себя: дифференциальные цепочки, пик-детектор, логарифмическое звено с цепочкой RC, амплитудный ограничитель напряжения, фильтр); 7 – синхронный переключатель; 8 – синхронный двигатель; 9 – автоматический потенциометр.

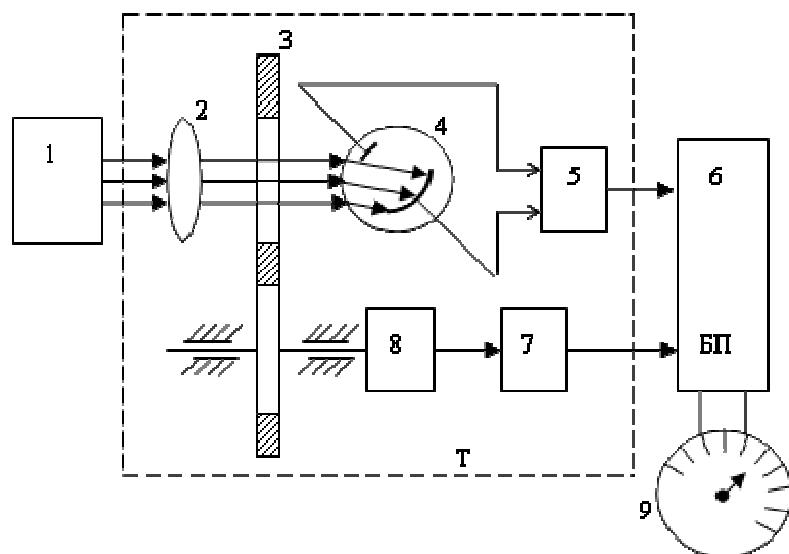


Рисунок 1.20 – Схема одноканального цветового пирометра

При вращении обтюратора синхронным двигателем на фотоэлемент попаременно попадает излучение красной и синей спектральной яркостей, в результате чего в фотоэлементе формируются импульсы фототока, пропорциональные соответствующим спектральным яркостям.

Импульсы фототока усиливаются в предварительном усилителе, в виде импульсов напряжения трапецидальной формы поступают в БП.

Автоматический потенциометр на выходе БП измеряет постоянную составляющую

$$I_{cp} = A \cdot \ln \frac{B_{\lambda 1}}{B_{\lambda 2}}$$

тока: $\frac{B_{\lambda 1}}{B_{\lambda 2}}$, тогда получается, что ЦП измеряет отношение $\frac{B_{\lambda 1}}{B_{\lambda 2}} \Rightarrow T_c \Rightarrow T$. ЦП имеет диапазон 1400—2800°C, класс точности 1,0.

1. 15 Лекция № 15 (2 часа).

Тема: «Автоматические регуляторы»

1.15.1 Вопросы лекции:

1. Типовая структурная схема автоматического регулятора.
2. Классификация регуляторов: по принципу действия прямого (непрямого), по роду действия (непрерывные) дискретные и т.д.
3. Выбор типа регулятора. Позиционные регуляторы.
4. Основные элементы адаптивного регулятора.

1.15.2 Краткое содержание вопросов:

1. Типовая структурная схема автоматического регулятора.

В системах автоматизации технологических процессов применяют в основном приборы электрической ветви (ГСП). Пневматические средства автоматизации используются на относительно простых и компактных объектах тепловой обработки (сушка, пропаривание, стерилизация), в автоматизированных поточных линиях, роботах, манипуляторах.

Гидравлические регуляторы в пищевой промышленности не распространены. Комбинированные регуляторы позволяют сочетать преимущества электро-, пневмо- или гидроэлектрических преобразователей с одной стороны, и электропневматических или электрогидравлических преобразователей с другой. Гидравлические и пневматические элементы в комбинированных системах часто выполняют функции исполнительных устройств.

2. Классификация регуляторов: по принципу действия прямого (непрямого), по роду действия (непрерывные) дискретные и т.д.

Автоматические регуляторы классифицируются по назначению, принципу действия, конструктивным особенностям, виду используемой энергии, характеру изменения регулирующего воздействия и т.д. По принципу действия они подразделяются на регуляторы прямого и непрямого действия. Регуляторы прямого действия не используют внешнюю энергию для процессов управления, а используют энергию самого объекта управления (регулируемой среды). Примером таких регуляторов является регуляторы давления.

В автоматических регуляторах непрямого действия для его работы требуется внешний источник энергии. По роду действия регуляторы делятся: непрерывные и дискретные.

Дискретные регуляторы, в свою очередь, подразделяются: релейные, цифровые и импульсные. По виду используемой энергии они подразделяются на электрические (электронные), пневматические, гидравлические, механические и комбинированные.

3. Выбор типа регулятора. Позиционные регуляторы. Основные элементы адаптивного регулятора.

Выбор регулятора по виду используемой энергии определяется характером объекта регулирования и особенностям автоматической системы. По закону регулирования они делятся на двух- и трехпозиционные регуляторы, регуляторы с непрерывным управляющим воздействием.

По закону регулирования они делятся на двух- и трехпозиционные регуляторы, регуляторы с непрерывным управляющим воздействием (интегральные, пропорциональные, пропорционально-дифференциальные, пропорционально-интегральные, и пропорционально - интегрально-дифференциальные регуляторы - сокращенно. И, П., ПД, ПИ и ПИД

- регуляторы), регуляторы с переменной структурой, адаптивные (самонастраивающиеся) и оптимальные регуляторы.

Двухпозиционные регуляторы нашли широкое распространение, благодаря своей простоте и малой стоимости.

По назначению регуляторы подразделяются на специализированные (например, регуляторы уровня, давления, температуры и т.д.) и универсальные с нормированными входными и выходными сигналами и пригодные для управления различными параметрами.

По виду выполняемых функций регуляторы подразделяются на регуляторы автоматической стабилизации, программные, корректирующие, регуляторы соотношения параметров и другие.

Пневматические, гидравлические, механические и комбинированные. Выбор регулятора по виду используемой энергии определяется характером объекта регулирования и особенностями автоматической системы.

4. Основные элементы адаптивного регулятора. Самонастраивающееся управление относится к управлению с неизвестным изменением параметров. Динамика многих процессов такова, что их параметры неизвестны, хотя и постоянны во времени. В других случаях параметры изменяются во времени очень медленно.

Трубопроводные системы постепенно засоряются, и это влияет на расход и теплопотребление. При управлении воздушно-топливной смесью в двигателе внутреннего сгорания чувствительность датчика меняется со временем непредсказуемым образом.

В биологических ферментаторах или установках очистки сточных вод могут появляться новые организмы, изменяющие характер потребления кислорода. Простые системы с динамикой низкого порядка легко управляются, если их параметры известны и постоянны.

В большинстве подобных случаев достаточно использовать ПИД-регуляторы. Однако если параметры системы медленно изменяются во времени, качество управления при фиксированной настройке регулятора будет степенно снижаться. Одно из решений этой проблемы - автоматическая настройка параметров ПИД-регулятора с помощью так называемого автонастройщика (*auto-tuner*). Первоначальная настройка осуществляется оператором. Затем автонастройщик вносит небольшие возмущения в процесс для определения его динамики. Далее регулятор вычисляет параметры ПИД-управления по реакции системы, которые запоминаются и используются до тех пор, пока оператор не инициирует проведение новой настройки.

Следующий логический шаг - это непрерывное обновление параметров регулятора. Процедура непрерывной автоматической настройки параметров регулятора называется адаптивным управлением (*adaptive control*).

Адаптивные регуляторы включают в себя две различные подсистемы, одну для оценки (*estimation*) и вторую для управления (*control*), как показано на рис. Оценивающая часть регулятора непрерывно измеряет входной и выходной сигналы процесса. По этим данным алгоритм настройки вычисляет и обновляет параметры регулятора. В сущности, адаптивный регулятор состоит из двух контуров управления - быстрого контура для непосредственного управления и более медленного, осуществляющего настройку параметров.

1. 16 Лекция № 16 (2 часа).

Тема: «Интерфейсные устройства»

1.16.1 Вопросы лекции:

1. Основные понятия и определения: линия связи, канал передачи данных, симплексные протоколы, полудуплексные протоколы, дуплексные протоколы.
2. Рекомендуемый стандарт RS-232.
3. Рекомендуемый стандарт RS-485.

4. Принцип работы сети RS-485. Устройство связи с объектом.

1.16.2 Краткое содержание вопросов:

1. Основные понятия и определения: линия связи, канал передачи данных, симплексные протоколы, полудуплексные протоколы, дуплексные протоколы.

Промышленные цифровые интерфейсы предназначены для обмена цифровыми данными между устройствами промышленной автоматики.

Цифровые интерфейсы бывают параллельными (LPT) и последовательными (COM). В промышленной автоматике получили наибольшее распространение последовательные интерфейсы, это обусловлено значительно меньшей стоимостью линий связи за счет меньшего количества проводников.

В настоящее время заметна следующая тенденция средств автоматизации: Изделия из кремния дешевеют (микросхемы), изделия из металлов дорожают. Поэтому в большинстве случаев экономически целесообразной является, например установка на площади цеха или участка нескольких локальных контроллеров или интеллектуальных УСО, объединенных в единую цифровую сеть, вместо прокладки большого количества кабелей к центральному контроллеру.

Основные понятия и определения

Линия связи - физическая среда, предназначенная для переноса информации между единицами оборудования, принимающими участие в информационном обмене, включая данные, сигналы управления и синхронизации. Как правило, ЛС представляют собой витые экранированные и неэкранированные пары, коаксиальные кабели и оптоволоконные кабели. Благодаря невысокой стоимости наибольшее применение нашли витые пары.

Канал передачи данных - совокупность физической среды и технических средств, включая аппаратуру преобразования сигналов, вовлекаемых в процесс передачи информации.

Протокол - набор соглашений и правил в соответствии, с которыми осуществляется прием и передача информации.

Протоколы можно разделить на: Симплексные протоколы позволяют передавать данные только в одну сторону, т.е. только с передатчика на приемник, но не обратно. Хороший пример симплексного протокола - FM радио или телевидение. Применяется в тех случаях, когда надо просто передать информацию какому либо устройству без необходимости подтверждения и обратной связи.

Полудуплексные протоколы снимают главное ограничение симплексных протоколов - односторонняя связь. Они позволяют двум устройствам обмениваться информацией, причем оба устройства могут быть и приемниками и передатчиками, но не одновременно, т.е. каждое устройство может либо передавать, либо принимать. Например, RS-485 – применяет полудуплексный протокол. Дуплексные протоколы позволяют производить прием и передачу информации одновременно, т.е. оба устройства могут быть и приемником и

передатчиком одновременно. Например, RS-232 - позволяет реализовать дуплексный протокол.

2. Рекомендуемый стандарт RS-232. Используется как последовательный интерфейс (COM) во всех РС-

совместимых ЭВМ для связи с периферийными устройствами. Не применяется в качестве промышленного интерфейса, но часто служит связующим звеном между РС и устройством, формирующим другой интерфейс (например, RS-485 или RS-422). RS-232 является асинхронным интерфейсом передачи данных, приемник и передатчик используют фиксированную скорость из набора скоростей: 300, 1200, 2400, 4800, 9600 и 19200 бод (бит в секунду). Стандарт RS-232 определяет: электрические параметры канала связи, наличие дополнительных сигналов квитирования, протокол обмена, тип разъема и назначение его контактов.

Позволяет соединить только два устройства, одно из которых является ведущим, другое ведомым, поэтому все оборудование, соединяемое по RS-232 протоколу, разделяют на DCE (Data Communication Equipment, оборудование Передачи Данных) и DTE (Data Terminal Equipment, Терминальное Оборудование). Нельзя соединить два DTE или два DCE. Различие заключается в разъемах и разводке разъемов.

На смену RS-232C в качестве последовательного интерфейса персонального компьютера пришел USB (Universal Serial Bus) - универсальная последовательная шина.

Сигналы интерфейса RS-232C подразделяются на следующие классы: *Последовательные данные*: - (например, TXD, RXD). Интерфейс RS-232C обеспечивает два независимых последовательных канала данных: первичный (главный) и вторичный (вспомогательный). Оба канала могут работать в дуплексном режиме.

Управляющие сигналы квитирования: - (например, RTS, CTS). Сигналы квитирования - это средство, с помощью которого обмен сигналами позволяет DTE начать диалог с DCE до фактических передачи или приема данных по последовательной линии связи. Возможно использование только трех сигнальных линий TD, RD и SG (такой вариант используется часто) для двустороннего обмена без дополнительных сигналов квитирования. Формат кадра RS-232.

3. Рекомендуемый стандарт RS-485. Принцип работы сети RS485 Инициатором обмена может быть только одно устройство, которое называется ведущим. Остальные устройства, называемые ведомыми, работают в режиме «запрос-ответ». Формирователи имеют три состояния: «1», «0» и «Z»

Изначально все формирователи находятся в высокоомном состоянии - Z и все приемники настроены на прием.

Рассмотрим последовательность «ведущего» при обмене: о разрешение передачи (сигнал Output-Enable); о перевод устройства в состояние передачи; о передача адреса ведомого устройства и команды; о переход в состояние приема, ожидание ответа ведомого.

Рассмотрим последовательность действий «ведомого» при обмене: о изначально настроенный на прием ведомый при получении адреса, совпадающий с его собственным, записывает следующую за адресом

команду в регистр; о выполнение команды; о передача ответа и переход в состояние приема. Из этого следует, что ведомое устройство самостоятельно не может инициировать обмен, и вся информация передается через ведущее устройство, а порядок обмена определяется программой ведущего устройства.

Преимуществом сети RS485 является дешевизна, простота монтажа и использования, а также детерминированность протокола. Недостатки: относительно низкая пропускная способность и невозможность инициирования обмена любым устройством.

4. Принцип работы сети RS-485. Устройство связи с объектом. Наиболее широко используемый интерфейс RS-485 для промышленных сетей. Этот вариант является базовым в технике передачи данных для приложений промышленности, автоматизации строительства и управления приводами. В нем используется двухпроводная витая пара с экранированием или без. Подходит к RS-422, но использует только одну пару проводов и поэтому работает в полудуплексном режиме. Этот стандарт относится только к электрическим параметрам интерфейса и не оговаривает качество сигнала, синхронизацию, протоколы, назначение контактов разъемов и другие подобные вопросы.

Максимально допустимая скорость передачи для двоичных данных достигает 10 Мбит/с. В соответствии со стандартом RS-485 несколько устройств соединяются сбалансированной витой парой. Устройства могут быть приемными, передающими или комбинированными. На обоих концах кабеля должны устанавливаться терминалы (оконечные резисторы) с сопротивлением не менее 60 Ом.

Работа интерфейса аналогична работе тристабильной логической шины. Дифференциальный порог для приемников установлен на уровне 0.2 В при допустимом диапазоне входных напряжений от -7В до +12 В по отношению к "земле" приемника.

В этой конфигурации ни один из проводов не находится под потенциалом "земли". Перекоммутация контактов генератора или приемника эквивалентна инверсия значений бит. Входной импеданс приемника и выходной импеданс передатчика в пассивном стоянии измеряется в единицах нагрузки, которые точно определены в стандарте.

Передатчик должен обеспечивать питание до 32 единиц нагрузки и двух оконечных резисторов при полной эквивалентной нагрузке линии 54 Ом. Передатчик также должен выдерживать мощность, выделяемую при активном состоянии двух или большего числа передатчиков, часть из которых работает в режиме источника, а часть - в режиме потребления питания.

Стандарт на RS-485 предусматривает только 32 пары передатчик/приемник, но производители расширили возможности RS-485 протокола, так что теперь он поддерживает от 128 до 255 устройств на одной

линии, а используя репитеры (повторители) можно продлевать RS-485/RS- 422 практически до бесконечности. Формирователь представляет собой дифференциальный ТТЛ - передатчик (см. схему для RS-422). Приемник представляет собой дифференциальный усилитель с высоким входным сопротивлением.

По стандарту, формирователь рассчитан на подключение 32 приемников и двух согласующих резисторов.

1.17 Лекция № 17 (2 часа).

Тема: «Программируемые контроллеры назначение, классификация, структура»

1.17.1 Вопросы лекции:

1. Модульный принцип построения контроллера.
2. Модули центрального процессора, блока питания, сигнальные, коммуникационные процессоры, функциональные, интерфейсные (на примере контроллеров фирмы Овен).
3. Варианты подключения промышленных контроллеров в составе АСУТП.

1.17.2 Краткое содержание вопросов:

1. Модульный принцип построения контроллера. Управляющий контроллер - это модуль, обеспечивающий логику работы устройства. Любая машина, способная автоматически выполнять некоторые операции, имеет в своем составе управляющий контроллер. Контроллер - это центр машины. Контроллеры технически могут быть реализованы с помощью пневматического или гидравлического автомата, релейной или электронной схемы, или даже компьютерной программы.



Контроллеры, выпущенные на основе реле или микросхем с «жесткой» логикой, невозможно научить выполнять другую работу без существенной переделки. Типичный программируемый логический контроллер (ПЛК) представляет собой блок, имеющий оп-

пределенный набор выходов и входов, для подключения датчиков. Вход - это датчик (датчик движения, сумеречный датчик, термостат и т.п.). Выход - это исполнительные механизмы (фонарь, станок, насос и т.п.). Логика управления описывается программно на основе микрокомпьютерного ядра. Одинаковые ПЛК могут выполнять разные функции.



Рис. Принцип работы ПЛК

Для изменения алгоритма работы не требуется переделки аппаратной части. Аппаратная реализация входов и выходов ПЛК ориентирована на сопряжение с унифицированными приборами и мало подвержена изменениям. Опрос входов и выходов контроллеров осуществляется автоматически, за это отвечает системное программное обеспечение. Задачей прикладного программирования является реализация алгоритма управления машиной.

Программируемый контроллер - это программно управляемый дискретный автомат, имеющий множество входов, подключенных посредством датчиков к объекту управления, и множество выходов, подключенных к исполнительным устройствам.

Входы-выходы бывают:

- бинарными или дискретными - имеющие два состояния: включен и выключен, логическая 1 и 0;
- аналоговыми - непрерывный сигнал, например, уровень напряжения, температуры, скорости и т. д.;
- специализированные, для работы с специфическими датчиками (например, интерфейсы дисплейных модулей, блоки управления шаговыми двигателями).

Аналоговые сигналы в ПЛК преобразуются в цифровую (дискретную) форму представления, но в технических документах к ПЛК указывается количество дискретных и аналоговых входов-выходов.

2. Модули центрального процессора, блока питания, сигнальные, коммуникационные процессоры, функциональные, интерфейсные (на примере контроллеров фирмы Овен).

Время реакции - это время с момента изменения состояния системы до момента выработки соответствующей реакции. Если изменение значений входов произошло перед фазой чтения, то время реакции будет наименьшим, если изменения значений входов происходит сразу после фазы чтения, то время реакции будет наибольшим. В развитых системах предусмотрена возможность создавать отдельные программы исполняемые по прерыванию, помимо основного управляющего кода.

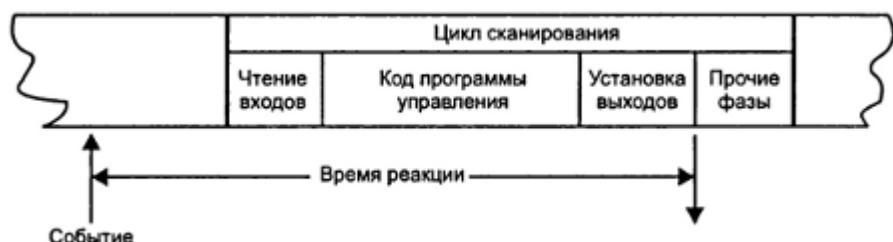


Рис. Время реакции ПЛК

Время цикла сканирования является базовым показателем быстродействия ПЛК, устройство ПЛК является вычислительной машиной. Архитектура его процессорного ядра практически не отличается от архитектуры компьютера. Отсутствует видеоплата, дисковая подсистема, средства ручного ввода.



Рис. Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК-63

3. Варианты подключения промышленных контроллеров в составе АСУТП.

Режим реального времени и ограничение на использование ПЛК. Большинство ПЛК работают по методу периодического опроса входных данных (сканирование), выполняет пользовательскую программу и устанавливает необходимые значения выходов. ПЛК имеет обычно один процессор и выполняет несколько задач псевдопараллельно, последовательными порциями. Время реакции на событие зависит от числа одновременно обрабатываемых событий. В системах реального времени помимо правильности решения определяющую роль играет время реакции. Т.к. время реакции исполнительных устройств значительно выше, с реальными ограничениями возможности использования ПЛК по времени приходится сталкиваться редко.

Условия работы ПЛК. К негативным факторам, определяющим промышленную среду, относятся: температура и влажность, удары и вибрация, коррозионно-активная среда, пыль, электромагнитные помехи.

ПЛК - это конструктивно законченное изделие, физическое изготовление которого определяется степенью защиты, начиная от контроллеров в пластиковых корпусах, предназначенных для монтажа в шкафу (степень защиты IP20), до герметичных устройств в литых металлических корпусах, предназначенных для работы в особо жестких условиях.

Интеграция ПЛК в систему управления предприятием. Контроллеры традиционно работают в нижнем звене автоматизированных систем управления предприятием (АСУ). ПЛК является первым шагом при построении систем АСУ. Далеко не всегда удается создать полностью автоматическую систему. Общее руководство управления системой возлагается на квалифицированного специалиста - диспетчера. В отличие от автоматических систем управления такие системы называют автоматизированными. Диспетчерский пульт управления в простых случаях представляет собой табло с множеством кнопок и световых индикаторов. В более сложных системах применяются персональные компьютеры (ПК). Системы сбора данных и оперативного диспетчерского управления называют SCADA-системами.

1. 18 Лекция № 18 (2 часа).

Тема: «SCADA-системы: общая характеристика и основные требования»

1.18.1 Вопросы лекции:

1. Протоколы взаимодействия SCADA - систем с оборудованием.

2. Разработка SCADA-систем: этапы проектирования и внедрения.
3. Интегрированные системы проектирования и управления.

1.18.2 Краткое содержание вопросов:

1. Протоколы взаимодействия SCADA - систем с оборудованием.

SCADA (от англ. *supervisory control and data acquisition*, *диспетчерское управление и сбор данных*) - программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления. SCADA может являться частью АСУ.

Помимо живого отображения технологического процесса, хорошие диспетчерские системы позволяют накапливать полученные данные, производят их хранение и анализ, определяют критические ситуации, позволяют создавать сценарии управления (как правило, Visual Basic), формируют данные для анализа экономических характеристик.

Для связи ПЛК с системой диспетчерского управления использую ОРС-сервер (он умеет получать доступ к данным ПЛК), который встроен в систему программирования CoDeSys. Разработчику остается определить список доступных переменных, настроить сеть и конфигурацию ОРС-сервера для взаимодействия с системой SCADA.

2. Разработка SCADA-систем: этапы проектирования и внедрения.

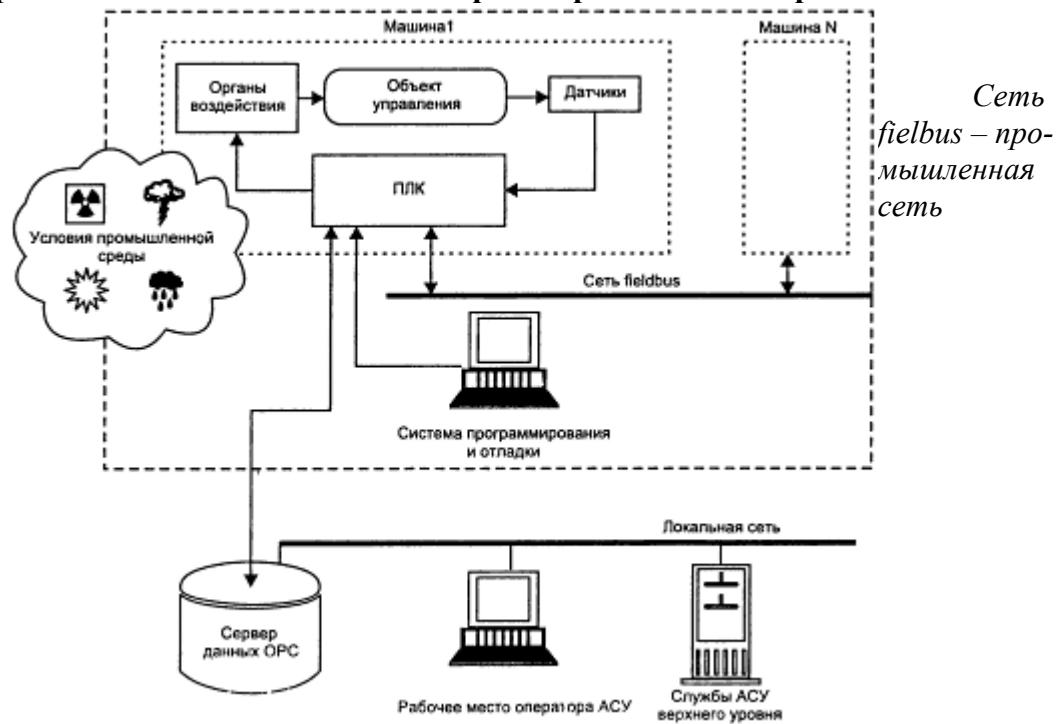


Рис. Место ПЛК в АСУ

Промышленная сеть позволяет создавать распределенную систему управления, в которой каждый ПЛК решает локальную задачу. Распределенные системы выигрывают по надежности, гибкости монтажа и простоте обслуживания.

Рабочий цикл. При включении питания ПЛК выполняет самотестирование и настройку аппаратных ресурсов, контроль целостности прикладной программы, загрузку

системной (управляющей) программы в оперативную память (ОЗУ). Работа ПЛК состоит из постоянного повторения последовательности действий, входящих в рабочий цикл.

Рабочий цикл состоит:

1. Начало цикла.
2. Чтение состояния входов. В оперативной памяти ПЛК создается полная одномоментная зеркальная копия значений входов.
3. Выполнение кода прикладной программы.
4. Запись состояния выходов.
5. Обслуживание аппаратных ресурсов (системный таймер, часы реального времени, оперативное самотестирование и т.д.).
6. Монитор системы исполнения. Функции: загрузка кода программы в оперативную память, управление последовательностью команд, контроль времени цикла.
7. Переход на начало цикла.

Общее время рабочего цикла называется *временем сканирования*. Прикладная программа работает с копией значений входов, которые не изменяются в пределах одного рабочего цикла. Это фундаментальный принцип построения ПЛК *сканирующего типа*. В развитых ПЛК устранение плавающего времени цикла осуществляется системой, например, если управляющая программа выполняется слишком быстро, то в рабочий цикл добавляется искусственная задержка. Если контроль цикла не предусмотрен, то для решения подобных задач используют таймеры.

3. Интегрированные системы проектирования и управления.

Контроллеры традиционно работают в нижнем звене автоматизированных систем управления предприятием (АСУ). ПЛК является первым шагом при построении систем АСУ. Далеко не всегда удается создать полностью автоматическую систему. Общее руководство управления системой возлагается на квалифицированного специалиста - диспетчера. В отличие от автоматических систем управления такие системы называют автоматизированными. Диспетчерский пульт управления в простых случаях представляет собой табло с множеством кнопок и световых индикаторов. В более сложных системах применяются персональные компьютеры (ПК). Системы сбора данных и оперативного диспетчерского управления называют SCADA-системами.

MasterSCADA - это не просто один из современных SCADA- и SoftLogic-пакетов, это принципиально новый инструмент разработки АСУТП, в котором реализована совокупность средств и методов, обеспечивающих резкое сокращение трудозатрат и повышение надежности создаваемой системы.

В MasterSCADA реализован объектный подход.

Объект - это основная единица разрабатываемой системы, соответствующая реальному технологическому объекту (цеху, участку, аппарату, насосу, задвижке, датчику и т.п.), управляемому разрабатываемой с помощью MasterSCADA системой.

Проект в MasterSCADA состоит из двух разделов: Система и Объект.

Набор элементов дерева Система:

- Система (корневой элемент). Используется для общих настроек проекта (периоды опроса, типы мнемосхем и документов объектов, шкалы приборов, категории сообщений, настройки журналов, права доступа операторов и т.п.).
- Компьютер. Используется для коррекции тех настроек проекта, которые для данного компьютера отличаются от общих, а также стартовой мнемосхемы, списка операторов, имеющих доступ к этому рабочему месту, и т.п. Компьютер может быть подключен через коммуникационные порты Контроллеры или напрямую к OPC-серверу.
- OPC-сервер. Используется для настройки связи с контроллерами. MasterSCADA умеет читать конфигурацию любого OPC-сервера.

- Группы OPC-переменных. Формируются на основании информации о группировании переменных, полученной из OPC-сервера.
- OPC-переменные. Используются для связи с переменными контроллера.

Набор элементов дерева «Объект»:

- Объект (корневой элемент). Используется для задания общих настроек, наследуемых другими объектами (периоды обработки данных).
- Объект (элемент иерархии). Используется для задания перечня и содержимого относящихся к нему документов (мнемосхем, трендов, журналов сообщений, рапортов, архивов, расписаний действий и т.п.). Подчиненные объекты наследуют настройки родительского объекта. Объект всегда позиционирован на одном из компьютеров системы. Тем самым задается, что эта рабочая станция используется для обработки данных объекта и хранения его первичного архива, а также определяет перечень операторов, имеющих к нему доступ.
- Функциональный блок. Библиотечный объект, предназначенный для обработки данных. Имеет функцию, входы, выходы, параметры настройки, сообщениями.
- Визуальный функциональный блок. Функциональный блок, имеющий визуальное (в виде динамического элемента мнемосхемы) представление. Визуальный функциональный блок можно путем перетаскивания вставлять в документы объекта.
- Группа переменных. Используется для задания общих настроек, наследуемых входящими в нее переменными и группами переменных. (периоды обработки данных).
- Значение. Переменная для отображения измеренного значения. Переменная имеет шкалу, единицу измерения, встроенный контроль границ и скорости изменения с формированием сообщений и изменением цвета отображения. При перетаскивании в мнемосхемы и окна может быть вставлена, как в виде числового значения, так и в виде щитового прибора выбранного типа.
- Команда. Переменная для передачи введенного значения от органа управления мнемосхемы или поля ввода иных документов. При перетаскивании в мнемосхемы и окна может быть вставлена, как в виде изменяемого числового значения, так и в виде щитового органа управления выбранного типа.
- Расчет. Переменная, значение которой формируется в результате вычисления заданной пользователем.
- Событие. Отличается от расчета логическим результатом вычисления, а также возможностью формирования сообщения и выполнения заданного перечня действий в момент перехода значения из 0 в 1 (из отключенного во включенное состояние).

Пользовательский интерфейс системы.

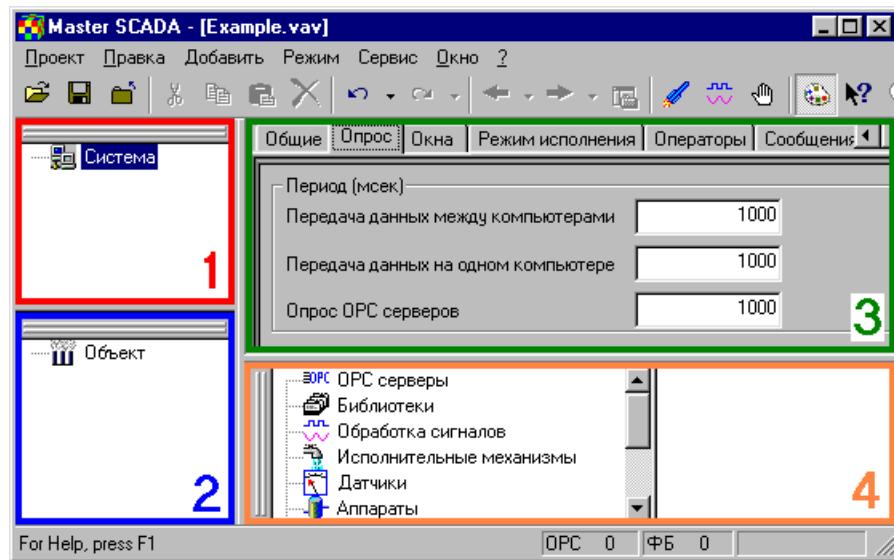


Рис.- Интерфейс системы MasterSCADA

Интерфейс системы состоит: имени файла проекта (Заголовок) Меню

- Панели инструментов

• **Дерева системы** (1) , в котором отображены элементы конфигурации такие, как компьютеры, OPC серверы, и т. д. Описывается техническая структура АСУТП.

• **Дерева объектов** (2) , включающее в себя объекты, переменные, группы переменных, функциональные элементы. Описывается организационная структура технологического объекта.

• **Страницы свойств элементов** (3) , на которых производятся все необходимые настройки элементов. Отсюда запускается редактор схем функциональных блоков.

• **Палитры элементов** (4), из которой берутся библиотечные объекты, функциональные блоки и т. д. Отсюда вставляются типовые элементы в деревья проекта.

- **Контекстное меню** (вызывается по правой кнопке мыши), здесь собраны те действия, которые можно сделать с этим элементом дерева.

Разработка проекта.

Разработка программ контроллеров →

Настройка связей с контроллерами средствами OPC-сервера →

Настройка связей с БД →

Описание системы управления →

Описание технологического проекта →

Задание типовых настроек →

Создание документов (свойства объектов) →

Администрирование (права операторов) →

Тестирование системы.

Работы можно выполнять параллельно, например: один специалист программирует и отлаживает контроллеры и управляемые ими механизмы ввода-вывода, другой – проектирует систему управления, третий разрабатывает пользовательский интерфейс оператора.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа № 1 (2 часа).

Тема: «Блок управления двухконтурной системой солнечного ГВС с принудительной циркуляцией».

2.1.1 Цель работы: изучение принципиальной схемы двухконтурной термосифонной системы солнечного горячего водоснабжения СК «Сокол» и терморегулятора ОВЕН 2ТРМ1.

2.1.2 Задачи работы:

1. Работа двух универсальных входов для подключения широкого спектра датчиков температуры, давления, влажности, расхода, уровня и т. п.
2. Работа двух каналов регулирования или регистрации входной величины: двухпозиционное регулирование, аналоговое П-регулирование; регистрация на токовом выходе 4...20 мА.

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. СК «Сокол».
2. Терморегулятор ОВЕН 2ТРМ1.
3. Бак-аккумулятор.
4. Датчики температуры.

2.1.4 Описание (ход) работы:

1. Работа насоса, контролируемая электронным контроллером, который следит за исправностью системы, где терморегулятор ОВЕН 2ТРМ1 предназначен для измерения, регистрации или регулирования температуры теплоносителей.
2. Микропроцессорный блок управления для контроля температуры в солнечном коллекторе и резервуаре-теплообменнике, а также выбор, в зависимости от величины этих температур, оптимального режима работы системы в течение суток.
3. Датчики контроллера находящиеся в коллекторе и в аккумуляторе, которые указывают температуру в системе, где расширительный бак предохраняет систему от слишком высокого давления, возникающего при возрастании температуры и не использовании воды потребителями.
4. Контроллер, регулируемый поток теплоносителя через теплообменник, определяющий направление подачи тепла (на ГВС или на отопление).
5. Цифровая фильтрация и коррекция входного сигнала, масштабирование шкалы для аналогового входа.
6. Составить отчет по выполненной работе.

2.2 Лабораторная работа № 2 (2 часа).

Тема: «Анализ изменения удельного расхода электроэнергии и коэффициента рабочего времени».

2.2.1 Цель работы: изучение схемы, принципа действия, конструкции отдельных элементов действующего теплового насоса.

2.2.2 Задачи работы:

1. Получение навыков по составлению принципиальных схем установки и ознакомление с основными обозначениями, применяемого в данной схеме управления.

2. Знакомство с характеристиками элементов - тепловой насос.

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. тепловой насос - установка.

2.2.4 Описание (ход) работы:

1. Изучить принцип работы - тепловой насос, устройство и назначение основных и вспомогательных механизмов, аппаратов и регулирующей аппаратуры.

2. Составить принципиальную схему установки (тип установки задаётся преподавателем) непосредственного охлаждения, пользуясь принятыми в современной технике условными обозначениями. На схеме показать фазовое состояние и направление движения рабочего вещества по трубопроводам.

3. Включить установку в сеть. Подождать 10мин.

4. Снять показания температур и показания давлений. Занести в таблицу.

5. По справочной литературе установить характеристики основных элементов - тепловой насос.

6. Составить отчет по выполненной работе.

Таблица

Показания приборов через 10 мин		Показания приборов через 20 мин		
$T_{s1}, ^\circ C$		$T_{w1}, ^\circ C$		$T_{s1}, ^\circ C$
$T_{s2}, ^\circ C$		$T_{w2}, ^\circ C$		$T_{s2}, ^\circ C$
$T_0, ^\circ C$		$T_h, ^\circ C$		$T_0, ^\circ C$
$T_{bc}, ^\circ C$		$T_n, ^\circ C$		$T_{bc}, ^\circ C$
$P_0, \text{бар}$		$P_h, \text{бар}$		$P_0, \text{бар}$
				$P_h, \text{бар}$

2.3 Лабораторная работа № 3 (2 часа).

Тема: «Изучение автономной системы управления».

2.3.1 Цель работы: поверка амперметра и вольтметра.

2.3.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с устройством технических и образцовых измерительных приборов.

2. Получить практические навыки по определению погрешностей измерительных приборов и определению их класса точности.

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Принципиальная электрическая схема.

2.3.4 Описание (ход) работы:

1. Проверка амперметра.

2. Проверка вольтметра.

3. Построение графиков.

4. Составить отчет по выполненной работе.

Таблица приборов и оборудования:

/n	Наименование	Система прибора	Класс точности	Пределы измерений	Причение
	амперметр	эл.магн.			
	амперметр	эл.магн.			
	вольтметр	эл.магн.			
	вольтметр	эл.магн.			

1) поверка амперметра:

1) поверка вольтметра

5								
6								
7								
8								

2.4 Лабораторная работа № 4 (2 часа).

Тема: «Исследование температурных режимов».

2.4.1 Цель работы: изучение работы прибора ОВЕН УКТ 38-Щ.4.

2.4.2 Задачи работы:

1. Контроль температуры в нескольких зонах одновременно (до 8-ми).

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. восьмиканальный измеритель температуры типа УКТ-38.

2. хромель-копелевые термопары.

3. универсальный вольтметр типа МУ-68.

4. ЛАТР.

5. цилиндрический нагреватель.

4. медная термостатирующая труба.

5. теплоизолирующие втулки.

2.4.4 Описание (ход) работы:

1. Подключить выход ЛАТР к кабелю нагревателя, расположенного на задней панели установки.

2. Подключить вход ЛАТР к розетке 220 В, находящейся на задней панели установки.

3. Снять выходное напряжение на ЛАТР, повернув регулятор напряжения ЛАТР против часовой стрелки до упора.

4. Проверить заземление установки и подсоединить установку к сети 220В.

5. Включить тумблер питания установки, тумблер питания нагревателя и тумблер питания УКТ-38.

6. Установить напряжение на нагревателе $U_n = 60$ В регулятором напряжения ЛАТР.

7. Подождать 4-5 минут для получения стационарного режима.

8. Снять показания U_n и U_0 установив переключатель в соответствующее положение.

9. Снять показания. При этом измеритель температуры УКТ-38 автоматически и последовательно переключается с одной термопары на другую.

10. Занести полученные данные в подготовленную таблицу.

11. Составить отчет по выполненной работе.

2.5 Лабораторная работа № 5 (2 часа).

Тема: «Оценка точности автоматических измерительных приборов».

2.5.1 Цель работы: определение объемного расхода нагреваемого воздуха.

2.5.2 Задачи работы:

1. Температура холодного воздуха на входе в проточный калориметр.

2. Температура нагретого воздуха на выходе из проточного калориметра.
3. Объемный расход нагреваемого воздуха.

2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Двухканальный измеритель температур 2TPMO (TPM200).
2. Хромель-копелевые термопары.
3. Ротаметр.
4. Компрессор.
5. Проточный калориметр.
6. Мультиметр.

2.5.4 Описание (ход) работы:

1. Подсоединить мультиметр с помощью проводов к разъёмам на передней панели установки.
2. Включить питание установки тумблером «Сеть», измеритель температуры тумблером, компрессор тумблером.
3. Включить питание нагревателя кнопочным выключателем источника питания и установить первое значение напряжения $U_h = 3$ В.
4. Включить мультиметр и измерить точное значение U_h и U_o , переключая тумблер в соответствующие положения.
5. Через 4-5 минут (по достижении стационарного режима) произвести отсчёт температур t_1 и t_2 по измерителю 2TPMO (или TPM200) и объёмного расхода воздуха G по ротаметру.
6. Пункты 3-5 повторить для следующих значений напряжения на нагревателе: $U_h = 4; 5; 6; 7$ В.
7. Составить отчет по выполненной работе.

2.6 Лабораторная работа № 6 (2 часа).

Тема: «Расчет регулирующих органов и подбор исполнительных механизмов».

2.6.1 Цель работы: ознакомление с устройством и получение навыков определения производительности регулятора давления (прямого действия).

2.6.2 Задачи работы:

1. Безопасность эксплуатации систем, работающих под давлением для обеспечения и соблюдения правил эксплуатации и техники безопасности, а также введением в состав систем специальных устройств, не допускающих повышение давлений в системах выше предельно допустимых значений, к таким устройствам относятся предохранительные клапаны.

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Клапаны прямого действия.
2. Клапаны не прямого действия.
2. Два двухканальных измерителя температуры типа 2TPMO (TPM200).
3. Мультиметр.
4. ЛАТР.

2.6.4 Описание (ход) работы:

1. Определение производительности и времени срабатывания предохранительного клапана.
2. Определение пропускной способности предохранительного клапана.
3. Составить отчет по выполненной работе.

2.7 Лабораторная работа № 7 (2 часа).

Тема: «Упрощенный метод подбора автоматических регуляторов и расчет их настроек».

2.7.1 Цель работы: исследование системы автоматического регулирования температуры.

2.7.2 Задачи работы:

1. Изучение принципа действия автоматического регулятора температуры.
2. Аналитическое и экспериментальное определение основных показателей качества регулирования температуры.

2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Водоподогреватель.
2. Насос водоподогревателя.
3. Расширительный бак водоподогревателя.
4. Вентиль расширительного бачка.
5. Вентиль регулирования расхода горячей воды во внутренней трубе.
6. Радиатор (холодильник) для охлаждения воды, текущей в наружной трубе рабочего участка.
7. Насос холодильника.
8. Расширительный бачок радиатора.
9. Измеритель расхода воды, текущей во внутренней трубе рабочего участка.
10. Измеритель расхода воды, текущей во внешней трубе рабочего участка.
11. Вентилятор радиатора (холодильника) с источником питания.
12. К1 , К2 , К3 , К4 - вентили, регулирующие режимы течения (прямоток или противоток) и расход воды во внешней трубе рабочего участка.

2.7.4 Описание (ход) работы:

1. Соединить шлангом насос и расходомер.
2. Соединить шлангом вентиль и штуцер.
3. Соединить шлангом штуцер и штуцер расширительного бака.
4. Соединить шлангом штуцер насоса и штуцер расходомера.
5. Залить дистиллированную воду в водоподогреватель через расширительный бак при открытых вентилях (11 литров).
6. Залить дистиллированную воду в радиатор (холодильник) через расширительный бак при открытых вентилях К1 , К2 , К3 , К4.
7. Подключить к розеткам, находящимся на задней панели установки водоподогреватель, насос водоподогревателя, насос холодильника, источник питания вентилятора (разъёмы вентилятора должны быть соединены с разъёмами источника питания).
8. Заземлить корпус установки.
9. Включить установку в сеть.
10. Тумблером «СЕТЬ» включить питание установки.
11. При всех открытых вентилях проверить заполнение водой водоподогревателя и радиатора. При этом расширительные бачки должны быть заполнены на половину.
12. Включить тумблер «НАСОС НАГРЕВАТЕЛЯ». Если расходомер не работает (в системе имеется воздушная пробка), то необходимо несколько раз произвести включение и выключение насоса. Если это не приводит к желаемому результату, то необходимо перекрыть вентиль, отсоединить шланг от вентиля и включить насос снова. При этом шланг держать над расширительным бачком, доливая в него воду. Включая и выключая насос водоподогревателя тумблером «НАСОС НАГРЕВАТЕЛЯ» достичь равномерного вращения «турбинки» расходомера, свидетельствующего о непрерывном потоке воды во внутренней трубе рабочего участка.

13. Вентилем отрегулировать необходимый расход воды во внутренней трубе рабочего участка.
14. Для установки режима «прямоток» во внешней трубе рабочего участка закрыть вентили К1 , К4 и открыть вентили К2 , К3 .
15. Тумблером «НАСОС ХОЛОДИЛЬНИКА» включить насос радиатора (холодильника).
16. Включая и выключая насос радиатора тумблером «НАСОС ХОЛОДИЛЬНИКА» достичь равномерного вращения «турбинки» расходомера, свидетельствующего о непрерывном потоке воды во внешней трубе рабочего участка.
17. Вентилем К3 отрегулировать необходимый расход воды во внешней трубе рабочего участка в режиме «прямоток».
18. Для установки режима «противоток» во внешней трубе рабочего участка закрыть вентили К2 , К3 и открыть вентили К1 , К4.
19. Вентилем К4 отрегулировать необходимый расход воды во внешней трубе рабочего участка в режиме «противоток».
20. После установки нужного режима течения воды во внешней трубе рабочего участка и требуемых расходов (15-20 см³) в секунду (см. паспорт расходомера), включить водоподогреватель 2 тумблером «НАГРЕВ».
21. Включить измеритель температуры тумблером.
22. Включить вентилятор холодильника тумблером 18 «ВЕНТИЛЯТОР ХОЛОДИЛЬНИКА».
23. При достижении температура на входе во внутреннюю трубу $t_1 = 45-50^{\circ}\text{C}$ произвести отсчёт температур t_1 , t_2 , t_3 , t_4 с помощью переключателя термопар.
24. Включить секундомер и произвести отсчёт показаний расходомеров.
25. Выключить секундомер и произвести отсчёт показаний расходомеров. При этом определить промежуток времени, за который через сечения труб прошли соответствующие объёмы воды.
26. Составить отчет по выполненной работе.

2.8 Лабораторная работа № 8 (2 часа).

Тема: «Определение статических и динамических характеристик объекта управления»

2.8.1 Цель работы: Изучить характеристики измерительных преобразователей температуры.

2.8.2 Задачи работы:

1. Экспериментально определить динамические характеристики термоэлектрического преобразователя.
2. Выполнить анализ возможности применения измерительного преобразователя в системах автоматизации производственного процесса.

2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Термоэлектрический преобразователь температуры (термопара) типа К (хромель-алюмель).
2. Два двухканальных измерителя температуры типа 2ТРМО (ТРМ200).
3. Мультиметр.
4. ЛАТР.

2.8.4 Описание (ход) работы:

1. Изучение типов и характеристик измерительных преобразователей температуры.
2. Экспериментальное определение переходного процесса измерительного преобразования при ступенчатом входном воздействии.
3. Аппроксимация экспериментальных данных, определение динамических характеристик измерительного преобразователя, анализ возможности применения измерительного преобразователя в системах автоматизации производственного процесса.
4. Составить отчет по выполненной работе.

Таблица - Измеренных величин.

п./п.	3,С	1,С	2,С	8,В	0,мВ	, А	,Вт
.							
.							
.							
.							

2.9 Лабораторная работа № 9 (2 часа).

Тема: «Изучение первичных преобразователей и вторичных автоматических приборов, использование их в схемах измерения технологических параметров»

2.9.1 Цель работы: Измерение температуры определяемой как принципом, так и применяемыми средствами и схемами их подключения.

2.9.2 Задачи работы:

1. Анализ типовых решений первичных преобразователей

2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Двухканальный измеритель температуры 2 типа 2ТРМО.
2. Термостат.
3. Восемь хромель-копелевых термопар.
4. Переключатель термопар.
5. Две медные гладкие и две оребрённые трубы.
6. Расходомер.
7. Краны.

2.9.4 Описание (ход) работы:

1. Заземлить установку.
2. Заполнить полностью водоподогреватель (термостат) через расширительный бак дистиллированной водой.
3. Соединить шланг с насосом термостата.
4. Закрыть кран К1 термостата и кран К2 выпуска воздуха из системы.
5. Долить воду в расширительный бачок термостата (уровень воды в расширительном баке термостата должен быть достаточным для заполнения водой циркуляционного насоса, всегда в течение опыта).
6. Включить тумблер «Сеть» и тумблер «Насос термостата».
7. Заполнить систему, постоянно доливая воду в расширительный бак. Заполнение системы водой определяется по началу вытекания воды из трубки.

8. Не выключая насоса, соединить трубку с входом термостата и открыть вентиль K_1 .
9. Если в системе остался воздух, то следует подтянуть хомуты на магистральных соединениях и при открыть клапан K_2 для удаления воздуха из насоса и системы.
10. Закрыть клапан K_2 и многократно включая и выключая циркуляционный насос добиться полного удаления воздуха из системы.
11. Пункты 9 и 10 повторить при нагревании воды в термостате.
12. Включить электропитание установки переключателем “Сеть”
13. Включить измеритель температуры.
14. Закрыть кран K_2 и открыть кран K_1 .
15. Включить циркуляционный насос переключателем “Насос термостата”.
16. Установить краном K_1 расход воды не более $(10 - 15) \times 10^{-3}$ л / с.
17. Включить электрический водоподогреватель (термостат) переключателем “Нагреватель термостата”.
18. При достижении температуры на входе гладкой трубы $t_1 = 45 - 50$ С измерить температуры $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7$ и записать в таблицу.
19. По заданию преподавателя перейти на другой режим температуры на входе гладкой трубы $t_1 = 50 - 60$ С и измерить температуры $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7$.
20. Составить отчет по выполненной работе.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

3.1 Практическое занятие № 1 (2 часа).

Тема: «Измерение температуры. Термоэлектрические преобразователи»

3.1.1 Задание для работы:

1. Изучение принципов и средств измерения температур и привитие навыков практических расчетов при использовании различных средств измерения температур.
2. Основные сведения и расчетные зависимости.

3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

Измерение температуры может осуществляться различными методами. Каждый метод имеет свои особенности, определяемые как принципом, так и применяемыми средствами и схемами их подключения.

3.1.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.2 Практическое занятие № 2 (2 часа).

Тема: «Измерение давления уровня»

3.2.1 Задание для работы:

3.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проверяется выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.2.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.3 Практическое занятие № 3 (2 часа).

Тема: «Основные функции АСУТП»

3.3.1 Задание для работы:

1. дать определение основным понятиям динамики, раскрыть их физический смысл
2. установить связи между величинами, сформулировать законы
3. решить типовые задачи по данной теме

3.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проверяется выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.3.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.4 Практическое занятие № 4 (2 часа).

Тема: «Формирование и прием стандартных информационных сигналов»

3.4.1 Задание для работы:

1. дать определение основным понятиям, раскрыть их физический смысл
2. установить связи между величинами, записать формулы
3. решить типовые задачи по данной теме

3.4.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проверяется выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.4.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.5 Практическое занятие № 5 (2 часа).

Тема: «Релейные системы автоматического регулирования»

3.5.1 Задание для работы:

1. дать определение основным понятиям динамики вращения, раскрыть их физический смысл
2. установить связи между величинами, сформулировать законы
3. решить типовые задачи по данной теме

3.5.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проверяется выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.5.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.6 Практическое занятие № 6 (2 часа).

Тема: «Особенности динамики релейных систем автоматического регулирования»

3.6.1 Задание для работы:

1. дать определение основным понятиям, раскрыть их физический смысл
2. установить связи между величинами, сформулировать законы
3. решить типовые задачи по данной теме

3.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проверяется выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.6.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог

пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.7 Практическое занятие № 7 (2 часа).

Тема: «Частотный (векторный) алгоритм управления»

3.7.1 Задание для работы:

1. дать определение основным понятиям, раскрыть их физический смысл
2. установить связи между величинами, сформулировать законы
3. решить типовые задачи по данной теме

3.7.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проверяется выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.7.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.8 Практическое занятие № 8 (2 часа).

Тема: «Функциональная и аппаратная диагностика, и защита работы ПЧВ_х»

3.8.1 Задание для работы:

1. дать определение основным понятиям, раскрыть их физический смысл
2. установить связи между величинами, сформулировать законы
3. решить типовые задачи по данной теме

3.8.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проверяется выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.8.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.9 Практическое занятие № 9 (2 часа).

Тема: «Логическая обработка сигналов ПЧВ_х»

3.9.1 Задание для работы:

1. дать определение основным понятиям, раскрыть их физический смысл
2. установить связи между величинами, сформулировать законы
3. решить типовые задачи по данной теме

3.9.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проверяется выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.9.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.10 Практическое занятие № 10 (2 часа).

Тема: «Управление электрическими ИМ (исполнительными механизмами)»

3.10.1 Задание для работы:

1. дать определение основным понятиям теории относительности, раскрыть их физический смысл
2. установить связи между величинами, сформулировать законы
3. решить типовые задачи по данной теме

3.10.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проверяется выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.10.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.11 Практическое занятие № 11 (2 часа).

Тема: «Управление пневматическими ИМ (исполнительными механизмами)»

3.11.1 Задание для работы:

1. дать определение основным понятиям МКТ, раскрыть их физический смысл
2. установить связи между величинами, сформулировать законы

3. решить типовые задачи по данной теме

3.11.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проводится выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.11.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.12 Практическое занятие № 12 (2 часа).

Тема: «Условные обозначения приборов ФСА (функциональных схем автоматизации)»

3.12.1 Задание для работы:

1. Заказная спецификация на приборы и средства автоматизации.
2. Приведение расчетов и схем, включающих перечни измерительных приборов, регулирующих и функциональных блоков, исполнительных и вспомогательных устройств.
3. По каждому электротехническому устройству рассмотрение мест установки, измеряемой среде и параметрах в нормальном режиме.

3.12.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проводится выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.12.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.13 Практическое занятие № 13 (2 часа).

Тема: «Условные обозначения приборов и электротехнических устройств автоматизации»

3.13.1 Задание для работы:

1. дать определение основным понятиям, раскрыть их физический смысл
2. установить связи между величинами, сформулировать законы

3. решить типовые задачи по данной теме

3.13.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проверяется выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.13.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.14 Практическое занятие № 14 (2 часа).

Тема: «Дистанционные системы диспетческого контроля и управления технологическими параметрами»

3.14.1 Задание для работы:

1. дать определение основным понятиям, раскрыть их физический смысл
2. установить связи между величинами, сформулировать законы
3. решить типовые задачи по данной теме

3.14.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проверяется выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.14.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.15 Практическое занятие № 15 (2 часа).

Тема: «Современные системы диспетческого контроля и управления»

3.15.1 Задание для работы:

1. дать определение основным понятиям термодинамики, раскрыть их физический смысл
2. установить связи между величинами, сформулировать законы
3. решить типовые задачи по данной теме

3.15.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей

программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проводится выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.15.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.16 Практическое занятие № 16 (2 часа).

Тема: «Программирование промышленных контроллеров»

3.16.1 Задание для работы:

1. Основные понятия, назначение и функции программируемых контроллеров.
2. Основные узлы и схемы.
3. Функциональную схему контроллера.

3.16.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проводится выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.16.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.17 Практическое занятие № 17 (2 часа).

Тема: «Микропроцессорные регуляторы»

3.17.1 Задание для работы:

1. Назначение, классификация, структура.
2. Специализированные регуляторы температуры, влажность и т.д., регуляторы с универсальными входами (Овен).
3. Конфигурирование модулей ввода-вывода Овен.

3.17.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проводится выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.17.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.

3.18 Практическое занятие № 18 (2 часа).

Тема: «Разработка SCADA-системы: проектирование и внедрение»

3.18.1 Задание для работы:

1. Подключение контроллера к SCADA-системе.
2. Одноконтурная система автоматического регулирования, входящие технические средства

3.18.2 Краткое описание проводимого занятия:

В начале занятия проверяется уровень подготовки студентов по данной теме в виде выборочного устного и письменного опроса. Перечень вопросов занятия указан в рабочей программе дисциплины. Вторая часть занятия отводится к анализу типовых решений: самостоятельно, у доски, совместно с преподавателем. В конце занятия выборочно проверяется выполнение домашних заданий, и даются новые.

3.18.3 Результаты и выводы:

Подготовиться к защите работы, изучить и разобраться в проведенной практической работе. Ответить на контрольные вопросы. Показать отчет по выполненной практической работе. Проверить работу, выполненную студентом. После этого проводится собеседование со студентом. Необходимо, чтобы студент хорошо владел материалом и смог пояснить представленные в работе решения, выводы и результаты. Если у преподавателя в ходе защиты работы возникли замечания, они отмечаются на титульном листе работы. Для успешной защиты работы необходимо устранить недоработки. Студент не может быть допущен к экзамену, если он не проделал и не защитил практические работы, указанные в учебном плане.