

Г.К.Сыдыкова, С.Е.Баймаханова,
Р.Н.Сермаханов

Приборостроение. Электромеханик

Учебное пособие



ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Г.К.Сыдыкова, С.Е.Баймаханова, Р.Н.Сермаханов

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. ЭЛЕКТРОМЕХАНИК



Учебное пособие

*для системы технического и профессионального, послесреднего
образования по специальности «Приборостроение».*

Нур-Султан
Некоммерческое акционерное общество «Talar»
2020

УДК 681.2(075.32)
ББК 34.9я722
С95

Рецензенты:
Алматинский колледж связи при
Казахско-Американском Университете
УМО по профилю «Связь, телекоммуникации и информационные
технологии. Электронная техника»,
ТОО «Energy complex»

Рекомендовано
Республиканским научно-практическим центром «Учебник»

С95 Специальность «Приборостроение», квалификация «Электромеханик»:
Учебное пособие/ Г.К. Сыдыкова, С.Е.Баймаханова, Р.Н.Сермаханов / Нур-
Султан: Некоммерческое акционерное общество «Talar», 2020 г. – 281 с.

ISBN 978-601-333-933-7

Учебное пособие предназначено для обучающихся учебных заведений системы технического профессионального образования. Разработано в соответствии с типовым планом и программой технического и профессионального образования по специальности 1229000 «Приборостроение».

В учебном пособии рассмотрены как теоретические, так и практические вопросы, связанные с подготовкой специалиста по приборостроению.

УДК 681.2(075.32)
ББК 34.9я722

ISBN 978-601-333-933-7

© НАО «Talar», 2020
Переведено ТОО «BBP Company»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Глава 1. ПОДБОР И ПОДГОТОВКА КОМПОНЕНТОВ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ И ОБОРУДОВАНИЙ	7
1.1. Структура и классификация электротехнических материалов	7
1.2. Назначение и область применения проводов, шин, кабелей	18
1.3. Выполнение несложного ремонта приборов	23
Глава 2. СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ	28
2.1. Классификация схем автоматизации	28
2.2. Условно-графические и буквенные обозначения элементов схем автоматизации	30
2.3. Монтаж радиоэлектронной аппаратуры с помощью пайки	45
Глава 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ	53
3.1. Современные источники питания	53
3.2. Высокоэффективные источники питания	95
Глава 4. РЕМОНТ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	99
4.1. Основы измерительной техники	99
4.2. Виды ремонта контрольно-измерительных приборов и организация ремонтных работ	161
4.3. Инструменты и приспособления для выполнения ремонтных работ контрольно-измерительных приборов	169
4.4. Разборка и сборка измерительного механизма (на примере милливольтметра)	177
Глава 5. ОСНОВЫ РОБОТОТЕХНИКИ	193
5.1. Определение роботов	193
5.2. Виды роботов	195
5.3. Профессии для роботизированного дизайна	198
5.4. Механические компоненты и двигатели	223
5.5. Системы электроснабжения роботов	239
5.6. Виды управления роботизированными системами	248
Глава 6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ	255
6.1. Сущность метрологической лаборатории	255
6.2. Требования к помещениям, обусловленные видом поверяемых или ремонтируемых средств измерений	257
6.3. Проведение поверки, калибровки и аттестации приборов и систем автоматики	258
6.4. Организация рабочего места поверителя	259
6.5. Организация метрологического контроля и надзора	260

Глава 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ	263
7.1.Основные требования к сечению электрических проводов, материалу, из которого изготовлен проводник и изоляция, принципы и приемы надежных соединений и подключений	263
7.2.Методы контроля качества кабельной и проводниковой продукции: измерение диаметра, эксцентриситета, длины, емкости, контроль изоляции	264
7.3.Приборы для контактного и бесконтактного измерения тока, измерения напряжения, контроля качества изоляции, качества заземления	269
Список литературы	280

Введение

Приборостроение традиционно считается одной из основных отраслей народного хозяйства и потребность в нем резко возрастает. Эта отрасль обеспечивает измерение, анализ, обработку и представление информации, устройств управления, автоматизированных систем управления промышленностью.

Сложность измерений, их количество и скорость обработки измерительной информации обусловили интенсивное применение вычислительной техники. В народное хозяйство требуются квалифицированные специалисты с инженерными знаниями в области компьютерных технологий, программного обеспечения, теории вероятностей, приборостроения, машиностроения и прикладной электроники.

Невозможно найти отрасль промышленности, в которой не используются электронные средства и устройства. Электронные в технических изделиях количество узлов неуклонно увеличивается. Развитие электроники – это непрерывное совершенствование и развитие электронной базы. Интегральное появление и внедрение технологий, усилителей, такие как генераторы, измерительные устройства, устройства управления и т. д., отдельных функциональных узлов и даже целых приборов и массовый выпуск микросхем, заменяющих устройства позволило доукомплектовать электронные и микропроцессорные техники, позволяющей стать квалифицированным специалистом, является необходимым компонентом базы.

Надежность и долговечность устройства во многом зависит от качества материалов, из которых изготовлены его детали. В настоящее время номенклатура материалов, используемых в приборостроении, состоит из нескольких тысяч марок (марок). При проектировании новых устройств часто приходится сталкиваться с очень сложной проблемой выбора материалов, отвечающих противоречивым требованиям. В исключительных случаях рассматриваются новые материалы и разрабатываются оптимальные решения. Для решения таких задач возникает необходимость в знаниях о строении и свойствах материалов, взаимосвязи между строением и свойствами материалов, способах получения необходимых свойств материалов, классах материалов, влиянии факторов окружающей среды на свойства материалов, способах получения заготовок и обработки деталей инструмента.

Студенты, обучающиеся по специальности приборостроение, кроме общей инженерной подготовки по различным дисциплинам, предусмотренным государственным образовательным стандартом:

- Компьютерные технологии, различные аспекты ее применения;
- Информационно-измерительных комплексов с применением микропроцессорных и лазерных технологий;

-Технологии проектирования и изготовления электронно-механических устройств и информационно-измерительных систем, их установка и эксплуатация;

-Отличное владение современным программным обеспечением и сетевыми технологиями.

В первой главе учебного пособия рассказывается об основных группах электротехнических материалов, т. е. проводниках, диэлектриках, полупроводниках и магнитных материалах. Для каждой группы электротехнических материалов кратко рассматривается физическая сущность явлений, возникающих в материалах при взаимодействии с электромагнитным полем, основные электрофизические характеристики материалов и влияние на них различных факторов и их применение в электротехнике, электронных устройствах, элементах и устройствах автоматики.

Во второй главе излагается классификация схем автоматизации, условно-графические и буквенные обозначения элементов схемы.

В третьей главе рассматривается обеспечение бесперебойного электропитания в режиме энергосбережения, а также работа систем питания.

В четвертой главе учебного пособия рассматриваются вопросы проведения контрольно-измерительных приборов, монтажных, пусконаладочных, ремонтных работ на современных промышленных предприятиях.

В пятой главе излагаются проблемы настройки робототехнических систем и их платформ компьютеризации, программирования мобильных роботов.

В шестой главе дается информация о соответствии ремонтируемых средств измерений, работ по организации метрологического контроля и надзора предъявляемым техническим требованиям.

Глава седьмая включает определение контроля качества выполненных работ по электроснабжению, основные требования к сечению электропроводки, материалу, из которого изготовлен проводник и изоляция, принципы и методы надежных соединений и соединений, методы контроля качества проводников.

ГЛАВА 1. ПОДБОР И ПОДГОТОВКА КОМПОНЕНТОВ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ И ОБОРУДОВАНИЙ

Данная глава описывает знания, умения и навыки, необходимые для использования структуры, классификации и свойств электротехнических материалов, используемых при автоматизации производственных процессов и выборе материалов для выполнения работ. Данная глава позволяет обучающимся определять и описывать строение электротехнических материалов, их электрические, магнитные, тепловые, механические и физико-химические свойства; Знать области применения и способы получения электротехнических материалов и классифицировать их по свойствам.

1.1. Структура и классификация электротехнических материалов

Материалы, обладающие особыми свойствами по отношению к электромагнитному полю, называют электротехническими материалами. К ним относятся проводники, диэлектрики, полупроводники и магнитные материалы.

Проводники - это материалы, которые имеют очень высокую электрическую проводимость. По своему применению они подразделяются на материалы с высокой проводимостью (провода различного назначения, токоведущие части, электрические контакты) и материалы с высоким сопротивлением (резисторы и нагревательные элементы).

Диэлектрики-это материалы, способные поляризоваться и сохранять электростатическое поле. По применению делятся на пассивные диэлектрики (электроизоляционные) и активные диэлектрики (ферроэлектрические, пьезоэлектрические и др.) и их свойства могут контролироваться внешним энергетическим воздействием.

Полупроводники-это материалы, электропроводность которых очень сильна в зависимости от концентрации и типа примесей, конструктивных дефектов и внешних энергетических воздействий (температуры, электромагнитных полей, освещенности и др.).

Магнитные материалы хорошо намагничиваются во внешнем магнитном поле. По особенностям процесса намагничивания в зависимости от структуры они подразделяются на ферромагниты и ферримагниты. Он также подразделяется на мягкие магнитные и твердые магнитные материалы. Магнитные мягкие материалы легко восстанавливаются. Они используются для магнитных сердечников трансформаторов и электрических машин, реле и т. д. Магнитные твердые материалы не могут быстро восстанавливаться из-за больших запасов магнитной энергии, поэтому они используются для изготовления постоянных магнитов и устройств для записи и хранения информации.

Разницу между проводниками, полупроводниками и диэлектриками можно наглядно показать, используя энергетические диаграммы теории твердых тел.

Схема расположения энергетических уровней представлена на рисунке 1.1.

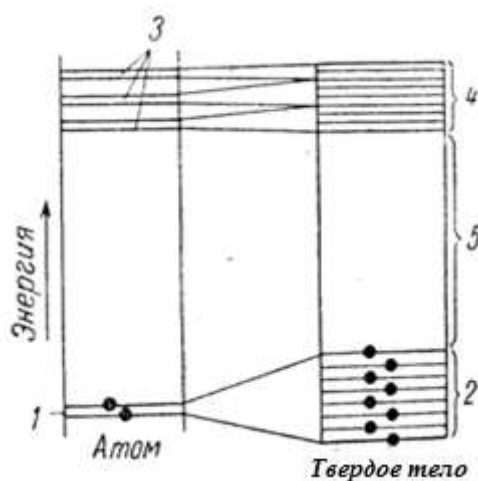


Рисунок 1.1. 1-Нормальный энергетический уровень атома; 2 - зона, заполненная электронами; 3 - уровни возбужденного состояния атома; 4 - свободная зона; 5-запретная зона

Исследование спектров излучения различных веществ в газообразном состоянии показало, что, когда атомы находятся на большом расстоянии друг от друга, атомы каждого вещества характеризуются определенными спектральными линиями. Это указывает на наличие определенных энергетических состояний (уровней) для различных атомов. Некоторые из этих уровней заполнены электронами в нормальном, неизученном состоянии атома, в то время как другие имеют место, когда атомы подвергаются внешнему энергетическому воздействию (в возбужденном состоянии). Когда электроны переходят с возбужденного уровня на минимальный уровень своей энергии, атом стремится к переходу в стабильное состояние с выделением избыточной энергии. На рисунке 1.1 показаны уровни энергетической диаграммы атома.

При конденсации газообразного вещества в жидкость, а затем образовании кристаллической решетки твердого тела все электронные уровни атомов определенного типа (как заполненные электронами, так и незаполненные) несколько смещаются от воздействия соседних атомов друг на друга. Таким образом, из энергетических уровней изолированных атомов в твердом теле образуется целая полоса, то есть зона энергетических уровней.

На рисунке 1.2 показана разность энергетических диаграмм (при температуре 0°K) металлических проводников, полупроводников и диэлектриков. Тело, запрещенная область которого настолько велика и электрическая проводимость которого не наблюдается при нормальных

условиях, может быть диэлектриком. Запретная зона полупроводников сужается и считается веществом за счет внешних энергетических воздействий. В металлических проводниках область, заполненная электронами, находится вблизи области свободного энергетического уровня или даже перекрывается и закрывается с ним. В результате электроны в металле могут быть свободными, поскольку они могут перемещаться от уровней заполненной области к занятым уровням свободной зоны под действием слабых сил электрического поля, падающего на проводник.

При отсутствии свободных электронов в полупроводнике ($T = 0^\circ \text{ K}$) разность приложенных к нему электрических потенциалов не вызывает тока. Если энергия, достаточная для переноса электронов через запретную зону, подается извне, то при свободном доступе электроны могут перемещаться под действием электрического поля, образуя электронную проводимость полупроводника.

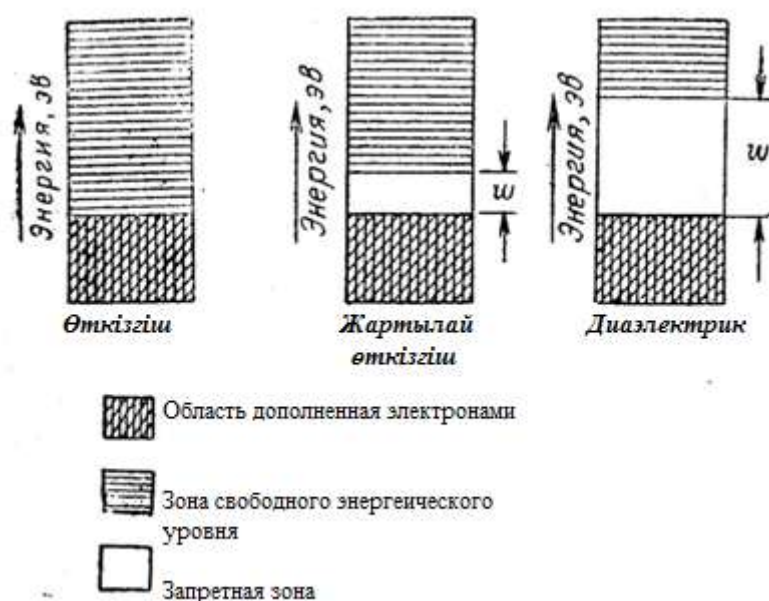


Рисунок 1.2. Отличие проводников от полупроводников и диэлектриков

В заполненной области, где электрон был оставлен, образовалось «Электронная дырка», поэтому в полупроводнике начинается еще одно «Эстафетное» движение электронов, которые заполняют образовавшиеся дырки и под действием электрического поля дырка движется к полю как эквивалентный положительный заряд.

Процесс перехода электронов в свободное состояние сопровождается противоположным явлением, т. е. возвращением электронов в нормальное состояние. В результате в веществе возникает равновесие, т. е. число электронов, проходящих в свободную область, равно числу электронов, возвращающихся в нормальное состояние.

С повышением температуры число свободных электронов в полупроводнике увеличивается, а в результате снижения температуры до абсолютного нуля число свободных электронов уменьшается до нуля.

Таким образом, при определенной температуре вещество, являющееся диэлектриком, а при другой температуре, т. е. более высокой, приобретает сверхпроводимость, в этом случае происходит качественное изменение вещества.

Энергия, необходимая для переноса электрона в свободное состояние или образования дыры, может передаваться не только тепловым движением, но и другими источниками энергии, такими как энергия света, поглощаемая материалом, энергия потока электронов и ядерных частиц, энергия электрического и магнитного полей, механическая энергия и т. д.

Увеличение числа свободных электронов или отверстий в веществе под действием любого вида энергии способствует повышению электропроводности, увеличению тока и появлению электродвижущих сил.

Электрические свойства определяются условиями взаимодействия атомов веществ и не являются неотъемлемым свойством данного атома. Например, углерод в виде алмаза является диэлектриком, а в виде графита он обладает высокой проницаемостью.

Примеси и связанные с ними дефекты кристаллической решетки также играют важную роль в электрических свойствах твердых веществ.

Проводники. В качестве проводника электрического тока используются твердые вещества, жидкости и газы.

Металлы считаются твердыми проводниками. Проводящие материалы из металла можно классифицировать как высокопроницаемые и высокопроводящие. Металлы с высокой проводимостью используются для проводов, кабелей, обмоток трансформаторов, электрических машин и т. д. Металлы и сплавы с высоким сопротивлением используются в электрических нагревательных устройствах, лампах накаливания, реостатах, типовых сопротивлениях и т. д.

Жидкие проводники включают расплавленные металлы и различные электролиты. Как правило, металлы имеют более высокую температуру плавления, за исключением ртути, температура плавления которой составляет около -39°C . Поэтому в качестве жидкого металлического проводника при нормальной температуре можно использовать только ртуть. Другие металлы являются жидкими проводниками при высоких температурах (например, при плавлении металлов токами высокой частоты).

Механизм прохождения тока через металлы в твердом и жидком состоянии зависит от движения свободных электронов, вследствие чего их называют электронными проводниками или проводниками первого типа. Проводниками или электролитами второго типа являются растворы кислот, щелочей и солей (в основном водные). Прохождение тока через эти проводники связано с переносом частей молекулы (ионов) вместе с электрическими зарядами, в результате чего состав электролита постепенно меняется, и на электродах выделяются продукты электролиза.

Ионные кристаллы в расплавленном состоянии также являются проводниками второго типа. Примером могут служить солевые закаливающие ванны с электрическим подогревом. Все газы и пары, а также пары металлов не относятся к проводникам при низкой прочности электрического поля. Однако, если прочность поля превышает определенное критическое значение, обеспечивающее ударное и фотонионирование, газ приобретает электронную и ионную проводимость. Высокоионизированный газ с одинаковым количеством электронов и положительных ионов в объемной единице представляет собой специальную проводящую среду, называемую плазмой.

Металлические проводники являются основным видом проводящих материалов, используемых в электротехнике.

Классическая электронная теория металлов относится к твердому проводнику в виде системы, состоящей из узлов кристаллической ионной решетки, ионная решетка содержит электронный газ, состоящий из коллективизированных (свободных) электронов. В коллективизированном состоянии от каждого атома металла отделяется один-два электрона.

При столкновении электронов с узлами кристаллической решетки накопленная энергия при ускорении электронов в электрическом поле переходит в металлическое основание проводника, в результате чего он нагревается. Экспериментальным фактом установлено, что теплопроводность металлов пропорциональна их электрической проводимости.

При обмене электронами между нагретой и холодной частями металлов при отсутствии электрического поля происходит переход кинетической энергии от нагретых частей проводника к холодным, т. е. явление, называемое теплопроводностью. Поскольку механизмы электрической проводимости и теплопроводности определяются плотностью и движением электронного газа, материалы с высокой проводимостью также обладают хорошими теплопроводными свойствами.

Ряд экспериментов подтвердил гипотезу электронного газа в металлах. К ним относятся:

1. При длительной передаче электрического тока через электрическую цепь, состоящую из некоторых металлических проводников, проникновение атомов одного металла в другой не наблюдается.

2. Когда металлы нагреваются до высокой температуры, скорость теплового движения свободных электронов увеличивается и их скорость может преодолеть потенциальные барьерные силы поверхности и выйти из металла.

3. При неожиданной остановке быстро движущегося проводника газ электрона смещается в направлении движения в соответствии с законом инерции. Смещение электронов приводит к появлению разности потенциалов на концах заторможенного проводника, а шкала подключенного к ним измерительного прибора отклоняется.

4. При изучении поведения металлических проводников в магнитном поле установлено, что из-за кривизны траектории электронов в

металлической пластине, помещенной в горизонтальное магнитное поле, возникает поперечная электродвижущая сила и изменяется электрическое сопротивление проводника.

К основным характеристикам проводящих материалов относятся:

1. Удельная электропроводность или обратная ей величина-удельное электрическое сопротивление;
2. Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления;
3. Удельная теплопроводность;
4. Разность контактных потенциалов и термоэлектрическая движущая сила (термо – Э. Д. С.);
5. Предел прочности на растяжение и относительное удлинение при разрыве.

К наиболее распространенным проводящим материалам относятся медь и алюминий.

Преимущества, которые обусловили широкое использование меди в качестве проводящего материала:

1. Удельное сопротивление ниже (из всех металлов удельное сопротивление только серебра несколько ниже, чем меди);
2. Достаточно высокая механическая прочность;
3. Коррозионная стойкость во многих случаях считается удовлетворительной (медь окисляется на воздухе и даже в условиях высокой влажности протекает медленнее, чем, например, железо); интенсивное окисление меди происходит только при высоких температурах;
4. Хорошо обрабатывается - медь оборачивается листами, полосками и натягивается на проволоку, толщина которой может составлять от тысячи миллиметров;
5. Относительная легкость пайки и пайки.

Вторым по значимости проводящим материалом после меди является алюминий. Это светло - серебристый металл, самый важный представитель элементов, называемых легкими металлами, алюминий примерно в 3,5 раза легче меди. Температурный коэффициент линейного расширения алюминия, удельная теплоемкость и теплота плавления выше, чем у меди.

Из-за высоких значений удельной теплоемкости и теплоты плавления нагрев алюминия до температуры плавления и перевод его в расплавленное состояние требуют значительных потерь теплоты по сравнению с медью, при этом температура плавления алюминия считается ниже, чем у меди.

По сравнению с медью механические и электрические свойства алюминия снижены. Электрическое сопротивление алюминиевой проволоки с одинаковым сечением и длиной в $0,028: 0,0172 = 1,63$ раза больше, чем медной. Поэтому для получения алюминиевого провода с таким же электрическим сопротивлением, что и медный провод, необходимо получить его диаметр в 1,63 раза больше. Алюминиевый провод будет примерно в два раза легче, даже если он толще меди.

Отсюда следует простое экономическое правило: для производства проводов с одинаковой проводимостью (т.е. с другими одинаковыми условиями, одинаковыми затратами на поставляемую электроэнергию) алюминий считается более выгодным, только если цена одной тонны алюминия заданной длины не превышает цену одной тонны меди более чем в два раза.

В настоящее время, с точки зрения экономических соображений, в нашей стране алюминий стал не только заменять медь для воздушных линий электропередачи, но и внедряться в производство изолированной кабельной продукции.

Диэлектрические материалы. Основным процессом, присущим любому диэлектрику при добавлении электрического напряжения, является поляризация, это явление объясняется ограниченным смещением связанных зарядов или направлением молекул диполя.

Явления, вызванные поляризацией диэлектрика, также могут быть оценены значением диэлектрической проницаемости, а также величиной угла диэлектрических потерь, если поляризация диэлектрика сопровождается распределением энергии, вызывающей нагрев диэлектрика.

Из-за наличия свободных зарядов в техническом диэлектрике под действием электрического напряжения в нем постоянно возникает небольшой по величине ток полостной проводимости, проходящий по диэлектрику и его поверхности. В связи с этим явление диэлектрик характеризуется удельной объемной проницаемостью и удельной поверхностной проницаемостью и удельными объемными и удельными поверхностными сопротивлениями, которые соответственно являются противоположными величинами.

Особенности поляризации позволяют разделить все диэлектрики на несколько групп. Любой диэлектрик может применяться только при напряжениях, не превышающих пороговых значений, свойственных ему при определенных условиях. В случае превышения напряжения над пороговыми значениями происходит явление пробоя диэлектрика и полностью теряются его изоляционные свойства.

Электрическая прочность материала, то есть способность выдерживать приложенное напряжение, характеризуется пробивным напряжением электрического поля.

Место электроизоляционных материалов, занимаемое в области электротехники, считается очень важным. Эти материалы используются для создания электрической изоляции, которая окружает токоведущие части электрических устройств и изолирует части, находящиеся в различных электрических потенциалах, друг от друга.

Назначение электрической изоляции-предотвращение прохождения электрического тока через любые неблагоприятные пути, кроме тех, которые предусмотрены в электрической цепи устройства. Ни одно электрическое устройство, даже самое простое, не может быть изготовлено без использования электроизоляционных материалов. Кроме того, изоляционные

материалы используются в качестве диэлектриков, работающих на конденсаторах.

Так, к электроизоляционным материалам относятся активные диэлектрики, т. е. диэлектрики с управляемыми электрическими свойствами (ферроэлектрики, пьезоэлектрики, электрики и др.). Требования к электроизоляционным материалам в различных условиях в зависимости от применения различны. Помимо электроизоляционных свойств важную роль играют механические, тепловые и другие физико-химические свойства, а также учитывается способность материалов подвергаться различной обработке при изготовлении необходимых из них изделий. Поэтому для разных случаев придется выбирать разные материалы.

Электроизоляционные материалы занимают большое место среди общих электротехнических материалов, составляют значительную часть. Количество отдельных видов конкретных электроизоляционных материалов, применяемых в современной электроэнергетике, достигает тысячи.

Электроизоляционные материалы, в первую очередь, в зависимости от агрегатного состояния, могут быть разделены в зависимости от условий их разделения на газообразное, жидкое и твердое состояние. Те, которые изначально находятся в жидком состоянии, затвердевают при изготовлении изоляционных материалов, а при использовании превращаются в твердые изоляционные материалы, можно разделить на особую группу (например, лаки и компаунды).

Большое практическое значение имеет и разделение электроизоляционных материалов на органические и неорганические в соответствии с их химической природой. Органические вещества - это углеродные соединения (С); они обычно состоят из водорода (Н), кислорода (О), азота (N) или других элементов. Другие вещества считаются неорганическими; большинство из них включают кремний (Si), алюминий (Al) и другие металлы, кислород и т. д.

Многие органические электроизоляционные материалы обладают ценными механическими свойствами, изгибом, гибкостью; из них могут быть изготовлены волокна, пленки и другие изделия, поэтому они нашли очень широкое применение. Однако теплостойкость органических электроизоляционных материалов будет относительно низкой.

Неорганические электроизоляционные материалы в большинстве случаев не обладают изгибом и гибкостью, они часто становятся хрупкими; технология их обработки сравнительно сложна. Однако, как правило, неорганические электроизоляционные материалы обладают большей теплостойкостью, чем органические, поэтому их успешно применяют в условиях, требующих высокотемпературной изоляции. В последние годы появились материалы, обладающие промежуточными свойствами между органическими и неорганическими материалами-это элементоорганические материалы, в молекулах которых кроме атомов углерода обычно присутствуют атомы других элементов, не входящих в состав органических веществ и более характерных для неорганических материалов: Si, Al, P и др.

Поскольку значения допустимых рабочих температур изоляционного материала имеют очень важное практическое значение, электроизоляционные материалы и их комбинации (системы электроизоляции электрических машин, аппаратов и др.) делят на классы по теплостойкости.

Электроизоляционные, а также механические, тепловые, влажностные и другие характеристики электроизоляционных материалов существенно различаются в зависимости от технологии получения и обработки материалов, наличия примесей, условий испытаний и т. д.

Электроизоляционные материалы могут быть гигроскопичными в большей или меньшей степени, то есть обладают способностью поглощать влагу из окружающей среды и являются проводниками влаги, то есть могут пропускать через себя водяной пар.

Вода считается сильным дипольным диэлектриком с низким удельным сопротивлением, поэтому ее проникновение в поры твердых диэлектриков приводит к резкому снижению их электрических свойств. Воздействие влажности происходит особенно при высоких температурах (30-40° С). Аналогичные условия наблюдаются в странах с влажным тропическим климатом, а в сезон дождей они могут вызвать проблемы в работе электрических машин и устройств.

Прежде всего, влияние высокой влажности воздуха проявляется в поверхностном сопротивлении диэлектриков. Для защиты поверхности электроизоляционных деталей из полярных твердых диэлектриков от влаги их покрывают лаками, которые не смачиваются водой.

Определение влажности электроизоляционных материалов имеет решающее значение для определения условий испытания электрических свойств данного материала.

Полупроводники. К полупроводникам можно отнести большую группу электронно-электропроводных веществ, удельное сопротивление которых при нормальной температуре находится между проводниками и удельными сопротивлениями диэлектриков.

Электропроводность полупроводников в большей степени зависит от внешних энергетических воздействий, а также от различных примесей, а иногда и от смеси небольшого размера, которая находится в теле самого полупроводника. Регулирование электрической проводимости полупроводников температурными, световыми, электрическими полями, механическими силами является основой принципов работы терморезисторов (терморезисторов), фоторезисторов, нелинейных резисторов (варисторов), тензорезисторов и др. соответственно.

Наличие в полупроводниках двух типов электропроводности- «Электронной» (n) и «Электронно-дырочной» (p) позволяет получать полупроводники с переходом p-n.

Когда в полупроводнике происходит переход p-n, образуется блокирующий (запирающий) слой, что создает корректирующий эффект для

переменного тока. Наличие двух или более взаимосвязанных переходов позволяет получать контролируемые системы-транзисторы.

Важнейшие приложения полупроводников в электротехнике основаны на использовании возможностей перехода р-п. Это включает в себя различные типы выпрямителей, усилителей и генераторов высокой и низкой мощности. Полупроводниковые системы могут успешно применяться при преобразовании различных видов энергии в энергию электрического тока с коэффициентом преобразования, который не уступает существующим преобразователям других типов, а в ряде случаев превосходит их.

В качестве примеров полупроводниковых преобразователей можно назвать «Солнечные батареи» и термоэлектрические генераторы с коэффициентом полезного действия около 11%.

С помощью полупроводников можно охладить на несколько десятков градусов. В последние годы особое значение для создания сигнальных источников света приобрело использование рекомбинационного свечения при низком напряжении постоянного тока в электронно-дырочном переходе. Помимо вышеупомянутых основных применений полупроводников, они могут служить в качестве нагревательных элементов (силитовые стержни), с помощью которых можно возбуждать катодное пятно на игнитронных выпрямителях, измерять напряженность магнитного поля (датчики холла), и они являются индикаторами радиоактивного излучения и т. д. может быть.

Используемые на практике полупроводниковые материалы можно разделить на простые полупроводники (элементы), полупроводниковые химические соединения и полупроводниковые комплексы (например, керамические полупроводники). В последнее время изучаются как стеклянные, так и жидкие полупроводники.

Встречается около десяти видов простых полупроводников. Для современных технологий особое значение приобретают германий, кремний и селен. Полупроводниковые химические соединения представляют собой соединения элементов различных групп периодической таблицы.

К многофазным полупроводниковым материалам относятся материалы, содержащие полупроводниковую или проводящую фазу карбида кремния, графита и т. д., соединенные между собой керамическими или другими связями. Наиболее распространенными из них являются тирит, силит и др.

Устройства из полупроводниковых материалов имеют ряд преимуществ; к ним относятся:

- 1) Длительный срок службы;
- 2) Компактные размеры и вес;
- 3) Простота и надежность конструкции, высокая механическая прочность (они не боятся скрипов и ударов);
- 4) Полупроводниковые устройства, заменяющие электронные лампы, не имеют тепловых цепей, имеют низкое энергопотребление и низкую инерционность;
- 5) При освоении массового производства они становятся экономически выгодными.

С точки зрения полупроводников отечественная наука и технологии развивались по-своему, обогащая мировую науку своими достижениями и достижениями, а также творчески осваивая практические результаты зарубежных работ, используя все прогрессивные возможности зарубежной науки и техники.

Магнитные материалы. Магнетизм-это уникальное выражение движения электрических зарядов внутри атомов и молекул, отличающееся тем, что некоторые тела способны притягивать и удерживать частицы железа, никеля и других металлов. Эти тела называются магнитными телами.

Вокруг любого намагниченного тела возникает магнитное поле, представляющее собой материальную среду, в которой определяется действие магнитных сил.

Когда какое-либо тело вводится в магнитное поле, оно проникает через магнитные линии, которые в некоторой степени влияют на поле. При этом различные материалы по-разному реагируют на магнитное поле. Магнитное поле возникает в намагниченных телах, когда электроны движутся вокруг ядра атома и вокруг его оси. Орбиты и оси вращения электронов в атомах могут находиться в разных положениях относительно друг друга, поэтому магнитное поле, вызванное движением электронов, находится в разных положениях. В зависимости от взаимного расположения магнитных полей их можно добавлять или уменьшать. В первом случае атом имеет магнитное поле или магнитный момент, а во втором-нет. Материалы, атомы которых не имеют магнитного момента или не могут быть намагничены, называются диамагнитными.

К ним относятся абсолютное большинство веществ, присутствующих в природе, и некоторые металлы (медь, свинец, цинк, серебро и другие). Материалы, атомы которых имеют определенный магнитный момент и могут намагничиваться, называются парамагнитными. В их состав входят алюминий, олово, марганец и др. Материалы, атомы которых имеют большой магнитный момент и легко намагничиваются, называются ферромагнитными материалами. К таким материалам относятся железо, сталь, чугун, никель, кобальт, гадолиний и их сплавы.

Свойство электрического тока создавать магнитное поле широко используется на практике.

Железный или стальной стержень, вставленный в соленоид, обладает магнитными свойствами при прохождении через соленоид. Сердечник из твердомагнитной стали, вследствие большого значения коэрцитивной силы, присущей данному материалу, значительно сохраняет свои магнитные свойства даже после потери тока.

В электронике и устройствах связи часто используются поляризованные электромагниты, стержень или якорь которых, иногда оба, имеют форму магнита.

Неполяризованный электрический магнит притягивает якорь к себе независимо от направления тока, направленного на его обмотку. Работа полярного электромагнита зависит от направления тока в его обмотке.

Например, в непосредственно поляризованном электромагните ток в одном направлении увеличивает магнитное поле его стержня, а другой ослабляет его.

Электромагниты широко используются в подъемных и тормозных устройствах, станках для обработки стальных деталей, электрических машинах, реле и других устройствах.

Основной характеристикой электротехнических материалов является коэффициент пропорциональности удельной электропроводности - γ , Сименс/м, т. е. плотности тока j (А/м²) и напряженности электрического поля E , (В/м):

$$j = \gamma \cdot E \quad (1.1)$$

Удельная проводимость зависит только от свойств материала. Эта характеристика обычно используется в теории. На практике для оценки электропроводности материалов и систем широко используется обратная величина - электрическое сопротивление - ρ , Ом·м, :

$$\rho = 1/\gamma \quad (1.2)$$

Для основных групп электротехнических материалов значение ρ будет уменьшаться:

- проводники - $\rho < 10^{-5}$ Ом · м;
- диэлектрики - $\rho > 10^8$ (до 10^{16}) Ом · м;
- полупроводники - $\rho = 10^{-5} \dots 10^8$ Ом · м.

Что касается магнитных материалов, то с точки зрения их удельной проводимости (удельного сопротивления) они могут быть проводниками, полупроводниками или диэлектриками.

Контрольные вопросы:

1. Чем характеризуется электрическая прочность материала, то есть способность выдерживать приложенное напряжение?
2. Каково назначение электрической изоляции?
3. Что такое проводники?
4. Что такое диэлектрики?
5. Что такое полупроводники?
6. Что такое магнитные материалы?

1.2. Назначение и область применения проводов, шин, кабелей

Характеристики любого кабеля или провода определяются свойствами их проводящих линий и окружающей их изоляции.

Жилой называется проволока из металла, способная пропускать через себя электрический ток. Обладает двумя важнейшими характеристиками –

количеством проволок, из которых она состоит, и поперечным сечением, которое определяет пропускную способность.

По количеству проволок жилы делятся на однопроволочные (монолитные) и многопроволочные. Этот параметр определяет гибкость жилы – чем больше в ней проволок, тем она легче гнется. Между отдельными проволоками многопроволочной жилы никакой изоляции нет – обычно они просто скручиваются между собой.



Однопроволочная жила



Многопроволочная жила

Площадь сечения проводников определяет суммарную мощность тока, который может быть через него пропущен. Так как сечение провода это основной параметр, применяемый при расчетах пропускной способности электропроводки, то производители обязаны указывать его на изоляции проводника. Чтобы исключить путаницу, то делается это через равные промежутки – обычно до 1 метра, а если провод голый, то сечение указывается на упаковке бухты, но желательно перепроверить его штангенциркулем или микрометром. Также надо быть осторожным при покупке недорогих марок проводов – в ГОСТе заложены определенные допуски для толщины жил проводников и иногда производители этим активно пользуются. К примеру, есть марки проводов с допуском целых 30% и если позволяет точность оборудования, то вместо 1 мм² можно получить жилы сечением 0,75-0,8 мм² и все окажется в рамках закона.

Есть еще и отличия жил по форме – в основном они бывают круглые, но в ряде разновидностей проводов и кабелей делаются, к примеру, секторными – одно и многожильными. Это улучшает общую компоновку жил и уменьшает наружный диаметр всего изделия.

Изоляция электропроводки. Основной задачей изоляционного диэлектрического слоя является предохранение человека от контакта с токоведущей жилой. Также наличие изоляции позволяет поместить несколько жил рядом, не опасаясь короткого замыкания между фазой и нулем (контакта фазного проводника с «землей») или другими фазами.

Для различных целей применяются определенные диэлектрики: керамические или стеклянные, а для гибких кабелей и проводов полимерные – поливинилхлориды или целулоиды. Для бытовой проводки чаще всего применяется полимерная изоляция – ее свойства позволяют не только предохранять жилы от замыкания, но и защищать их от механических повреждений, высокой влажности и прочих внешних факторов.

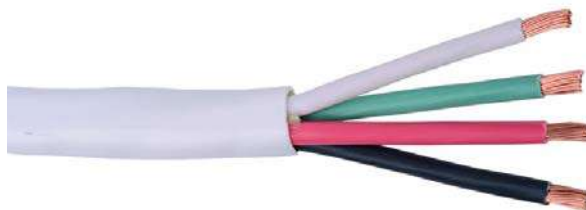
Также изготавливаются бронированные провода и кабели, с многослойной изоляцией, внутри которой находится дополнительная оплетка или стальная

лента. Их используют на нестабильных грунтах, при прокладке линии под дорогами и в подобных условиях.

Различия между кабелем и проводом. Одни и те же проводники электричества могут называть кабелем, проводом или шнуром. По определению, проводом считаются одна или несколько токоведущих жил, которые соединяют два участка электрической цепи. Жилы могут быть одно и многопроволочными, голыми или изолированными и различающимися по прочим характеристикам. Также есть отдельная категория защищенных проводов, которые легко спутать с кабелем, благодаря наличию внешней оболочки – у них каждая жила имеет свою изоляцию, а все вместе снаружи дополнительно закрывается кембриком из полимеров или подобных материалов.

Голые провода в бытовых условиях практически не применяются – их чаще используют для передачи электроэнергии по воздушным линиям и в прочих местах, куда человек без допуска не попадает.

Изолированные провода сами по себе в быту используются слабо – больше они применяются внутри различного электрооборудования или в электросети автомобиля. По структуре кабель похож на защищенный провод – это одна или несколько токоведущих жил, каждая из которых в своей изоляции, плюс еще один изоляционно-защитный наружный слой из полимеров, пластика или резины.



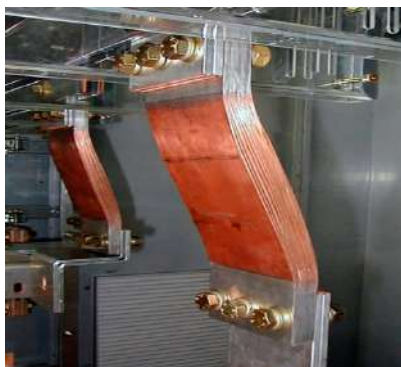
Главное отличие кабеля от провода надо искать внутри – если у последнего наружная оболочка это просто трубка, то у кабеля дополнительно заполняется пространство между токоведущими жилами – нитками, лентами или мелованным составом. Это предотвращает слипание жил, которые могут немного смещаться друг относительно друга при сгибании кабеля, что упрощает его монтаж и дальнейшее обслуживание.

Дополнительно выделяются бронированные кабели – у них несколько слоев наружной изоляции, между которыми есть защита от механических повреждений в виде оплетки или перевитых металлических лент.



Шины являются сплошными неизолированными проводниками, из которых выполняются сборные шины распределительных устройств, электрическая связь между аппаратами и их соединение с сборными шинами.

Материал шины должен удовлетворять ряду требований: обеспечивать необходимую электропроводность, механическую прочность, быть устойчивым к химическим воздействиям окружающей среды, иметь небольшой вес и стоимость. В качестве материала шины могут использоваться медь, алюминий и сталь. Медные шины применяются только в исключительных случаях и при соответствующем технико-экономическом обосновании. Стальные шины могут применяться в электроустановках малой мощности при рабочих токах до 200-300 А.



В экономическом порядке, как правило, используются алюминиевые шины и их сплавы с различными электрическими и механическими характеристиками.

Наиболее распространенным типом поперечного сечения шин является прямоугольник с соотношением $B / L = 1/5 \text{ } 1/12$ (рисунок 1.3, а). Такие шины называются плоскими. Они обеспечивают хороший отвод тепла в окружающую среду, так как имеют большую охлаждающую поверхность. При рабочем токе более 2000А токопроводы собираются из нескольких шин (шинный пакет). Пакет состоит из двух или трех полос (рисунок 1.3, б и в). При этом допустимый ток увеличивается соответственно до 3200 и 4100 А, т. е. не пропорционален количеству полос из-за неравномерного распределения тока между полосами и ухудшения условий охлаждения. Недостатком шинного пакета является сложность монтажа и снижение механической устойчивости шин при коротком замыкании из-за натяжения полос друг к другу, так как через них проходят однонаправленные токи. Во избежание замыкания полос при КЗ между ними прокладываются дистанционные прокладки с соответствующим креплением. При больших рабочих токах применяются комбинированные шины двухпакетных шин большого сечения (рисунок 1.3, г). Из-за меньшего эффекта близости и достаточно хорошего охлаждения использование металла коробчатых шин намного лучше, чем прямоугольный пакет шин того же общего сечения. Расчеты показывают, что эффективно заменить трехполосные пакеты шин коробчатыми шинами.

В установках напряжением 35 кВ и выше необходимо учитывать явление коронного разряда, возникающего при частичном электрическом разрыве воздуха на поверхности проводника. Шины прямоугольного и коробчатого сечения способствуют образованию неравномерного электрического поля и появлению короны (фиолетового свечения, которое хорошо видно в темноте). Коронация шин крайне нежелательна, так как ионизация воздуха снижает ее электрическую прочность и облегчает перекрытие изоляторов и проколы между фазами. В коронных разрядах образуются оксиды озона и азота. Озон интенсивно окисляет металлоконструкции распределительного устройства, а окислы азота образуют азотную кислоту с водой, которая разрушает изоляцию и металлы.

Наиболее совершенной формой поперечного сечения шин является круглое кольцо с трубчатыми шинами (рисунок 1.3, д.). При правильном выборе соотношения толщины стенки T и диаметра трубы D обеспечивается хороший отвод тепла и достаточная механическая прочность. Вокруг трубчатой шины создается равномерное электрическое поле, что предотвращает образование короны. Трубчатые шины крепятся к опорным стержневым или штыревым изоляторам, а также крепятся к опорным конструкциям гирляндами подвесных изоляторов. Наряду с трубчатыми шинами в открытых распределительных устройствах широко используются многожильные гибкие провода. Обычно используются стальные алюминиевые провода марки АС, сердечник которых скручен из стальных оцинкованных проволок, а алюминиевая часть проводов такого же диаметра вставляется в ряд (петли) вокруг стального сердечника.

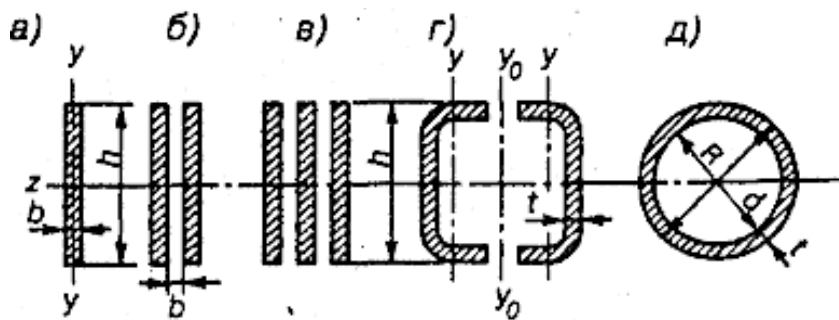


Рисунок 1.3. Формы поперечного сечения шин: а-прямоугольник; б-пакет из двух полос; в-пакет из трех полос; г-коробчатые шины; д-трубчатые шины.

Окраска шин эмалевой краской несколько увеличивает теплоотдачу окружающей среды, что позволяет увеличить допустимый ток нагрузки на шины. В электроустановке для облегчения ориентации персонала используется цветная окраска шин.

В распределительных устройствах постоянного тока шины положительной полярности окрашиваются в красный, отрицательной-в синий цвет.

Цвет шин при переменном трехфазном токе выглядит следующим образом:

фаза а-желтый цвет; фаза в - зеленый; фаза с - красный; нулевой рабочий N - синий; нулевая защита N - продольные полосы желтого и зеленого цветов.

Шины однофазного тока, являющиеся ветвью системы трехфазного тока, окрашиваются как соответствующие шины, от которых они отделяются. Резервные шины окрашиваются в основной резервируемый цвет. Если резервная шина может заменить любую базовую шину, то она окрашивается горизонтальными полосами в цвета основных цветов, которые чередуются между собой. Многожильные гибкие провода не окрашиваются, так как изменение их провисания при изменении температуры нагрева приводит к разрушению слоя краски.

Выбор шин и проводов распределительных устройств осуществляется по максимальному рабочему току, при котором температура нагрева токоведущих частей не превышает 70°C. Для этого условие должно быть выполнено:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{раб. макс}}, \quad (1.3)$$

где, $I_{\text{доп}}$ - длительно допустимый ток нагрузки токоведущей части;
 $I_{\text{раб. макс}}$ -Максимальный рабочий ток выбранного проводника.

1.3. Выполнение несложного ремонта приборов

На многих промышленных предприятиях, а также в научных лабораториях и исследовательских центрах бесперебойная работоспособность приборов приобретает особое значение. Любой выход из строя или поломка агрегата может повлечь за собой ряд неприятных событий. Средства измерений изнашиваются и выходят из строя точно так же, как любые другие технические устройства. Причинами поломок могут быть износ, перегрузки, вибрации, неправильная эксплуатация и многие другие. Сложность диагностирования неисправностей средств измерений заключается в том, что внешне они могут не проявляться совсем: прибор работает, не имеет видимых повреждений и даже выдает какие-то показания. Только в специальных метрологических лабораториях можно убедиться, врет прибор или нет, и определить, что требуется для восстановления доверия к выдаваемым средствами измерений данным: только лишь чистка и настройка или прямое физическое вмешательство в их конструкцию. В такой ситуации актуален вопрос своевременного технического обслуживания технических устройств.

Основой поддержания средств измерений и контроля в исправном состоянии и постоянной готовности к применению по назначению является техническое обслуживание. Периодичность, объем и порядок проведения технического обслуживания приборов, применяемых автономно,

определяются эксплуатационной документацией на эти приборы, а приборов, встроженных в технические устройства, – эксплуатационной документацией на эти устройства. При этом не допускается нарушение пломб, оттисков клейм, если это не предусмотрено эксплуатационными документами.

Различают техническое обслуживание по установленному регламенту или по текущему состоянию. В зависимости от объема работ техническое обслуживание по регламенту может быть ежедневным, еженедельным, ежемесячным, полугодовым, годовым. Ежедневно обслуживаются только применяемые в данный день приборы.

Комплекс работ, проводимых в ходе технического обслуживания, сводится к следующим процедурам:

- осмотр, внешняя очистка от грязи, наружная проверка плотности соединений, крепежа, исправности изоляции, герметичности труб;
- проверка нормальной работоспособности, срабатывания всех функций, выявление и устранение мелких недостатков;
- замена рабочих жидкостей, устранение их течи;
- смазка движущихся механизмов;
- контроль работы средств автоматизации;
- проверка питающих источников, функций блокировки и защиты, звуковой и световой сигнализаций;
- несложная замена отдельных элементов и их проверка в работе.

К наиболее характерным неисправностям контрольно-измерительных приборов относятся: износ керн и камней, ослабление крепежных болтов, затирание и заедание подвижной системы, сход ее с подпятников или нарушение балансировки, обгорание проводов рамок подвижной и неподвижной систем или компенсационного и добавочного резисторов, а также трещины в корпусе.

Повышенное трение в подвижной системе выявляют при внешнем осмотре прибора. Если оно отсутствует, то при медленном поворачивании корректора в разные стороны стрелка прибора будет перемещаться плавно, без заеданий. Уравновешенность подвижной части прибора проверяют наклоном прибора в разные стороны, при этом стрелка не должна отклоняться от нулевого положения.

Признаком повышенного трения в опорах или заедания подвижной системы может служить отклонение стрелки при постукивании по корпусу прибора, а невозвращение стрелки в нулевое положение после отключения прибора укажет на возможную деформацию пружины или на малый зазор между керном и опорной поверхностью камня. Колебание стрелки включенного прибора указывает на наличие плохого контакта в его электрической схеме. При обнаружении у прибора перечисленных дефектов его разбирают и ремонтируют.

Все неисправностей средств измерений и контроля, выявленные в процессе технического обслуживания, должны быть устранены. Запрещается выполнять последующие операции до устранения обнаруженных неисправностей. Приборы с неустраненными неисправностями бракуют и

направляют в ремонт. При техническом обслуживании должна быть обеспечена безопасность персонала. Условия работы, срочность ее выполнения и другие причины не могут служить основанием для нарушения мер безопасности.

Результаты технического обслуживания заносят в соответствующую учетную документацию.

Для выбора различных вариантов построения системы ремонта прежде всего определяют направления развития и возможный состав ремонтно-технологического оборудования с учетом перспектив развития средств измерений и указанных ограничений на систему ремонта.

В настоящее время используют, как правило, трехуровневую систему ремонта средств измерений:

- на местах эксплуатации с помощью ремонтно-поверочных лабораторий измерительной техники,
- на ремонтных участках лабораторий измерительной техники,
- на ремонтных заводах.

Кроме того, средства измерений можно отремонтировать на заводах-изготовителях и на специализированных заводах приборостроительных министерств. Размещение ремонтно-технологического оборудования фактически определяет порядок ремонта средств измерений, т.е. виды и методы ремонта на различных уровнях системы ремонта и требуемую квалификацию ремонтника.

В зависимости от характера отказов, степени выработки ресурса и трудоемкости восстановления различают текущий, средний и капитальный виды ремонта средств измерений. Такое разделение видов ремонта необходимо для планирования ремонтного производства. Сразу же следует отметить, что после ремонта средство измерений допускается к эксплуатации при проведении поверки, позволяющей удостовериться в соответствии его метрологических характеристик.

К текущему ремонту относят работы, связанные с устранением отдельных неисправностей средств измерений посредством замены комплектующих изделий и не требующие сложного диагностического и технологического оборудования. К этому виду ремонта относят также несложные в технологическом отношении операции по регулировке средств измерений для доведения метрологических характеристик до нормируемых значений в случае забракования прибора при поверке.

Текущий ремонт обычно выполняет выездная группа специалистов ведомственной лаборатории измерительной техники, осуществляющая одновременно поверку средств измерений непосредственно на местах их эксплуатации. Текущий ремонт не требует сложного специального технологического оборудования и при наличии группового ЗИП и подготовленных специалистов может быть освоен в короткие сроки. При такой организации ремонта имеет место минимальное время изъятия средств измерений из сферы эксплуатации.

Текущий и частично средний ремонт проводят в лабораториях измерительной техники предприятий и ведомств, средний и капитальный - в специализированных цехах (участках) ведомственных ремонтных заводов.

Ремонт и испытание приборов. Вынутый из корпуса механизм осторожно продувают для освобождения его от пыли, снимают с него шкалу, подвижную систему, магнит и отпаивают моментные пружины. Затачивают и шлифуют керны. Подпятники с царапинами, трещинами и нарушенной полировкой заменяют, а исправные очищают смоченной в спирте папиросной бумагой. Моментные пружины при необходимости правят и припаивают припоем ПОС-90. Устанавливают керны и приклеивают буксу к рамке. Если рамка была неисправна, то ее перематывают или заменяют новой до приклейки буксы. Катушку с обрывом или витковым замыканием перематывают или заменяют. Погнутую стрелку выправляют, дефектную шкалу заменяют. Новую приклеивают шеллачным лаком.

При сборке прибора добиваются, чтобы рамка не имела в кернах бокового смещения и поворачивалась свободно. Затем подвижную часть прибора устанавливают в нулевое положение, рычаг корректора в нейтральное и припаивают наружные концы моментных пружин. Подвижную часть прибора балансируют перемещением балансировочных грузиков на усиках стрелки, после чего грузики закрепляют шеллачным лаком.

Собранный после ремонта прибор включают последовательно с другим (контрольным). Если проверяемый прибор дает завышенные показания, то причиной этого может быть короткое замыкание части витков катушки или добавочного резистора (если он есть), смещение центра тяжести подвижной системы. В последнем случае на соответствующую часть подвижной системы можно нанести несколько капель шеллака.

Если прибор при повторных включениях дает разные показания для одних и тех же значений тока (по контрольному прибору), значит, велико трение в подпятниках оси или витки токоподводящих пружин касаются друг друга или какой-либо части прибора.

Стрелку шкалы подводят к исходному положению с помощью корректора. Амперметры градуируют с учетом сопротивления проводов, идущих от шунта, включенного в силовую цепь э. п. с., до щитка с приборами (для амперметра батареи в пределах РШ). Проверенный прибор пломбируют.

Шунты амперметров проверяют, пропуская по ним расчетный ток (1500 или 100 А) от многоамперного генератора. Значение этого тока и падение напряжения на шунте должны соответствовать расчетным данным, которые указаны на литой части шунта.

Техника безопасности при ремонте электрической аппаратуры. Все работы, связанные с ремонтом э. п. с., должны проводиться при обязательном выполнении утвержденных Правил по технике безопасности и производственной санитарии. Рабочее место комплексной бригады и отдельных работников должно находиться в полном порядке и не быть

загромождено. Верстаки шириной не менее 0,75 м должны быть устойчивыми и надежно укрепленными на полу. Тиски на верстаках необходимо устанавливать прочно с расчетом правильного положения слесаря при работе и на расстоянии не менее 1 м друг от друга. Чтобы не допустить нанесения травм осколками металла другим рабочим, место рубки металла обязательно ограждают, а на верстаках устанавливают предохранительные сетки с ячейками диаметром не более 3 мм или щиты высотой не менее 1 м.

Работы по ремонту аппаратов можно выполнять только исправным инструментом. Молотки должны иметь слегка выпуклую поверхность бойка без заусенцев, ручки овального сечения из твердого и упругого дерева (кизил, бук и т. д.), без сучков и трещин, слегка конической формы с уширением к свободному концу. Длина ручки должна соответствовать работе, выполняемой молотком, а посадка молотка на ручку быть прочной, надежной, с обязательным расклиниванием.

Для работы используют зубила, бородки, обжимки и керны ровные, несбитые, нескошеные и без заусенцев. Применяют зубила и бородки длиной не менее 150 мм. Напильники, отвертки и шаберы должны иметь исправные ручки без трещин и сбитых мест. На ручках напильников необходимо устанавливать металлические кольца. Гаечные, ключи по размеру и форме зева следует подбирать в соответствии с формой и размерами гаек. Челюсти зева ключа должны быть параллельными. Ставить прокладки между челюстью и гайкой категорически запрещается.

Резиновые перчатки, диэлектрические боты и галоши, резиновые коврики должны содержаться в исправном состоянии. Лицо, обслуживающее пробивной агрегат, должно иметь на руках диэлектрические перчатки, на ногах диэлектрические боты, а под ногами резиновый коврик.

Контрольные вопросы:

1. Как производится изоляция электропроводки?
2. В чем разница между кабелем и проводом?
3. Расскажите о назначении и области применения кабелей.
4. В чем недостаток пакета шин?
5. Назовите уровни ремонта средств измерений.

ГЛАВА 2. СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

В данной главе описываются знания, умения и навыки, необходимые для создания простейшей системы автоматизированного контроля и регулирования. В результате изучения модуля обучающиеся овладевают приемами ручного черчения и использованием технических чертежей через систему автоматизированного проектирования.

При изучении модуля обучающиеся используют специальные пакеты прикладных компьютерных программ для оформления автоматизированных чертежей, соответствуют требованиям единой системы конструкторской документации; выполняют сварку электромонтажных соединений и монтаж электрорадиоэлементов.

2.1 Классификация схем автоматизации

Система питания систем автоматизации должна обеспечивать необходимую надежность (непрерывность) питания, надлежащее качество электроэнергии (допустимые отклонения и отклонения напряжения, синусоидальность формы кривой, пульсация напряжения), экономичность, удобство и безопасность обслуживания.

В зависимости от характера элементов и отношений между ними ГОСТ 2.701-76 «Схемы. Виды и типы» различают следующие виды схем (в скобках указаны их буквенные коды):

- электрический (Э);
- оптический (О);
- гидравлический (Г);
- вакуумный (В);
- пневматический (П);
- автоматизаций (А);
- кинематические (К);
- смешанные (например, электрогидравлические и др.) (С).

По назначению выделяют следующие виды схем:

- структурная (1);
- функциональная (2);
- принципиальная (3);
- замещения (4);
- соединение (5);
- общая (6);
- компоновка (планы расположения средств автоматизации и проводов) (7);
- прочие (8);
- комбинированный (9).

Общие требования к выполнению схем автоматизации:

- Название схемы должно содержать признаки ее типа и типа. Например, «Функциональная схема автоматизации (А2)», «Принципиальная электрическая схема (ЭЗ)» и др.;
- Все схемы выполняются без соблюдения масштаба, эффективное расположение частей системы в пространстве не учитывается или учитывается приблизительно;
- Линии связи (ЛС) должны состоять из вертикальной и горизонтальной частей и иметь минимальные обрывы и пересечения. Допускается уклон ЛС. Прерывания ЛС заканчиваются стрелками с указанием рядом с ними места (адреса) соединения и (или) характеристик цепей (полярность, напряжение и т.д.);
- Элементы, составляющие одно устройство (например, магнитный пускатель), имеющие независимую схему, на схемах выделяются (ограждаются) сплошными линиями. Если устройство или функциональная группа элементов не имеют самостоятельной принципиальной схемы, то в схемах допускается их разделение штрихпунктирными линиями (например, контакты электронного маркета в принципиальной схеме системы контроля); графические обозначения элементов схемы имеют три вида:
- Стандартные условные графические обозначения, представленные соответствующим ГОСТом, например, для элементов электрических схем;
- Упрощенный внешний вид элемента или изделия, такого как машина, аппарат и другие элементы оборудования в технологических схемах;
- Прямоугольники произвольных размеров, используемые при выполнении конструктивных и функциональных схем: схемы соединений для обозначения частей системы, пультов, щитов и т.д., Для обозначения элементов, соединяемых различными проводами;

Размеры стандартных условных графических изображений элементов схемы должны соответствовать ГОСТ. Допускается пропорциональное увеличение или уменьшение размеров всех стандартных знаков на данной схеме.

Контрольные вопросы:

1. Характеризуйте классификацию схем автоматизации.
2. Перечислите общие требования к выполнению схем автоматизации.
3. Как различают схемы в зависимости от характера элементов и отношений между ними?
4. Опишите графические обозначения элементов схем.
5. Каким требованиям соответствуют размеры стандартных условных графических изображений элементов схемы?

2.2 .Условно-графические и буквенные обозначения элементов схем автоматизации

Структурная схема представляет собой изображение, на котором прямоугольники обозначают функциональные элементы схемы, а стрелки-связи между ними. Такая схема дает представление о структуре системы управления, ее функциональных элементах и их взаимосвязи.

В структурной схеме условно указывается в общем случае:

- технологические подразделения объекта управления;
- услуги технологического персонала, оперативного управления объектом и ремонта технических средств автоматизации;
- функции и технические средства их реализации (например, промышленный компьютер – обработка и отображение информации и др.);
- пункты управления с изображением соответствующих технических средств и операторов автоматизации;
- отношения между элементами схемы.

Функциональные схемы автоматизации (АФС)

АФС относится к основным техническим документам проекта автоматизации, определяющим структуру и технические средства системы автоматизации. АФС-это технологическое оборудование (то), технические средства автоматизации (СТС) и схема, взаимосвязь которой изображена условными графическими знаками. Список СТС в виде таблицы помещается в пустое поле чертежа. Подробно изложены правила исполнения АФС [1, 2]. Ниже будут рассмотрены основные из них.

На функциональных диаграммах АФС они изображены в упрощенном виде графическими изображениями, принятыми в технической части проекта объекта или определенными разработчиком системы в виде упрощенных внешних контуров машины, аппарата и т.д. (рисунок 2.1).

Каждый элемент АФС должен иметь наименование или позиционное (цифровое или буквенно-цифровое) обозначение, которое пишется рядом с выпускаемой полкой или внутри элемента АФС.

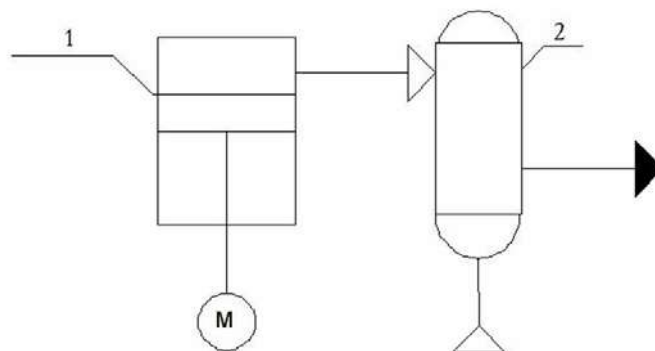


Рисунок 2.1. Пример технологической схемы. 1-компрессор;
2-конденсатор

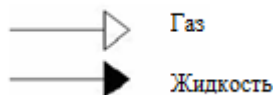
Буквенно-цифровые обозначения АФС состоят из заглавных букв русского алфавита (первые буквы названия оборудования) и арабских цифр, определяющих порядковый номер аналогичного ему технологического элемента. Например, компрессорные установки 1, 2: КА1, КА2.

При применении цифровых позиционных знаков (см. рис.2.1) на свободной площадке схемы АФС или технологической схемы должен быть приведен перечень оборудования. Пример списка ЧС приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Перечень технологического оборудования

Позиционный обозначение	Наименование, вид	количество	Примечание
1	Компрессор К-200	1	
2	Конденсатор	1	

В АФС трубы изображены сплошными линиями толщиной 0,5-1,5 мм. для облегчения чтения технологической схемы на знаках труб ставятся стрелки в виде треугольника, указывающие вид предмета и направление его движения:



газ, жидкость



Рисунок 2.2. Соединения (А) и пересечения труб (Б)

Условные графические обозначения средств автоматизации приведены в таблице. Изображается в соответствии со стандартами или правилами для электрических элементов (таблица 2.2).

Выделенные устройства не имеют особых отметок. Для стационарно Соединенных устройств они обозначаются тонкими линиями,

соединяющими аппараты или трубопроводы с приборами (рисунок 2.3). На конце тонкой линии изображен круг диаметром 2 мм, чтобы точно указать место выбора или точку измерения.

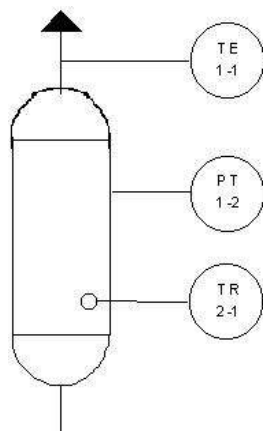
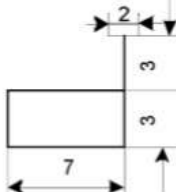
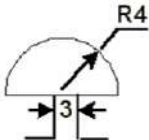
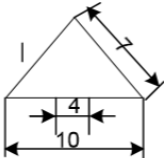
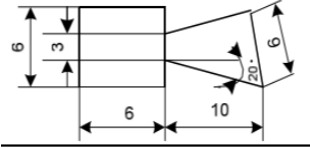
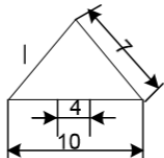
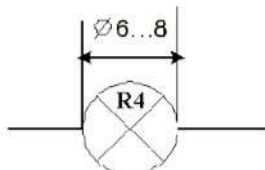



Рисунок 2.3. Изображение выбранных устройств для постоянно включенного оборудования

2.2-таблица. Условные графические обозначения средств автоматизации

Наименование	Условное обозначение
Первичный измерительный преобразователь (датчик) или прибор, устанавливаемый по месту (на технологическом трубопроводе, аппарате, стене, полу, колонне, металлоконструкции)*, например, пусковой	<p>Базовый</p> <p>Разрешено</p>
Прибор, устанавливаемый на щите, пульте * (реле, ключ управления и др.)	<p>Базовый</p> <p>Разрешено</p>
Исполнительный механизм. Общее обозначение. При прекращении подачи энергии в исполнительный механизм положение регулирующего органа не регламентируется	
Исполнительный механизм, открывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии в исполнительный механизм	

Условные графические обозначения электроаппаратуры, применяемые в функциональных схемах автоматизации:

Наименование	Условное обозначение
Дорожный выключатель	
Электрический звонок	
Электрическая сирена	
Гил	
Ревун	
Лампа накаливания (освещение и сигнализация)	
Для сигнальных ламп допускается следующее изображение	

Комплектные устройства (щиты, пульты, компьютеры, микропроцессорные программируемые контроллеры и т.д.) обозначаются внутри прямоугольника произвольного размера с указанием наименования (типа) устройства. В прямоугольнике управляющего компьютера, контроллера помимо их типа указываются выполняемые ими функции (управление, защита, регулировка, сигнализация и др.).

Условное обозначение устройства состоит из двух частей.

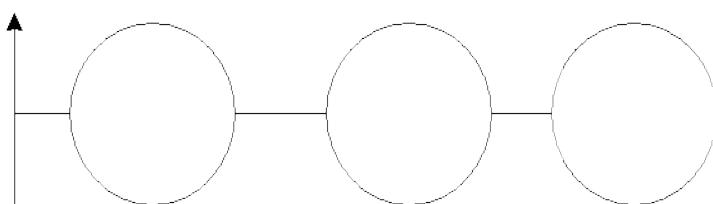
Первая часть-буквенное обозначение. Он выполняется заглавными буквами латинского алфавита, записывается в верхней части круга, обозначающего устройство, и код измеряемой величины и функции, выполняемые устройством;

Вторая часть-позиционное обозначение, записанное в нижней части круга, представляющего устройство:

Позиционное обозначение буквенно-цифровое (1а, 1б) или количественные (1-1, 1-2... может быть . При этом первая цифра означает порядковый номер одного комплекта (функциональной группы, узла) приборов (первичного, промежуточного (передающего) измерительного преобразователя, измерительного прибора, регулирующего прибора, исполнительного механизма, регулирующего органа) и повторяется на всех приборах и устройствах данного комплекта. Второй символ (цифра или буква) в позиционном обозначении обозначает порядковый номер (индекс) элемента в этом наборе. Нумерация начинается с чувствительного элемента (первичного преобразователя). Если отдельное устройство не входит в комплект (например, стеклянный термометр), то оно может иметь только позиционный знак, состоящий из цифр, например:



В качестве примера условно-буквенной и позиционной схем устройств на рисунке. На рис.6 показан набор приборов для измерения и регистрации расхода жидкости, включающий первичный пре-образующий (1а), промежуточный преобразователь (1б) и демонстрационный и измерительный прибор (1С).



Пример контроля расхода жидкости канала АФС

Структура буквенного обозначения прибора в соответствии с ГОСТ 21.404-85 представлена на рисунке 2.4.

В общем случае буквенный код устройства имеет 7 позиций.

Измеряе ое	Уточнение измеряемые величины или приложение функциональн ая знак инструмента	Функция инструмента				
		I показате ль	R Регистрац ия	C автоматическ ая регулировка	S Добавить, отключение , переключен ие	A Тревог а
1	2	3	4	5	6	7

Рисунок 2.4. Структура кода буквенного обозначения инструмента

В АФС в условное обозначение устройства вводятся только буквы, соответствующие функциям, выполняемым устройством. В этом случае буквы кода слева направо в порядке их появления при чтении изображения располагаются.

В качестве примера формирования буквенного кода, изображенного на рисунке. На рис. 8 показан прибор 3 группы 5, измеряющий разность давлений (d) (P), указатель (I), регистр (R) и авторегуляция (с) (рисунок 2.5):

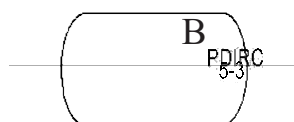


Рисунок 2.5. Условные буквенные и пример позиционных признаков

Информационные функции средств-указатель, регистр и сигнализация обозначаются соответственно буквами I, R, A.

Сигнализация предельных значений измеряемой величины уточняется добавлением в обозначение прибора букв h (верхнее значение) и L (нижнее значение). Показано реле уровня, формирующее сигналы включения и выключения букв H и L, например, сигнальные лампы на пульте оператора (рисунок 2.6).

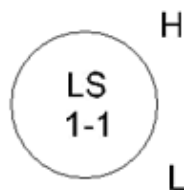


Рисунок 2.6. Реле контроля верхнего и нижнего уровня

Функции управления устройств-автоматическая регулировка и дискретное управление обозначаются буквами C и S соответственно.

Электроприборам и аппаратам в FSA можно присвоить позиционные обозначения, принятые для них в основных электрических цепях. Например:


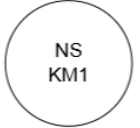
	Стартер по месту		Ключ управления на пульте
---	------------------	---	---------------------------

Таблица 2.3. Буквенные обозначения измеряемых величин

Измеряемый параметр	Обозначение
Плотность	D
Любая электрическая величина для уточнения измеряемой электрической величины справа от условного графического изображения прибора необходимо дать ее название, например, напряжение, ток	E
Потери	F
Размер, расположение, перемещение	G
Время	K
Уровень	L
Влажность	M
Давление, вакуум	P
Состав, концентрация и др.	Q
Радиоактивность	R
Скорость, частота	S
Температура	T
Несколько различных измеряемых величин.	U
Вязкость	V
Вес	W

Буквенные обозначения измеряемых величин и их уточнение приведены в таблицах 2.3 и 2.4 соответственно.

Измеряемые величины обозначаются прописными буквами латинского алфавита в соответствии с таблицей. Кроме того, в пустом поле FSA шифруются резервные буквы.

Для обозначения ручного воздействия используется буква h, например NS-клавиша управления, h-установщик регулируемой величины, ручной привод и т.д.

2.4 таблица. Буквенные обозначения уточнения измеряемых величин

Значение уточнения	Обозначение
Разница	D(d)
Соотношение, доля, дробь	F(f)
Автоматическое перезапуск	J
Интегрирование, накопление во времени Значение уточнения	Q(q)

Буква S обозначает контактное устройство устройства, обеспечивающее дискретное управление путем выполнения коммутационных операций-включение, выключение, переключение, например, стартер NS.

Для обозначения уточняющих значений букв D (плотность), F (выход), Q (состав, концентрация и т.д.) допускается применение соответственно строчных букв d, f, q. Буква, служащая для уточнения измеряемой величины, ставится после буквы, обозначающей измеряемую величину, например, DD-разность плотности.

Методы выполнения АФС и характеристика средств автоматизации. Используются два способа выполнения АФС: упрощенный и расширенный. Упрощенный способ выполнения АФС дает общее представление о функциональных группах (узлах). При его использовании в АФС не отображаются первичные измерительные преобразователи и все вспомогательное оборудование (ключи, кнопки и т.д.). Средства и приборы автоматизации, выполняемые отдельными блоками, осуществляющие накопленные функции (контроль, Регулирование, сигнализация и т.д.), указываются одним условным графическим знаком без указания места установки (на технологическом оборудовании, опорах, пультах, щитах). Элементы схемы обозначаются цифрами слева направо, сверху вниз (рисунок 2.7).

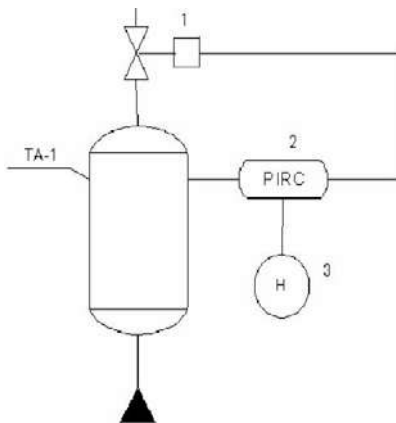


Рисунок 2.7. Упрощенная функциональная схема программного давления в аппарате ТА-1: 1-исполнительный механизм; 2-функциональный узел, обеспечивающий отображение, регистрацию и регулирование давления; 3-программный питатель

Упрощенный способ прост, но менее информативен. Применяется на начальном этапе развития системы автоматизации.

Детальный метод выполнения АФС дает полное представление о структуре системы, технических средствах автоматизации и их местоположении. При его использовании каждый прибор или блок, входящий в данный набор (узел, группа), отображается отдельным графическим знаком. Многофункциональные устройства представлены несколькими окружностями (по количеству функций), расположенными вместе. Например, измерительный прибор, установленный в месте выбора

сигнала (показывающий дифманометр с интегратором), изображен следующим образом:



Щиты, пульты, компьютеры и другие средства автоматизации отображаются прямоугольниками, которые размещаются в нижней части чертежа (верхняя часть чертежа АФС занята отображением технологической схемы). Внутри прямоугольников размещаются знаки приборов и блоков, установленных на них. Для первичных приборов, установленных рядом с технологическим оборудованием, предусматривается отдельный прямоугольник «Местные приборы».

Прямоугольники располагаются сверху вниз в следующем порядке:

- местные инструменты;
- шкафы (щиты) средств местного управления);
- щит измерительных (вторичных) приборов;
- щит пульт блока преобразователя);
- щит (пульт) сигнализации или графопостроитель;
- управляющий компьютер (контролер) и др.

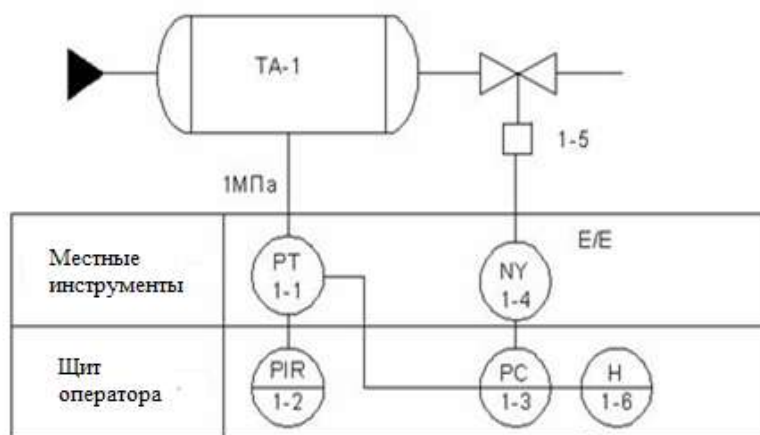


Рисунок 2.8. Расширенная функциональная схема программного давления в аппарате ТА-1: 1-1-измерительный преобразователь давления; 1-2-прибор вторичного отображения и регистрации; 1-3-регулятор; 1-4-усилитель; 1-5-исполнительный механизм; 1-6-программное обеспечение давления.

На рисунке 2.8 представлена расширенная модель АФС. Связи между устройствами изображаются вертикальными и горизонтальными линиями. Для сложных АФС используется адресный метод отображения связей между устройствами: линии связи прерываются, а на их концах записывается адрес-та же арабская цифра.

На линиях связи первичных преобразователей с отборными устройствами (точками выборки) указываются предельные значения измеряемых величин.

В расширенных АФС при необходимости применяется обозначение дополнительных функциональных признаков приборов, сигналов и операций с сигналами.

В проектах автоматизации они предлагают АФС, разработанные в детальной форме. Перечень технических средств автоматизации представляется в АФС в виде таблицы, помещенной в пустое поле чертежа или пояснительной записки к проекту.

Принципиальные электрические схемы автоматизации. Принципиальные электрические схемы (ПЭС) определяют полный документированный состав приборов, аппаратов и устройств, а также связи между ними, обеспечивающие решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. Они служат для изучения принципа работы системы и необходимы как при выполнении ремонтных работ, так и при эксплуатации. Кроме того, на основе принципиальных схем составляются другие документы проекта: монтажные схемы щитов и пультов, схемы внешних соединений и др.

В принципиальных электрических схемах все аппараты (реле, пускатели, переключатели) отображаются в отключенном состоянии. При необходимости отображение любого устройства в подключенном состоянии, о чем говорится в поле изображения. Электрические цепи выполняются в соответствии со стандартами ГОСТ 2.701-84 и ГОСТ 2.702-85 на отдельных установках и участках автоматизированной системы (например, схема управления насосом, схемы регулирования температуры объекта 0 и др.). Это включает в себя схему: схемы элементов, устройства и их взаимосвязь.

Элемент схемы-это компонент цепи (реле, трансформатор, резистор, диод и т.д.), выполняющий в изделии определенную функцию и не подлежащий разделению на части. Устройство-совокупность элементов, выполняющих определенную функцию и представляющих собой единую структуру (блок, устройство, плата и др.).

Линия связи-это отрезок линии, обозначающий наличие связи между элементами и устройствами. Условные графические обозначения элементов электрических цепей регулируются рядом стандартов и обычно совпадают с условными знаками, принятыми в мировой практике. Однако иногда, особенно в электрических схемах импортного оборудования, встречаются графические изображения, отличающиеся от российских стандартов.

Устройства (за исключением исполнительных механизмов) отображаются в упрощенном виде в виде прямоугольников. Кроме того, на окружностях, расположенных по контуру прямоугольника, отображаются обозначения входной и выходной линий связи и питания. Допускается не устанавливать на принципиальных схемах выводы электрических аппаратов, если они приведены в технической документации на щиты пультов.

Буквенно-цифровые обозначения элементов и устройств в электрических цепях регламентированы ГОСТ 2.710-81.

Все технические средства, указанные в принципиальной схеме, должны быть однозначно определены и вписаны в перечень элементов и устройств по форме согласно ГОСТ 2.702-75. Список может быть выполнен в поле чертежа или в отдельном документе. Чаще всего элементы записываются в группы, соответствующие местам их установки.

Чтение схемы обычно начинается с основной надписи, расположенной в правом нижнем углу листа. Здесь указывается наименование объекта, наименование изделия, дата изготовления чертежа и т. Далее следует ознакомиться с таблицей списка элементов, указанных на схеме, с различными пояснениями и примечаниями. Все это позволяет установить тип и тип этой схемы, ее конструкцию и связь с другими документами. В электрических цепях элементы могут быть представлены двумя способами: объединенными и распределенными

При комбинированном способе составные части элементов или устройств изображаются на схеме в непосредственной близости друг от друга.

При распределенном методе составные части элементов и устройств или отдельные элементы устройств изображаются на схеме таким образом, чтобы в разных местах наиболее наглядно изображались отдельные цепи изделия. При комбинированном способе все части каждого устройства, технические средства автоматизации и электроаппаратуры располагаются в непосредственной близости и входят в прямоугольный, квадратный или круглый контур, выполненный сплошной тонкой линией.

В этом методе все электрические цепи хорошо видны, что облегчает считывание цепей. При этом составные части приборов, аппаратов, технических средств автоматизации располагаются в разных местах таким образом, чтобы наиболее четко были изображены отдельные цепи. Принадлежность изображенных контактов, обмоток и других частей к одному аппарату устанавливается по позиционным обозначениям, нанесенным вблизи изображений всех частей этого аппарата.

Для облегчения считывания принципиальных электрических схем используются следующие способы: а) нумеруются все возможные цепи; б) под обозначениями реле размещается табличка с указанием мест расположения контактов; в) рядом с позиционными обозначениями на изображении контакта указывается номер цепи, к которой присоединена соответствующая обмотка. На схеме (рис.2.9) приведены три таблички, выполненные распределенным способом, размещенные со знаком реле КК1, КК2, км.

На табличках под КК1 и КК2 отсутствуют графы г (основной) и 3 (замыкающий), так как тепловые реле не имеют ни основных, ни замыкающих контактов, а в графах Р (выключатель) указаны 6 и 7, так как контакты кк1 и КК2 включены в цепь 6 и 7 соответственно. На табличке под обмоткой КМ в графе Г находятся цифры 2, 3 и 4.

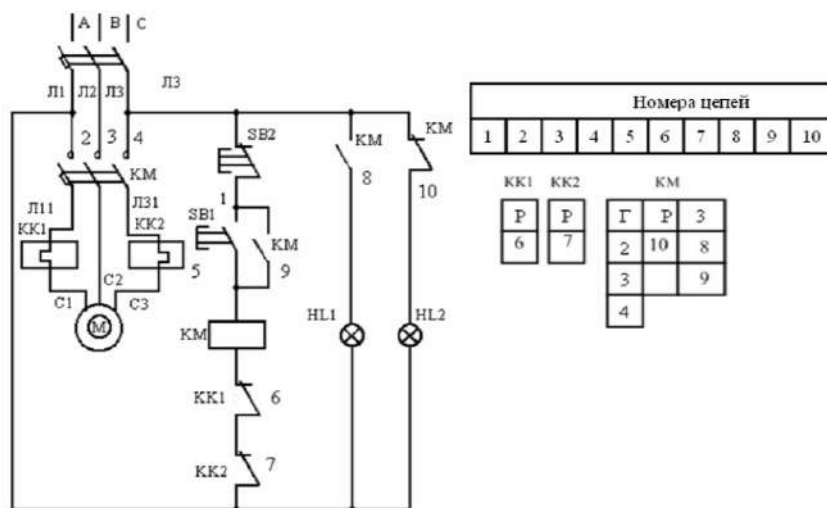


Рисунок 2.9. Схема выполненная распределенным способом

Этот магнитный пускатель разрушает цепи питания 2, 3 и 4 своими основными контактами. В графе 3 два адреса: 8 и 9, в графе р-10 адресов и одна пустая ячейка. Этот стартер имеет два закрывающихся и два открывающихся соединения, а одно открывающееся соединение свободно.

Схемы релейной автоматики рекомендуется выполнять путевым способом: условные графические обозначения устройств и их составные части, входящие в состав одной цепи, изображаются друг за другом на прямой линии, а отдельные цепи изображаются в виде ряда, параллельных горизонтальных или вертикальных линий. Строки нумеруются арабскими цифрами (рисунок 2.10).

Иногда на ПЭС показывают такие устройства, как приборы, регуляторы и т.д., имеющие свои схемы. При этом в ПЭС эти устройства изображаются упрощенно, т. е. отображаются только входные и выходные цепи и цепи питающего напряжения.

Условные графические обозначения составных частей электрических аппаратов, приборов и ТСА изображаются один за другим по прямой линии, а отдельные цепи-друг под другом (при этом образуются параллельные линии) или по вертикали один за другим.

Линии связи между устройствами отображаются полностью, но в некоторых случаях они могут прерываться; в этом случае прерывание линий заканчивается стрелками. Автоматизация многих объектов неразрывно связана с управлением технологическими механизмами электроприводами.

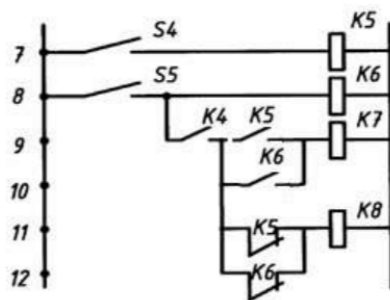


Рисунок 2.10. Схема релейной автоматики

Таковыми механизмами являются насосы, вентиляторы, задвижки, клапаны и т. В качестве электроприводов в основном используются асинхронные электродвигатели с реверсивным и нереверсивным короткозамкнутым ротором. Схемы управления таких устройств обычно строятся на основе элементов релейной связи. Как правило, схема управления технологическим оборудованием (электроприводом исполнительного устройства) предусматривает местное, дистанционное и автоматическое управление. Местное управление осуществляется оператором с помощью органов управления, например, кнопочных постов, расположенных в непосредственной близости от механизма.

Дистанционное управление осуществляется с щитов и пультов объекта автоматизации. При этом технологические механизмы находятся вне поля зрения оператора и их состояние контролируется по сигналам «включено» - «отключено», «закрыто» - «открыто». Автоматическое управление обеспечивается с помощью регуляторов, а также различных программных устройств, предусматривающих автоматическое управление электроприводом с соблюдением заданных функциональных зависимостей (одновременной или определенной последовательности включения). Тип управления электроприводом (ручным или дистанционным) выбирается с помощью переключателя цепей управления (переключателя типа управления). Для получения первоначальных навыков проектирования схем выбираем типовую схему (рисунок 2.11).

Все элементы рассматриваемой схемы содержат одно-или двухбуквенные коды. Например, двигатель М, контактор КМ1, разъем 1SA1, сигнальная лампа 1HL1 и т. д. соединительные провода обозначаются арабскими цифрами, а номера проводов с общей точкой одинаковы. Таким образом, кнопка 1SB1 подключена к 1SB2 и дополнительному контактору КМ1, который замыкается проводом, обозначенным цифрой 1.1 контактора 102.

При этом собственная маркировка аппаратов не установлена, что следует учитывать при составлении схем последующего монтажа.

Для линий электропередачи и передачи электрические цепи выполняются отдельно, но если схема распределительной сети состоит из небольшого числа групп мощности, то ее можно объединить в одну схему с цепью питающей сети. Аппаратура управления питающими и распределительными сетями должна обеспечивать включение и отключение электроприемников и участков сетей в нормальном режиме работы, а также надежное отключение всей вышеперечисленной системы для защиты от всех видов ревизий и ремонтных работ, коротких замыканий и перегрузок.

Схема линии снабжения выполняется, как правило, на однолинейном рисунке. В нем показаны аппараты управления и защиты, установленные как со стороны источников питания, так и со стороны щитов системы автоматизации и электрических связей между ними. Аппараты управления и защиты на схеме питающей сети имеют буквенно-цифровое обозначение.

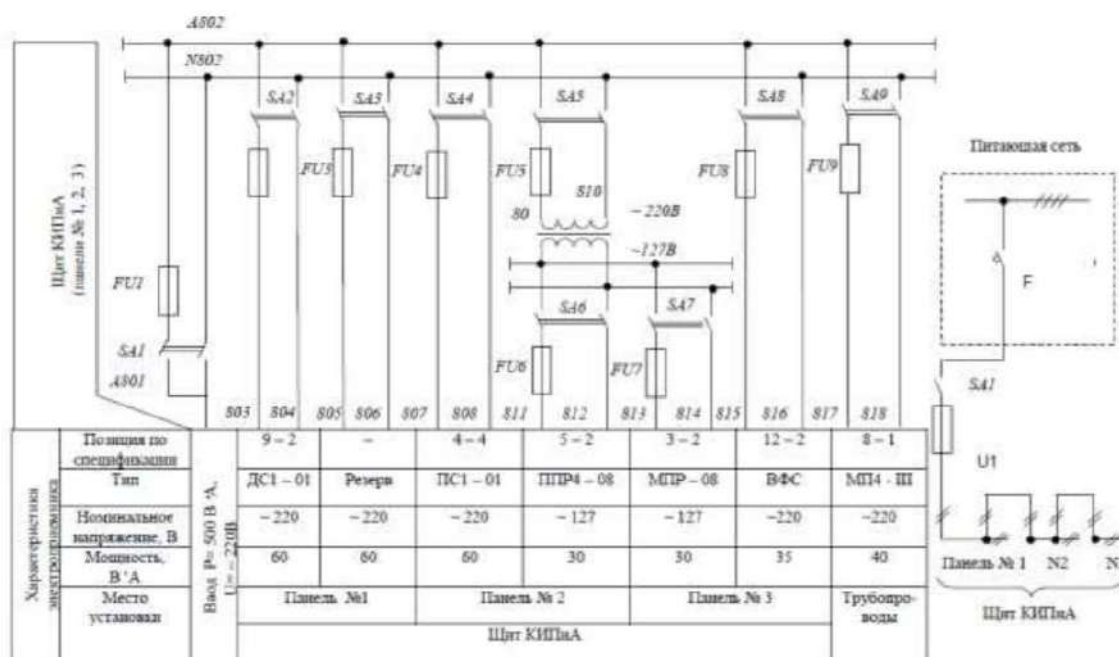


Рисунок 2.12. Интегрированные линии питания и распределения пример схемы

Схема распределительной сети выполняется для каждого щита управления отдельно на многолинейном изображении. На нем указываются аппараты управления (выключатели, выключатели, переключатели), аппараты защиты (автоматы, предохранители), преобразователи (выпрямители, трансформаторы, стабилизаторы и т.д.), светильники освещения, штепсельные розетки и линии электросвязи между аппаратами. На изображении аппаратов указывается их буквенно-цифровое обозначение. Трансформаторы также показывают высокое и низкое напряжения, а выпрямители и стабилизаторы имеют тип тока, высокое и низкое напряжение. В нижней части схемы распределительной сети, как правило, размещена таблица, в которой указаны все электроприемники, питающиеся

от этого щита, их специальные характеристики, потребляемая мощность, напряжение и место установки.

Все цепи на схеме маркируются. На рисунке 2.12 приведен пример комбинированной схемы питающей и распределительной сетей. Питающий узел представлен в выполненном однострочном изображении. Он является магистральным, двухпроводным, что следует из условного обозначения количества проводов в сетях, обозначающих линии сборки и связи (количество проводов обозначается двумя штрихами). Номинальный ток предохранителя Fu1 равен 10а (числитель), показатель плавления 4а указан на делителе.

Контрольные вопросы:

1. Какие бывают условно-графические обозначения средств автоматизации?
2. Дайте понятие функциональной схеме автоматизации
3. Дайте понятие принципиальной схеме, выполненная распределенным способом
4. Опишите назначение схемы релейной автоматики
5. Характеризуйте схему электрического питания

2.3 Монтаж радиоэлектронной аппаратуры с помощью пайки

Пайка-это технологический процесс нагрева металлических деталей (ниже температуры их автономного плавления) и заполнения зазора между ними расплавленным припоем, образующим прочную механическую сварку (шов) после кристаллизации (затвердевания).

Связывание металла с пайкой происходит путем растворения металла и его диффузии в сварку. Зазоры между свариваемыми деталями следует выбирать так, чтобы чистый слой припоя был минимальным, так как его прочность меньше прочности сварного сплава с основным металлом.

По сравнению со сваркой пайка является самым быстрым и наименее трудоемким способом соединения, поэтому она широко используется при сборке и монтаже РЭА и устройств.

По способу нагрева соединяемых деталей и припоя различают паяльник, высокочастотные токи, печи, горелку, в жидких средах, ультразвук. Название метода сварки зависит от инструмента (оборудования) или нагревательной среды.

Пайка позволяет добавлять элементы деталей формы, которые трудно или невозможно соединить другими способами. Пайка используется для соединения практически всех металлов. Сварщик должен обладать следующими свойствами: хорошо растворять основной металл, увлажнять его, обладать хорошей текучестью и достаточной механической прочностью. Температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления основного металла.

При монтаже используются серебряные и оловянно-свинцовые паяльники. Серебряные припои обеспечивают высокую прочность и

надежность работы соединения по сравнению с оловянно-свинцовыми. Легкоплавность серебряных сварщиков способствует их экономичному использованию, поэтому, несмотря на недостаток серебра, для сварки ответственных конструкций в основном используются серебряные сварщики.

Надежность сварных соединений зависит от состояния соединяемых поверхностей и их конструкций, температуры сварки и применяемого потока. При подготовке поверхностей деталей, подлежащих сварке, механическим или химическим путем удаляются загрязнения, ржавчина, оксидная и масляная пленки. В простейшем случае поверхности деталей промывают бензином или спиртом.

Пайка может осуществляться в защитной атмосфере или с применением флюсов, защищающих поверхности соединяемых деталей от возможного окисления при высоких температурах. Перед горячей лужением или сваркой подготовленные поверхности деталей покрываются флюсом, который подбирается в зависимости от применяемой сварки и присоединяемых металлов, а также способа сварки. Температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления припоя для обеспечения его жидкого состояния и равномерного распределения по основному металлу.

Флюсы способствуют образованию жидкой или газообразной защитной зоны, защищающей поверхность металла и расплавленного припоя от окисления, а также растворяют и удаляют с поверхности пленки оксидов.

Технологический процесс пайки включает в себя лужение перед пайкой и заключается в покрытии поверхностей соединяемых деталей тонкой пленкой пайки. При лужении сварщик сплавляется с основным металлом.

После лужения детали приваривают, для чего припой наносят на место соединения деталей и нагревают до полного растворения, сохраняя детали в сжатом состоянии до полного затвердевания припоя. Правильно спроектированное соединение должно быть удобным для сборки и надежно работать в условиях эксплуатации РЭА и устройств. Высокая механическая прочность сварки может быть обеспечена только при тщательном соблюдении технологии сварки. Недостаточная тщательная очистка деталей перед пайкой, неправильная конструкция сварочного шва, несоблюдение температуры сварки и другие нарушения технологического процесса неизбежно приводят к появлению различных дефектов сварочного шва и ослаблению сварочного соединения. Основными дефектами при пайке являются: 1) быстрое охлаждение деталей после пайки или наличие трещин в сварочном шве в результате значительной разницы в коэффициентах теплового расширения припоя и металла; 2) наличие пор в шве за счет высокой температуры сварки или интенсивного испарения флюса; 3) не смачивание поверхности деталей припоем из-за их загрязнения. Контроль качества готовых сварных соединений, как правило, осуществляется внешним осмотром.

Припой и флюсы. Сварщики с температурой плавления до 350 °С называются мягкими, а сварщики с температурой плавления более 350 °С – твердыми.

В качестве мягких припоев используются различные сплавы на основе свинца и олова, состав которых определяет свойства припоев. Некоторые мягкие припои содержат добавки сурьмы, серебра, висмута и кадмия, которые придают сварке особые свойства. Серебро и сурьма повышают температуру плавления и отверждения, а висмут и кадмий снижают их. Серебро препятствует уменьшению соединительной силы, но делает его хрупким и ухудшает его распространение на медь. При сварке цинка или цинковых сплавов сурьма (до 2,5%), входящая в состав припоя, способствует образованию хрупких сурьма-цинковых соединений, поэтому в таких случаях содержание сурьмы в припое не должно превышать 0,25%.

При сборке радиоаппаратуры применяются мягкие припои из олово-свинца, с тонким наконечником, легкоплавкие, трубчатые.

Оловянно-свинцовые припои (ПОС) – олово с примесью 0,15 и 2,5% сурьмы, состоят из свинцовых сплавов. Механическая прочность сварщиков увеличивается с увеличением содержания олова. Прочность сварного соединения не всегда соответствует прочности используемого сварщика, так как при небольших зазорах шов заполняют сплавом сварщика с основным металлом, обладающим другими механическими свойствами. При нормальной температуре механическая прочность стыковых сварных соединений выше, чем у перекрытых сварных соединений.

Для сварки монтажных соединений в электрических и радиоустройствах широко используются припои ПОС – 30(30% олова) и ПОС-40(40% олова). Для сварки тонких монтажных и намоточных проводов, деталей и узлов, не допускающих нагрев свыше 200°С, вакуумной сварки стеклокерамических проходных изоляторов, а также для ступенчатой сварки близко расположенных деталей применяется припой ПОС-61. Он имеет низкую температуру плавления, низкую температуру кристаллизации и коррозионную стойкость. Для снижения расхода олова используются малосолевые и безсолевые припои. Менее соленые припои, содержащие свинец, олово и сурьму, по прочности уступают только оловянным припоям, но становятся хрупкими. Безголовые сварщики очень вязкие, но имеют высокую температуру плавления, хотя это усложняет процесс сварки. Основным недостатком малосолевых и бессолевых сварщиков является широкий температурный интервал кристаллизации, иногда достигающий 100°С и резко увеличивающий время, необходимое для охлаждения соединения, в течение которого свариваемые детали должны быть неподвижными.

Легкоплавкие припои (сплавы олова, свинца, висмута и кадмия) применяются в тех случаях, когда сварка выполняется при низких температурах из-за риска перегрева деталей, а также при ступенчатой (вторичной) сварке. При затвердевании эти припои немного укорачиваются, а некоторые (например, сплав вуда) даже несколько расширяются. У

легкоплавких сварщиков механическая прочность незначительна (например, у висмутовых сварщиков очень хрупкая). Предварительная лужение оловянно-свинцовым или висмутовым легкоплавким припоем способствует повышению прочности соединения.

Трубчатые припои. Для сварки соединений при монтаже радиооборудования широко используется трубчатый припой, называемый полый трубкой небольшого диаметра, изготовленной из оловянно-свинцового сплава и заполненной канифольными струями.

Основными преимуществами трубчатых припоев являются: возможность наложения припоя и флюса на место сварки; улучшение качества сварки; резкое повышение производительности труда в монтажных операциях, а также упрощение сварки в труднодоступных местах; существенное снижение потерь припоя и флюса, что особенно важно при работе с кусковым или проволочным припоем и отдельным флюсом (около 20% припоя и 50% флюса); обеспечение подачи необходимого количества флюса на место сварки, его; Исключение возможности случайного загрязнения флюса. Конструкция трубчатого припоя показана на рисунке 2.13.



Рисунок 2.13. Трубчатые припои

Для успешного выполнения сварки и получения качественного соединения используются активные вещества-флюсы. По своему состоянию струи могут быть твердыми (канифоль чистая), мягкими (различные пасты на основе канифоли) и жидкими (состав кислот или струи спирта на основе разбавленного канифоли).

Флюсы должны обеспечивать своевременное и полное растворение оксидов основного металла, равномерное покрытие поверхности металла в месте сварки и защиту его от окисления для продолжения всего процесса сварки. При электросварке реа в основном используется поток f_{ksp} (30...40% раствор канифоли в этиловом спирте).

Основным требованием к электросварочным соединениям является обеспечение низкого сопротивления переходу и высокой надежности. Сварка практически всех электромонтажных соединений РЭА осуществляется тремя способами: 1) вручную электросварщиком; 2) погружением в расплавленный припой с использованием специального оборудования; 3) волной расплавленного припоя.

Сварка монтажных соединений электросваркой должна обеспечивать высокое качество и надежность электросвязи, а также необходимую

прочность сварного соединения. Марка припоя и флюса для сварки монтажных соединений выбирается в зависимости от подлежащих сварке металлов, допустимого нагрева свариваемых деталей, конструктивных требований и условий эксплуатации деталей и узлов.

Основными критериями при выборе электросварщика являются: максимальная рабочая температура; теплостойкость наконечника и время его повторного нагрева; масса и теплостойкость свариваемых (соединяемых сваркой) деталей. Следует помнить, что рабочая температура и теплостойкость тесно связаны с мощностью и конструкцией сварщика.

При электроснабжении и сварке деталей в качестве основного средства применяются электросварщики (рисунок 2.14) корпус и наконечник электросварщика с напряжением питания не более 36 В должны быть заземлены. Во время работы электросварщик должен находиться на рабочем месте справа от электромонтажника. Провод электросварщика должен быть гибким, так как от его гибкости зависит удобство работы с электросварщиком и скорость сварочных работ.

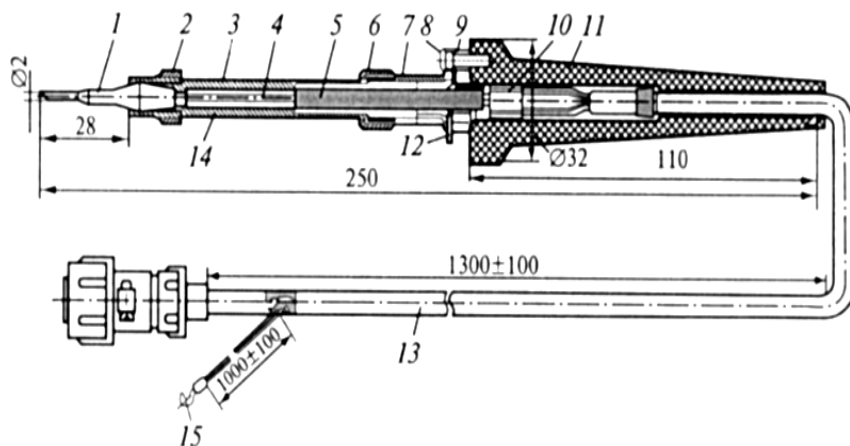


Рисунок 2.14. Конструкция электросварщика с заземлением: 1- наконечник; 2, 6 - гайки; 3 - трубка; 4 - термопара; 5 - керамическая трубка; 7 - основание; 8 - винт; 9 - втулка; 10 - термостойкие изоляционные трубки; 11 - ручка; 12 - держатель (пластина); 13 - жгут из проводов питания, термопары и заземления; 14 - нагревательный элемент; 15-провод для заземления.

Для сварки электрорадиоэлементов, печатного монтажа, микропроводов и интегральных микросхем применяются малогабаритные электросварки различной мощности (от 12 до 50 Вт) с внутренним нагревательным элементом. Температура нагрева сварочного наконечника должна быть 260 °С. Сварка монтажных проводов соединителями осуществляется паяльником со сменным нагревательным элементом мощностью 90 Вт (рисунок 2.15).

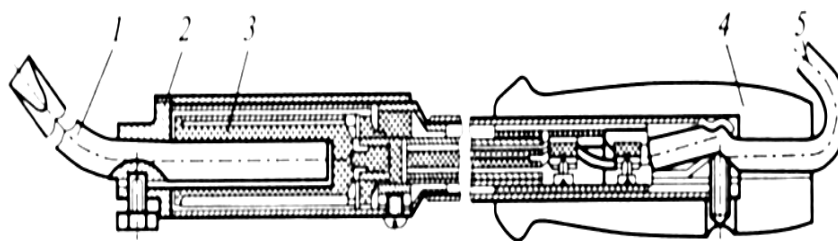


Рисунок 2.15. Электросварщик со сменным нагревательным элементом: 1-наконечник; 2-корпус; 3 - сменный нагревательный элемент; 4-ручка; 5-провода питания

Сварочные наконечники отличаются геометрическими параметрами (длиной, диаметром, формой изгиба наконечника, формой заточки его рабочего конца). Для изготовления наконечников обычно используют медь марки М1 (реже М2, М3), никель, вольфрам.

При сварке рабочая часть медного наконечника быстро изнашивается и окисляется, поэтому медные наконечники электросварщиков покрываются тонким слоем железа или никеля толщиной 40 мкм с толщиной 60 мкм, чтобы продлить срок службы, а рабочая часть на конце сваривается паяльником ПОС-60 с использованием хлорида цинка в качестве флюса. Геометрия рабочей части наконечника электросварки должна обеспечивать улавливание необходимой дозы жидкого припоя для обеспечения качественной сварки. Основные виды сварочных наконечников и форма заточки рабочей части приведены на рисунке 2.16.

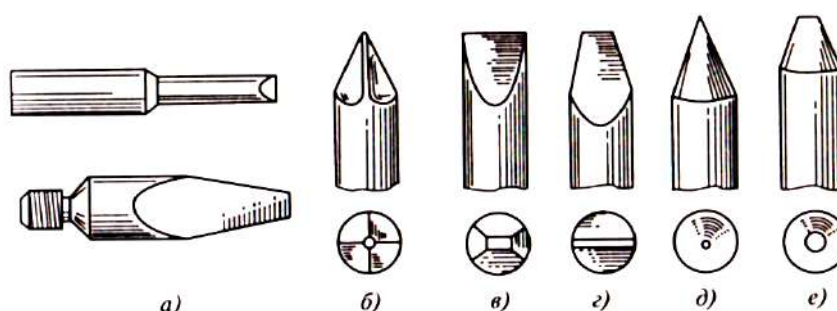


Рисунок 2.16. Виды сварочных наконечников (а) и формы заточки их рабочей части: б-пирамида; в-четырехгранный клин; г-клин; д-конус; е-усеченный конус

После выбора и подготовки электросварщика к сварке рекомендуется выполнить пробную сварку для установления режима работы паяльника (температуры рабочей части наконечника), после чего можно приступать к сварке. Лужение выводов электрорадиоэлементов и жил проводов производится с использованием специальных электрических ванн с

расплавленным припоем. Лужение осуществляется путем погружения деталей вручную в расплавленный припой.

Прочность сварных механических соединений проверяют встряхиванием проводника с помощью пинцета вблизи места соединения. Хорошая способность к сварке-это не сразу, а в результате практики, а иногда и продолжительного вида искусства.

Секрет качественной и красивой сварки-точность и чистота: если проводники плохо очищены, загрязнены, не нагреваются или перегреваются, никогда не будет хорошей сварки.

Признаком достаточного нагрева припоя является кипение канифоли и обильное выделение пара при контакте с паяльником. Обычно нагретый паяльник хорошо плавит припой и не покрывается накипью.

Конечный результат сварки-соединение двух металлических элементов. Сам процесс сварки обеспечивается независимым металлом, температура плавления которого значительно ниже. Именно этот металл выполняет сварочную функцию.

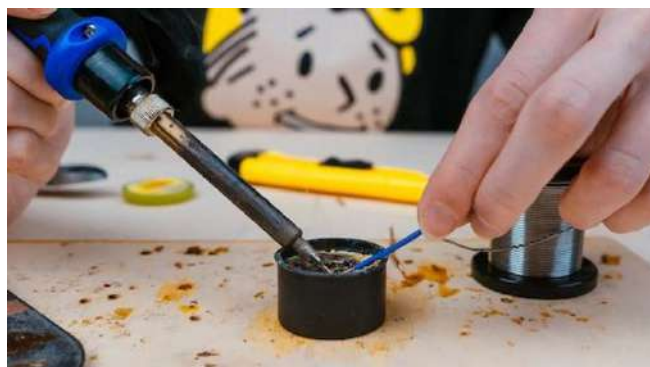
Каждый метод сварки основан на принципе нагрева металлических элементов в контактных элементах. Температура нагрева должна быть выше температуры расплава металла, используемого для сварки. В этом режиме сварочный металл расплавляется и свободно течет в зазоры и щели между деталями, частично проникая даже в саму металлическую конструкцию. После замерзания здесь происходит механическое соединение и электрическое соединение.

Существует два основных условия сварки, без которых невозможно будет решить вопрос о правильной сварке:

-В точке сварки элементы должны быть максимально чистыми. Соединение с поверхностью осуществляется на молекулярном уровне, даже небольшая грязь или оксидная пленка значительно снижают надежность соединения. Детали могут вообще не включаться.

-Соблюдение температурного режима. При недостаточной разности температур кристаллическая решетка паяльника не может нормально формироваться из-за термической усадки при замерзании.

Медь и медные сплавы хорошо связываются с традиционными припоями. Они подходят для стали, алюминия и других металлов. Единственным существенным ограничением является невозможность нагрева крупных металлических деталей до нужной температуры. Чаще всего припой состоит из оловянно-свинцового сплава, который может содержаться в различных количествах. Процент состава указывается при маркировке, например, POS-40 или POS-60. температура плавления также зависит от этого показателя, который составляет 235 градусов для первой сварки и 183 градуса для второй. Температура плавления припоя ПОСВ-33 еще ниже, он состоит из олова, свинца и висмута. Для соединения алюминиевых деталей необходимы специальные высокотемпературные припои.



Еще одним важным компонентом являются флюсы, с помощью которых очищаются поверхностные слои металла от оксидов. Наиболее распространенным является канифоль, которая предохраняет нагретый металл от контакта с воздухом.

Сварочный аксессуар включает в себя:

- свинцовый сплав,
- сплавов без свинца,
- сплав с флюсом,
- сплав без флюса.

Традиционно сварка выполняется в виде проволоки диаметром 0,8-1,5 мм, а также в виде стержня. Проволочный вариант считается самым распространенным.

В области электроники для сварки часто используется канифольная свинцовая или канифольная свинцовая сварка. Бессвинцовый тип сварки основан на сплаве олова и меди. Также используется свинцовый паяльник (60% олова, 40% свинца) (гораздо реже), но этот вариант считается вредным для здоровья и не рекомендуется к применению.

Контрольные вопросы:

1. Опишите назначение припоев и флюсов.
2. Характеризуйте конструкцию заземленного электросварщика.
3. Опишите применение сменного нагревательного элемента.
4. Перечислите условия сварки.

ГЛАВА 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

В данной главе описываются знания, умения и навыки, необходимые для регулирования оптимального энергосберегающего режима электропитания при различных нагрузках. В результате изучения модуля обучающиеся овладевают правилами определения режимов энергосбережения оборудования и приборов, расчетом оптимального режима питания и выбором оборудования к нему.

3.1 Современные источники питания

Для надежности электрооборудования и устройств необходимо бесперебойное питание их электрической энергией с показателями качества, расположенными в допустимых пределах, регламентированных ГОСТ 13109-97.

С этой целью используются следующие средства:

1. Автономные источники при длительных перерывах в электроснабжении-дизель-генераторные установки (ДГУ), обеспечивающие электроснабжение всей установки или наиболее ответственных потребителей.

2. При кратковременных посадках или скачках напряжения, а также колебаниях частоты - применение статических агрегатов бесперебойного питания (АБП) для питания особо ответственных потребителей, чувствительных к помехам: компьютерной техники, а также систем связи, пожарной и охранной сигнализации.

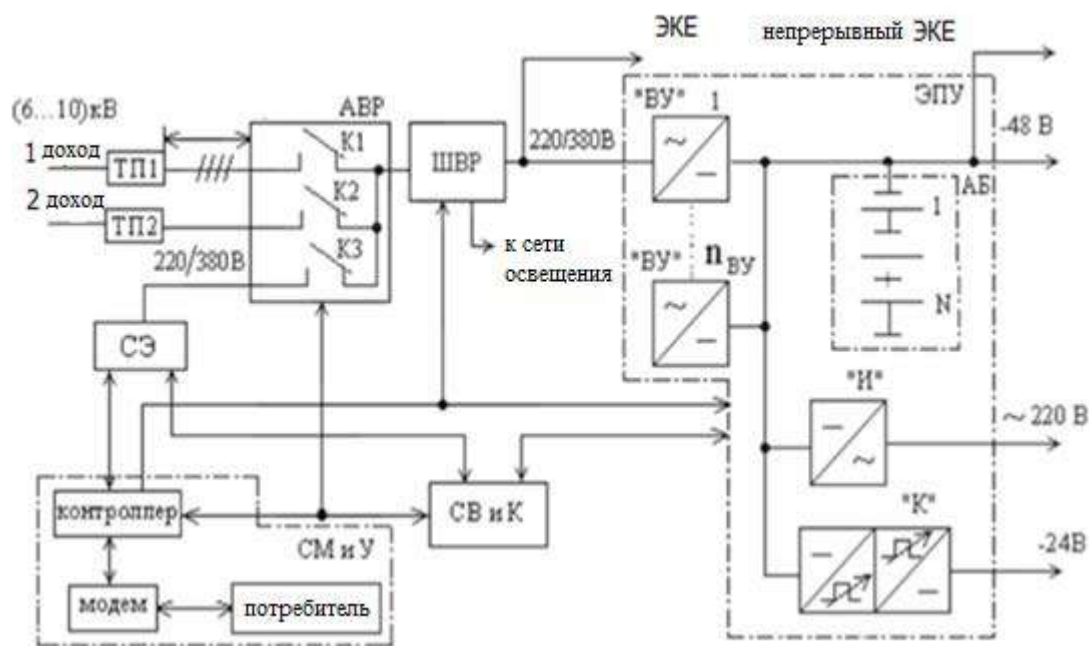
3. При снижении или повышении напряжения питающей сети - стабилизаторы напряжения, предназначенные для обеспечения нормальной работы радио-и телевизионной аппаратуры.

4. При импульсных перенапряжениях-ограничители перенапряжений, предназначенные для защиты всех видов электрооборудования. Стабилизаторы напряжения выпускаются различными фирмами и широко представлены на рынке. Их выбор не зависит от электрооборудования питающей сети и определяется напряжением защищаемого устройства, его мощностью и напряжением питающей сети.

Структурная схема системы электропитания

В отношении обеспечения надежности электроснабжения потребители электрической энергии (электроприемники) делятся на три категории. Электроприемники первой категории-это электроприемники, прерывание электроснабжения которых может поставить под угрозу жизнь людей, поставить под угрозу безопасность государства, нанести значительный материальный ущерб, нарушить сложный технологический процесс, привести к нарушению функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения.

Электроприемники второй категории-это электроприемники, прерывание электроснабжения которых приводит к массовому выпуску продукции, массовому простою рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной работы значительного числа городского и сельского населения. К потребителям третьей категории относятся все остальные электроприемники, не относящиеся к определениям первой и второй категории. Предприятия связи относятся к потребителям первой категории, и их энергоснабжение должно быть обеспечено тремя независимыми источниками. Два внешних пуска должны быть от отдельных независимых электростанций, а третий-от собственной дизельной электростанции. Типовая структурная схема электроснабжения предприятия связи на рисунке 3.1 содержит следующие устройства:



Трансформаторная подстанция (ТП) должна быть защищена от напряжения (6...10) обеспечивает снижение трехфазного переменного тока промышленной частоты 50 Гц с уровня кВ до 220/380 В. Применение высоких напряжений позволяет передавать большие мощности на большие

расстояния с минимальными потерями в электрических сетях. РАО-устройство автоматического ввода резерва, осуществляющее переключение источников питания, питающих нагрузку, на 2 (резервный) ввод в случае потери напряжения на основном вводе при отключении питания на одном вводе (фидере) 1 (фидер). При потере напряжения на обоих фидерах осуществляется подключение резервного источника питания. Для гарантированного питания на предприятиях связи в качестве резервного источника электроснабжения используются собственные электростанции. Собственные электростанции (ЭС) могут иметь два назначения. В случае, когда электроснабжение объекта связи может осуществляться от внешних электрических сетей или электростанций, ЭС осуществляет резервное электроснабжение. Кроме того, мощность СЕ ограничивается необходимой минимальной нагрузкой предприятия связи. На особо ответственных предприятиях связи СЕ должен обеспечивать долгосрочную автономную работу предприятий связи.

При отсутствии электроснабжения от наружных сетей или электростанций ЭС является единственным источником электроснабжения и рассчитывается на долгосрочную работу с обеспечением всех нагрузок (технических и хозяйственных нужд предприятия). ЭС оборудуется первичными двигателями внутреннего сгорания, газовыми турбинами или иными первичными двигателями. В качестве электрогенераторов используются различные генераторы переменного и постоянного тока входно-распределительный шкаф (ШВР)-обеспечивает: подачу переменного тока к выпрямительным устройствам, местным потребителям; контроль напряжения постоянного тока; сбор информации о повреждениях, возникающих в оборудовании ЭДС; защиту от перегрузок по напряжению и токам короткого замыкания в шинах токоведущих частей ТРС, а также автоматическое включение и переключение аварийного освещения предприятия связи.

Иногда на ШВР возлагаются функции РАО, т. е. при отключении внешних источников электроэнергии осуществляется автоматическая подача сигнала на пуск автоматизированных дизельных электростанций и автоматическое разделение потребителей гарантированного питания, подключаемых к дизельной электростанции, от потребителей негарантированного питания, питающихся от внешних источников электроэнергии. Система вентиляции и кондиционирования воздуха (СВ и К) создает и автоматически поддерживает параметры в закрытых помещениях на определенном уровне с целью обеспечения оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для благополучия людей и нормального функционирования ЭСК.

Кондиционирование воздуха осуществляется комплексом технических средств забора, подготовки (необходимой кондиционирования), перемещения и распределения воздуха, а также средств холодного и теплоснабжения, автоматики, дистанционного управления и контроля. SV и К обычно обеспечиваются комплексными автоматизированными системами

управления. Автоматизированная система кондиционирования сохраняет заданное состояние воздуха в помещении независимо от колебаний параметров окружающей среды.

Система мониторинга и управления (СМ и У) осуществляет дистанционный контроль и управление состоянием ЭСК. Возможность такой связи с системой управления системой снижает затраты на персонал, затраты на эксплуатацию и обслуживание. Наличие полной информации в сочетании с избирательным доступом к ней повышает скорость и эффективность при устранении повреждений на ЭСК.

В памяти контроллера в течение нескольких дней хранятся данные о неисправностях и измеренные значения параметров, что позволяет проверить долговременное поведение определенных величин. Это позволяет считывать и анализировать необходимые данные через консоль локального оператора или центр дистанционного управления. Запись, хранение и передача системной информации составляют основу статистического анализа и планирования с оптимизацией затрат. Кроме того, это позволяет своевременно выявлять дефекты.

На контроллер поступает текущая информация о работе системы: напряжение нагрузки, ток нагрузки, ток батареи, текущее состояние выпрямительных устройств, состояние системы питания переменного тока; информация с датчика температуры выпрямительных устройств, информация с датчика температуры батареи и т.д. Контроллер выполняет следующие функции управления:

- 1) Управляемый по току заряд батареи;
- 2) Управляемый временем заряд батареи;
- 3) Контроль контакта отключения батареи при «глубоком» разряде;
- 4) «Плавающий заряд»;
- 5) Отключение батареи в зависимости от температуры;
- 6) Дистанционное управление выпрямительными устройствами и др.

Кроме того, контроллер обеспечивает аналоговую передачу сигнала о сбоях для удаленного оборудования через плавающие контакты переключения, а также цифровую передачу сигнала через модем: контроль напряжения нагрузки, контроль напряжения батареи, контроль предохранителей, контроль выпрямителей, контроль мощности переменного тока.

Электрическая питающая установка (ЭДС)-часть ЭДС, предназначенная для обеспечения, преобразования, регулирования, распределения и обеспечения непрерывной передачи различных напряжений переменного и постоянного тока, необходимых для нормальной работы предприятия связи. ЭДС включает в себя следующие элементы: выпрямительные устройства (ВУ), инверторы напряжения (И) и преобразователи (К), аккумуляторная батарея (АБ), токораспределительные сети (ТРС), соединяющие оборудование ЭДС между собой, а также систему заземления с аппаратурой связи и защитными устройствами. Выпрямительное устройство (ВУ)-статический преобразователь напряжения

переменного тока в напряжение постоянного тока. Производит ВУ общего пользования для зарядки и подзарядки промышленных аккумуляторных батарей, а также для электроснабжения оборудования связи и осветительных установок.

Величина тока нагрузки определяется типом и количеством параллельно работающих выпрямительных блоков. Инвертор напряжения (И)-преобразует постоянное напряжение аккумуляторной батареи в переменное однофазное напряжение 220 В частотой 50 Гц.

Преобразователь напряжения (К)-преобразует постоянное напряжение одного уровня в постоянное напряжение другого уровня.

Преобразователь напряжения может выполнять две функции: 1) осуществлять подключение вольта к напряжению при разгрузке аккумуляторной батареи под штатную нагрузку, т. поддержание напряжения в аппаратуре связи в допустимых пределах в процессе разрядки батареи. Такой преобразователь называется вольт-образным (ВДК); 2) работать в качестве автономного инвертора, обеспечивая питание оборудования связи напряжением переменного тока частотой 50 Гц при потере сетевого напряжения или его отклонении от необходимых параметров качества.

Аккумуляторная батарея (АБ)-химический источник тока многоразового действия. Он способен хранить, хранить и передавать при необходимости электрическую энергию, полученную от внешнего источника постоянного тока. До момента включения СЭП используется в качестве резервного источника электроэнергии в аварийном режиме СЭП. При низком энергопотреблении АВ может быть представлен одной батареей. При средних и больших мощностях АВ-это последовательно вводимые элементы, которые, в свою очередь, могут быть соединены параллельно для увеличения его емкости.

Силовые трансформаторы

Работа трансформатора основана на законе Фарадея, в котором переменный магнитный поток, создаваемый внутри катушки из N обмоток провода, приводит к напряжению на ее зажимах:

$$e_{\text{индуцированное}} = N \frac{d\Phi}{dt}, \quad (3.1)$$

где N-число витков катушки; $\frac{d\Phi}{dt}$ – веб/С- скорость изменения магнитного потока.



Рисунок 3.2. Схема подключения трансформатора

Это отношение обратимо, т. е. переменное напряжение e , приложенное к катушке, создает внутри нее переменный магнитный поток в соответствии с вышеописанным соотношением.

Простой трансформатор состоит из двух обмоток, помещенных в одну общую магнитную трубу. Переменное напряжение от внешнего источника энергии $1e$ прикладывается к одной из обмоток, которая называется первичной, а нагрузка подключается к другим розеткам (рисунок 3.2).

N_1 и N_2 – витков первичной и вторичной обмоток

установите количество: $e_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt}$ (закон Фарадея) или $\frac{e_1}{N} = \frac{d\Phi}{dt}$.

Так как этот же поток Φ входит во вторичную обмотку:

$$e_2 = N_2 \frac{d\Phi}{dt} = N_2 \frac{e_1}{N_1}. \quad (3.2)$$

последние $\frac{e_2}{e_1} = \frac{N_2}{N_1} = n$ или $e_2 = ne_1$. число n называется коэффициентом трансформации. Как видно, этот коэффициент определяется отношением числа витков.

Если $n > 1$, то повышающий называется трансформатором, а если $1 < n$, то понижающий называется трансформатором.

Теперь найдем входное сопротивление гвх трансформатора, нагруженного R_n , т. е. сопротивление нагрузки, рассчитанное на цепь первичной обмотки:

$$R_{\text{вх}} = R'_H = \frac{e_1}{i_1} = \frac{e'_2 n}{i_2 n} = \frac{e_2}{i_2} \frac{1}{n^2} = \frac{R_n}{n^2}. \quad (3.3)$$

Итак

$$R_{\text{вх}} = R'_H = \frac{R_n}{n^2}, \quad (3.4)$$

т. е. сопротивление нагрузки трансформатора n^2 преобразует с коэффициентом.

Полученные соотношения для преобразования токов, напряжений и сопротивлений позволяют упростить расчет электрических цепей, состоящих из идеального трансформатора:

- 1) Заменой всех элементов на цепь первичной обмотки;
- 2) Заменой всех элементов на цепь вторичной обмотки. Примеры такого перевода приведены на рисунке 3.3 и 3.4.

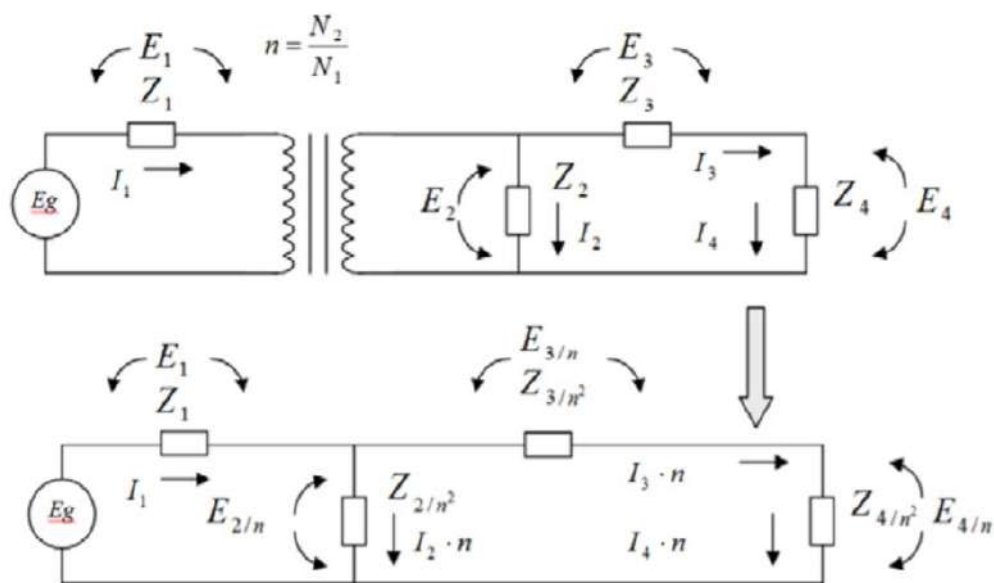


Рисунок 3.3. Замена всех элементов на первичную обмоточную цепь

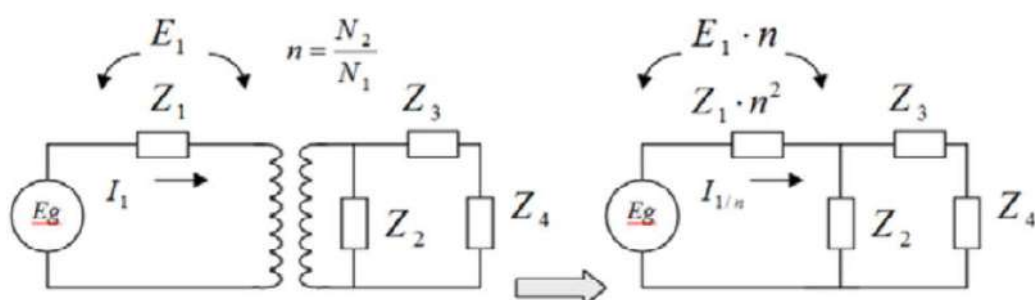


Рисунок 3.4. Замена всех элементов на вторичную обмоточную цепь

Основными характеристиками конкретного трансформатора являются:

- 1) Электрическая схема с указанием выводов каждой обмотки;
- 2) Номинальное напряжение первичной обмотки;
- 3) Номинальное напряжение вторичной обмотки при номинальной нагрузке;
- 4) Номинальная мощность трансформатора в ВА или номинальный ток вторичной обмотки.

Все эти характеристики обычно фиксируются на корпусе трансформатора. Для расчета простейшей электрической цепи (рисунок 3.5) действительный трансформатор состоит из дополнительных элементов с тем же коэффициентом преобразования N , но, как показано на рисунке.

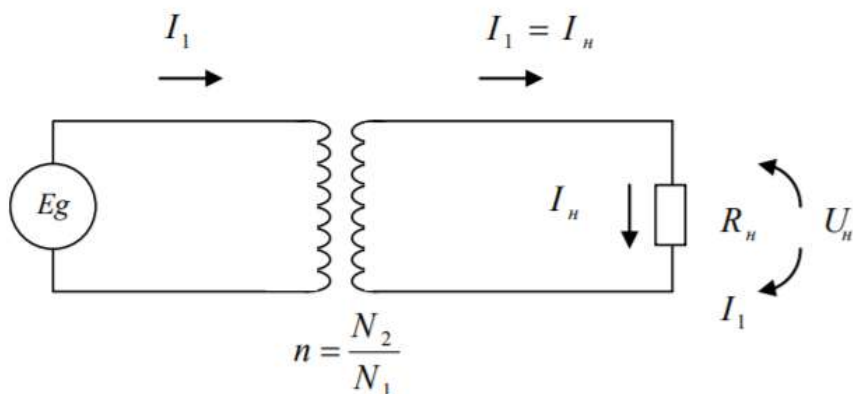


Рисунок 3.5. Трансформатор с нагрузкой

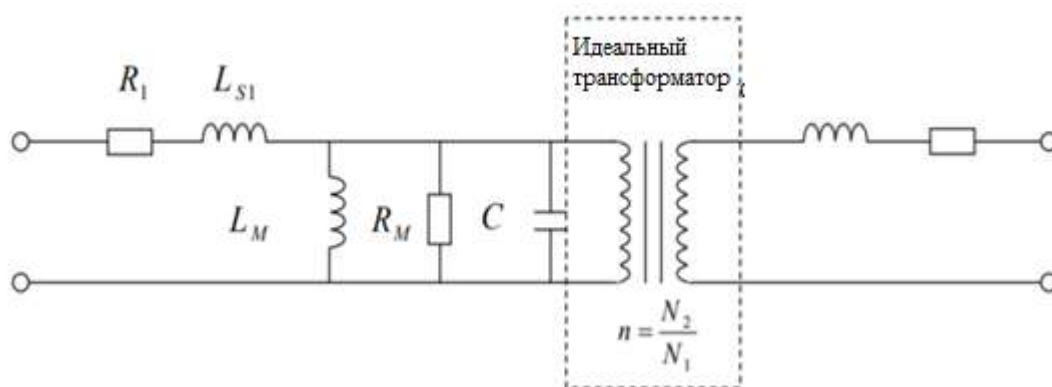


Рисунок 3.6. Схема замещения реального трансформатора: R_1 , R_2 -сопротивление обмоток; L_{S1} , L_{S2} -индуктивность рассеяния обмоток; L_M -индуктивность намагничивания магнитопровода; R_M -сопротивление, учитывающее потери в железе; C -паразитная емкость.

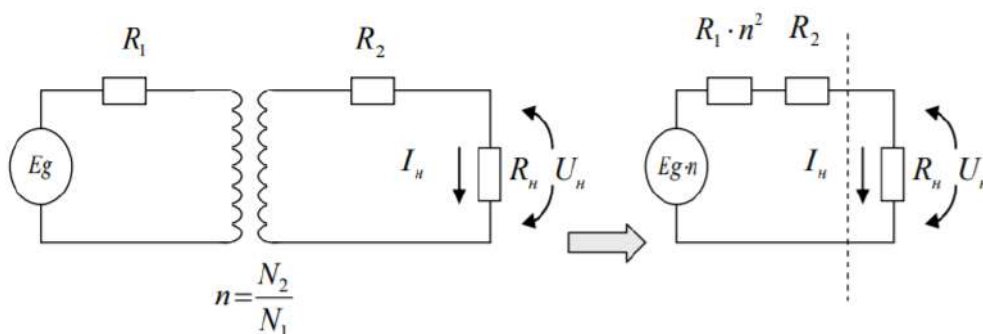


Рисунок 3.7. Эквивалентная схема для схемы.

Как правило, эта схема замещения оставляет только R_1 , R_2 , LS_1 и LS_2 , а еще чаще-только R_1 и R_2 . В последнем случае электрическая цепь может быть приведена к виду, показанному на рис. 3.7. Источник напряжения E_d с трансформатором $R_{вн} = R_1 n^2 + R_2$ и ЭДС $E_g n$ видно, что альтернативу ему с внутренним сопротивлением можно заменить Тевененовым генератором.

Выпрямители

Выпрямители используются для преобразования переменного напряжения в постоянное (импульсное). Обычно для коррекции используются PN-диоды (чаще всего кремниевые), структура и обозначения которых показаны на рисунке 3.8. Выпрямительный диод хорошо пропускает ток в прямом направлении (от анода к катоду) и практически не проводит ток в обратном направлении. На рисунке 3.9 приведена типичная вольтамперная характеристика диода кремниевый выпрямителя (ВАС).

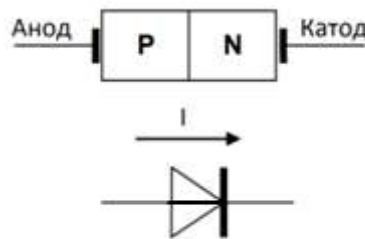


Рисунок 3.8. P-n-структура и условное обозначение перехода

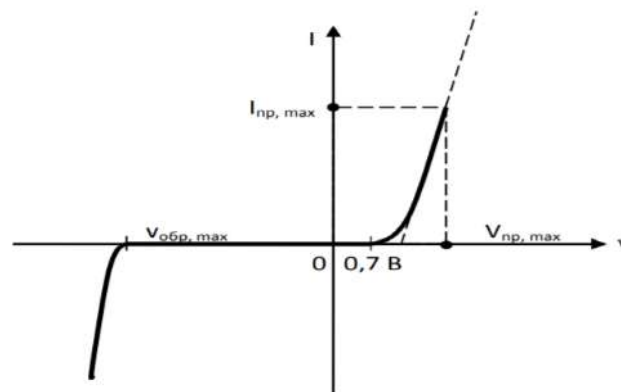


Рисунок 3.9. Вольт-амперная характеристика кремниевый диодного выпрямителя

В широком диапазоне напряжений (но не все) ход этой характеристики хорошо характеризуется следующими выражениями (рис. 3.8):

$$I = I_{обр} \left(e^{\frac{U}{V_t}} - 1 \right) \quad (3.5)$$

где $I_{обр}$ - PN-обратный ток перехода; U -напряжение, приложенное к диоду;

$$V_t = \frac{kT}{q}$$

- тепловой потенциал, k -постоянная Больцмана, T -абсолютная температура, q -заряд электрона (при $T = 300$ К тепловой потенциал V_t равен примерно 0,025 В).

$I_{пр, ср}$ или $U_{обр, max}$ при превышении предельных значений нарушается нормальная работа диода до его разрушения. Основные параметры выпрямительного диода: - предельно допустимое среднее значение выпрямленного тока $I_{пр, max}$ - предельно допустимое обратное напряжение $U_{обр, max}$ - предельно допустимое значение импульса постоянного тока.

Помимо этих основных параметров в паспортных данных обычно указывается диод:

- $U_{обр}$ обратный ток диода;

$t_{ос, обр}$ - время обратного восстановления (это время, когда проводящий диод блокируется при изменении полярности приложенного напряжения)

- Максимально допустимая частота f_x .

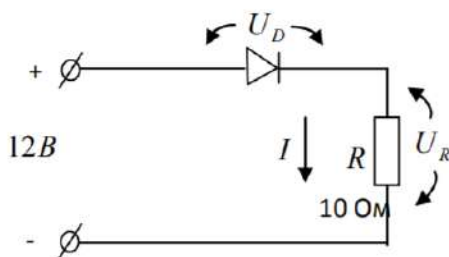
Расчет электрической цепи с диодами существенно упрощается, если принять следующие допущения:

1) Напряжение на диоде $U_D \approx 0,7$ В независимо от тока через диод в прямом (проводящем) направлении;

2) В обратном (проводящем) направлении ток через диод $i_d \approx 0$ независимо от напряжения, приложенного к диоду.

Пример.

Видимо напряжение +12 В подается на цепь.



Определение: 1) $U_D = ?$ 2) $U_R = ?$ 3) $I = ?$

тогда 1) $U_D = 0,7$ В; 2) $U_R = 12 \text{ В} - U_D \approx 11,3$ В ;

$$3) I = \frac{U_R}{10 \text{ Ом}} = 1,13 \text{ А} .$$

В период напряжения правой половины e_2 один полупериодный диод (рисунок 3.10) проводит ток.

В результате можно представить хронограммы всех напряжений.

Напряжение имеет некоторое максимальное значение до нуля с изменением пульсационного характера с выходом выпрямителя. (рисунок 3.11) основные параметры выпрямленного напряжения:

1) Максимальное значение:

$$U_{\text{вып. max}} = E_{2, \text{max}} - 0,7 \text{ В} = E_{2, \text{эфф}} \sqrt{2} - 0,7 \text{ В} ;$$

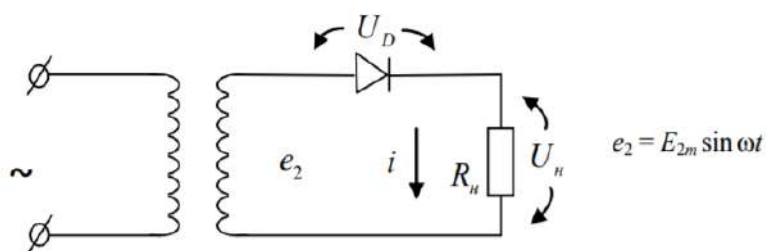


Рисунок 3.10. Схема одного полупериодического выпрямителя

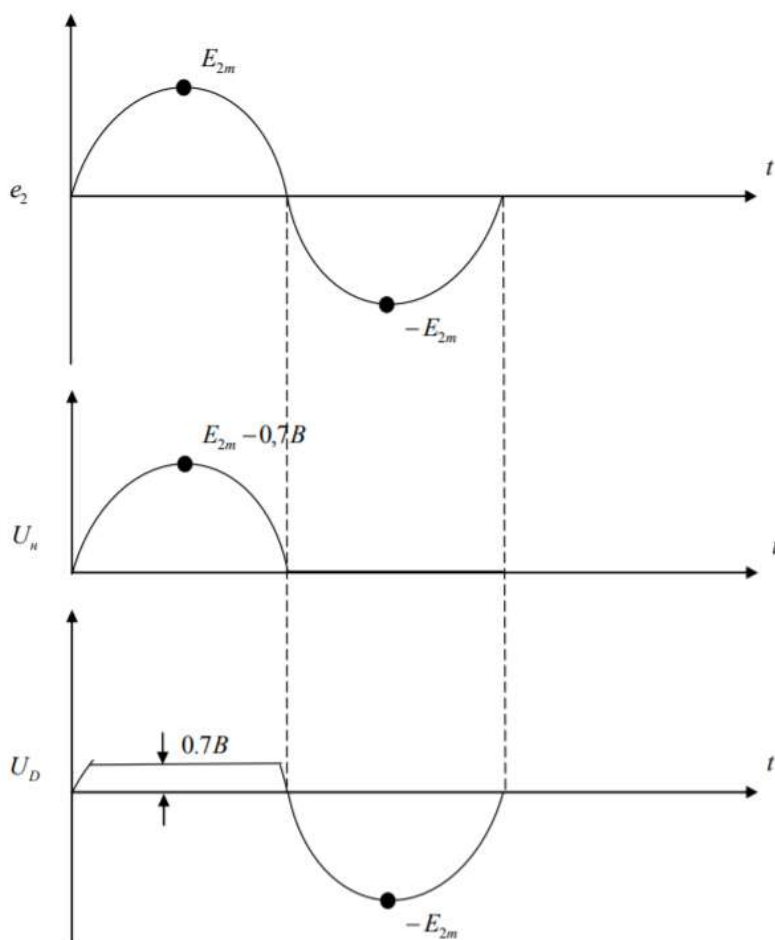


Рисунок 3.11. Хронограмма напряжения на выпрямителе

2) средний

$$U_{\text{вып. ср}} = \frac{1}{T} \int_0^T U_{\text{вып}} dt = \frac{U_{\text{вып. max}}}{\pi} \approx \frac{1}{3} U_{\text{вып. max}} ;$$

3) уровень пульсации $\Delta U_{\text{вып}} = U_{\text{вып. max}} - U_{\text{вып. min}} = U_{\text{вып. max}} \cdot$

Видно, что одно полупериодическая коррекция не очень эффективна: среднее значение выпрямленного напряжения относительно невелико, а уровень пульсации высокий.

Чтобы выбранный диод нормально работал на схеме одного полупериодного выпрямителя, его параметры $I_{\text{пр, ср}}$ и $U_{\text{обр, max}}$

$$I_{\text{пр, ср}} > \frac{U_{\text{вып, ср}}}{R_{\text{н}}} ;$$

$$U_{\text{обр, max}} > E_{2, \text{max}} - 0,7 \text{ В.} \quad (3.6)$$

Рассмотрим два полупериодических выпрямителя со средней точкой. Трансформатор средней точки E_2' и E_2'' производят два симметричных напряжения» относительно этой средней точки на антифазе. Диод D1 проводит напряжение E_2' при положительном полупериоде, а диод D2 в это время отрицательный E_2'' «замыкается полупериодом напряжения» . На следующем полупериоде проходит диод D2, а диод D1 замыкается. В результате на нагрузке возникает правая полуволна напряжения $2E'$, а затем E_2'' , одна за другой и т.д. Хронограмма напряжений в двух полупериодном однофазном выпрямителе со средней точкой представлена на рисунке 3.12.

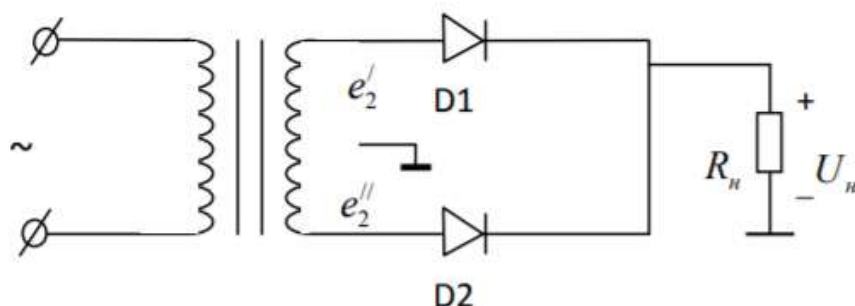


Рисунок 3.12. Двухпериодный однофазный выпрямитель со средней точкой

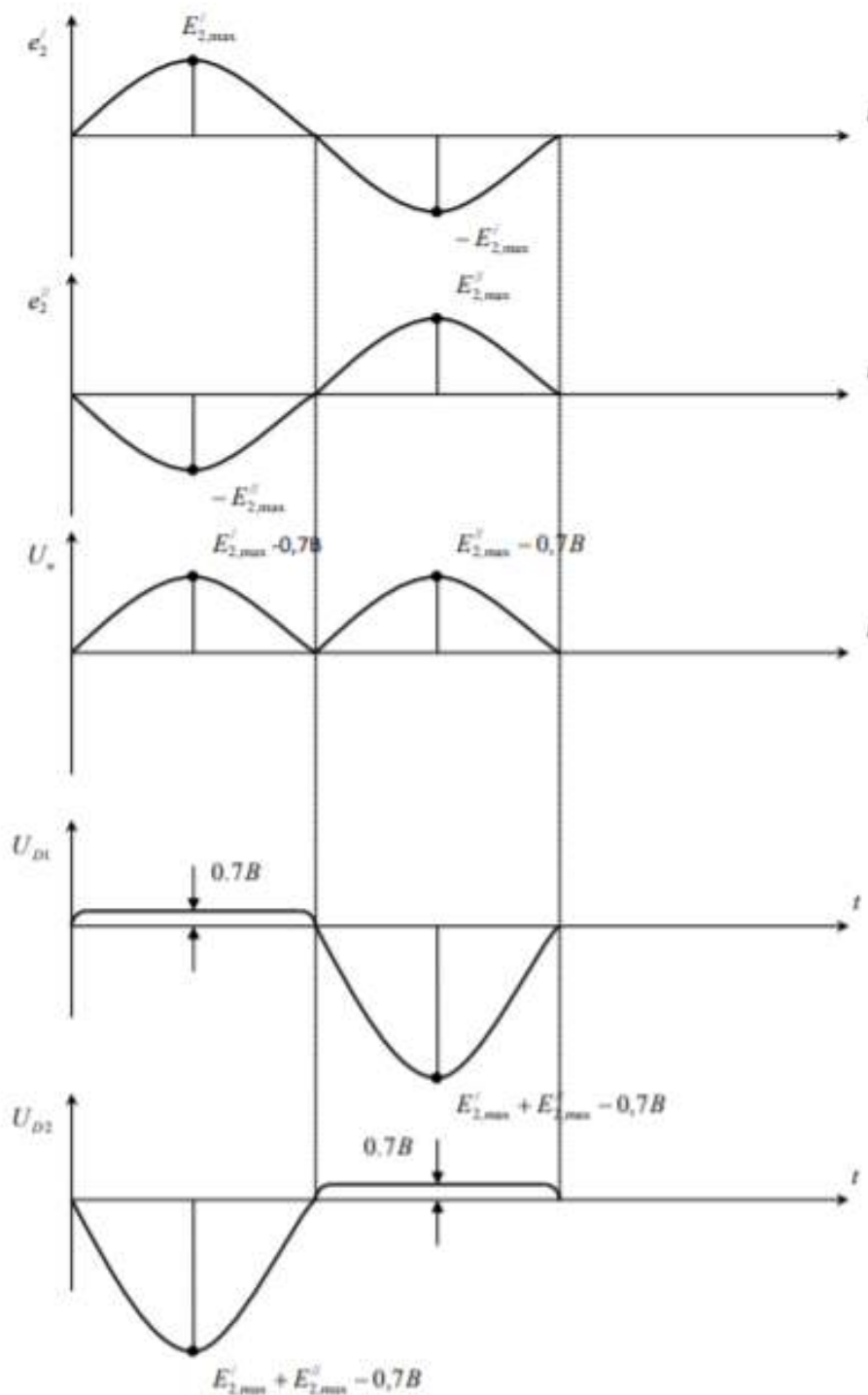


Рисунок 3.13. Хронограмма двух полупериодических однофазных напряжений выпрямителя средней точки

Выходное напряжение выпрямителя при этом имеет следующие параметры:

1) Максимальное значение

$$U_{\text{вых, max}} = E'_{2, \text{max}} - 0,7 \text{ В} = E'_{2, \text{эфф}} \sqrt{2} - 0,7 \text{ В}; \quad (3.7)$$

2) Среднее значение

$$U_{\text{вых, ср}} = \frac{1}{T} \int_0^T U_{\text{вых}} dt = 2 \frac{U_{\text{вых, max}}}{\pi} \approx \frac{2}{3} U_{\text{вых, max}} ; \quad (3.8)$$

3) Уровень пульсации

$$\Delta U_{\text{вых}} = U_{\text{вых, max}} - U_{\text{вых, min}} = U_{\text{вых, max}} \cdot (3.9)$$

Очевидно, что двухпериодная коррекция приносит пользу по $U_{\text{вых, ср}}$ по сравнению с одной полупериодной, но требует применения сложного трансформатора (рисунок 3.13).

Чтобы выбранные диоды нормально работали на схеме двух полупериодических выпрямителей средней точки, параметры каждого диода должны удовлетворять условию;

$$I_{\text{пр, ср}} > \frac{1}{2} \frac{U_{\text{вып, ср}}}{R_{\text{н}}};$$

$$U_{\text{обр, max}} > E'_{2, \text{max}} + E'_{2, \text{max}} - 0,7 \text{ В}. \quad (3.10)$$

Рассмотрим мостовой двухпериодический выпрямитель (рисунок 3.14). В течение положительного полупериода C_2 проводятся диоды D_1 и D_2 , а в $R_{\text{н}}$ выделяется правая полуволна напряжения E_2 за вычетом двух понижений напряжения 0,7 В на диодах D_2 и D_2 . При отрицательной частичной фазе C_2 создаются диоды D_3 и D_4 , что приводит к появлению еще одной положительной полуволны при нагрузке $R_{\text{н}}$. Хронограммы напряжений в мостовом двухчастотном выпрямителе представлены на рисунке 3.15.

Параметры выходного напряжения идентичны двум полупериодическим напряжениям со средней точкой:

$$1) U_{\text{вып, max}} = E_{2, \text{max}} - 0,4 \text{ В}; \quad 2) U_{\text{вып, ср}} = 2 \frac{U_{\text{вып, max}}}{\pi} \approx \frac{2}{3} U_{\text{вых, max}} ;$$

$$3) \Delta U_{\text{вых}} = U_{\text{вых, max}} \cdot \quad (3.11)$$

Выбор диодов выполняется при следующих условиях:

$$I_{\text{пр, ср}} > \frac{1}{2} \frac{U_{\text{вых, ср}}}{R_{\text{н}}}; \quad U_{\text{обр, max}} > E_{2, \text{max}} - 0,7 \text{ В}. \quad (3.12)$$

Потеря напряжения на мостовом выпрямителе составляет 1,4 В вместо 0,7 В для среднего точечного выпрямителя, но его трансформатор намного проще и дешевле, а диоды чувствуют напряжение в два раза меньше

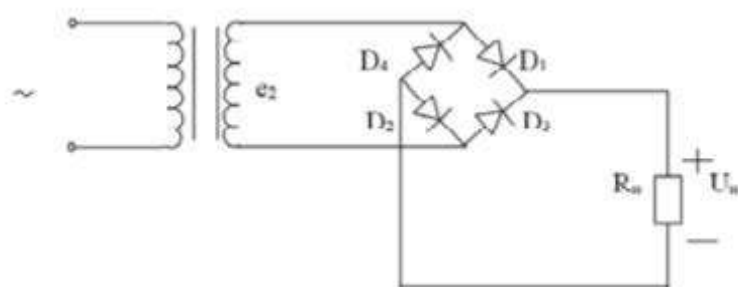


Рисунок 3.14. Мостовой двухпериодный выпрямитель

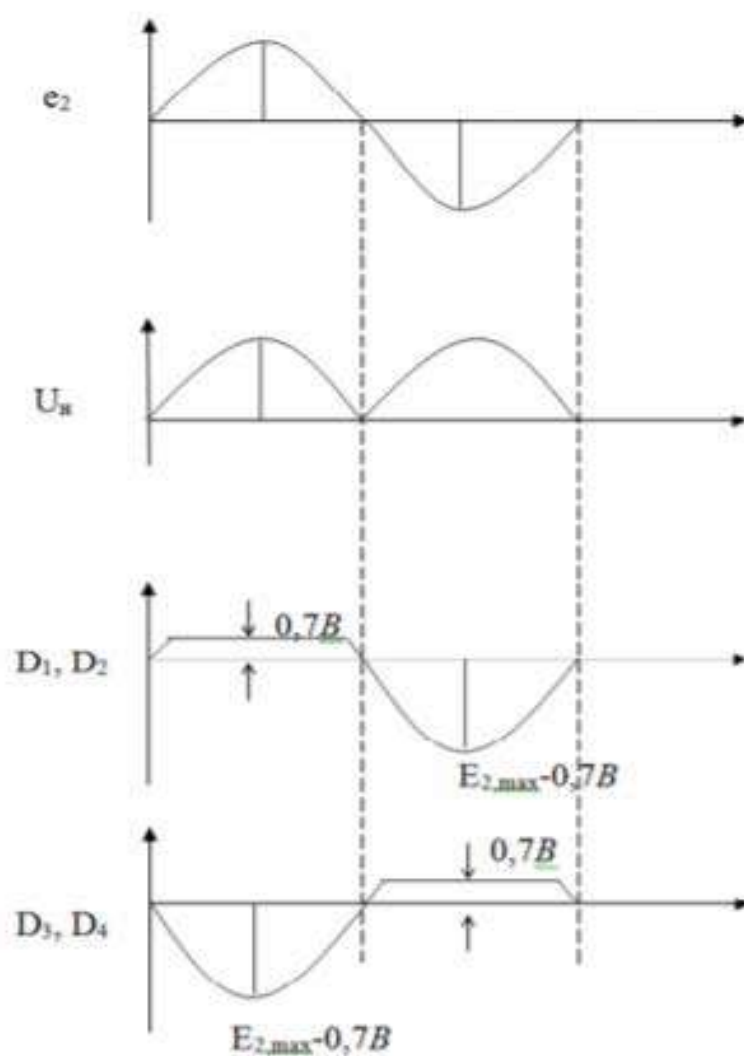


Рисунок 3.15. Хронограммы напряжений на мостовом двухпериодическом выпрямителе

Фильтры

Емкостный фильтр является простым и в то же время распространенным средством уменьшения импульсов выпрямленного напряжения (рисунок 3.16).

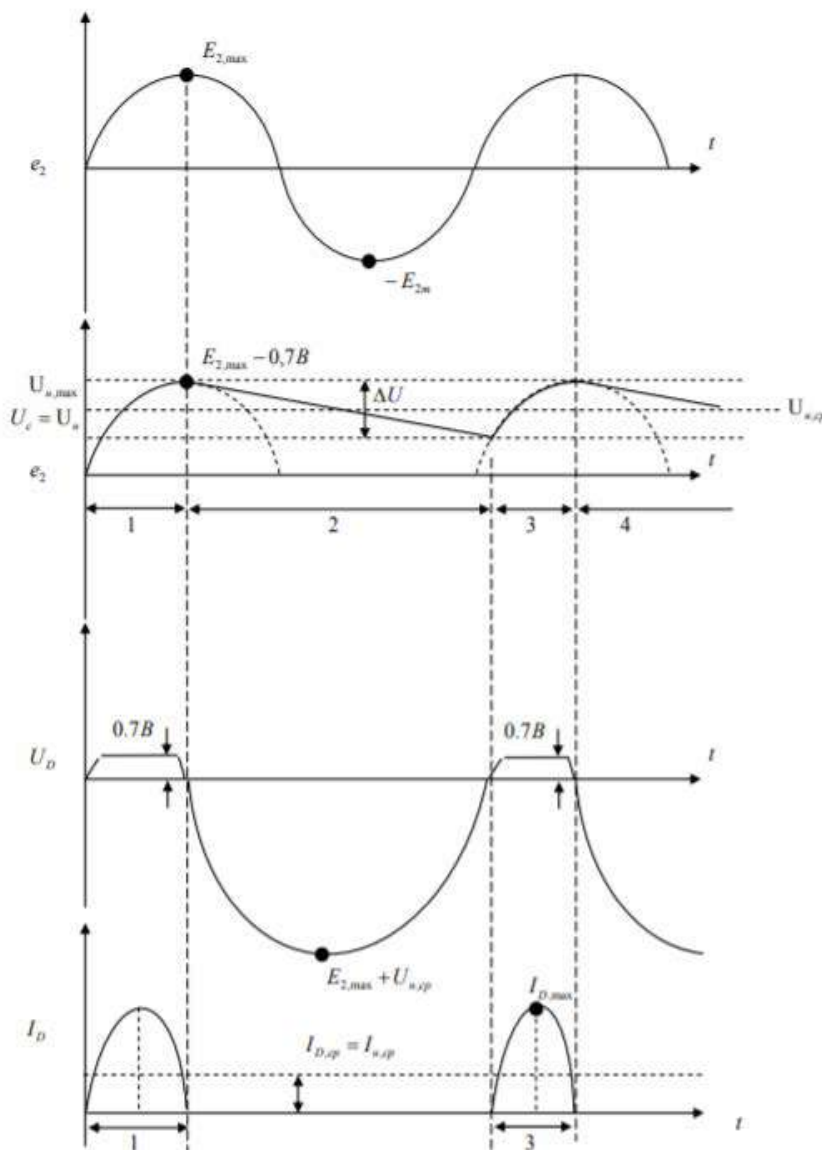


Рисунок 3.16. Хронограмма выпрямителя с емкостным фильтром

Конденсатор в интервале 1 заряжается до, накапливает энергию в своей емкости C .

На интервале 2 напряжение на диоде отрицательное и оно заблокировано. Конденсатор заряжен в R_n , нагрузка дает накопленную энергию.

В интервале 3 диод снова проводит ток и конденсатор заряжается до U_n, max .

На интервале 4 диод блокируется, а конденсатор заряжается через R_n и т.д.

Под действием остаточного напряжения на конденсаторе:

- 1) видно, что выпрямленное напряжение больше не падает до нуля;
- 2) диод блокирует большую часть периода сетевого напряжения.

Из-за этой особенности функционирования диод проводит ток короткими импульсами, которые $I_{н, ср}$ значительно превышает средний ток.

Средний ток диода $I_{D, ср}$, конечно, $I_{н, ср}$ должен быть равен среднему току нагрузки. Для расчета остаточных импульсов ΔU при выводе конденсатора через RN ток разряда приблизительно стабилен и - он считает, что будет равен. Кроме того, считается, что время зарядки конденсатора намного меньше времени разряда, поэтому разряд занимает весь период выпрямленного напряжения.

Выходное напряжение выпрямителя с фильтром имеет следующие параметры:

- 1) аксимальное значение $U_{вып, max} = E_{2, max} - 0,7 \text{ В};$

$$\Delta U \approx \frac{I_{н, ср}}{Cf_{пульсаций}};$$

- 2) уровень пульсации

- 3) среднее значение $U_{вып, ср} = U_{вых, max} - \frac{1}{2} \Delta U;$

- 4) коэффициент пульсации $\gamma = \frac{\Delta U}{U_{вып, max}}.$

Для нормальной работы выбранного диода его параметры должны удовлетворять условию

$$I_{пр, ср} > I_{н, ср}; \quad U_{обр, max} > E_{2, max} + U_{н, ср}. \quad (3.13)$$

Дано $I_{н}$ емкость фильтрующего конденсатора при токе нагрузки и заданном уровне пульсации ΔU должна быть:

$$C \geq \frac{I_{н}}{\Delta U f_{пульсаций}}. \quad (3.14)$$

Индуктивный фильтр состоит из индуктивной катушки, которая соединена вместе с нагрузочной нагрузкой. (Рис.3.17) катушка индуктивности сглаживает колебания тока, поэтому учитывается напряжение на нагрузке. В результате хронограмма напряжений будет выглядеть так, как показано на рисунке 3.18.

Индуктивность $X_L \gg R_n$ выбирается из условия, где

$$X_L = \omega_{г\text{пульсаций}} L = 2\pi f_{пульсаций} L. \quad \text{будет.}$$

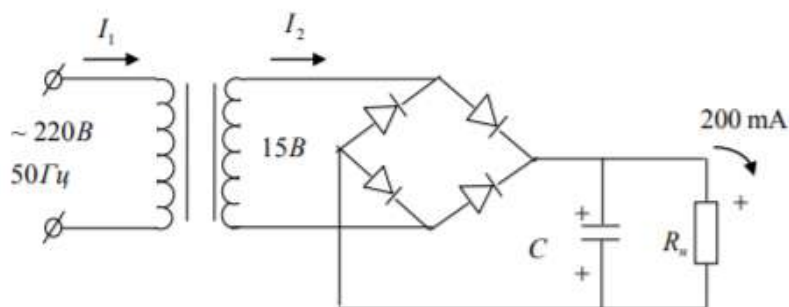


Рисунок 3.17. Схема выпрямителя с индуктивным фильтром

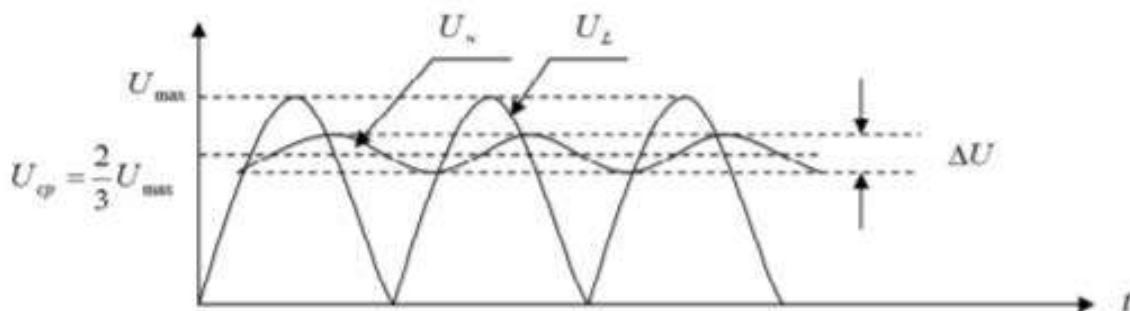


Рисунок 3.18. Хронограмма напряжения на выпрямителе

При выборе индуктивности фильтра остаточный импульс на нагрузке

$$\Delta U \approx U_{\max} \frac{R_n}{X_L}.$$

определяется

(3.17 рисунок) .

Фильтр LC. При уменьшении R_n при емкостном фильтре пульсации увеличиваются. Напротив, в индуктивном фильтре они уменьшаются при снижении R_n . Комбинация L и C обеспечивает хорошую фильтрацию независимо от R_n (рисунок 3.19).

$$\Delta U \approx U_{\max} \frac{X_C}{X_L}.$$

В этом случае

принимает пульсации на входе.

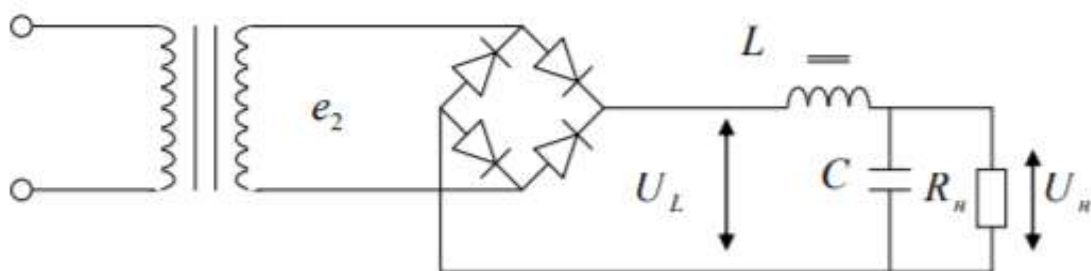


Рисунок 3.19. Схема выпрямителя с LC-фильтром.

Схема фильтра CLC представлена на рисунке 3.20.

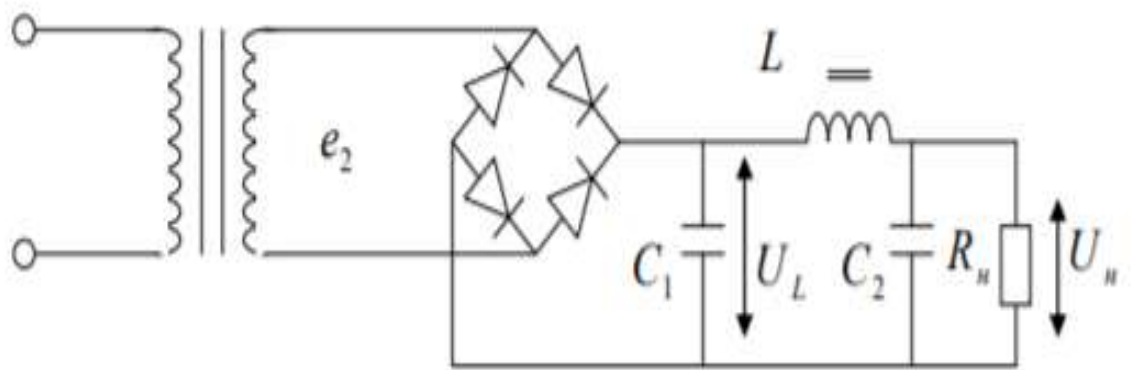


Рисунок 3.20. Схема фильтра CLC.

$$\Delta U_L \approx \frac{I_{н, ср}}{C_1 f_{пульсаций}}; \quad \Delta U_n = \Delta U_L \frac{X_{C_2}}{X_L}. \quad (3.15)$$

Таким образом, применение фильтров CLC позволяет качественно фильтровать выпрямленное напряжение.

Линейные стабилизаторы напряжения

Структурная схема линейного стабилизатора представлена на рисунке 3.21.

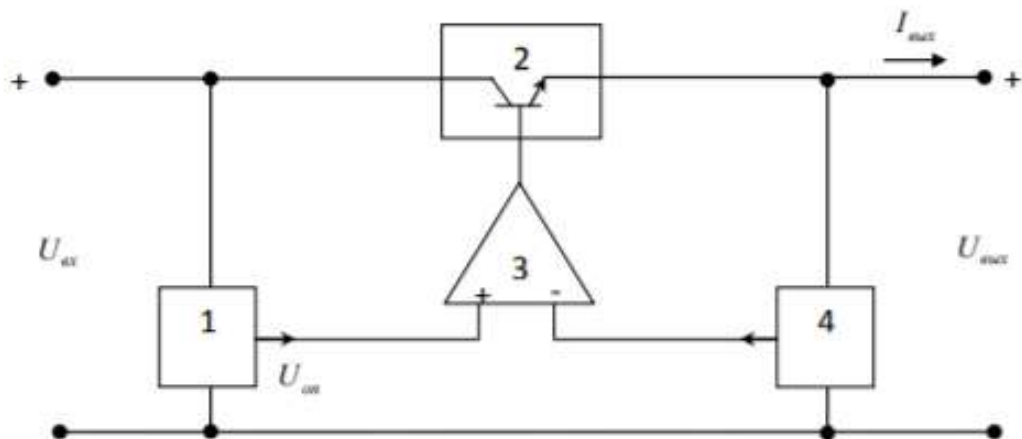


Рисунок 3.21. Структурная схема линейного стабилизатора: 1-источник опорного напряжения; 2-регулирующий элемент (обычно транзистор); 3-компаратор (усилитель сигнала ошибки); 4-датчик выходного напряжения (обычно резистивный делитель напряжения)

Схема работает по принципу автоматического управления: любое отклонение выходного напряжения от заданного уровня усиливается компаратором и передается в цепь обратной связи на антифазе с исходным

возмущением, что приводит к полной компенсации этого возмущения. Выходная характеристика стабилизатора представлена на рисунке 3.22.

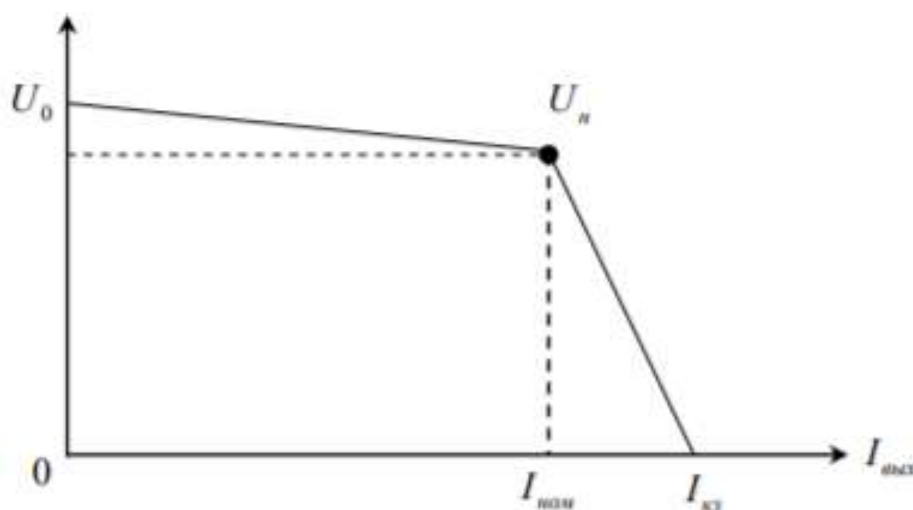


Рисунок 3.22. Выходные характеристики стабилизатора:

U_0 — выходное напряжение холостого хода ($I_{\text{вых}} = 0$);

U_n — выходное напряжение при номинальной (максимальной) нагрузке,

$I_{\text{вых}} = I_{\text{ном}}$; $I_{\text{кз}}$ — выходной ток короткого замыкания

Основные параметры стабилизатора можно разделить на две группы.

I группа — предельно допустимые значения электрических величин:

$U_{\text{вх. max}}$ — максимальное входное напряжение;

$I_{\text{вых. max}}$ — максимальный выходной ток;

P_{max} — максимальная распределенная мощность.

II группа — параметры, характеризующие качество стабилизатора:

$$K_U = \frac{\Delta U_{\text{вых}}}{\Delta U_{\text{вх}}} \cdot 100 \quad \text{— стабилизация по входному напряжению, \%}$$

$$K_I = \frac{U_n - U_0}{U_0} \cdot 100 \quad \text{— стабилизация по току, \%}$$

$$\alpha_T = \frac{U_{\text{вых, T2}} - U_{\text{вых, T1}}}{U_{\text{вых, T1}} \cdot \Delta I} \cdot 100 \quad \text{— относительный температурный коэффициент напряжения, \% } ^\circ \text{C} ;$$

$$\alpha_T = \frac{U_{\text{вых, T2}} - U_{\text{вых, T1}}}{U_{\text{вых, T1}} \cdot \Delta I} \cdot 100 \quad \text{— коэффициент сглаживания пульсации, дБ.}$$

Типовая схема подключения интегрального стабилизатора напряжения LM723 рисунок 3.23.

Основные параметры стабилизатора:

$$U_{\text{вх max}} = 40 \text{ В}; \quad I_{\text{вых max}} = 150 \text{ мА}; \quad P_{\text{max}} = 1 \text{ Вт}; \quad K_U \leq 0,1\%;$$

$$K_I \leq 0,6\%; \quad \alpha_T \leq 0,015\%/^{\circ}\text{C}; \quad K_{\text{ст}} > 70 \text{ дБ}.$$

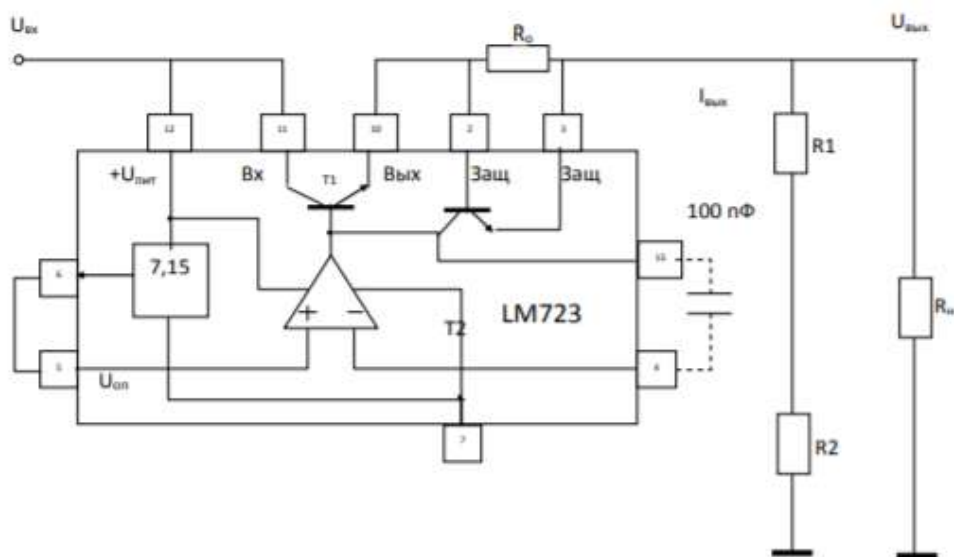


Рисунок 3.23. Подключение интегрального стабилизатора напряжения LM723

Выходное напряжение цепи (рисунок 3.22) составляет

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{оп}} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) = 1,15V \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right). \quad (3.16)$$

Транзистор играет роль регулирующего элемента. Транзистор T2 используется для защиты от перегрузки по току I_{wh} : при достижении порога открытия транзистора I_{wh} $R_0 \sim 0,6 \text{ В}$ транзистор T2 открывается путем сокращения прохождения основного эмиттера транзистора T1, что предотвращает дальнейшее увеличение тока I_{wh} . В результате выходная характеристика схемы показана на рис.3.24.

Выходное напряжение схемы из выражения для $U_{\text{вых}}$ может быть не менее 15, а выходной ток может быть выбран не более 150 мА.

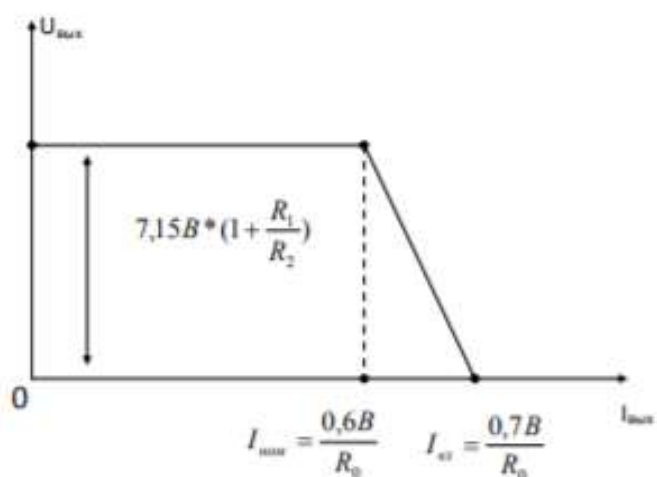


Рисунок 3.24. Выходные характеристики стабилизатора

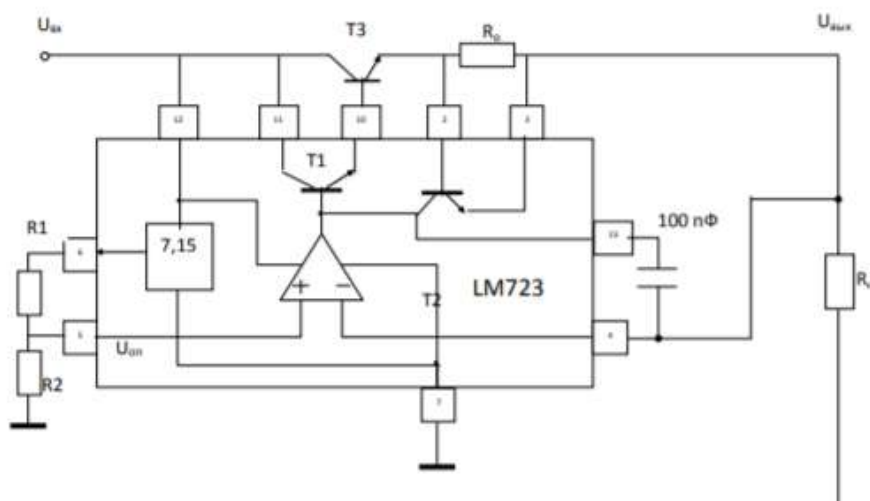


Рисунок 3.25. Схема подключения стабилизатора с выходным транзистором

На рисунке 3.25 показана схема, обеспечивающая напряжение в пределах 7,15 В. В схеме используется внешний транзистор ТЗ, который $I_{\text{вых max}}$ - в отношении выхода $I_{K, \text{max}, T3}$ позволяет увеличить до значений.

$$U_{\text{вых}} = 7,15 \text{ В} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad (3.17)$$

Однако на практике $U_{\text{вых}}$ минимальное возможное значение целины составляет около 2 В, а не 0. Резистор R_0 на схемах рисунках 3.22 и 3.24 устанавливает предел ограничения по току

$$I_{\text{ном}} \approx \frac{0,6 \text{ В}}{R_0}. \quad (3.18)$$

Тот же резистор также служит для ограничения тока при коротком замыкании на выходе стабилизатора. Как уже упоминалось выше,

$$I_{\text{кз}} \approx \frac{0,7 \text{ В}}{R_0}, \quad (3.19)$$

т. е. ток короткого замыкания на чертежах рис. 3.22 и 3.24 на 17% больше номинального тока стабилизатора. Этот, казалось бы, хороший результат часто оказывается неприемлемым из-за чрезмерного нагрева стабилизатора при запуске КЗ на его выходе.

Пример:

Пусть на схеме (рисунок 3.25) $U_{\text{вх}} = 15 \text{ В}$, $U_0 = 10 \text{ В}$, $R_0 = 10 \text{ Ом}$. $I_{\text{кз}}$, и $I_{\text{ном}}$ рассчитайте мощность, выходящую на стабилизатор в номинальном режиме и в режиме короткого замыкания. Решение: номинальный ток, определенный

резистором R_0 , очевидно, $I_{\text{ном}} \approx \frac{0,6 \text{ В}}{10 \text{ Ом}} = 60 \text{ мА}$. будут равны.

Ток короткого замыкания

$$I_{\text{кз}} \approx \frac{0,7 \text{ В}}{10 \text{ Ом}} = 70 \text{ мА}$$

Мощность, распределяемая стабилизатором в номинальном режиме:

$$P_{\text{ном}} = (U_{\text{вх}} - U_0) I_{\text{ном}} = (15 \text{ В} - 10 \text{ В}) \cdot 0,06 \text{ А} = 0,3 \text{ Вт}.$$

Это меньше, чем чип $\text{Lm723 } P_{\text{max}}$, то есть стабилизатор работает нормально работает.

В режиме КЗ на выходе $P_{\text{кз}} = U_{\text{вх}} I_{\text{кз}} = 15 \text{ В} \cdot 0,07 \text{ А} = 1,05 \text{ Вт}$, это микросхема $\text{LM723 } P_{\text{max}}$ - чуть больше тена. Следовательно, стабилизатор перегревается и может быстро выйти из строя.

Рассмотренный пример показывает ток короткого замыкания $I_{\text{кз}}$ на уровне меньше $I_{\text{ном}}$. вынуждает искать ограничительные методы. Соответствующий тип выходной характеристики стабилизатора рисунок 3.26.

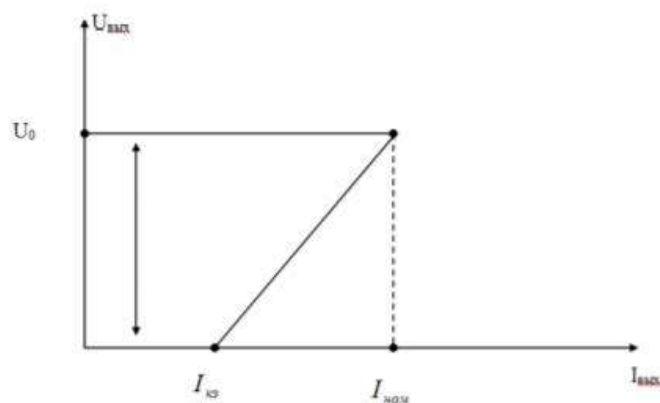


Рисунок 3.26. Выходные характеристики стабилизатора

Один из способов ограничения тока короткого замыкания рисунок 3.27. В этой схеме можно указать, что есть.

$$I_{\text{кз}} = \frac{0,65 \text{ В}}{R_0} \left(1 + \frac{R_x}{R_y} \right); \quad I_{\text{ном}} = I_{\text{кз}} + \frac{U_0}{R_0} \frac{R_x}{R_y}. \quad (3.20)$$

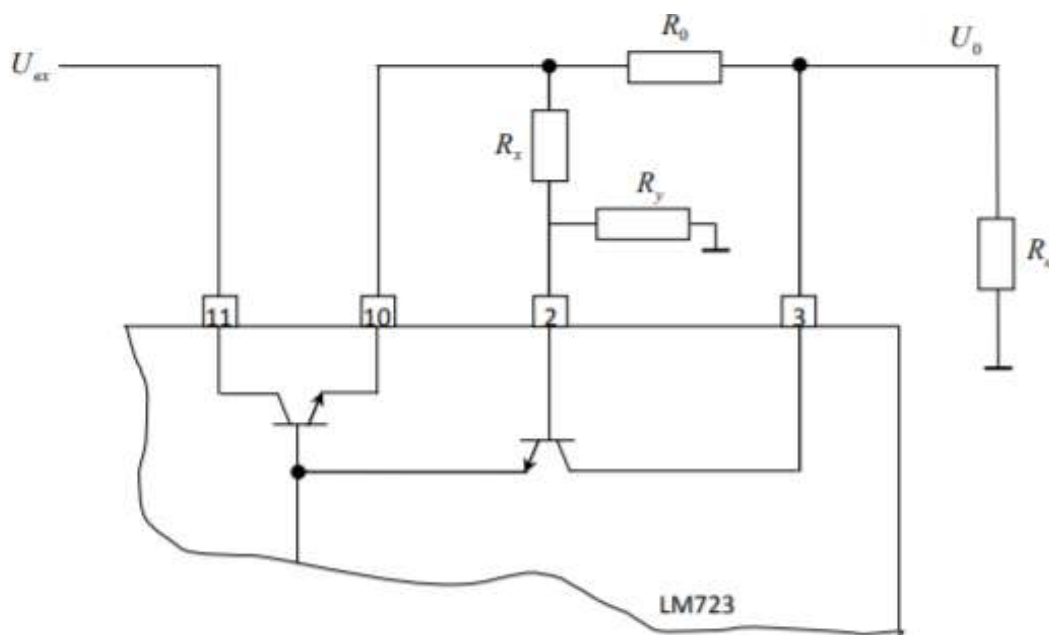


Рисунок 3.27. Схема ограничения тока короткого замыкания меньшего уровня от номинального тока

Пример. На схеме на рисунке 3.27

$$U_{\text{вх}} = 15 \text{ В}, \quad U_0 = 10 \text{ В}, \quad R_0 = 33 \text{ Ом}, \quad R_x = 1,5 \text{ к}, \quad R_y = 10 \text{ к}.$$

Расчет: $I_{\text{ном}}, I_{\text{кз}}, P_{\text{ном}}, P_{\text{кз}}.$

Решение:

$$I_{\text{кз}} = \frac{0,65 \text{ В}}{R_0} \left(1 + \frac{R_x}{R_y} \right) = \frac{0,65 \text{ В}}{33 \text{ Ом}} \left(1 + \frac{1,5k}{10k} \right) = 23 \text{ мА} ;$$

$$I_{\text{ном}} = I_{\text{кз}} + \frac{U_0}{R_0} \frac{R_x}{R_y} = 23 \text{ мА} + \frac{10 \text{ В}}{33 \text{ Ом}} \frac{1,5k}{10k} = 23 \text{ мА} + 300 \text{ мА} \cdot 0,15 = 68 \text{ мА} ;$$

$$P_{\text{ном}} = (U_{\text{вх}} - U_0) I_{\text{ном}} = (15 \text{ В} - 10 \text{ В}) \cdot 68 \text{ мА} = 340 \text{ мВт} = 0,34 \text{ Вт} ;$$

$$P_{\text{кз}} = U_{\text{вх}} I_{\text{кз}} = 15 \text{ В} \cdot 23 \text{ мА} = 345 \text{ мВт} = 0,345 \text{ Вт} .$$

Очевидно, что короткое замыкание на выходе не приведет к перегреву стабилизатора.

Если K_U, K_I, K_{C2} и α_T если не говорить о «тонких» параметрах такого стабилизатора, то задача анализа и синтеза линейных стабилизаторов формулируется следующим образом:

1) анализ-по заданной электрической схеме U_0 , $I_{\text{ном}}$ и $I_{\text{кз}}$ расчет;

Выражения для анализа и синтеза схем стабилизаторов, рассмотренные в таблице 3.1.

Анализ	Синтез
Простой стабилизатор защиты	
$I_{\text{ном}} = \frac{0,6 \text{ В}}{R_0}$ $I_{\text{кз}} = \frac{0,7 \text{ В}}{R_0}$	$R_0 = \frac{0,6 \text{ В}}{I_{\text{ном}}}$ или $R_0 = \frac{0,7 \text{ В}}{I_{\text{кз}}}$
Стабилизатор полуси тока	
$I_{\text{ном}} = I_{\text{кз}} + \frac{U_0}{R_0} \frac{R_x}{R_y}$ $I_{\text{кз}} = \frac{0,65 \text{ В}}{R_0} \left(1 + \frac{R_x}{R_y} \right)$	$R_0 = \frac{U_0}{I_{\text{кз}} \left(\frac{U_0}{0,65 \text{ В}} + 1 \right) - I_{\text{ном}}}$ $\frac{R_x}{R_y} = \frac{R_0 I_{\text{кз}}}{0,65 \text{ В}} - 1$

3.1. таблица. Выражения для анализа и синтеза схем

2) Синтез-представление схемы стабилизатора по заданным U_0 , $I_{\text{ном}}$ и $I_{\text{кз}}$ и расчет (или выбор) необходимых номинальных значений входящих в нее элементов. В таблице 4 приведены выражения для анализа и синтеза схем стабилизаторов, предусмотренных защитой от перегрузки по току.

Интегральные стабилизаторы

Многие радиоэлектронные системы (РЭС) предъявляют очень высокие требования к источнику питания. Например, цифровые устройства ТТЛ $E_{\text{пит}} 5 \text{ В}$ требует наличия в пределах $\pm 5\%$ независимо от изменения сетевого напряжения или потребляемого тока, различные усилители и приемники требуют, чтобы остаточные импульсы не превышали нескольких мВ и т. д.

В таких случаях после выпрямления и предварительной фильтрации напряжение питания сети подается на специальное устройство, называемое стабилизатором напряжения, которое при очень малых импульсах на его выходе образует постоянное напряжение. Раньше такие стабилизаторы были очень жесткими и занимали много места в блоке питания.

В настоящее время промышленность выпускает целую гамму стабилизаторов, размещенных в качестве транзисторов в стандартном корпусе и имеющих три выхода (вход, выход и масса). Интегральные стабилизаторы напряжения с тремя выходами имеют следующие преимущества:

- 1) Они очень просты в использовании;
- 2) Требуется очень мало дополнительных элементов;
- 3) Надежный;
- 4) Оснащен тепловой защитой;
- 5) Оснащен защитой КЗ на выходе.

Промышленность имеет ряд положительных и отрицательных стабилизаторов напряжения $U_{\text{вых}}$ со значениями.

Например, 7800 $U_{\text{вых}} : +5, +6, +8, +10, +12, +15, +18, +20$ и $+24$ вольт.

7900 $U_{\text{вых}} : -5, -5,2, -8, -12, -15, -18, -20$ и -24 вольт.

А также, $U_{\text{вых}}$ - существуют трехпоточные стабилизаторы с возможностью широкомасштабной реконструкции.

Типовая схема обеспечения нормальной работы интегрального стабилизатора представлена на рисунке 3.28.

Определение входного напряжения. Трехпоточные интегральные стабилизаторы работают по принципу «уменьшения»:

Поэтому для нормальной работы стабилизатора входное напряжение всегда должно быть больше выходного напряжения стабилизатора. На практике необходимо иметь:

$$U_{\text{диф}} = (U_{\text{вх}} - U_{\text{вых, стаб}}) \geq 2,5 - 3 \text{ вольт.}$$

С другой стороны, завышение входного напряжения практически невозможно, так как $U_{\text{диф}}$ при увеличении максимальный выходной ток стабилизатора уменьшается. На рисунке 3.29 показано зависимость 7800 $I_{\text{вых, max}}$ и 7900 $U_{\text{диф}}$.

Видно, что при напряжении менее 2,5 вольт стабилизатор не может нормально работать. Например, для стабилизатора 7812, который на выходе выдает +12В, входное напряжение должно быть не менее 12В + 2,5 В = 14,5 В, для 7800 и 7900 $U_{\text{вх, max}} = 40$ В. максимально допустимые, за исключением 7824 и 7924, где в $U_{\text{вх}}$ учитывается, что составляет 35 В.

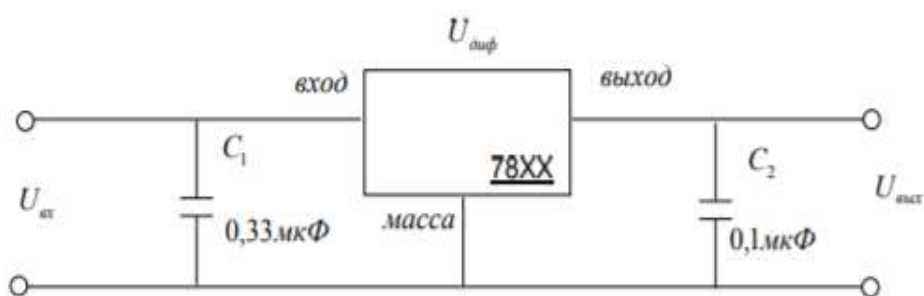


Рисунок 3.28. Типовая схема подключения интегрального стабилизатора:

C_1 -керамический конденсатор, защищающий входные импульсы и помехи; C_2 -керамический конденсатор, предотвращающий самовозбуждение схемы.

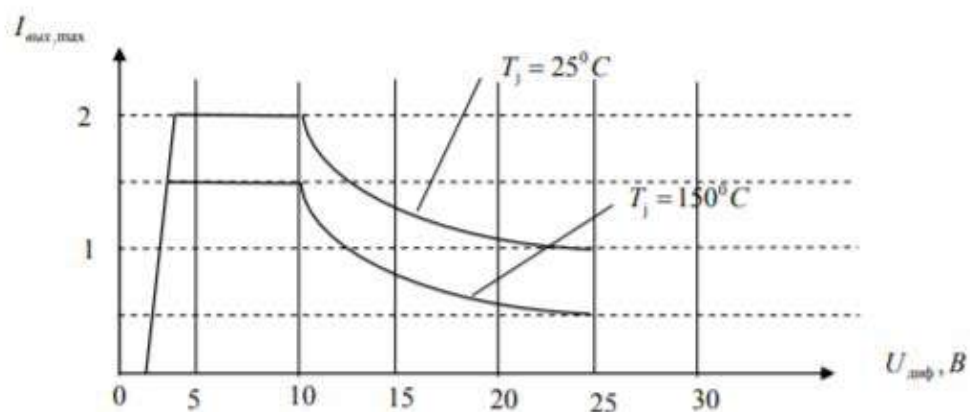


Рисунок 3.29 Зависимость $I_{\text{вых, max}}$ 7800 и 7900 $U_{\text{диф}}$

На рисунке 3.29 представлена температура полупроводникового кристалла, на котором выполнена схема стабилизатора T_j . Значение $T_j = 150^\circ\text{C}$ составляет максимально допустимую температуру кристалла большинства

полупроводниковых приборов и интегральных схем. Кривая, соответствующая $T_j = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$, используется для всех фактических оценок, тогда как кривая $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ представляет чисто теоретический интерес, поскольку не может быть достигнута всеми разумными методами охлаждения оборудования.

Большинство трехпоточных интегральных стабилизаторов выпускаются в стандартных корпусах ТО-220 и ТО-3, которые оснащены креплениями для установки радиатора охлаждения. Для правильного выбора радиатора, прежде всего, необходимо оценить мощность, выделяемую стабилизатором: $P_{\text{стаб}} = U_{\text{диф}} I_{\text{вых}}$.

Затем R_{jc} "необходимо учитывать тепловое сопротивление участка "активная зона полупроводникового кристалла-корпус". Это сопротивление составляет $\approx 5\text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$ для стабилизаторов в корпусе ТО-220 и $\approx 2,5\text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$ для стабилизаторов в корпусе ТО-3. Далее составьте тепловую схему стабилизатора (рис. 3.30).

Специальные безрадиаторные R_{ca} составляют:

- 1) для корпуса ТО-220 60 $^{\circ}\text{C/Вт}$;
- 2) для корпуса ТО-3 35 $^{\circ}\text{C/Вт}$.

При правильном выборе радиатора R_{ca} можно снизить до нескольких $^{\circ}\text{C/Вт}$.

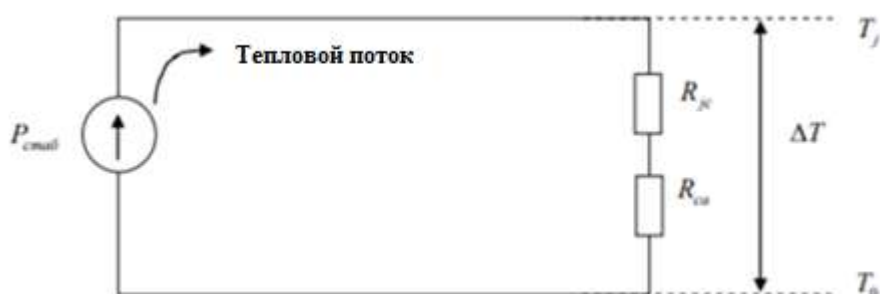


Рисунок 3.30. Тепловая схема стабилизатора: T_j - температура кристалла; T_0 - температура окружающей среды; R_{jc} - термостойкость «Кристалл-корпус»; R_{ca} - тепловое сопротивление «Жилой дом-окружающая среда»

Расчет необходимого теплового сопротивления радиатора осуществляется по формуле:

$$R_{ca} = \frac{\Delta T}{P_{\text{смб}}} - R_{jc} \quad (3.21)$$

Чем меньше требуемая R_{ca} , тем больше радиатор. Типовые значения параметров трехпоточных интегральных стабилизаторов:

Сопротивление выходному напряжению, % ± 2
 Подавление пульсаций, %..... от 0,05 до 0,1
 Подавление нестабильности входного напряжения, %..... 0,2
 Стабилизация по нагрузке, % от 0,1 до 0,5
 Нестабильность температуры не более, % 2
 Корпуса: ТО-92(Л), ТО-220(Т), ТО-3 (К), ТО-5 (Н), ТО-202(Р)

Хорошим примером трехточечного регулируемого стабилизатора является регулируемый положительный стабилизатор напряжения LM317 (чип LM337 – аналогичный отрицательный стабилизатор напряжения). У него нет выхода на землю, вместо этого между выходом и выходом регулировки сохраняется напряжение 1,25 В. Типовая схема подключения данного стабилизатора рисунок 3.31.

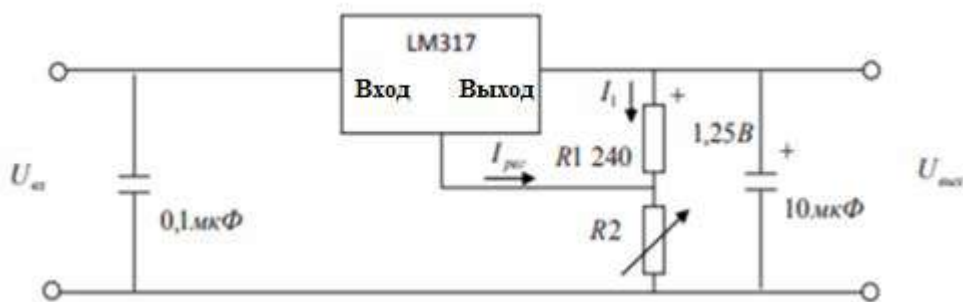


Рисунок 3.31. Типовая схема подключения стабилизатора Lm317

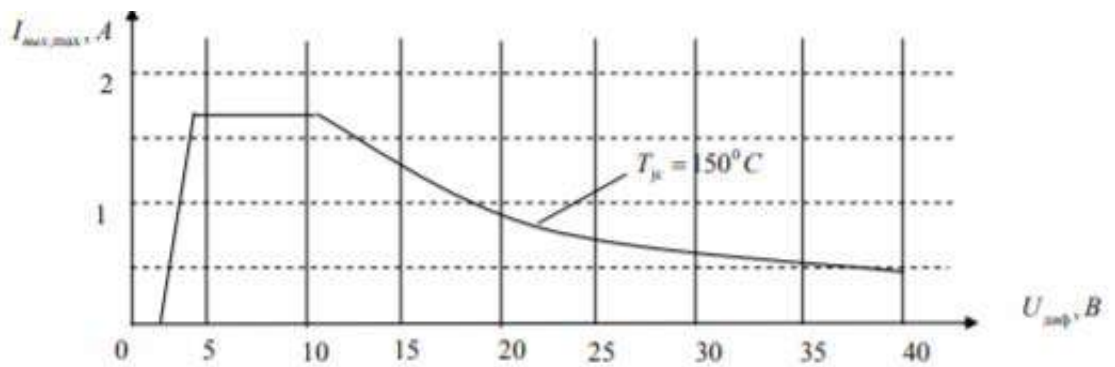


Рисунок 3.32. Зависимость $U_{\text{диф}}$ от $I_{\text{WH, max}}$ микросхем Lm317 и LM337

при $R1 = 240 \text{ Ом}$:

$$I_1 = \frac{1.25}{40} = 5 \text{ мА}$$

Ток регулятора $I_{\text{рег}}$ этого устройства 50 не более 100 мкА, поэтому его можно игнорировать. Тогда

$$U_{\text{вых}} = 1,25 \text{ В} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right). \quad (3.22)$$

На рисунке 3.32 представлены микросхемы Lm317 и Lm337 $U_{\text{диф}}$

показано, что зависимость T_{jc} тепловое сопротивление составляет 5 °С/Вт для корпуса ТО-220 и 2,5 °С/Вт для ТО-3.

Стабилизаторы импульсного напряжения

Для большинства электронных устройств лучшим средством стабилизации напряжения питания является линейный стабилизатор с регуляторным транзистором, работающий в активном (линейном) режиме. Однако для лучшей стабилизации такой стабилизатор требует запаса входного напряжения в несколько вольт (обычно $\geq 3 \text{ В}$) и при этом распределяет значительную мощность на регулирующем транзисторе. В результате эффективность стабилизатора очень низкая. Эта проблема особенно незначительна $U_{\text{вых}}$ и большой $I_{\text{вых}}$, – например, для питания микропроцессорной системы 5 В×5 А: вес и размеры блока питания могут быть больше самой системы, а КПД-менее 50%.

Подобные проблемы возникают в ряде устройств промышленной электроники. Например, шаговые двигатели для координатного управления инструментом современной автоматизированной обрабатывающей машины необходимы для питания обмоток постоянного напряжения порядка 3 В при токе в несколько ампер.

Если в качестве регулирующего элемента используется импульсный коммутатор, то КПД стабилизатора напряжения может быть достигнут достаточно больших значений (обычно это транзистор, работающий в основном режиме «срез–насыщение»).

Существует множество схем импульсных стабилизаторов напряжения. Общим для них является то, что регулирование выходного напряжения достигается изменением коэффициента использования коммутатора:

$$D = \frac{t_{\text{вкл}}}{t_{\text{вкл}} + t_{\text{выкл}}} = \frac{t_{\text{вкл}}}{T}, \quad (3.23)$$

где $t_{\text{вкл}}$ - время закрытого состояния коммутатора; $t_{\text{выкл}}$ - время открытого состояния выключателя; время включения выключения $T = T + T$ тактового генератора.

Тактовый генератор имеет высокую частоту (обычно 5...50 кГц), что значительно упрощает фильтрацию выходного напряжения и уменьшает размеры электромагнитных элементов (дроссельных трансформаторов и др.).

Импульсные стабилизаторы рассеивают меньшую мощность и имеют очень небольшие размеры и вес, при этом КПД составляет около 80% и выше.

Преобразователи постоянного напряжения без трансформатора - импульсные устройства, преобразующие постоянное входное напряжение U в постоянное выходное напряжение U . Отсоедините понижающие (U) преобразователи. Анализ показывает, что эти преобразователи ведут себя как трансформаторы постоянного тока, при этом очень хорошо обеспечивается равенство входных и выходных мощностей: $U_{\text{ВХ}} \cdot I_{\text{ВХ}} = U_{\text{ВЫХ}} \cdot I_{\text{ВЫХ}}$.

На практике за счет потерь в преобразователе входная мощность немного превышает выходную. Схема преобразователя последовательного типа (редукция) рисунок 3.33. При этом напряжение на дросселе $U_L = E - U_0$, равными, а I_L ток увеличивается линейно в соответствии с уравнением.

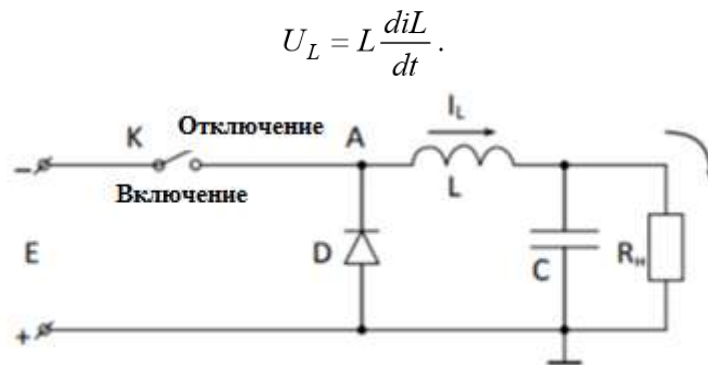


Рисунок 3.33. Схема понижающего преобразователя серийного типа

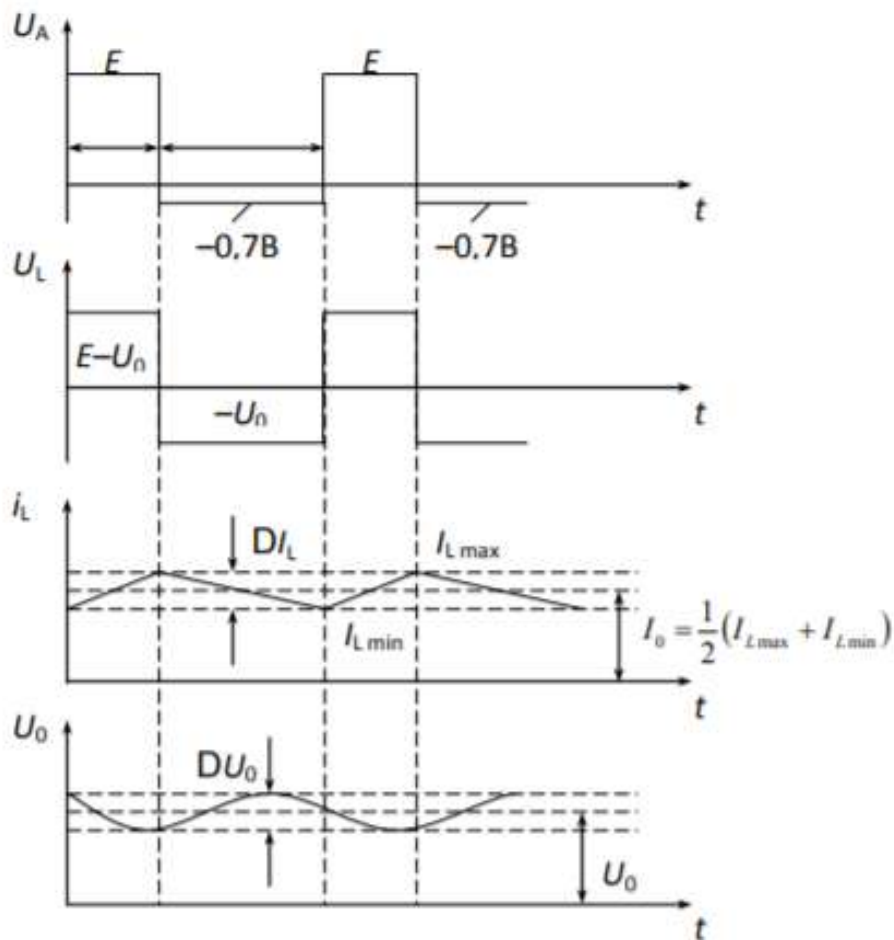


Рисунок 3.34. Хронограммы токов и напряжений понижающего преобразователя последовательного типа

При $t_{\text{вкл}}$ коммутатор ломается, но I_L ток остается непрерывным и замыкается диодом D, при этом напряжение в точке А равно 0,7 В, а напряжение в дросселе равна $U_L = -0,7 \text{ В} - U_0 \approx -U_0$. Ток I_L линейно уменьшается до момента следующего включения выключателя и т. хронограммы токов и напряжений рис.3.34. Получим основные соотношения для идеального преобразователя, т. рассмотрим процесс "заряда" дроссельной заслонки, игнорируя потери на коммутаторе, дросселе и диоде:

$$\Delta I_L = \frac{1}{L} (E - U_0) t_{\text{вкл}} \quad (3.24)$$

а рассмотреть процесс «разрядки»

$$\Delta I_L = \frac{1}{L} U_0 t_{\text{вкл}} \cdot \quad (3.25)$$

В результате уравнивания этих выражений получим:

$$U_0 = E \frac{t_{\text{вкл}}}{t_{\text{вкл}} + t_{\text{выкл}}} = DE. \quad (3.26)$$

Значение D может контролироваться от 0 до 1, а выходное напряжение изменяется от 0 до E . обычно это делается широтно-импульсной модуляцией (ЕИМ), при которой период T остается неизменным и ширина импульса, т. $t_{\text{вкл}} = DT$ поскольку, DI_L выражение можно преобразовать в вид:

$$\Delta I_L = \frac{U_0(1 - U_0/E)}{Lf} = \frac{U_0(1 - D)}{Lf} \quad (3.27)$$

где f -частота коммутации.

Изменения тока дроссельной заслонки полностью поглощаются фильтрующим конденсатором, детальное рассмотрение процесса фильтрации показывает, что остаточные импульсы напряжения равны

$$\Delta U_0 = \frac{\Delta I_L}{8fC}. \quad (3.28)$$

Наконец, входной ток преобразователя имеет форму, показанную на рисунке 3.34.

Постоянная составляющая входного тока

$$I_{\text{вх}} = \int_0^T i_{\text{вх}} dt. \quad (3.29)$$

Его $I_{\text{вх}} = DI_0$ легко проверить, что, т. е. входной ток преобразователя меньше выходного, а $EI_{\text{вх}} = U_0 I_0$, то есть преобразователь действует как трансформатор постоянного тока.

В реальном преобразователе, конечно, это равенство не выполняется, и левый всегда больше правого. Это на самом деле $U_0 < DE$ так как входное напряжение часто пропадает на коммутаторе, дросселе и диоде (рисунок 3.35).

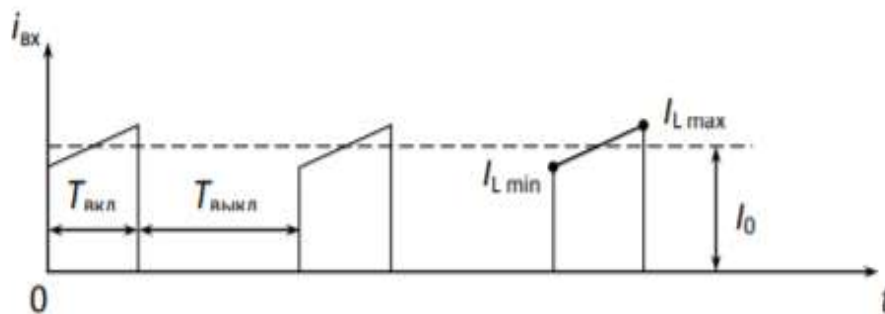


Рисунок 3.35. Форма выходного тока преобразователя

При создании преобразователя U_0 следует учитывать, что для получения заданного выходного напряжения необходимо увеличить коэффициент использования коммутатора до расчетного значения

$$D = \frac{U_0}{E} ! \quad (3.30)$$

Подведем итоги рассмотрения работы преобразователя, обобщим их в таблице 3.2. Полезен для анализа и синтеза таких устройств.

В реальном преобразователе, конечно, это равенство не выполняется, и левый всегда больше правого. Это на самом деле $U_0 < DE$ так как входное напряжение часто пропадает на коммутаторе, дросселе и диоде.

Для нормальной работы преобразователя I_L ток дросселя не должен изменять полярность. Отсюда $I_{0,\min} = \frac{1}{2} \Delta I_L$ получается условие минимального тока нагрузки.

Схема (подъем) преобразователя параллельного типа представлена на рисунке 3.36.

При включении $t_{\text{вкл}}$ выключатель закрывается, $U_A = 0$ и все входное напряжение прикладывается к дроссельной заслонке: $U_L = E$.

Ток дроссельной заслонки увеличивается, поэтому $\Delta I_L = \frac{E}{L} t_{\text{вкл}}$ включается. Дроссель «заряжается» от источника E , накапливая энергию в магнитном поле. $t_{\text{вкл}}$ при выключении выключатель ломается, а I_L ток дроссельной заслонки "течет" через дроссель D под нагрузкой.

I_L ток уменьшается до следующего момента подключения выключателя.

Анализ	Синтез
Дано: $E, L, C, f, D, R_{\text{н}}$. Надо найти: $U_0, I_0, DU_0, I_{\text{вх}}$. $U_0 = DE$; $I_0 = \frac{U_0}{R_{\text{н}}}$; $\Delta U_0 = \frac{\Delta I_L}{8fC}$, $\Delta I_L = \frac{U_0(1-D)}{fL}$; $I_{\text{вх}} = DI_0$	Дано: E, U_0, I_0, DU_0 , Надо найти: $D, f, L, C, I_{\text{вх}}$. $D = \frac{U_0}{E}$. Дальше выбирается: $\Delta I_L = (5...40)\% \text{ от } I_0$; $f = 5...50 \text{ кГц}$. $L = \frac{U_0(1-D)}{f\Delta I_L}$; $C = \frac{\Delta I_L}{8f\Delta U_0}$; $I_{\text{вх}} = DI_0$

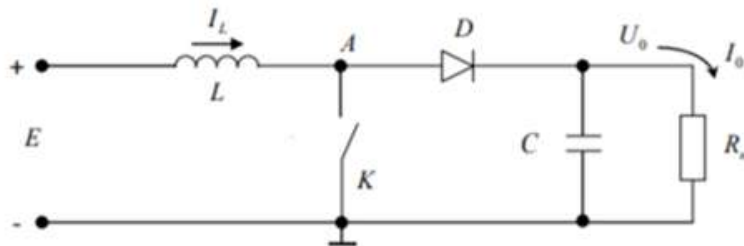


Рисунок 3.36. Схема преобразователя параллельного типа (подъем)

При этом:

$$\Delta I_L = \frac{1}{L}(U_0 - E)t_{\text{выкл}}. \quad (3.31)$$

ΔI_L для уравнивая положительные части двух выражений, получим:

$$Et_{\text{вкл}} = (U_0 - E)t_{\text{выкл}}, \quad \text{отсюда} \quad U_0 = \frac{E(t_{\text{вкл}} + t_{\text{выкл}})}{t_{\text{выкл}}} = \frac{ET}{t_{\text{выкл}}} = \frac{E}{1-D}.$$

Видно, что выходное напряжение преобразователя выше входного.

$t_{\text{выкл}} = \frac{ET}{U_0}$; из-за, ΔI_L выражение можно преобразовать в вид

$$\Delta I_L = \frac{E\left(1 - \frac{E}{U_0}\right)}{Lf} = \frac{ED}{Lf}. \quad (3.32)$$

Диод D играет важную роль: он блокирует выход цепи за все время замыкания переключателя. Действительно, при включении $t_{\text{вкл}}$ напряжение на аноде диода равно нулю, а катод U_0 в положительном потенциале. В это

время конденсатор фильтра с попадает под нагрузку. Поэтому, ΔU_0 остаточная пульсация выходного напряжения представляет собой I_0 с током $t_{\text{выкл}}$, то есть:

$$\Delta U_0 = \frac{I_0}{C} t_{\text{выкл}} = \frac{I_0}{C} DT = \frac{I_0 D}{Cf}. \quad (3.33)$$

Хронограммы токов и напряжений (рис. 3.37) i_L и i_D из хронограммы токов видно, что

$$I_0 = \frac{1}{T} \int i_D dt = I_{\text{вх}} = \frac{t_{\text{выкл}}}{T} = I_{\text{вх}} = \frac{E}{U_0}. \quad (3.34)$$

таким образом $I_0 U_0 = I_{\text{вх}} E$, то есть преобразователь действует как трансформатор постоянного тока.

Стабилизаторы напряжения на основе трансформаторов без трансформаторов постоянного напряжения. Общим способом создания таких стабилизаторов является преобразователь постоянного напряжения U_0 увеличение или уменьшение выходного напряжения относительно заданного опорного уровня $U_{\text{оп}}$ - проявляется в том, что коммутатор D , препятствующий отклонению, покрывается обратной связью, приводящей к изменению коэффициента использования.

U_0 и связь между D должна быть отрицательной как для понижающего, так и для усилительного преобразователя, T :

$$\Delta D = -\alpha \Delta U_0 \quad (3.35)$$

Технически эта идея, как правило, реализуется в соответствии с блок-схемой, представленной на рисунок 3.38. Установочный генератор посылает треугольное напряжение, которое находится в широтно-импульсном модуляторе (ЕИМ) $U_{\text{п}}$ - сравнивается с некоторым пороговым уровнем, а на выходе модулятора появляется прямоугольный сигнал. $D = \frac{\tau}{T}$ коэффициент зависит от предела u_p . Воздействуя на порог u_p усилителя сигнала ошибки, они замыкают обратную связь напряжением, тем самым U_0 стабилизирует.

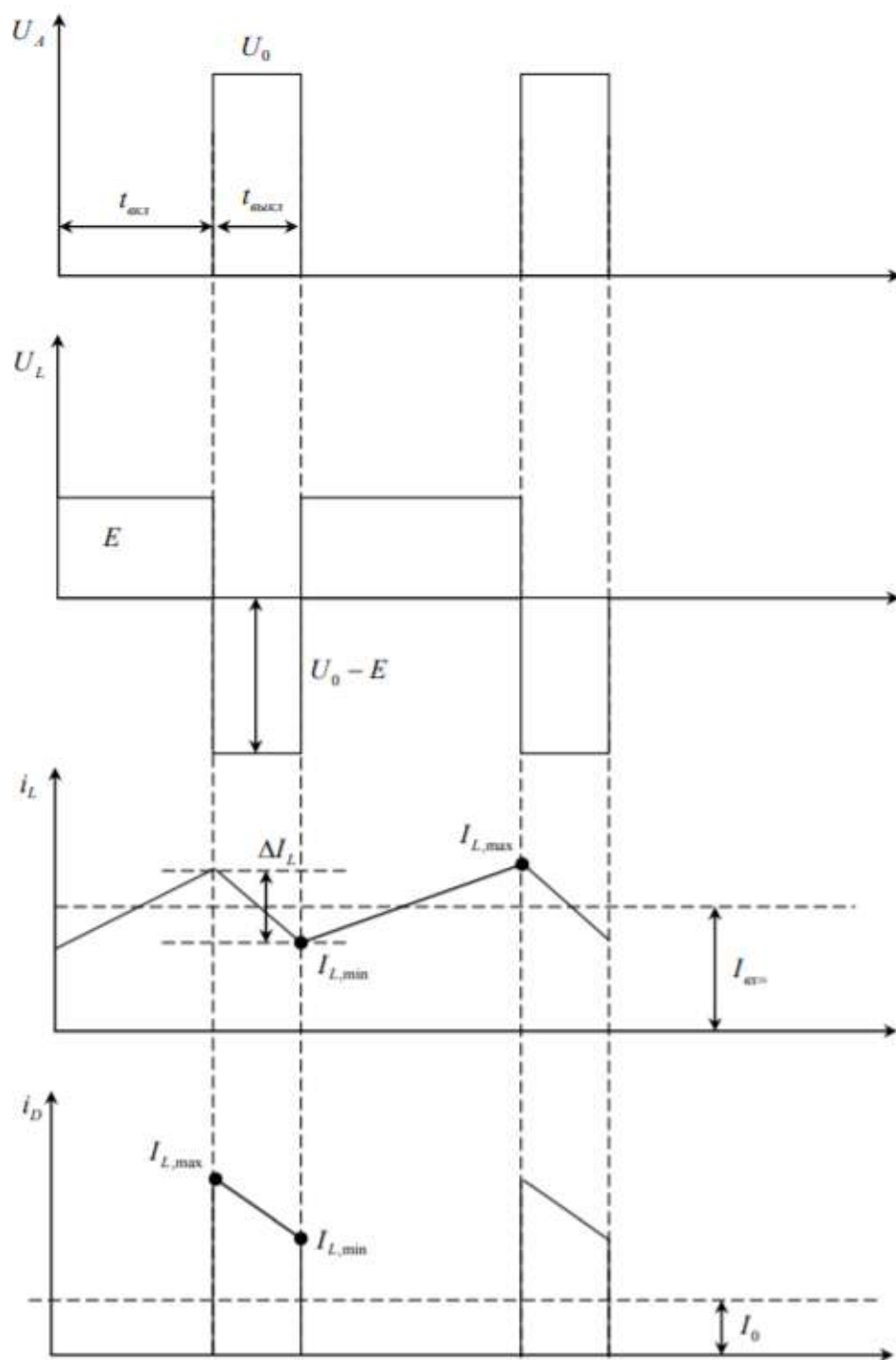


Рисунок 3.37. Хронограммы токов и напряжений преобразователя параллельного типа

Для снижения импульсных стабилизаторов проблему стабилизации выходного напряжения можно решить по-разному.

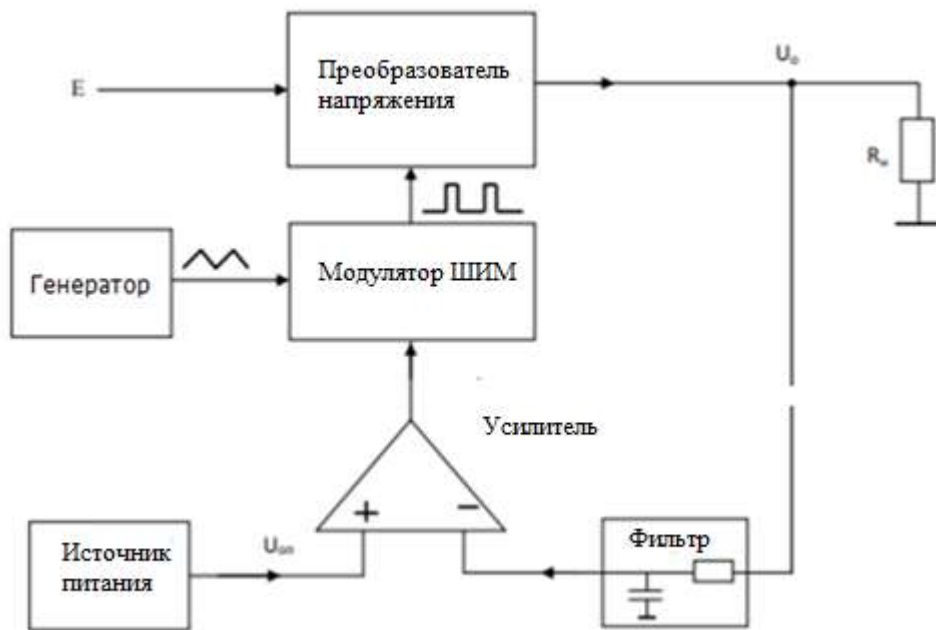


Рисунок 3.38. Диаграмма структурного стабилизатора напряжения

Суть его заключается в релейном управлении работой коммутатора: U_0 выходное напряжение $U_{\text{верх}}$ при увеличении коммутации до некоторого верхнего предела выключатель выключается (тем самым прекращая поток энергии от источника E) и U_0 начинает снижаться; U_0 при достижении нижнего предела коммутации $U_{\text{нижн}}$, выключается выключатель и U_0 начинает расти и т.д.

В результате на определенной частоте в зависимости от параметров схемы $U_{\text{нижн}}$ и $U_{\text{верх}}$ между ними совершают самопроизвольные колебания.

Стабилизаторы этого типа называются реле. Рассмотрим подробнее, например, работу такого стабилизатора.

Пример.

Необходимо рассчитать стабилизатор (рисунок 3.39). В данной схеме интегральный компаратор LM311 (выход открытого коллектора) используется в качестве релейного блока управления переключателем Т.

Напряжение на выходе компаратора (+) $U_{\text{оп}}$ превышает, Выходной транзистор микросхемы LM311 заблокирован, поэтому основной ток транзистора Т равен нулю, а $U_{\text{вых}}$ компаратор равен E .

Т транзистор закрыт, U_0 очевидно, что выходное напряжение стабилизатора начинает снижаться.

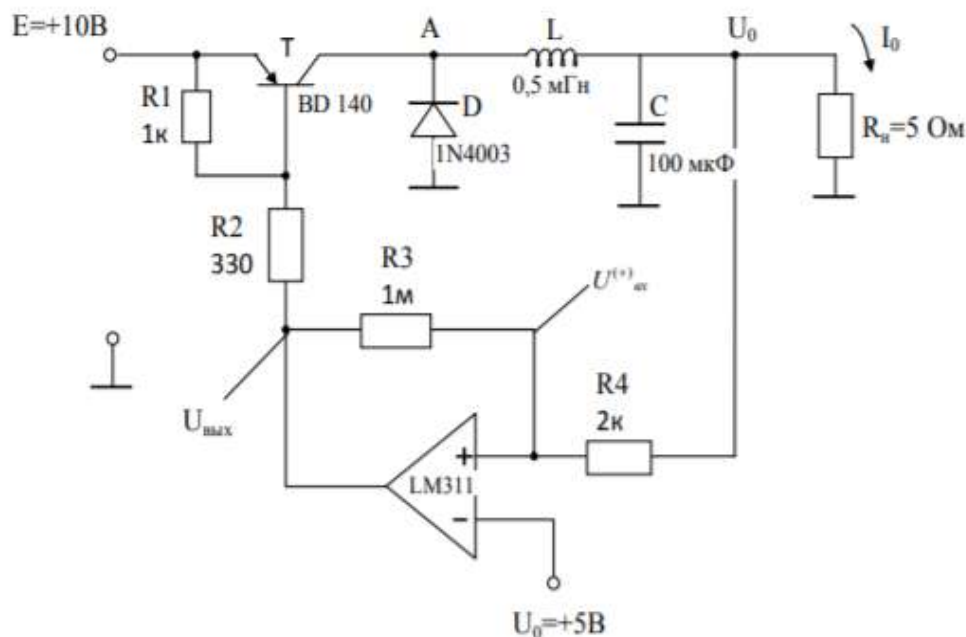


Рисунок 3.39. Схема электрического принципиального стабилизатора

$U_{\text{ВХ}}^{(+)}$, $U_{\text{оп}}$ компаратора - при меньшем токе выходной транзистор микросхемы LM311 находится на насыщении (короткое замыкание на землю), $U_{\text{ВЫХ}}$ компаратора равен нулю и через базу транзистора t протекает ток $I_{\text{Б}} = \frac{E - 0,7 \text{ В}}{R2} = 28 \text{ мА}$.

Это $I_{\text{Б}}$ значение T достаточно для перехода транзистора в состояние насыщения, а U_0 выходное напряжение стабилизатора начинает увеличиваться.

Верхний и нижний пределы переключения коммутатора определяются работой компаратора LM311, который оснащен положительной обратной связью (резисторы $R3$, $R4$) и, следовательно, гистерезисом.

Найдите эти пороги: $U_{\text{ВЫХ}}$ в случае, когда компаратор равен нулю $U_{\text{верх}}$ соответствует, что приводит к уравнению:

$$U_{\text{верх}} \frac{R3}{R3 + R4} = U_{\text{оп}},$$

от него
$$U_{\text{верх}} = U_{\text{оп}} + U_{\text{оп}} \frac{R4}{R3} = 5 \text{ В} + 5 \text{ В} \frac{2\text{К}}{1\text{М}} = 5,01 \text{ В}.$$

$U_{\text{нижн}}$ компаратора $U_{\text{вых}}$ соответствует ситуации, когда E , что приводит

к уравнению:

$$U_{\text{ниж}} + \frac{E - U_{\text{ниж}}}{R3 + R4} R4 = U_{\text{оп}},$$

Потом

$$U_{\text{ниж}} \frac{K3}{R3 + R4} = U_{\text{оп}} - E \frac{R4}{R3 + R4},$$

или

$$U_{\text{ниж}} \approx U_{\text{оп}} - E \frac{R4}{R3} = 5 \text{ В} - 10 \text{ В} \frac{2K}{1M} = 4,98 \text{ В}$$

Таким образом, выходное напряжение U_0 на схеме на рисунке 62 будет 4,98 В и 5,01 В, т. е. $U_0 = 5 \text{ В}$.

Следовательно, на схеме устанавливается режим работы:

$$D = \frac{U_0}{E} = \frac{5 \text{ В}}{10 \text{ В}} = 0,5.$$

И ΔU_0 , будет равен $5,01 \text{ В} - 4,98 \text{ В} = 0,03 \text{ В} = 30 \text{ мВ}$.

Как видно из таблицы 1,

$$\Delta U_0 = \frac{U_0(1-D)}{8LCf^2}, \quad \Delta I_L = \frac{U_0(1-D)}{fL}.$$

и

$$\Delta U_0 = \frac{U_0(1-D)}{8LCf^2},$$

Итак и можно определить частоту автоотключений в стабилизаторе:

$$f = \sqrt{\frac{U_0(1-D)}{\Delta U_0 8LC}} = \sqrt{\frac{5 \text{ В}(1-0,5)}{0,03 \text{ В} \cdot 8 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \cdot 10^{-4} \text{ Ф}}} \approx 14 \text{ КГц}.$$

Определяем:

$$\Delta I_L = \frac{U_0(1-D)}{fL} = \frac{5 \text{ В}(1-0,5)}{14 \cdot 10^3 \text{ Гц} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}} = 0,36 \text{ А};$$

$$I_0 = \frac{U_0}{R_{\text{н}}} = \frac{5 \text{ В}}{5 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}.$$

Итак $I_{BX} = DI_0 = 0,5 \cdot 1 \text{ A} = 0,5 \text{ A}$.

Хронограммы тока и напряжения (рисунок 3.40).

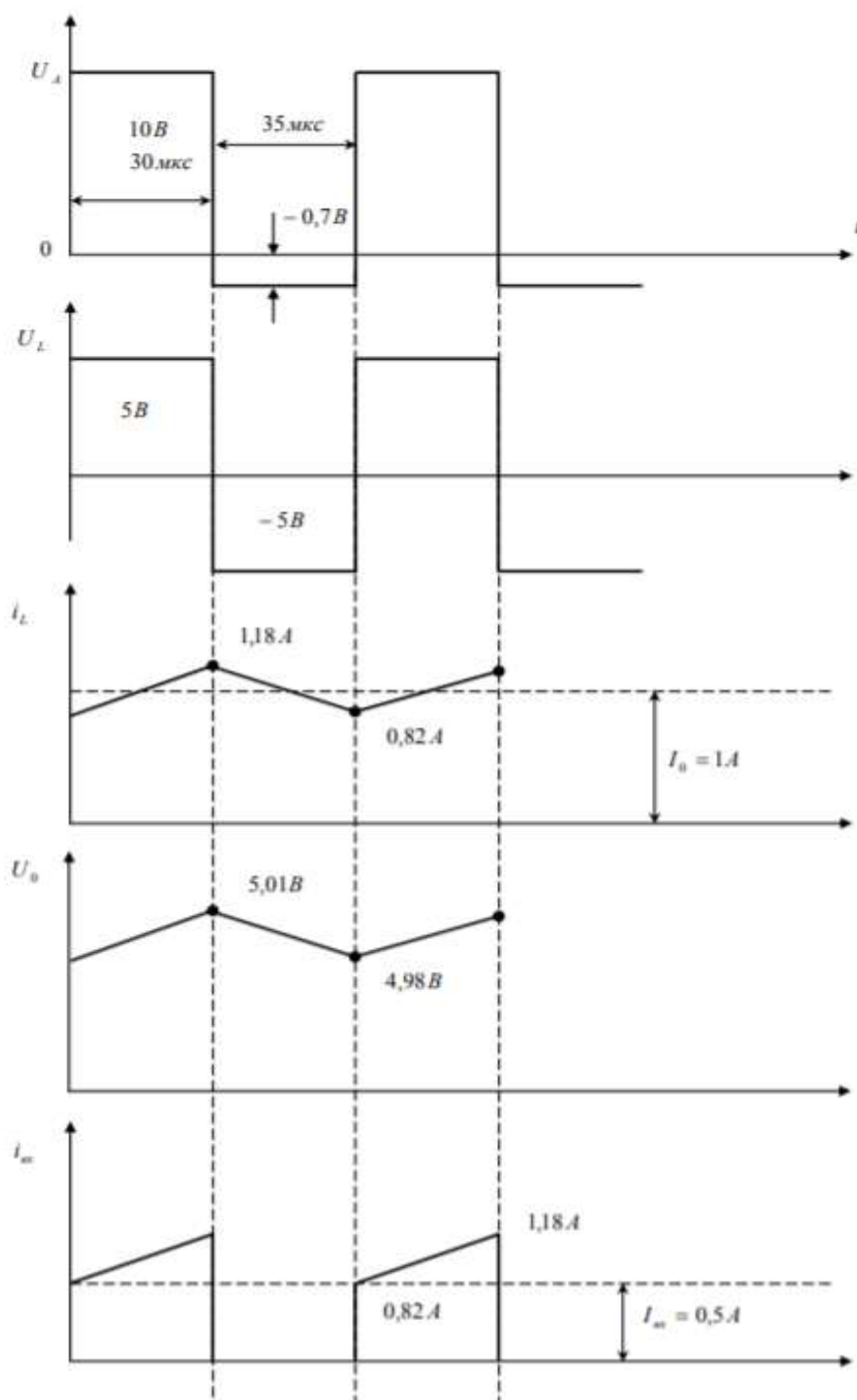


Рисунок 3.40. Токи стабилизатора и хронограммы напряжений

Минимальный ток нагрузки стабилизатора очевиден

$$I_{0,\min} = \frac{1}{2} \Delta U_L = \frac{1}{2} \cdot 0,36 \text{ A} = 0,18 \text{ A}.$$

Итак, расчет схемы приводит к следующим параметрам стабилизатора:

$$U_0 = 5 \text{ В}, I_0 = 1 \text{ А}, \Delta U_2 = 30 \text{ мВ}, f = 14 \text{ кГц}, \\ D = 0,5, I_{\text{вх}} = 0,5 \text{ А}, \Delta I_L = 0,36 \text{ А}.$$

В рассмотренном примере потери на транзисторе Т, диоде D, дросселе L не учтены, на реальной схеме автоматически устанавливается режим, при котором коэффициент использования коммутатора D несколько превышает значение, полученное при расчете значения $D = 0,5$, таким образом, выходное напряжение 4,98...Остается в пределах 5,01 В.

Импульсные стабилизаторы напряжения с выходным трансформатором строятся в соответствии с блок-схемой (рисунок 3.41). В этой схеме

устройство управления U_0 выходное напряжение $U_{\text{оп}}$ сравнивается с опорным напряжением и влияет на ширину импульсов 300 вольт высокочастотного импульсного генератора, нагрузка которого представляет собой высокочастотный понижающий трансформатор. Изменение ширины импульсов генератора равно изменению текущего значения напряжения на первичной обмотке трансформатора.

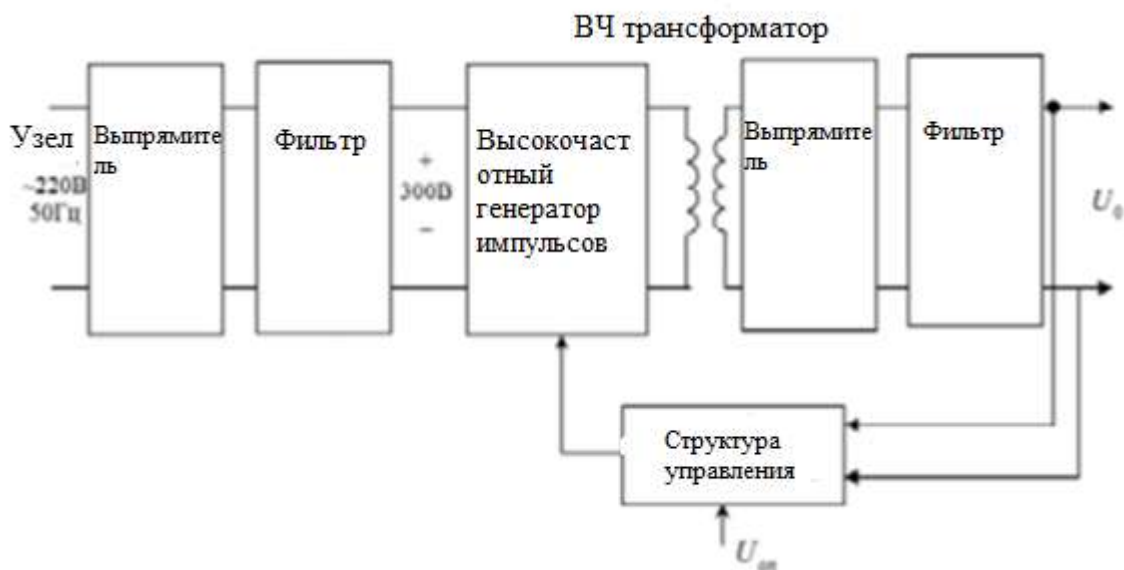


Рисунок 3.41. Структурная схема импульсного стабилизатора

Отказ от входного трансформатора 50 Гц и переход на управление импульсом в первичной цепи ВЧ трансформатора, во-первых, позволяет повысить эффективность стабилизатора за счет основного режима работы его силовых элементов, а во-вторых, уменьшить его габариты и вес. Уменьшая размер трансформатора, он требует меньшего количества витков на высоких частотах и меньшего сечения магнитопровода.

Одна из возможных схем такого стабилизатора (рисунок 3.42). Устройство управления, работающее на высоких частотах (несколько десятков кГц), поочередно включает транзисторы T_1 и T_2 , нормализующие импульсы напряжения 150 вольт в первичной обмотке трансформатора. стабилизация выходного напряжения осуществляется регулированием ширины импульсов, что равно регулировке действующего значения напряжения на первичной обмотке трансформатора.

Особенностью данной схемы является то, что обмотки трансформатора не имеют компонента постоянного тока, тем самым предотвращая возможность его насыщения.

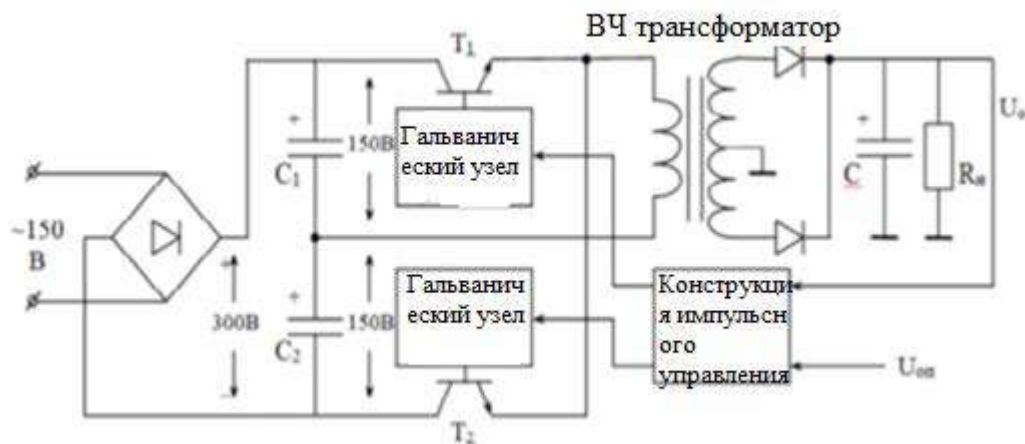


Рисунок 3.42. Функциональная диаграмма импульсного стабилизатора

Контрольные вопросы:

1. Опишите структурную схему системы электропитания
2. Схема подключения трансформатора
3. Объясните работу трансформатора с нагрузкой
4. Что такое выпрямители?
5. Опишите назначение индуктивного стабилизатора
6. Характеризуйте работу линейного стабилизатора напряжения
7. Опишите область применения импульсного стабилизатора напряжения.

3.2 Высокоэффективные источники питания

Неотъемлемой частью задач экономии электроэнергии является использование современных высокоэффективных и экономичных источников питания на электронном контрольном, измерительном и технологическом оборудовании.

Наиболее важной характеристикой энергосберегающих источников энергии является высокий коэффициент полезного действия. Для снижения затрат на коммутацию в импульсных источниках питания используются квазирезонансные преобразователи.

Благодаря технологиям мягкой коммутации и синхронной коррекции все модели серии имеют высокий коэффициент полезного действия и большую удельную мощность: $0,597 \text{ Вт} / \text{см}^3$ ($9,78 \text{ Вт/дюйм}^3$). Источники питания с естественной конвекцией на нагрузку 150 Вт и 582 дм³ / мин. дает мощность 200 Вт со скоростью обдува.

Источник питания PPS-200

Блоки питания PPS-200 имеют универсальный вход (на постоянном и переменном токе) и встроенный активный координатор коэффициента мощности. Они оснащены комплексом защиты от короткого замыкания, перегрузки и перенапряжения. Источники питания имеют дистанционную обратную связь, которая компенсирует падение напряжения на длинных проводниках между исходными клеммами и нагрузкой.

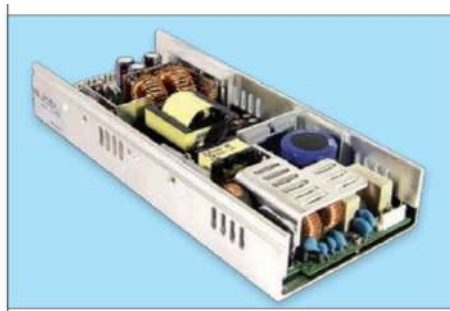


Источник питания PPS-200

На современном этапе выходят модели напряжением 5, 12, 15, 24, 27 или 48 В. Источники питания PPS-200 соответствуют международным стандартам электробезопасности и электромагнитной совместимости. Этот компактный источник питания имеет универсальное применение и питает электроэнергией контрольно-измерительные приборы, оборудование промышленной автоматики, телекоммуникации.

Источник питания USP-350

USP-350 U-образный блок питания в низкопрофильном пакете. Модули серии USP-350 предназначены для приборов и устройств в корпусе 1U, установлены на опорах в таких приложениях, как промышленная автоматика, Телекоммуникации, сети и приборы. Встроенный коэффициент мощности, технологии мягкой коммутации (ZVS, ZCS) и синхронная коррекция позволили добиться высокой эффективности и получить нагрузку не менее 300 Вт при естественной конвекции и 350 Вт при скорости обдува 0,658 м³ / мин. Удельная мощность преобразователей составляет $0,38 \text{ Вт} / \text{см}^3$ ($6,3 \text{ Вт/дюйм}^3$).



Источник питания USP-350

Переменно-постоянные преобразователи серии AS-120p / ASP-150

Это один блок питания в двух конструкциях: AS-120p - выходная мощность 120 Вт в пластмассовом корпусе, ASP-150-выходная мощность 150 Вт источник питания открытого типа. Благодаря технологиям переключения нулевого тока и нулевого напряжения (технологии ZCS и ZVS) КПД этих преобразователей достигает 90%. Кроме того, они потребляют меньше электроэнергии при работе без нагрузки (0,75 Вт и менее 1 Вт соответственно). Эти источники питания включают активный коэффициент мощности и комплект защиты: от короткого замыкания, перегрузки, перегрева и перегрева. As-120p и ASP-150 имеют универсальный вход: 90-264 VAC или 127-370 VDC.



Блок питания AS-120p / ASP-150

Важным условием энергосбережения является низкое внутреннее энергопотребление источника питания, особенно это актуально в режиме холостого хода.

Блоки питания и портативные устройства для одноплатных приложений

Двойная изоляция серии PM позволяет отнести эти источники питания к категории оборудования класса II и расширяет их ассортимент. Кроме того, модули NFM и PM имеют повышенное электрическое сопротивление входу-изоляции.

PFC серии RSP-1500 и параллельно работающие блоки питания

Источники питания серии RSP-1500 предлагают технологию мягкой коммутации и имеют плотность мощности 0,5 Вт / см³ (8,3 Вт / дюйм). Блок

питания дает полную мощность 1500 Вт даже при снижении напряжения переменного тока до 100В, что актуально в нестабильных электрических сетях.

Модели с выходными напряжениями 5, 12, 15, 24, 27, 48 В. выходное напряжение модулей RSP-1500, может регулироваться внешними резисторами от 75 до 100% от номинального значения. Среди полезные характеристики источников питания RSP-1500 включает / выключает пульт дистанционного управления, дополнительный выход 12В/0.1 А (может использоваться для питания цепи).

Этот источник питания включает в себя такие функции, как дистанционное включение / выключение), включение сигнализации, защита от короткого замыкания, перегрузка, напряжение, перегрев, защита от ограниченной нагрузки.

Выходной ток обеспечивает гибкость и надежность, необходимые при передаче емкостных или индуктивных нагрузок. Широкий диапазон температур от -20 до 70 ° С и высокие технические характеристики позволяют использовать

Источники питания RSP-1500 используются в различных применениях: Промышленная автоматика, световая реклама, телекоммуникационные системы для электроснабжения производства, лазеры и др.



Блок питания RSP-1500

Мы описали основные характеристики и основные параметры высокоэффективных и экономичных модульных источников питания в широком диапазоне от 5 Вт до 1500 Вт. Они подходят для различных приложений.

Контрольные вопросы:

1. Опишите основные характеристики и основные параметры высокоэффективных и экономичных модульных источников питания в широком диапазоне от 5 Вт до 1500 Вт
2. Дайте характеристику источника питания PPS-200
3. Какие источники питания применяются в современных устройствах:

ГЛАВА 4. РЕМОНТ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

4.1. Основы измерительной техники

Измерение представляет собой сложный процесс, в котором взаимосвязанное целое образует ряд его структурных элементов:

Объект измерения-это реальный физический объект, свойство которого характеризуется одной или несколькими измеряемыми физическими величинами.

Субъект измерения-лицо, осуществляющее измерение.

Математическая модель объекта измерения представляет собой совокупность математических символов (образов) и отношений между ними, адекватно характеризующих интересующие объекты объекта измерения.

Измеряемая величина-это физическая величина, которая должна быть определена в соответствии с целью измерения.

Принцип измерений-совокупность физических принципов, на которых основаны измерения.

Способ измерения-это способ или набор способов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализуемыми принципами.

Одномерными и многомерными свойствами явлений окружающей среды и объектов являются предметы познания (рисунок 4.1). Точными количественными исследованиями занимаются естественные науки. Опыты перед собой могут быть выполнены с применением либо без применения технического средства.



Рисунок 4.1. Получение и использование цифровой информации.

Измерения и основные операции

Измеряемые физические величины можно разделить на 2 группы:

- непосредственно измеряемые, которые могут воспроизводиться заданным количеством и сравниваться с аналогичными (длина, масса);
- преобразуемые с помощью операций размерного преобразования непосредственно в измеряемые величины (плотность, мощность) с заданной точностью.

Значение прямого измерения-это нахождение искомого значения величины из прямых экспериментальных данных, т. е. по показаниям средств измерений.

Размерное преобразование-это операция, при которой определяется соответствие между размерами неоднородных преобразований и физическими приближительными преобразованиями. Описывается уравнением $Q=F(x)$. Эта функция получается на основе физических закономерностей.

В общем случае на данный момент возможны следующие операции:

- изменение физического рода преобразуемой величины;
- масштабнo-линейное преобразование;
- масштабнo-временное преобразование;
- нелинейное или функциональное преобразование;
- модуляция сигнала;
- квантование и дискретизация сигнала.

Простое измерение состоит в сопоставлении величины физической величины с величиной выходной величины, упорядоченной по многозначному измерению. Из этого следует, что совокупность способов использования физических явлений и процессов для определения соотношения однородных величин называется методом сравнения.

Но не все величины можно сравнить, в соответствии с этим физические величины делятся на 3 группы:

- физические величины, сравнимые без предварительного преобразования (электрические, магнитные);
- физические величины, удобные для коммутации (световые потоки, потоки жидкости и газа, ионизирующие потоки);
- физические величины (влажность, цвет, запах), характеризующие состояние объектов или их свойства, которые невозможно непосредственно сравнить, т. е. получить.

Виды и методы измерений. Значения ФШ (результаты измерений) могут быть получены различными способами. В практике электрических измерений используются различные виды и методы измерений. Существуют следующие виды измерений: прямые, косвенные, суммарные и совместные измерения. Наиболее распространенными из них являются прямые и косвенные измерения.

Прямые измерения-это измерения, которые находят искомое значение измеряемого числа непосредственно из экспериментальных данных. Пример

прямого измерения-измерение фактического значения напряженности электрической цепи с помощью цифрового мультиметра (рисунок 4.2,а).

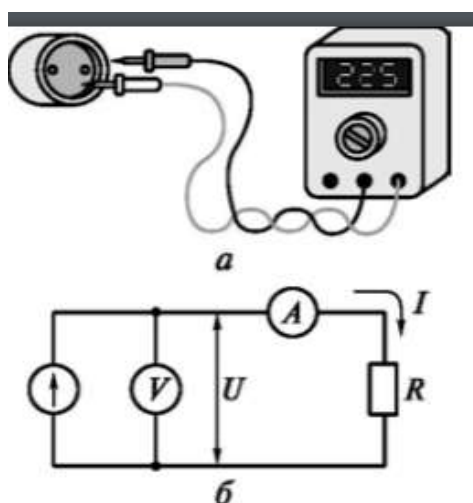


Рисунок 4.2. Виды измерений: а-прямые; б-косвенные

Косвенное измерение-измерение искомого значения величины, основанное на известной функциональной зависимости между этой величиной и искомой величиной, оцениваемой прямым измерением. Пример косвенного измерения-измерение мощности P при активной R_c нагрузке с помощью амперметра A и вольтметра V (рисунок 4.2, б): $P = UI$, где U - напряжение, измеренное вольтметром при R нагрузке; I – ток при нагрузке, измеренный амперметром.

Совокупность способов использования средств и принципов измерений называют методом измерений. Различают метод прямой оценки и метод сравнения с критерием.

В методе прямой оценки значение измеряемой величины определяется вычислительным механизмом измерительного прибора непосредственно. Например, измерение температуры цифровым термометром.

Метод сравнения с мерой основан на сравнении измеряемой величины с мерой. Мера сравнения может быть сделана по-разному. Это может быть сравнение величины с величиной одновременно и в разное время (см. рис.4.3). В свою очередь, метод одновременного сравнения подразделяется на дифференциальный и нулевой.

В дифференциальном методе измеритель (например, вольтметр V) оценивает разность между величиной ЭДС E_x и известной величиной E_0 , воспроизводимой измерением. Измеряемый в нулевом методе

Разность между E_x и известной величиной E_0 при помощи изменения известной величины E_0 доводится до нуля. Факт достижения равенства $E_x = E_0$ определяется показателем нулевого показателя (НП).

Примером реализации нулевого метода является измерение сопротивления, которое уравнивается мостом постоянного тока.

В методе одновременного сравнения сравнение измеряемой величины E_x и известной величины E_0 производится в порядке последовательного измерения. Если показатель измерителя (например, вольтметра) при измерении величины E_x равен V_1 , то введем известную E_0 и доведем ее значение до выравнивания результатов второго и первого измерений ($V_2=V_1$) и получим $E_x = E_0$.

Единство измерений. Под единичностью измерений понимается состояние, при котором результаты измерений выражаются в узаконенных единицах, а погрешности результатов измерений известны или известны с заданной вероятностью.

Единство измерений позволяет сравнивать результаты измерений, выполненных в разных местах, в разное время, разными специалистами с помощью различных средств измерений. Единство измерений обеспечивается использованием общепринятой системы единиц физических величин, стандартизацией, метрологическим обеспечением, эталонами измерений и типовыми средствами, соответствующими нормативно-технической документации.

Единицы физических величин. Единица физической величины-физическая величина, при которой по определению дано равное числовое значение.

В нашей стране, как и во многих других странах, используется международная система единиц (System International— SI). Система основана на выборе нескольких основных единиц физических величин, достаточных и независимых от образования других (производных) единиц физических величин.

Для определения различий в количественном составе физического приближенно отображаемого свойства для каждого объекта вводятся понятия его величины и значения. Значение физической величины-оценка ее величины в виде какого-либо количества принятых для нее единиц (измерением или расчетом).

Единицей физической величины является физическая величина заданной величины, которой условно присваивается равное, числовое значение, используемое для количественного выражения однородных физических величин.

Основной характеристикой физической величины является ее размерность «dim Q» - выражение в виде многочлена степени, отражающее связь данной величины с основными физическими величинами; коэффициент пропорциональности в ней принят равным. Совокупность физических величин, образованных независимыми величинами и их функциями, называется системой физических величин.

Так называемые основные, несколько физических величин произвольно; определяются остальными производными, которые определяются на основе уравнений связи между ними.

Согласно ГОСТ 8.417—81 ГСИ «Единицы физических величин» ГСИ все единицы физических величин делятся на основные (их семь),

дополнительные (их два) и производные (около 200 и их число растет). В таблице 4.1 представлены основные и дополнительные единицы физических величин. В таблице 4.2. указаны множители и их дополнительные обозначения.

Таблица 4.1 Основные и дополнительные единицы физических величин

Физическая величина	Наименование единицы	Обозначение	
		Русский	Международный
<u>Основные</u>			
Длина	метр	м	m
Масса	килограмм	кг	kg
Время	секунд	с	s
Сила электрического тока	ампер	А	A
Термодинамическая температура	кельвин	К	K
Количество вещества	моль	моль	mol
Сила света	кандела	кд	cd
<u>Приложения</u>			
Плоский угол	радиан	рад	rad
Угол тела	стерадиан	ср	sr



Рисунок 4.3. Классификация величин

Таблица 4.2. Множители и их дополнительные обозначения

Множитель	Русский		Международный		Примеры
	Название приложения	Обозначение приложения	Название приложения	Обозначение приложения	
10^{18}	экса	Э	exa	E	—
10^{15}	пета	П	peta	P	—
10^{12}	тера	Т	tera	T	2,5 ТОм
10^9	гига	Г	giga	G	1,2 ГГц
10^6	мега	М	mega	M	1,44 Мбайт
10^3	кило	к	kilo	k	0,4 кВ
10^2	гекто	г	hekto	h	1,5 га
10^1	дека	да	deka	da	10 дал
10^{-1}	деци	д	deci	d	60 дБ
10^{-2}	санتي	с	canti	c	185 см
10^{-3}	милли	м	milli	m	20 мОм
10^{-6}	микро	мк	micro	mk (p)	450 мкА
10^{-9}	нано	н	nano	n	100 нВ
10^{-12}	пико	п	pico	p	50 пФ
10^{-15}	фемто	ф	femto	f	250 фА
10^{-18}	атто	а	atto	a	—

Заметим, что фактическая величина базовой единицы физической величины не имеет значения. Например, в качестве основной единицы длины могут быть взяты не метровые футы или аршин. Главное, чтобы единица физической величины была основной в создании общепринятых, узаконенных и производных единиц.

Производные единицы физических величин образуются путем различных функциональных преобразований из основных, дополнительных и других производных. Например, производная единица это производная единица образована отношением вольта к основной единице ампера.

Создание некоторых производных единиц физических величин показано на рисунке 4.3.

Относительные и логарифмические единицы. Для оценки соотношения или относительного изменения физических величин удобно использовать дополнительные: относительные и логарифмические единицы.

Кратные и единичные единицы. Поскольку диапазоны значений измеряемых величин сегодня очень велики, работать только с начальными системными (основными, дополнительными и производными) единицами физических величин невозможно.

Для удобства работы и записи результатов используются дополнительные единицы физических величин-единицы, называемые кратными (большие единицы) и единичными (малые единицы), созданные путем введения в исходные системные единицы приложений (коэффициентов) (рисунок 4.3).

На рисунке 4.4 на графике показаны некоторые относительные и логарифмические единицы. Линия А на рисунке 4.4 показывает функцию зависимости функции (например, коэффициента усиления K_u) от аргумента, соответствующего склонению функции к 40 дБ/декаде, линия Б - наклону к 20 дБ/декаде (например, частота f).

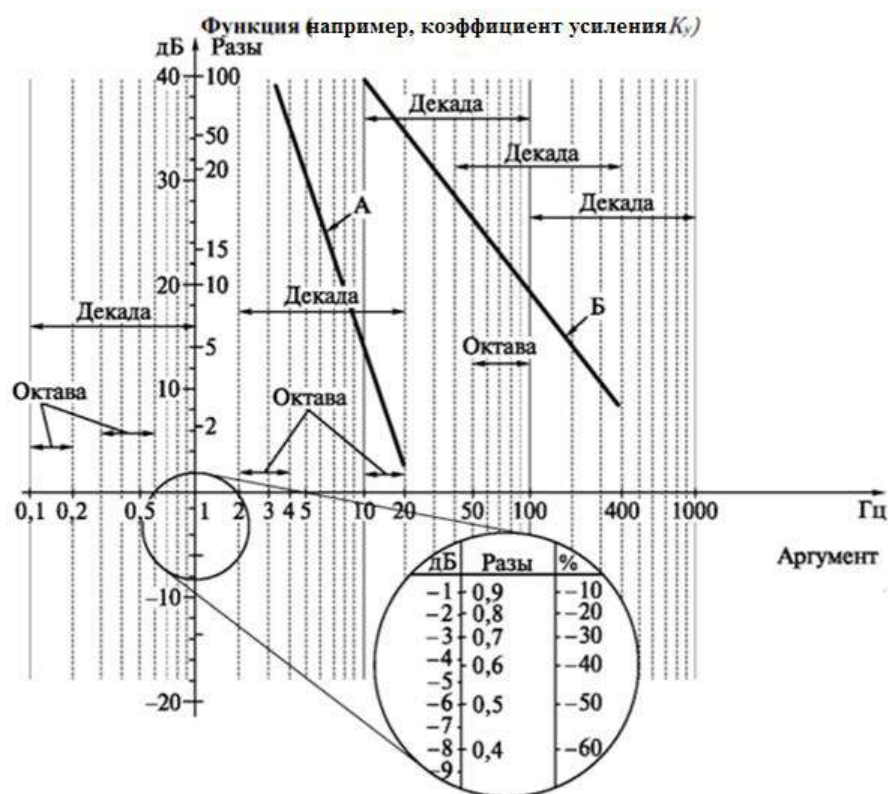


Рисунок 4.4. График относительных и логарифмических единиц

Стандартизация. Любопытно показать, что всего несколько десятилетий назад в мире не существовало единообразия единиц физических

величин. В разных странах, в разных отраслях науки, техники, промышленного производства, в сельском хозяйстве, в торговле для оценки одних и тех же величин использовалось множество различных единиц.

Национальное (территориальное), отраслевое и межотраслевое разнообразие таких единиц затрудняло сравнение и применение результатов научных исследований, технических измерений и расчетов, выполненных разными специалистами и/или в разных направлениях и/или в разных странах; создавало чрезвычайные трудности и тормозило развитие мирового сообщества. В середине XX в. Международный комитет по измерению и весу подготовил и принял новую систему единиц. Она получила название международной системы единиц - System International (SI). 1963 г.

Сегодня измерительные приборы разрабатываются и серийно выпускаются тысячами различных зарубежных организаций и фирм, профессионально используются миллионами специалистов, практически всем взрослым населением Земли в своей повседневной деятельности.

В настоящее время затраты на измерительную технику, обслуживание и метрологическое обеспечение в промышленном производстве основных фондов 25...30% достигает. При этом чем выше культура производства на предприятии, тем выше доля таких затрат. В таких случаях крайне важно обеспечить единство измерений. Законодательная основа стандартизации. Государственной системой стандартов (ГОСТ). В настоящее время в стране существуют десятки тысяч государственных стандартов. Они отражают важнейшие характеристики и свойства различных изделий, особенности методик измерений, характеристики СИ и др.

Основные цели и задачи стандартизации:

- определение единой системы требований и показателей качества продукции; характеристик сырья и ресурсов; методов и средств контроля и испытаний;
- обеспечение единства и необходимой надежности измерений в стране и мире, создание и совершенствование эталонов единиц ФШ, методов и средств измерений с высокой точностью;
- развитие уникальности промышленной продукции, повышение уровня взаимобмена, повышение эффективности эксплуатации и ремонта, обеспечение необходимого уровня надежности;
- утверждение эффективного разнообразия видов, марок, типоразмеров оборудования;
- утверждение единой системы документации, единой терминологии, обозначений, методов расчета. Основной составляющей стандартизации является метрологическое обеспечение.

Под метрологическим обеспечением понимается наличие и грамотное использование эталонов, измерений, аттестованных типовых ПУ, узаконенных методов поверки, необходимой нормативно-технической

документации (стандартов, методических указаний, инструкций), квалифицированных специалистов-метрологов.

Стандарт-это перечень норм, правил и требований, требуемых объектом (стандартизацией) и утвержденных уполномоченным органом. Метрологическая аттестация-исследование СИ, которое составляется метрологическим органом для определения метрологических характеристик СИ и разработки соответствующего документа (сертификата) с указанием полученных результатов.

Проверка ПУ-это обнаружение метрологическим органом (службой) ошибок ПУ, установление соответствия значений погрешностей классу точности ПУ и определение его пригодности к применению.

Проверку проводят, как правило, путем сопоставления результатов преобразования испытываемых СИ с результатами преобразования типовых (более высокоточных) СИ. В случае проверки самостоятельного, но широко распространенного измерительного прибора показания проверяемого прибора сравнивают с показаниями более высокоточного прибора. Погрешность образцового СИ должна быть не менее чем в три раза меньше погрешности испытываемого СИ при одинаковых условиях эксперимента.

Мера поверки ПУ не является альтернативой калибровочной. Калибровка-способ уменьшения систематических погрешностей ПУ, т. е. корректировка (корректировка) его преобразовательных характеристик. В индивидуальном случае при калибровке на вход СИ поочередно подают нулевое значение типовую измеряемую величину (например, сокращая вход СИ) и затем типовую измеряемую величину, имеющую значение, равное верхнему пределу диапазона измерений (специальный размер, иногда установленный в СИ), фиксируя результаты преобразований типовых величин (показания прибора), в процессе проведения дальнейших измерений результаты преобразований можно корректировать. Такое мероприятие позволяет уменьшить как погрешность суммирования, так и погрешность мультипликативности.

Эталоны. Эталон - это официально утвержденная и утвержденная ПБ, обеспечивающая хранение и или модернизацию единицы физической величины с целью передачи ее размера другим ПБ (типовым или рабочим). Конкретный эталон может быть в виде комплекса, состоящего из нескольких различных ПУ. На рисунке 4.5 приведена схема передачи размера единицы физической величины.

Верхнее звено в этой метрологической цепи является международным эталоном. Эти эталоны хранятся в Международном бюро измерений и весов (Франция). Государственные эталоны-это эталоны, которые обеспечивают самую высокую точность в этой стране. Хранение эталонов-сложная научно-техническая задача, поэтому они хранятся в метрологических институтах.

Эталоны, воспроизводящие одну и ту же единицу ФШ, в зависимости от точности модернизации единиц подразделяются на первичные (обеспечивающие наибольшую точность в той же стране) и вторичные (образованные сравнением первых и тех, которые служат для организации

проверочных работ). Первый эталон служит для модернизации единицы с самой высокой точностью в этой стране.

Специальный эталон используется для воспроизведения единиц в исключительных случаях, когда первичный эталон не может быть использован. Первые и первые эталоны утверждаются в качестве государственных и являются первичными для каждой страны. Вторичные эталоны необходимы для обеспечения проверочных работ и сохранности первичных эталонов и подразделяются на эталоны-свидетели, эталоны-копии, эталоны сравнения и рабочие эталоны. Эталон-свидетели предназначены для проверки государственного эталона и замены его при его нарушении. Эталон-копии и эталоны сравнения используются для взаимного сравнения. Рабочие эталоны необходимы для передачи количества единиц в высокоточные типовые ПУ (например, типовые размеры).

Основные метрологические требования к стандартам должны обеспечивать высокую точность результатов измерений при воспроизведении, хранении и (или) передаче размеров единицы.

Наиболее важным требованием является высокая стабильность, которая обеспечивает, чтобы размер единицы оставался стабильным. Это объясняет переход к воспроизводству основных и многих производных единиц, осуществляя очень устойчивые квантовые физические эффекты, происходящие на рубеже 20 и 21 веков. Требуется высокая чувствительность и небольшая случайная погрешность стандарта, а также его низкая чувствительность к изменению условий измерения.

Автоматизация измерительных и вычислительных работ по стандарту является инструментом, повышающим точность измерений и снижающим индивидуальные погрешности оператора. Кроме того, размер диапазона условий измерения не является важной характеристикой, поскольку стандарты обычно используются в условиях постоянного (часто нормального) измерения для повышения точности измерений.

По числу одноименных СИ, включенных в стандарт, различают единые стандарты, стандартные комплекты и групповые стандарты.

Другой тип стандартов-эталонный набор-представляет собой комбинацию унифицированных стандартов с различными номинальными значениями, что позволяет расширить диапазон умножения, который сохраняется как стандартное отклонение арифметической среды.

Централизованная система обеспечения единства измерений может быть организована в метрологических службах различного уровня: на отдельном предприятии, в отделе, в стране в целом.

При этом иерархическая последовательность передачи единичного измерения этому СИ измерения, используемая в данной метрологической службе, будет управляться Наиболее точным стандартом. Этот стандарт называется исходным стандартом (предприятия, ведомства, страны). Таким образом, обеспечивается соответствие всех измерений, проведенных на предприятии или в отделе, их первичным стандартам, а через них-первичным стандартам страны.

Первые стандарты страны в международной метрологической практике называются национальными стандартами, в нашей стране они называются государственными стандартами.

Типовые ПУ предназначены для проверки через них рабочих параметров, в свою очередь, ПУ предназначены как для проверки, так и для измерения в различных отчетах. Классы точности типоразмеров очень высоки. Например, предельно допустимое значение относительной погрешности образцовой катушки может составлять 0,0005%. Работа применяется для различных измерений, не связанных с проверкой СИ. В электрических измерениях используются рабочие размеры ЭДС, сопротивления, индуктивности, емкости и др.

Точность измерения. Точность измерений-качество результатов измерений, отражающее близость к истинному значению измеряемой величины. Количественное выражение понятия «точность» является ошибкой. Лучше разделить результат измерения (это общее понятие) и погрешность прибора.

Погрешности измерений. Погрешность-это отклонения, которые происходят в результате измерения основное качество измерения заключается в том, что погрешность и точность коррелируют друг с другом с его точностью. В основном точность измерения равна отрицательному значению относительной погрешности.

Если погрешность равна $2 \cdot 10^5$, то ее точное размерное значение равно $5 \cdot 10^4$. В различных измерительных задачах их погрешности могут быть вычислены по-разному и получены с разной точностью. В связи с этим в ошибках выделяют каждый вид.

Максимально точно рассчитанная погрешность.

Заранее рассчитанная погрешность.

Приблизительная расчетная погрешность.

При максимально точно рассчитанных погрешностях их индивидуальные метрологические свойства характеристика каждого из средств измерений анализ методов измерений и условия измерений контроль за их выводами.

При приблизительном измерении погрешностей учитываются их нормативные типовые метрологические характеристики.

А при предварительном расчете погрешностей, руководствуясь нормативными техническими документами с применением типовых методических методов их измерения, с учетом условий их измерения, видов средств измерений, погрешностей, исходящих из них, выводятся их итоговые погрешности с предварительной оценкой. После инженерных расчетов применяется расчет двумя методами. Все они относятся к категориям технических измерений.

Погрешности каждого конкретного измерения обусловлены основными факторами, их вызывающими, и их причинами, в зависимости от которых каждый из них индивидуально определяет и суммирует.

Классификация ошибок в зависимости от сходных свойств выглядит следующим образом.

1. Ошибки, связанные с характеристиками времени:

а) Ошибки, допускаемые при систематических измерениях. При его повторном измерении происходит закономерное изменение известной величины.

б) Случайные ошибки, в зависимости от известных функциональных условий (+ , -) факторы каждого компонента влияют на их итоговые измерения.

2. Погрешности измерительных приборов в зависимости от основных производных погрешностей:

а) погрешность средств измерений

б) методическая ошибка

в) ошибки при каждом отдельном расчете

На равномерность выводов и погрешностей производятся их точные показатели и результаты измерений.

Количество погрешностей в технических измерениях не должно превышать 15-20%. Точность измерений по стандарту не должна превышать двух цифр, например: 0,43.

Измерение-определение количественных единиц измерения измеряемых веществ с помощью специальных технических средств. Они делятся на 4 вида:

Прямое измерение

Косвенное измерение

Комбинированное измерение

Одно измерение.

При эксперименте с прямыми измерениями количественные измерения определяются в единицах. Например: через линейку длины, термометр температуры.

Определение количественных единиц измерения с помощью известных уравнений веществ, измеряемых косвенным измерением. Например: электрические сопротивления-это произведение силы тока и напряжения.

Единичное измерение определяется путем косвенного или прямого измерения измеряемых единиц измерения через другие единицы измерения. С каждой комбинацией можно составить одно уравнение.

Единицы измерения с измеряемым общим числом m -определяются прямым и косвенным методами, определяемыми экспериментом с k -единицами.

Критерий-это функциональное отношение уравнений с помощью одного случая, число переживаний которого равно n

$$F_i(Q_1 * Q_2 \dots Q_J \cdot Q_m X_1^2 X_2^2 * X_i^i X_R^2) = 0 \quad (4.1)$$

Погрешность результата измерения. Измеряемая величина не может быть найдена на основе истинного значения (грамотный экспериментатор не

стремится к этому, потому что понимает это). Поэтому определить действительное (истинное) значение погрешности результата также невозможно. и обычно этого не требуется. Достаточно будет опираться на оценку (приблизительное значение измеряемой величины) и диапазон возможных значений погрешностей. Простой определенный подход (подход в худшем случае) в случае подхода использует пороговое значение ошибки в каждом конкретном случае, т. е. значение, при котором реальная ошибка не может повысить гарантию.

Ошибка-понятие достаточно сложное и обширное по смыслу. Рассмотрим основные классификационные признаки погрешностей результатов измерений. Первый признак: в том, что (кто) является причиной ошибки. Суммарная погрешность результатов любого измерения в общем случае складывается из трех составляющих: приборной, методической и субъективной.

Инструментальная составляющая определяется основными метрологическими характеристиками самого прибора (т. е. ПУ), его основными и дополнительными погрешностями. Методическая составляющая погрешности результатов измерений зависит от применяемого метода измерения и не зависит от погрешности самого прибора. методическая ошибка может быть существенной, однако часто может быть оценена и даже сбалансирована (иногда практически неполной).

Субъективная составляющая не зависит ни от погрешности прибора, ни от способа измерения, в основном определяется классификацией пользователя (субъекта). Эта ошибка не всегда может быть предсказана и оценена в первую очередь. Эта составляющая может участвовать в любом результате измерения.

Второй классификационный признак-способ выражения ошибок (табл.4.3). Абсолютная погрешность Δ (дельта) - самая простая и понятная – это разность между измеренными значениями x и истинного $X_{\text{ак}}$ измеряемой величины (или, точнее, реального X).

Таблица 4.3. Абсолютная и относительная погрешность

Вид отображения	Формула
Абсолютная ошибка	$\Delta = x - X$
Относительная ошибка, %	$\delta = \frac{\Delta}{X} \cdot 100 \approx \frac{x - X}{X} \cdot 100$

Вид отображения, абсолютная ошибка, относительная ошибка

Примечание: X -измеренное значение величины (результат измерения); x_D - фактическое значение измеряемой величины.

Относительная погрешность δ (Малая дельта)-отношение абсолютной погрешности к действительному значению X_n (или измеренному X), выраженному в процентах. Третий классификационный признак-зависимость погрешности (в абсолютном виде) от значения измеряемой величины X . Ошибки делятся на аддитивные, мультипликативные и линейные (рисунок 4.5).

Под аддитивным понимается погрешность, значение которой не выходит за пределы коридора X независимо от значения измеряемой величины (рисунок 4.4). Под мультипликативным понимается погрешность Δ_m , значение которой не выходит за пределы коридора x измеряемой величины, линейно зависящей от значения измеряемой величины. Под нелинейностью следует понимать любой другой порядок, свойственный линейной длительности, часто в сокращенном виде.

Четвертый классификационный признак-характер проявления ошибки. Ошибки делятся на систематические и случайные. Систематическая-это ошибка, значение которой при повторном проведении эксперимента не изменяется или изменяется по известному закону. Систематические ошибки, как правило, могут быть оценены и вычислены путем внесения корректив в результаты измерений. Случайные ошибки-это ошибки, суть которых непредсказуема. К ним относятся различные ошибки (заблуждения), объясняемые случайной грубой ошибкой оператора или кратковременным отказом аппаратуры, или вызванные действием внешних электромагнитных полей. В случае многократных измерений влияние случайных погрешностей можно уменьшить обработкой полученных результатов, например, нахождением их среднего арифметического. Погрешности средств измерений по принципу (и, как правило, в грамотно организованных экспериментах) определяющим ПП в суммарной погрешности результата измерений является его погрешность, т. е. инструментальная погрешность.

Приведенная погрешность γ -отношение абсолютной погрешности a к нормируемому значению прибора, выраженному в процентах X_n (чаще всего это верхний предел диапазона измерений).

Основная ошибка возникает при нормальных условиях эксплуатации ПУ (в том числе прибора), т. е. когда значения всех влияющих величин находятся в пределах заранее оговоренного диапазона.

Дополнительная погрешность возникает, когда значения влияющих величин (например, температуры окружающей среды) выходят за пределы нормальных значений. Статическая погрешность СИ-прибора) - погрешность при измерении значения постоянной (или очень медленно изменяющейся) величины, т. е. в случае статических измерений (при использовании статических образцов объекта исследования). Динамическая погрешность возникает при исследовании величин (точного информативного параметра измеряемой величины), изменяющихся достаточно быстро во времени.

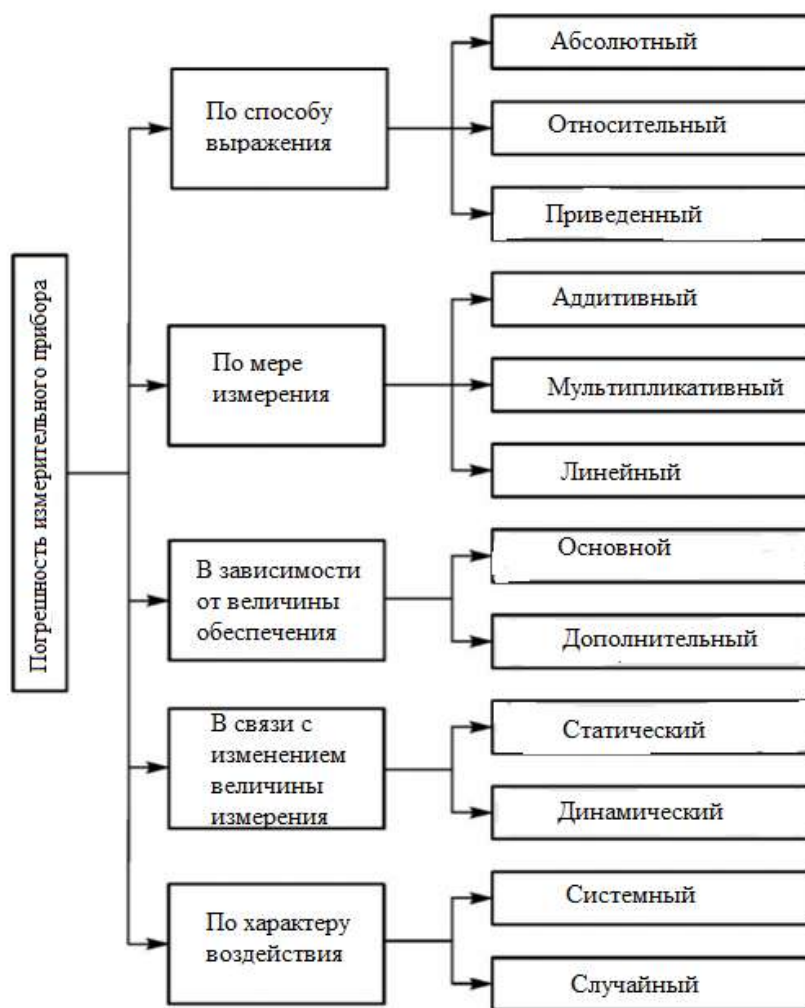


Рисунок 4.5. Простая классификация погрешностей измерительных приборов

Например, если фактическое значение переменного напряжения электрической цепи (в данном случае параметр информатора) не изменяется и измеряется щитовым электромагнитным вольтметром, то существует только текстовая погрешность, хотя сама выходная величина (функция времени напряжения) изменяется с частотой около 50 Гц.

Обработка результатов измерений. Одно значение измеряемой величины, получаемое в процессе измерительного эксперимента, является отдельным результатом непосредственного измерения) называется контролем. В общем случае конечный результат измерения находят путем обработки нескольких наблюдений.

Мера обработки в общем случае заключается в выполнении нескольких операций: исключении явных ошибок из ряда полученных наблюдений, определении количественного значения (оценки) собственного результата измерений (для косвенных измерений - по функциональной зависимости искомой величины от исходной), проведении статистических обработок, поиске показателей точности измерений (оценке погрешности), выборе вида отображения конечного результата. При однократных (индивидуальных)

прямых измерениях результат совпадает с контролем. Запись конечного результата любого измерения должна содержать числовое значение результата, оценку погрешности суммирования измерений и значение $p_{\text{дов}}$ достоверной вероятности, соответствующей этой погрешности. Например, правильная запись результата измерения сопротивления R может быть такой: $R = 106,2 \text{ Ом}$; $A = \pm 2,5 \text{ Ом}$; $p_{\text{дов}} = 1$. погрешность результата следует записывать одно-или двухзначными цифрами, при этом вес разряда меньшего значения в числе результата измерения должен совпадать с весом разряда меньшего значения в числе погрешности. Допустим, неверно записать конечный результат измерения напряжения следующим образом: $U = 224,6 \text{ В}$; $A = \pm 5 \text{ в}$; $p_{\text{дов}} = 1$.

Прямые измерения подразделяются на одноразовые (единичные) и многоразовые (множественные). Разовые измерения – это наиболее простые по изготовлению и обработке - наиболее распространены в практике технических измерений-и подразумевают получение конечного результата путем однократного контроля (расчета). Рассмотрим оценку основных, дополнительных и суммарных инструментальных погрешностей. Диапазон измерения переменных напряжений $0 \dots X_{\text{век}}$. Предположим, что получен результат измерения действительного значения напряжения в электрической цепи цифровым мультиметром 400В : $U = 220,0 \text{ В}$. Класс точности прибора в данном диапазоне (предельное значение основной абсолютной погрешности A_p) представлен следующим образом:

$$R = 106,2 \text{ Ом}; A = \pm 2,5 \text{ Ом}; p_{\text{дов}} = 1.$$

где $X_{\text{век}}$ -верхнее значение диапазона измерений ($X_{\text{век}} = 400 \text{ В}$); X – измеренное значение ($220,0 \text{ В}$).

В паспорте прибора описываются дополнительные погрешности на каждые 10°C от номинальной температуры равна половине основной погрешности в пределах диапазона рабочих температур окружающей среды от 0 до $+50^\circ\text{C}$ $+20^\circ\text{C}$. В ходе эксперимента была зафиксирована температура окружающей среды, равная $+35^\circ\text{C}$. Предположим, что все остальные A_p находились в пределах своих нормальных значений.

Учет их отклонений при определении единиц измерения.

Изменение отклонений определяется по общему закону распределения (распределяется равномерно). Поэтому для определения точности измерений определяются ограничения отклонений средств измерений по метрологическим характеристикам, по выражению ниже.

$\Delta_{\text{lim}} = \pm 3\sigma$ или определяется при условии, что отклонения прибора равны $99,73\%$. При ограничении отклонений более $\pm 3\sigma$ он рассчитывается на сложную ошибку. Поэтому определение измерения универсальным оборудованием может быть использовано следующим уравнением. При более низких отклонениях их точность или интервалы измеряемых частиц как можно меньше.

$$D=S_r\pm\Delta_{lim} \quad (4.2)$$

Для полного определения точности измерений определяют одни и те же объекты, измеряя их снова и снова.

Отклонения по теории вероятностей определяются по степени ниже.

N измерительные числа.

Если отклонения постоянны, их частота определяется алгебраической суммой.

$$D_1=D_e\pm\Delta_{lim}/\sqrt{N} \quad (4.3)$$

В случае неустойчивости отклонений определяется максимальная сумма их признаков.

$$\Delta_{lim_e}=\sum\Delta_i\pm\sqrt{\Delta^2_{lim_1}+\Delta^2_{lim_2}+....\Delta^2_{lim}} \quad (4.4)$$

Определение отклонений измерений и их виды. Измерения состоят из элементарных отклонений, отклонения от которых обусловлены различными причинами. Виды элементарных отклонений:

1. Инструментальные отклонения, вызванные измерительными приборами и оборудованием. Они возникают из-за неправильного метода измерения оборудования.

2. Отклонения интерполяции, возникающие при визуальном проекционном отклонении средств измерений по шкале.

3. Паралаксовые отклонения-отклонения, возникающие в направлении, не перпендикулярном плоскости шкалы.

Отклонения параллакса ΔX_p прямо пропорциональны расстоянию по 2-й шкале до показателя 1 и прямо пропорциональны касательной \angle в плоскости шкалы прямой видимости.

$$\Delta X_n=h*\operatorname{tg}\varphi \quad (4.5)$$

Отклонения, вызванные несоблюдением принципа Аббе из-за кривизны оборудования.

Принцип Аббе измерительная линия шкала должна быть расположена вдоль линии. Это отклонение определяется выражением ниже.

$$\Delta X_{\text{пер}}=L-L'=L*\varphi \quad (4.6)$$

При соблюдении принципа Аббе должно быть $L=0$, $\Delta X_{\text{пер}}=0$.

Виды средств измерений. Измерительное средство (ПУ) –техническое средство с метрологическими характеристиками, используемое и нормированное при измерении.

Весь ПФ (29-99 РМГ. ГСИ. «Метрология. Основные термины и определения») делятся на пять видов: измерения, измерительные

преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки, измерительные системы. Размер-это ПФ, предназначенный для воспроизведения физической величины в заданном измерении. Например, обычный гальванический элемент-ЭДС-мера; образец-измерительный) резистор; образец-шар индуктивности и т.д.

Измерительный преобразователь-ПУ, предназначенный для создания измеряемого информационного сигнала в удобном для дальнейшего преобразования, передачи, обработки виде, но не предназначенный для непосредственного восприятия наблюдателем. Например, измерительные трансформаторы тока и напряжения, измерительные усилители, делители напряжения, шунты, дополнительные резисторы, цифровые измерительные регистраторы (логгеры) и т. д. измерительный преобразователь не имеет счетчика и, следовательно, не может быть непосредственно принят человеком в результате преобразования. Измерительный прибор-это ПУ, предназначенный для создания измеряемого информационного сигнала в доступной для непосредственного восприятия наблюдателем форме, т. е. с вычислительным средством или индикатором. Например: вольтметр электромагнитный щитовой, самописец, осциллограф, цифровой мультиметр, инфракрасный термометр, манометр и многое другое. Измерительный прибор - наиболее распространенный тип ПУ.

Измерительная установка-это совокупность ПУ и вспомогательных устройств, предназначенных для создания измеряемого информационного сигнала в удобном для непосредственного восприятия наблюдателем виде и объединенных в одном и том же функционале. Например: установка для изучения характеристик электродвигателей, стенд для проверки электрических счетчиков. Отличие измерительной установки от измерительной системы заключается в локальности и целостности ее размещения.

Измерительная система-предназначена для автоматической обработки, передачи и удобного для использования в системах автоматического управления измеряемого информационного сигнала, соединена между собой каналами связи.

Комплект ПУ и вспомогательных устройств. Например, информационно-измерительный комплекс, распределенный в многоканальном пространстве в составе системы управления производством. Нормируемые метрологические характеристики СИ (НМС) регулируются ГОСТ 8.009-84 «нормируемые метрологические характеристики средств измерений». К основным НМС относятся, например, погрешности ПУ, номинальная функция преобразования измерительного преобразователя или коэффициент преобразования, чувствительность, диапазон измерений, входное сопротивление.

Большую роль в выборе средств измерений играют следующие метрологические показатели.

1. Диапазоны показателей-определяются по начальным и конечным показаниям измеряемого прибора по шкале или номинальная часть

измерения и фактическая часть измерения. Чувствительные части-это наличие определенной степени измерительного освещения или оборудования, если оно находится в небольшом количестве измерительных приборов. Передаточные отношения-представляют отношение интервала шкалы к выделенным единицам. Отклонения показателей оборудования определяют длины измерений, определяемые по оборудованию, по длине или разности деталей, деталей, измеренных по специальному образцу.

2.Отклонения средств измерений-под влиянием фактов (изготовления, хранения, использования) возникают различные отклонения.

Абсолютные отклонения - это разница между номинальной или фактической деталью измерения.

Отклонения делятся на 2 вида:

1. Систематический
2. Случайный

Δd исследуемых частиц зависит от колебаний показателей шкалы, зависящих от колебаний формулы, и от колебаний измеряемой силы. Очень сильные отклонения возникают из-за быстрого роста различных внешних условий.: температура, свет, внешние колебания, вызванные усталым, безразличным отношением наблюдателя.

Показания предельных отклонений с последовательной точностью точности определяются по стандартам различных средств измерений. Точность измерительных приборов по государственной стандартизации называется ГОСТ 8.401-80.

Совокупность используемых, приборного оборудования, их видов различных измеряемых деталей называется методами измерения.

В зависимости от применения различных измеряемых частиц определенной единицы измерения их подразделяют на следующие виды:

Абсолютные методы измерения-определение по шкале через их абсолютный размер измеряется штангенциркулем.

- Сравнительный метод измерения
- Прямые методы измерения
- Размер измеряемого или определяемого числа определяется прямым инструментом.
- Измерение определяется другими единицами измерения в тех случаях, когда его единица измерения не может быть точно определена или в зависимости от сложности определения, мы говорим о косвенном определении.
- Плоскость оборудования или единицы измеряемых деталей с помощью инструмента определяют контактным методом.
- Можно определить без контакта измерения с помощью оптических или пневматических инструментов.
- Дифференциальный метод измерения-определение частиц путем каждого бесконтактного измерения.

- По всем результатам измерений можно определить годность, непригодность деталей дифференциальным методом.
- Комплексным методом измерений или их контролем, с помощью специального оборудования, с помощью инструментов и с помощью нескольких параметров. При ремонте машин основной целью деффекации деталей является деффекация их деталей и причин, характеристик владельца.

Метрологические характеристики средств измерений. ГОСТ 16263-70 предусматривает термины и определения по метрологии.

Под измерением физических величин понимают обнаружение и обозначение техническими средствами, специально предназначенными для практического применения. Тип основного уравнения измерения:

$$Q = g \cdot u, \quad (4.7)$$

где Q - значение физической величины;

g - численное значение физического количества в используемой единице;
 u – единица физического количества.

Физическая единица измерения / u / - это физическая величина измерения, которая была согласована и принята для качественной оценки физической величины в той же природе.

Для унификации (унификации) единиц физической величины на международном уровне создана международная система единиц СИ.

Основные метрологические показатели средств измерений.

Часть приборной шкалы-расстояние между двумя рядом стоящими знаками на шкале;

Длина (интервал) части шкалы-расстояние между осями знака рядом стоящей шкалы;

Стоимость части шкалы-разность значений размеров, соответствующих рядом стоящему знаку шкалы: например, при длине (интервале) части шкалы прибора, равной 1 мм, она равна 0,002 мм;

Диапазон показаний (измерение по шкале) - область значений шкал, замкнутых на начальные и конечные значения, например: показатель диапазона оптиметра $\pm 0,1$ мм;

Диапазон измерений-область значений измерительного размера, в которой установлен допустимый предел текучести средств измерений;

Предел измерения-наибольшее и наименьшее значение диапазона измерений;

Измерительная сила-сила действия наконечника измерителя в месте контакта с измеряемой частицей ;

Допустимый предел текучести измерительного прибора-максимальная текучесть измерительных приборов, принимаемых и допускаемых к применению как допустимые ;

Нормальность средств измерений-свойство метрологического показателя, выражающее стабильность во все времена;

Погрешность измерения-разность собственного значения измеряемой величины и итогов измерения;

Точность измерений-характеристика качества измерений, выражающая почти нулевой результат текучности. При очень высокой точности все виды текучности будут очень низкими ;

Точность средств измерений-качество средств измерений, характеризующее приближение текучности к нулю;

Чувствительность измерительного прибора-отношение измерительного прибора к его измерительному размеру при измерении признака;

Корректировка-величина алгебраического сложения к показателю измерительного прибора или номинальному значению измерительного прибора во избежание систематически повторяющейся текучности.

Конечный измеритель длины плоской параллели имеет форму цилиндрического стержня или прямоугольного параллелепипеда (пластины).

К измерению длины относится расстояние между двумя параллельными поверхностями, точно приведенное к рабочему измерению. Поскольку цилиндрические стержни имеют большое применение в производстве, они в основном используются только в качестве меры восстановления (например, для микрометра). Конечный размер плоской параллельной длины изготавливается из стального материала, шлифуется и приводится к точности.

При плоскостях с очень малой кривизной под действием минимальной шероховатости плитки приобретают способность трения друг с другом. Трение объясняется взаимным натяжением очень тонкого (до 0,002 мм) слоя масла с поверхностью плитки. Плитка, подверженная трению, образует целый блок. Точность их размеров не нарушается за счет небольших зазоров между плитками. Поэтому при измерении удобно использовать целый блок.

Конечная мера длины плоской параллели является основным средством поддержания единства измерений в машиностроении. С его помощью проверяются, отделяются и настраиваются на точность другие приборы и инструменты. Кроме того, они используют их для получения размеров деталей, контроля над ними и маркировки. Для разделки и проверки других средств измерений используются плитки в качестве образцов, а для измерения деталей, контроля и разметки их – рабочие плитки.

За размер плитки принимается ее средний размер, т. е. расстояние от центра рабочей поверхности одной плитки (от места пересечения ее диагоналей) до следующей рабочей поверхности плитки, расположенной при трении о плоскость.

Плоскость делится на пять классов, таких как 00, 0, 1, 2, 3, по точности изготовления конечного размера параллельной длины. Для существующего конечного критерия принято дополнительно два класса – 4 и 5. Краевые измерения класса 00 производятся только по запросу потребителя.

Класс днищевого размера характеризует степень приближения среднего размера плитки к ее номинальному размеру. Чтобы обеспечить необходимую точность для рабочих плиток, достаточно выбрать нужный класс. Для типоразмера требуется очень высокая точность. Такая точность решается приемом пяти различных разрядов -1,2,3,4,5.

Конечный размерный разряд характеризуется предельной текучестью прибора, применяемого для определения длины среднего измерения и его предельных отклонений от плоской параллельности.

На окончательные размеры, характеризующиеся разрядами, выдается аттестат с указанием отклонения фактических размеров плитки от номинальных.

Так, точность такой плитки определяется точностью только инструмента, применяемого для ее аттестации.

Для удобства применения конечных размеров длины, она комплектуется и комплектуется. Всего выпускается восемь "комплектов", часть комплектов состоит из защитной плитки, изготовленной из твердых сплавов. Они предохраняют конечный набор размеров от истирания и разрушения при трении обоими поверхностями блоков конечного размера при массовом измерении.

Чтобы выбрать окончательный размерный блок для данного размера, необходимо руководствоваться следующим правилом: размер каждого измерения, присоединяемого к блоку, следует вычитать одну из двух цифр с правой стороны данного размера. Например, размер блока плиты следует принять необходимым 39,98 мм:

$$\begin{array}{r} 39,98 \\ - 1,08 \quad -(1- \text{плитка}) \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 38,9 \\ - 1,9 \quad -(2- \text{плитка}) \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 37,0 \\ - 7 \quad -(3- \text{плитка}) \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 30 \quad -(4- \text{плитка}) \end{array}$$

Таким образом, блок состоит из четырех конечных размеров: $1,08 + 1,9 + 7 + 30 = 39,98$ мм.

Конечный измерительный блок не может быть построен более чем на пяти измерителях, так как в это время будет отправлено слишком много потока.

Расширить область применения плоскопараллельных крайних измерителей можно с помощью специального инструмента: струцин, боковиков, чертилок, поддонов.

Работать с конечными измерителями нужно очень аккуратно, чтобы не повредить рабочие поверхности. Для этого рекомендуется использовать тканевые салфетки. Крайние измерители с рабочими поверхностями, превышающими 5,5 мм, не допускается располагать над столом и не загромождать рабочие поверхности и нерабочие поверхности.

Сосок (длинный тонкий пластинчатый) - относится к конечным измерительным видам. Это используется для измерения зазора между поверхностями. (Между поршнем и цилиндром, между распределителем клапана).

Сосок выпускается в виде комплектов от № 1 до №4 длиной 50,100 и 200 мм и толщиной от 0,02 до 1 мм. Для получения нужного размера выбирают несколько сосулек, общая толщина которых равна заданному размеру. Точность сосулек больше, чем точность измерительных пластин. По соединению щупа и линейки можно определить прямую прямолинейность поверхности, а по соединению под углом-перпендикулярность.

Универсальные средства измерений и методы измерений

К штангенциркульным инструментам относятся в основном штангенциркуль, штангенциркульные глубиномеры и штангенрейсмусы. Они широко используются для измерения и маркировки детали, когда нет необходимости в очень высокой точности. Учетным построением этих средств является линейная нониусная или вспомогательная шкала, т. е. она позволяет получить расчет от основного шкального дробного деления. Принцип расположения нониуса является нисходящим. Вдоль вспомогательной шкалы строится отрезок, равный целочисленной части основной шкалы.

Числа частей на этом отрезке берутся на одно число больше, чем на основной шкале, т.

$$C (n - 1) = b n , \quad (4.8)$$

$$I = c - b, \quad (4.9)$$

где

c-стоимость части основной шкалы;

b-интервал раздела шкалы нониуса;

n-число частей нониуса;

I-точность получения отчета;

при вычитании В-значения из уравнения (4.7) и постановке в уравнение (4.8)

$$C (n - 1) = (C - i) n , \quad \text{в этом} \quad i = \frac{c}{n} \quad (4.10)$$

Для удобства получения отчета со шкалы нониуса, его нужно растянуть, сделать широким или модульным, т. е. часть шкалы нониуса взять

на γ больше, чем часть основной шкалы. Величина γ здесь называется модулем шкалы.

Это когда

$$C = (\gamma \cdot n - 1) = b \cdot n, \quad i = \gamma C - b \quad (4.11)$$

Подставив значение b во втором уравнении в место в первом уравнении $C = (\gamma \cdot n - 1) = (C \gamma - i) \cdot n$ аламызда, далее $i = \frac{C}{n}$ находим.

Из этого видно, что I – расчет не зависит от точности получения, в любом случае зависит от стоимости деления C и n от числа делений нониуса.

Пример. Необходимо рассчитать шкалу нониуса приборов по следующим параметрам: стоимость детали основной шкалы $C = 1$ мм; точность расчета $i = 0,5$ мм; модуль нониуса $\gamma = 2$; Количество деталей нониуса

$$n = \frac{C}{i} = \frac{1}{0.05} = 20.$$

Интервал частей нониуса

$$b = \gamma \cdot C - i = 2 \cdot 1 - 0,05 = 1,95 \text{ мм};$$

Длина шкалы нониуса

$$l = b \cdot n = 1,95 \cdot 20 = 39 \text{ мм}.$$

Штангенциркуль, самый распространенный инструмент, делают его в двух вариантах.

Простой штангенциркуль (рисунок 4.7,а). Штанга с неподвижными губами состоит из стержня 4, рама с подвижными губами по стержню 3, рама с неподвижными губами 5 и тормозной винт 2. Губы 7, скобы (валы), а губы 1-скобы (отверстия). На стержне строится основная шкала, стоимость частей которой равна 1 мм, а на раме каркаса-вспомогательная шкала (нониус) 6, т. е. с ее помощью вычисляется десятичная часть миллиметра.

Принцип применения нониуса и пример расчета приведены на рисунке 4.6. Десять частей нониуса соответствуют девяти частям основной шкалы. Поэтому интервал (интервал) части нониуса составляет 0,9 мм.

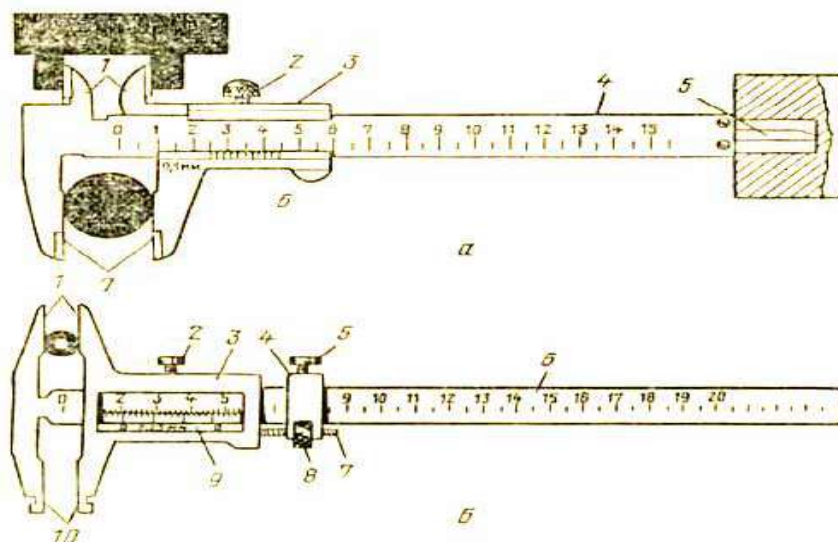


Рисунок 4.6. Штангенциркуль
а-простой; б-усовершенствованный.

При плотном расположении губ штангенциркуля между собой нулевой штрих нониуса соответствует нулевому штриху основной шкалы. Если сдвинуть рамку вправо на 0,1 мм, то со штрихом основной шкалы совпадает первый штрих нониуса, если сдвинуть на 0,2 мм, второй штрих нониуса, если сдвинуть на 0,3 мм, то третий штрих нониуса совпадает и так далее. В примере на первом изображении с основной шкалой идет четвертый штриховой нониус (размер 3,4 мм), а во втором примере - седьмой штриховой (размер 2,7 мм).

Целое число миллиметров определяется по основной шкале, а единичное - по нониусу.

Сохранив количество частей нониуса и увеличив интервал (интервал) частей до 1,9 мм, принцип определения размеров не изменится, а использование нониуса станет более удобным, чем раньше. Такие удлиненные нониусы широко используются в штанговых инструментах.

Штангенциркуль, показанный на рисунке 4.6, б, несколько усовершенствован, еще более точен. Этот штангенциркуль - микрометрическое перемещение состоит из рамы (4) - перемещения, тормозного винта (5), гайки (8) и микрометрического винта перемещения (7). Все это прикреплено к подвижной раме (3). Ослабив тормозной винт (2) на раме, закрепив тормозной винт (5) на раме и прикрутив гайку (8), раму (3) можно просто перемещать вдоль штанги (6).

Перед измерением необходимо убедиться в правильности штангенциркуля. Поверхности измерительных губ не должны иметь ржавчины и неровностей. Если установлен тормозной винт, то рама не должна двигаться. При стыковке губ между собой не должно быть заметного зазора и нулевой штрих нониуса (9) должен соответствовать нулевому штриху основной шкалы.

При измерении губы штангенциркуля открываются или закрываются до легкого соприкосновения с измеряемой поверхностью. Затем вычисляют результат по основной шкале и нониусу. Если определить внутренний размер цилиндрическими губами (10), то к показателю на штангенциркуле прибавим размер с указанием толщины губы (рисунок 4.7).

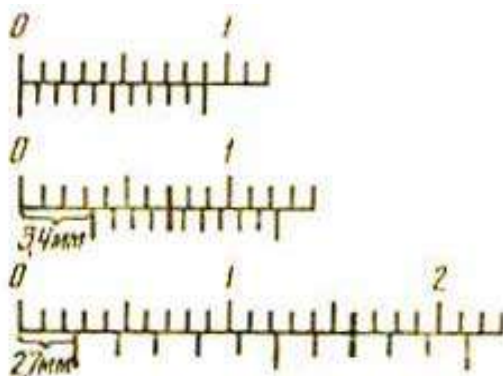


Рисунок 4.7. Примеры отчета по нониусу

При измерении внешних размеров (1) – губами на указателе, штангенциркуль не производит никаких изменений на указателе.

Штангенциркули 0 ...125, 0...150, 0...250, 0...160, 0...400,250...Выпускается в пределах 630 измерений.

Нониусы позволяют получить расчет при показателе точности 0,1; 0,05 мм. Штангенглубиномер (штангенглубиномер) – (рисунок 4.8) измеряет высоту и глубину.

Его основные части: основная шкала состоит из указанного стержня (1), подошвы (траверса) (5), рамы (7), тормозного винта (6), микрометрического винта (9), тормозного винта (8) и гайки (2). Винт микрометрического сдвига соединен с рамкой (3). На боковой стороне рамки (7) закреплена пластина (4), на которой изображена шкала нониуса. К измерительным поверхностям штангомера глубины относятся-боковая поверхность штага и нижняя плоскость подошвы. При измерении с усилием прижимают измерительную лапу к поверхности детали и перемещают штангу до соприкосновения со следующей поверхностью. В измерении подошва штангенциркуля не должна возвышаться над поверхностью измеряемой детали, т. е. плотно прижиматься к этой поверхности. Глубиномеры со штангой изготавливаются с расчетной точностью от 0 до 160, 200, 250,315, 400 и 500 мм и 0,1, 0,05 мм.

Штангенрейсмус (рис.4.9) предназначен для измерения высоты детали на плите и нанесения разметки. На массивной (увесистой) подошве (4) прочно закреплен стержень (1).

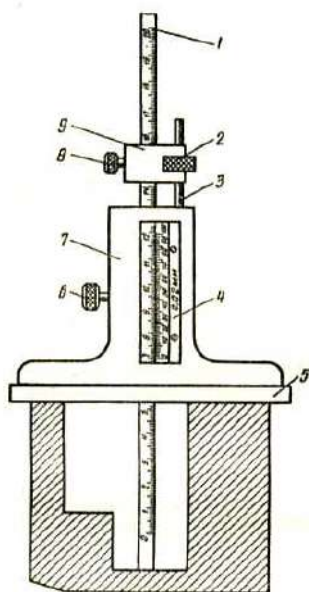


Рисунок 4.8. Штанговый глубиномер

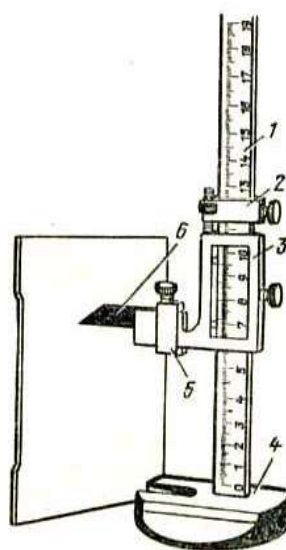


Рисунок .4.9. Штангенрейсмус

Нониус перемещается по рамке (3) и стержню (2) микропровода. К раме посредством хомута (5) крепятся ножи для нанесения сменной разметки и измерения высоты детали. По шкале и нониусу определяют расстояние от подошвы до нижней плоскости переходного лезвия. Штангенрейсмус 0...250, 40...400, 60...630 и 100...1000 мм в пределах измерений и точности расчета 0,1; 0,05; мм.

К микрометрическим средствам относятся микрометр для внешних измерений, микрометрический нутромер (штихм) для внутренних измерений и микрометрический (глубиномер) глубиномеры. Микрометр состоит из скобы (1) и неподвижного копытца (2) измерительной поверхности, плотно прилегающей к нему. Следующая вторая рамная часть скобы образована стеблем (4) с внутренней и наружной резьбовой канавкой (5). Вкручивая гайку (6) в коническую часть хвостовика, можно уменьшить осевое отверстие микрометрического винта (7), перемещающегося по внутренней резьбовой поверхности стебля. Коническая поверхность микроугольника используется в качестве второй измерительной поверхности. На следующую рамочную поверхность микроугольника посредством колпачка (8) прикреплен тонкостенный втулкообразный барабан (10) с нанесенной шкалой размеров на гофрированном краю.

В микроугольнике и барабан при вращении как цельная частица после взаимного накопления перемещаются одинаково в продольном направлении. Гребень (трещетка) на колпачке (9) ограничивает измерительную силу в пределах 7 ± 2 Н. На стебле выполнена продольная бороздка, в которой наложена двусторонняя шкала.

Штрихи, расположенные под канавой, показывают целые миллиметры, а штрихи, расположенные над канавой, – половину миллиметра.

Шаг винта микроугольника равен 0,5 мм, и на наклонную поверхность барабана вставляется 50 деталей . В соответствии с этим определяется расчет точности:

$$i = \frac{P}{n} = \frac{0.5}{50} = 0.01 \text{ мм},$$

где р-шаг микрометрического винта; n-количество деталей в барабане.

По шкале стебля вычисляется целое значение миллиметра и половина миллиметра , а по шкале барабана-значение сотых частей миллиметра.

Микрометр проверяется перед каждым измерением. Для этого измеряют калибром, приложенным к микрометру, и находят правильность расчета (рисунок 4.10). Например, при измерении 50-мм калибра наклон на барабане должен совпадать с 50 –мм штрихом, а нулевой штрих на барабане-с продольной канавкой. Если такое совпадение не соблюдается, то микрометр необходимо подкорректировать.

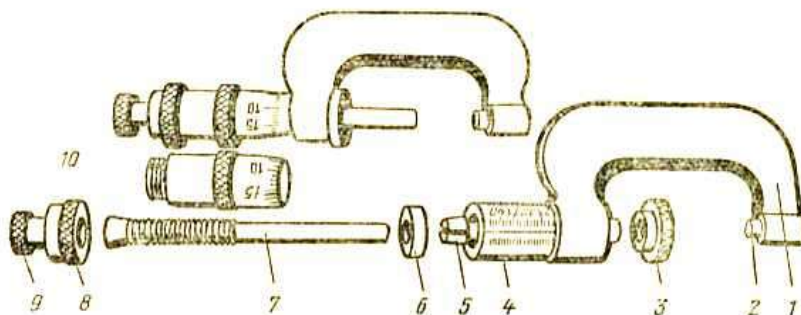


Рисунок 4.10. Микрометр

В зависимости от оценки специфики значения измеряемой величины методы измерения могут быть прямыми, косвенными, дифференцированными и компактными (составными).

Оценка значения измеряемой величины или ее отклонения по показанию прибора или приборной шкалы называется прямым измерением (например, при измерении универсальным измерительным прибором).

Прямое измерение является основой для очень сложных, разнообразных измерений. Он делится на абсолютный и относительный методы.

При измерении абсолютным методом все значения измеряемой величины оцениваются по шкале прибора непосредственно (например, при измерении штангенциркулем из шкалы данного прибора берется фактический размер механизма).

При измерении относительным методом значение отклонения измеряемой величины берется из определенного установочного количества

или эталона. (Например, при измерении индикаторным внутренним измерителем из шкалы прибора берется отклонение от размера установки гильзы). Здесь фактический размер гильзы определяется путем алгебраического суммирования значений, показанных прибором для размера единицы.

При измерении косвенным методом значение измеряемой величины или ее отклонения определяют по результатам прямого измерения другие величины, имеющие приблизительно известную связь с искомым. (Например, определяется путем нахождения величины конуса, его диаметра в двух сечениях и расстояния этого сечения).

Особенностью измерения дифференциальным методом является раздельная проверка каждого размера многопараметрического механизма, например, элементное измерение диаметра, толщины и высоты шлицевого вала. Углы измеряют угломерами второго типа Семенова (рисунок 4.11) и оптическими (рисунок 4.12).

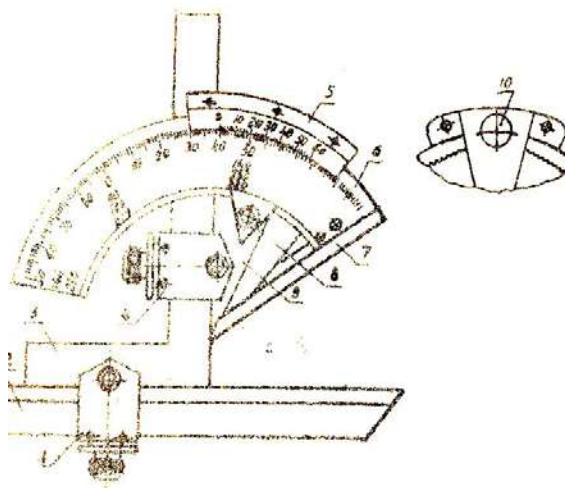


Рисунок 4.11. Измеритель семенова, перек. 1, 4 – хомут крепления линейки и угловой линейки; 2-сменная линейка; 3 – угловая линейка; 5-шкала нониуса; 6-секторная подошва; 7-линейка; 8-зажим; 9 – сектор нониуса; 10-гайка

Маркировка шкальной части угломера Семенова 21, предел измерения 0...3200, а оптический угол - угол шкальной части измерителя 101, предел измерения 0...1800.

При измерении относительным методом применяются рычажные, зубчатые, рычажно-зубчатые, рычажно-винтовые и пружинные зубчатые приборы, оптические, пневматические и другие приборы. Наиболее распространены зубчатые зубчатые приборы. К ним относятся индикаторы часового типа, рычажно-зубчатые индикаторные внутренние измерители, ортатестеры и другие на рисунках 4.13 и 4.14 показаны устройство и схема этих приборов.

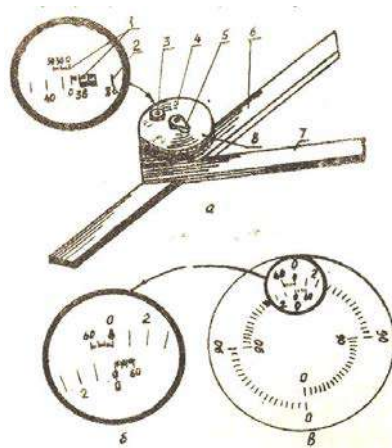


Рисунок 4.12. Оптический угломер и его шкала: а) оптический угломер; б) видимая перед глазами шкала; в) градусная и минутная шкала. 1-минутная, 2-градусная шкала, 3 – лупа, 4 - корпус, 5 – зажимной рычаг, 6 – подвижная линейка, 7 –неподвижная линейка, 8-кольцо.

Индикатор состоит из внутреннего измерительного корпуса, измерительного стержня, контргайкальной сменной измерительной установки, центрирующего пузырька, двух плунжеров, трубы, теплонепроницаемой ручки и индикатора часового типа.

При сравнительном методе площадь шкальной части измерительных приборов составляет 0,01; 0,002 и 0,001 мм. Функцию измерительного устройства индикаторного внутреннего измерителя выполняет индикатор часового типа. Внутренние измерители индикаторного типа типового типа выпускаются по 868-72 МЕУ (ГОСТ) рынком части шкалы 0,01 мм и, А по 9244-75 МЕУ (ГОСТ) рынком части шкалы 0,001 мм и 0,002 миллиметра. Производительность и точность измерений этих внутренних измерителей значительно выше, чем измеренных микрометрическими внутренними измерителями.

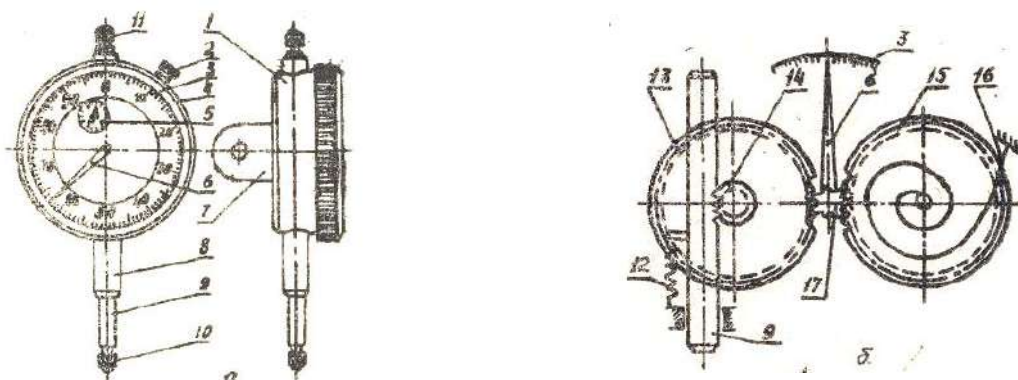


Рисунок 4.13. Индикатор типового типа. 1-корпус; 2-стопорный винт; 3-основная шкала; 4-круг; 5-шкала счетчика оборотов; 6-основной большой указатель; 7-ушко; 8 - гильза; 9 - измерительный стержень; 10-наконечник измерительного стержня; 11-псевдоним; 12-возвратная пружина; 13...15, 17-зубчатое колесо; 16-спиральная пружина.

В настоящее время используется несколько десятков различных способов измерения скорости и расхода движения вещества. В зависимости от вида, состава и свойств исследуемой среды применяются различные методы и средства измерения скорости и расхода.

Сегодня наиболее распространенными являются следующие принципы (и приборы на их основе): манометрические (работающие при разности переменного или постоянного уровня давления, создаваемого потоком измеряемой среды); тахометрические (турбинные, крылатые, шаровые); электромагнитные (индукционные, основанные на действии электромагнитной индукции); сверхзвуковые (основанные на измерении разницы во времени прохождения звукового сигнала в движущихся средах или измерении изменения частоты отраженного сверхзвукового сигнала); вихревые (основанные на оценке частотных колебаний вихревого потока); тепловая (основана на изменении температуры вращающегося датчика движущейся среды).

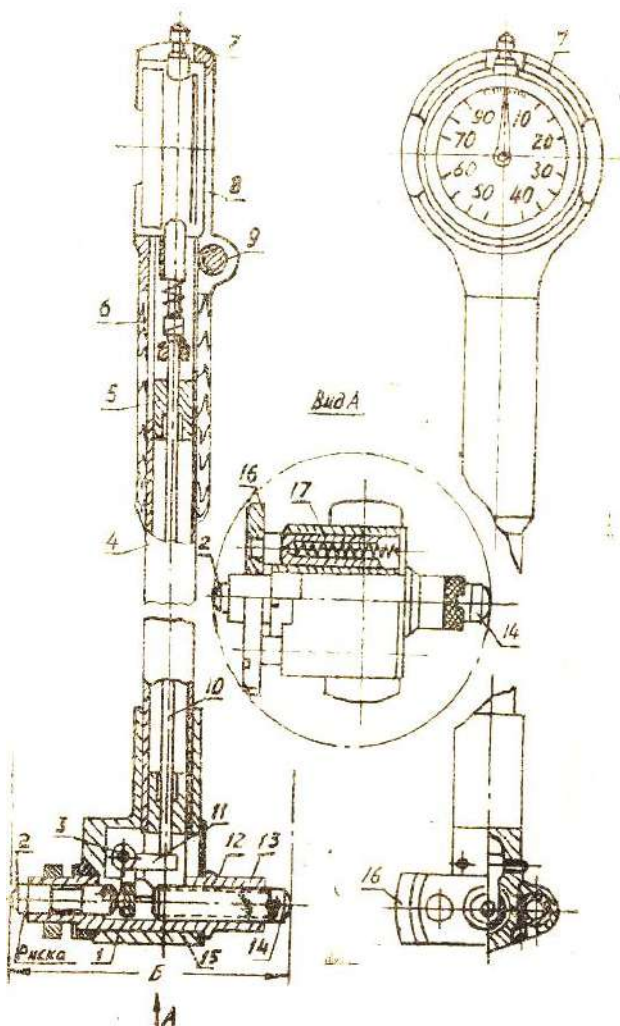


Рисунок 4.14. Индикаторный внутренний измеритель (с рычажной передачей). 1-шар; 2-подвижный стержень; 3-ремень (ось); 4-патрубок; 5-теплонепроницаемый ряд; 6-пружина; 7-кожух; 8-индикатор; 9-стопорный винт; 10-стержень; 11-двухколенный рычаг; 12-втулка; 13-стопорная гайка; 14-сменный стержень; 15-корпус; 16-центрирующий мостик; 17-пружина.

Из этих наиболее распространенных рассмотрим некоторые электрические методы и средства измерения скорости и расхода.

Расходомер тахометрический

Доля аналоговичных приборов (Turbine Flowmeter) в общем наборе различных расходомеров составила около 10%. Тахометрические расходомеры делятся на два типа: роторные и безроторные.

Работа устройства первого типа основана на измерении частоты вращения роторного устройства (турбины или крыла), размещенного в потоке вещества. Второй тип основан на измерении скорости кругового движения шарика в искусственном прядильном потоке измеряемой среды. Принцип действия наиболее простого и распространенного варианта расходомеров однотипного типа основан на пропорциональной зависимости частоты вращения турбин (встроенных в трубопроводную сеть) от линейной скорости движения потока, т. е. значения расхода.

Механическая величина-угловая скорость вала турбины-может быть измерена тахометром (аналоговым или цифровым) или преобразована в электрический сигнал через тахогенератор, который можно легко измерить. Возможно наличие частотно-импульсного выхода.

Также такой сигнал можно очень легко преобразовать в цифровой код. На рис.4.15 показана оптимизированная конструкция шарового расходомера без тахометрического ротора (и соответственно без подшипника).

Подвижным элементом (изготовленным из ферромагнитного материала, например, из стали с полимерным или фторсодержащим покрытием) является шарик, который под действием изгибающего потока измеряемой среды совершает вращательное движение вокруг оси трубопровода.

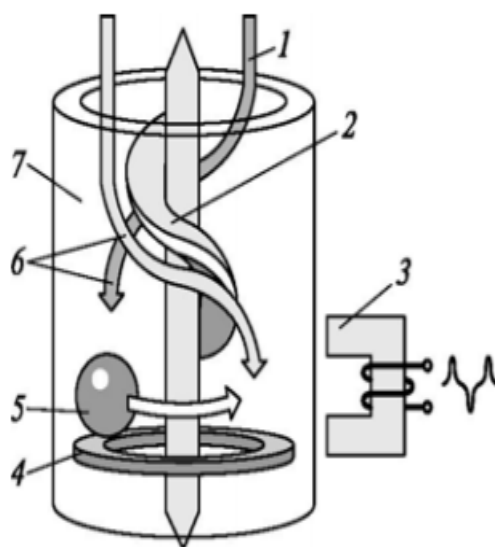


Рисунок 4.15. Тахометрический шаровой расходомер: 1-поток; 2 - неподвижный винт; 3 - индуктивный преобразователь; 4 - кольцо; 5 – шарик; 6-направление потока; 7-подвижный элемент.

Вращение потока обеспечивает жесткую фиксацию неподвижного многовариантного винта по оси трубопровода. Ручка удерживать ограничительные кольца. Угловая скорость движения шарика пропорциональна линейной скорости движения потока (и, соответственно, объемному расходу). Периодическое прохождение шарика рядом с индуктивным преобразователем изменяет магнитное сопротивление магнитопроводящего преобразователя. При этом на выходе преобразователя возникает импульсная последовательность.

Таким образом, индуктивный преобразователь преобразует механическое движение шарика в частоту их электрического сигнала, пропорциональную частоте вращения.

Расходомеры электромагнитные (индукционные)

Уровнемер-устройство для определения уровня содержания в открытых и закрытых емкостях, баках, складах и других контейнерах (рисунок 4.16).

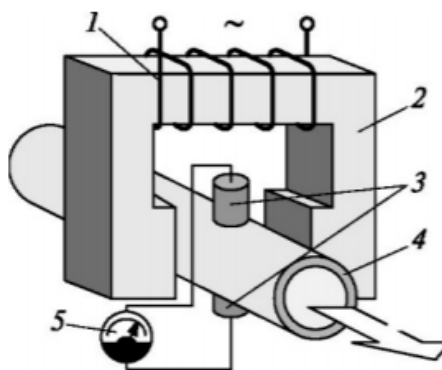


Рисунок 4.16. Расходомеры электромагнитные (индукционные): 1- обмотка; 2-магнитопровод; 3-электроды; 4-трубопровод; 5- измеритель ЭДС.

Содержание относится к различным видам жидкостей, включая газообразующие, а также сыпучие и другие материалы. Уровнемеры также называются датчиками / выключателями уровня, передатчиками уровня. Основное отличие уровнемера от уровнемера заключается в возможности измерения градиентов уровня, а не только его предельных значений.



Уровнемер

Индикатор уровня работает по принципу смещения. По этому принципу длина тела, погруженного в жидкость, соответствует пределам измерения уровня. Стержень сдвига, подвешенный на измерительной пружине, погружается в жидкость, и по закону Архимеда на него действует несущая сила, пропорциональная массе жидкости, вытесненной телом. Изменение силы двигателя точно совпадает с изменением длины пружины, что позволяет измерять уровень. Изменение длины пружины преобразуется магнитной системой в изменение уровня и передается индикатору.

К наиболее распространенным методам измерения уровня, позволяющим преобразовать значение уровня в электрическую величину и передать его значение в системы АРС, относятся:

Контактные методы;

- волновой;
- во всплывающем,
- емкость,
- гидростатическое,

Контактные методы:

- звуковой сигнал,
- чувствование электромагнитным излучением,
- ощущение через излучение.

Это также один из наиболее распространенных в промышленной практике измерений. Около 15% всех стационарных расходомеров мира - электромагнитные (Electromagnetic Inductance Flowmeter).

Электромагнитный (индукционный) расходомер используется для электропроводящих жидкостей и основан на действии электромагнитной индукции. При движении потока электропроводящих жидкостей в магнитном поле он имеет ЭДС. Оптимизированная структура такого расходомера представлена на рисунке 4.16.

В трубопроводе из немагнитного материала течет электропроводящая жидкость, которая проходит через переменное магнитное поле, создаваемое электромагнитом (обмоткой в магнитопроводе). Электроды проходят через стенку трубопровода и контактируют с жидкостью.

По закону электромагнитной индукции в потоке жидкости (в любом перемещаемом проводнике в магнитном поле) возникает переменная ЭДС,

которая оценивается измерителем. Величина ЭДС определяется частотой и индукцией магнитного поля, внутренним диаметром трубы и, конечно, скоростью движения жидкости. Таким образом, найдя скорость и зная сечение трубы, можно оценить потери.

Неточность таких расходомеров находится в диапазоне 1.2%, является менее инерционной, то есть обеспечивает достаточно высокое быстродействие, что особенно важно для определения текущего (мгновенного) значения относительно быстро меняющегося расхода. Также преимущество этих расходомеров в том, что они не изменяют проходное сечение трубопровода, не содержат движущихся частиц, могут работать в грязных и многофазных средах, с агрессивными жидкостями.

Единственным их недостатком является то, что определенный требует электропроводящей жидкости, как правило-не менее 10-8 См/м (см-единица измерения против сименс-ом). Оценка расхода твердых веществ. Для сыпучих мелкодисперсных веществ в вертикальных резервуарах удобно использовать уровнемеры для оценки как текущих, так и интегральных потерь, которые, в свою очередь, могут строиться на различных принципах.

В основном используются сверхзвуковые (УД) и емкостные уровнемеры (рисунок 4.17).

В первом случае (см. рисунок 4.17, а) по величине задержки поступления выходного УД-сигнала определяется расстояние от датчика до поверхности (границы среды) вещества. Такой подход может применяться не только для сыпучих сред, но и для жидкостей с различной вязкостью.

Во втором случае (см. рисунок 4.17, б) используется емкостный датчик уровня, представляющий собой две длинные металлические пластины, достаточно изолированные друг от друга.

Благодаря различной диэлектрической проницаемости воздуха и вещества, заполняющего бункер, можно измерить емкость датчика и оценить текущее наполнение бункера и, соответственно, расход вещества. Такой подход, конечно, подходит только для диэлектрических сред.

К существенным недостаткам этих устройств следует отнести также существенное влияние измеряемой среды на результат измерения.

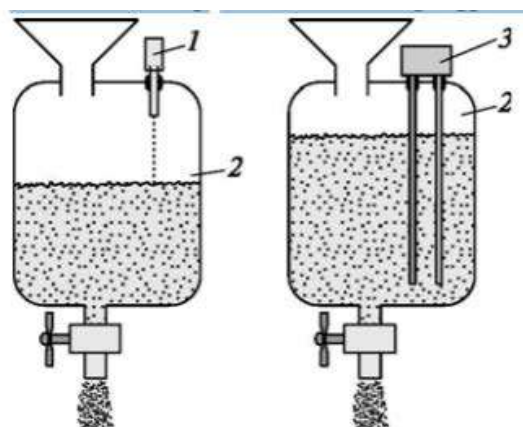


Рисунок 4.17. Расходомеры на основе измерения уровня: а-с помощью сверхзвуковой сигнализации; б-с помощью емкостного датчика уровня; 1-с помощью сверхзвукового датчика уровня; 2-бункера; 3-с помощью емкостного датчика уровня

Тахометры. Для измерения числа оборотов (частоты вращения) и линейной скорости в основном используются цифровые тахометры, обеспечивающие контактные и бесконтактные измерения.

Измерители частоты вращения на английском языке часто называют RPM Measurement Instrument (RPM-Rotation-per-Minute).

По принципу действия и/или режиму работы Все тахометры можно разделить на две группы: контактные (механические) и бесконтактные (оптические, стробоскопические, индуктивные) измерители. При создании тахометров используются в основном три принципа: механический-контактный; оптический (фото)-бесконтактный; стробоскопический - бесконтактный.

Первый подход (Mechanical RPM Method)-классический, основанный на механическом взаимодействии поворотного вала с тахометрическим преобразователем – приемной частью тахометра. Инструменты этой группы, как правило, цифровые технологии 10 000...Обеспечивает измерение частоты вращения в диапазоне до 20 000 мин / об.

Второй подход (Optical/Photo RPM Method) основан на расчете количества импульсов светового потока, отраженных движущимся объектом. Приборы этой группы позволяют измерять значение частоты вращения в очень большом диапазоне (до 1 000 000 мин/об). Кроме того, они более удобны в использовании, чем контактные.

В третьем подходе (Stroboscopic RPM Principle) был использован стробоскопический эффект, состоящий из. Такой прибор периодически издает короткие световые вспышки, частота которых может регулироваться в достаточно больших пределах.

Пользователь добивается от исследуемого объекта, вращающегося с регулировкой частоты, совместимости вспышек с их отражением. Если частота вспышки совпадает (равна или кратна) с частотой вращения объекта, то наблюдателю кажется, что объект неподвижен. Самая высокая из всех

таких частот будет характеризовать частоту вращения. Стробоскопы обеспечивают измерение частоты вращения в диапазоне от 100 до 20 000 мин/об. Данный подход в настоящее время не считается перспективным.

Рассмотрим принцип действия образцового современного прибора-цифрового контактного / бесконтактного тахометра. На сегодняшний день наиболее часто используемым способом частоты вращения и линейной скорости движущихся объектов является трансформация этих величин в частоту применения импульсов, которая затем легко преобразуется в цифровой эквивалент (код). В основном построен принцип популярного цифрового частотомера.

От входного тахометрического преобразователя на вход электронного ключа поступает электрический сигнал импульсного характера, которым управляет таймер (например, $T_0 = 1$ с), периодически контактирующий с непрерывным постоянным временным интервалом. Созданный таким образом ряд импульсов поступает на вход счетчика, содержимое которого t_0 равно числу импульсов, поступающих в конце расчетного интервала. Это число прямо пропорционально частоте входных импульсов. Показания счетчика записываются в буфере запоминающего устройства и хранятся там.

При этом одновременно этот код поступает на цифровое вычислительное устройство (индикатор). Например, если при измерении частоты вращения вала электродвигателя в течение интервала $T_0 = 1$ с на счетчик поступает 40 импульсов и требуется значение соразмерности «обороты за минуту», то прибор автоматически производит масштабирование и результат на индикаторе записывается следующим образом: «2400 мин/об».

Современные тахометры, как правило, осуществляют два режима измерения: контактный и бесконтактный. Первая основана на механическом взаимодействии (контакте) движущегося объекта и инструмента, вторая – на оптическом воздействии (прямолинейное распределение света, отражение и поглощение различными поверхностями).

Световой излучатель и фотоприемник прибора взаимодействуют друг с другом через изменяющееся состояние исследуемого объекта. Бесконтактные методы и средства, безусловно, приемлемы, так как обеспечивают невмешательство в работу исследуемого объекта и дают оператору максимальную свободу в процессе эксперимента. На рисунке 4.18 возможности этих режимов (контактного и бесконтактного) показаны на примере измерения частоты вращения вала.

В контактном режиме применяется несложная, простая механическая насадка, которая плотно прижимается к боковине вала вдоль оси вращения. При этом измеряемая величина (частота вращения вала) передается на внутренний тахометрический преобразователь цифрового измерительного прибора, который отображает конечный результат в виде десятичного кода на цифровом вычислительном устройстве.

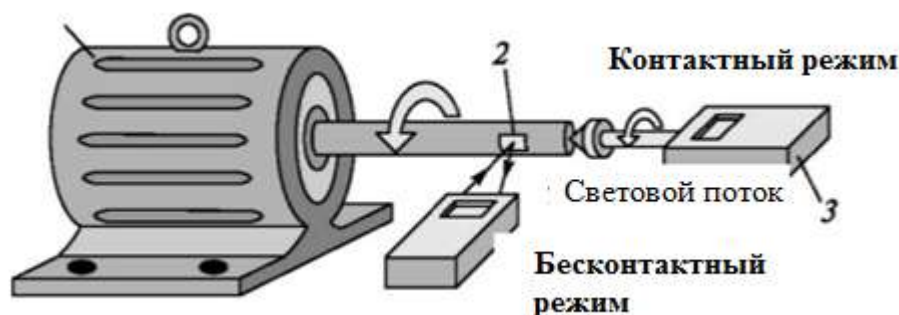


Рисунок 4.18. Режимы контактного и бесконтактного измерения частоты вращения: 1-двигатель; 2 - светоотражающий сигнал; 3 - тахометр.

Бесконтактный режим осуществляется следующим образом: на корпусе прибора расположены излучатель непрерывного узконаправленного светового потока (или лазерное излучение) и фотоприемник, который принимает отраженный от объекта световой (или лазерный) поток. Если отраженный поток периодически прерывается, то расчет числа импульсов светового потока дает оценку частоты следования импульсов. Если световые импульсы создаются за счет отражения потока от перемещаемого светоотражающего (контрастного или мерцающего) знака, приклеенного к вращающемуся валу, то количество таких импульсов в единицу времени прямо говорит о частоте вращения вала. При этом расстояние от прибора до вала может изменяться в существенных пределах (например, до 1 м).

С помощью современных тахометров, как правило, можно измерить и линейную скорость движения некоторых объектов. При этом реализуется контактный режим измерения.

Наконечник установки плотно крепится к возбуждаемой поверхности (например, к несущей ленте) и входная линейная скорость изменяется пропорционально частоте вращения наконечника установки, после чего автоматически пересчитывается (с использованием известного значения диаметра наконечника установки) на требуемое значение линейной скорости движения объекта.

В бесконтактном режиме тахометр можно использовать несколько иначе, например, для расчета однородных непрозрачных предметов (коробок, пакетов); измерения временного интервала; оценки частоты вращения лопасти вентилятора; расчета количества вспышек света и др.

Частота вращения и линейная скорость приведены ниже основные характеристики образцовых представителей контактных и бесконтактных современных приборов.

Частота вращения, мин / об	1...99 999
Линейная скорость, м / мин	1.19 999
Временной интервал, с	0.01.99 999
Количество событий (в режиме счетчика)	1.9 9999
Диапазон рабочих температур, °С	0.+50
Источник питания прибора	9 В батарейка

Основными преимуществами таких приборов являются малый объем и малый вес (Hand Held), простота и удобство в выполнении измерений, наличие количественного расчета результатов (четырёх -, пятиразрядный дисплей), наличие различных режимов работы, возможность сохранения конечного результата измерений, автономное питание.

Сверхзвуковые методы и средства измерений. В настоящее время для измерения скорости и расхода жидкости широко используются сверхзвуковые методы и инструменты.

В 20-е годы 20 века в связи с развитием радиотехники и радиовещания начался новый этап развития акустики. Возникла необходимость преобразования звуковых сигналов в электромагнитные и наоборот.

В связи с техническим спросом появились новые направления использования акустики, например, новое направление акустики — метод ультразвукового исследования структуры вещества (молекулярная акустика). Мощное ультразвуковое исследование стало не только средством исследования, но и средством воздействия на вещество. Это послужило основой для развития ультразвуковой технологии. В 60-70-е годы в результате исследования гиперзвука (свыше 1 ГГц) ускоренно развивались области акустической электроники и акустической оптики, а также психофизиологическая акустика.

Доля стационарных, а также переносных сверхзвуковых расходомеров (Ultrasonic Flowmeter) в общей массе расходомеров составляет около 10%.

Ультразвуковые (УЗ) методы и средства измерений отвечают требованиям, присущим экстренному исследованию, так как не требуют «врезки» в трубопроводе, остановки технологического процесса, закрытия вентилей, снятия нагрузки и т.д.

Поэтому эти методы и средства не являются инвазивными методами. Датчики автономных переносных приборов-съёмные. Они легко монтируются и снимаются на наружной поверхности трубопровода, поэтому все время подготовки к эксперименту занимает всего несколько минут.

Использование УЗ-измерителей скорости и расхода дает ряд важных преимуществ:

- в трубопроводе не возникает перепада давления и не происходит какого-либо влияния прибора на поток;
- детали прибора не имеют возможной коррозии;

- не имеет движущихся частей (и, как следствие, не имеет изнашиваемых деталей, обеспечивается высокая надежность и более длительный срок службы приборов);
- простота работы с автономными приборами (установка, транспортировка, замена).

Кроме того, важными приоритетами УЗ-приборов являются большой диапазон измерения скорости и расхода, потенциально большой диапазон трубопровода, достаточно высокая точность, хорошие эксплуатационные характеристики. Самый главный недостаток УЗ-измерителей – относительно высокая стоимость (как следствие сложной их конструкции). В современных УД-измерителях используются два метода, основанные на двух разных принципах измерения скорости потока (рисунок 4.19):

- Измерение разности времени задержки распространения УЗ-сигнала (Transit Time Technology) в движущихся средах;
- Измерение изменения частоты УЗ-сигнала, отраженного от движущихся частиц на основе эффекта Доплера (Doppler Effect Technology). В первом методе измеряется интервал времени задержки распространения УЗ-сигнала в движущихся средах. Эта задержка зависит от направления и скорости движения среды (потока). В А-версии рисунка 4.19 приведена версия этого метода. На трубопроводе (поочередно действующие в роли излучателя и приемника сигнала) устанавливаются два приемника-датчика.

Ультразвуковой сигнал, излучаемый тем же датчиком и проходящий через среду в направлении движения потока (как правило, его частота составляет 0,1... 1 МГц) от положительного датчика, достигающего в течение длительного времени задержки до приемника, приемник (положительный) достигает датчика в течение меньшего времени задержки, чем сигнал, идущий впереди потока (против потока).

Измерив разность интервалов задержки времени прохождения этих сигналов, т. е. Δt , можно оценить скорость движения среды и затем, зная внутреннее сечение трубопровода, рассчитать потери. Электронная начинка аппаратуры в этом методе, конечно, должна быть достаточно быстродействующей, так как Δt требует высокой решающей способности при измерении очень малых временных интервалов – единиц наносекунд ($1 \text{ нс} = 10^{-9} \text{ с}$). Расход рассчитывается как выражение скорости во внутреннем сечении трубопровода в месте установки датчиков. Метод измерения времени задержки лучше всего подходит для чистых жидкостей без примесей, то есть гомогенных (гомогенных).

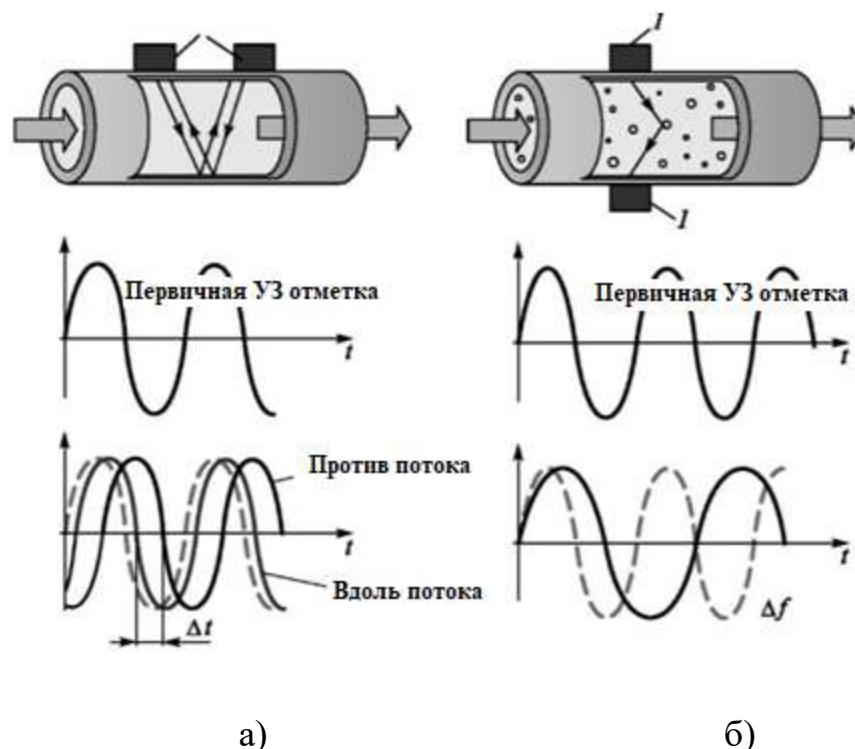


Рисунок 4.19. Принципы УЗ-измерения скорости потока: а-временной; б -частотной

Второй метод (см. рисунок 4.19, б) основан на эффекте доплера, который очень популярен в физиках-эффекте изменения частоты сигнала, отражаемого от движущегося объекта. В настоящее время широко используются цифровые доплеровские УЗ расходомеры (Digital Doppler Ultrasonic Flowmeter).

Сигнал известной частоты распространяется в жидкой среде, отражается от движущихся в потоке твердых частиц, пузырьков воздуха, местных различий в плотности среды и т. д.

УЗ-сигнал, отраженный от движущихся частиц, преобразуется из временной области в частотную путем преобразования Фурье (Fourier Transform). Потому что если спектр отраженного сигнала достаточно большой, то будет усредненная частота.

Далее рассчитывается разность усредненных частот, полученных от исходного сигнала (сигнала передатчика) и отраженных сигналов. Эта разность далее используется для определения скорости движения потока и затем для расчета потерь.

Образцовый современный микропроцессорный УЗ-измеритель скорости и расхода является портативным прибором. Он позволяет измерять мгновенный (текущий), а также суммарный расход жидкости в течение некоторого периода времени. Съемные датчики прибора легко устанавливаются на поверхности трубопровода. Подготовка к замеру занимает 3-5 минуты.

Основные характеристики образцовых УЗ-измерителей

Внутренний диаметр трубопровода, м	.....	до 2000
Материал стенки трубы	.....	Сталь, нержавеющая сталь, чугун, медь, пластик, бетон
Скорость потока, м/с	.....	До 10 (в зависимости от размера трубы)
Неточность, %	.....	3...5
Диапазон рабочих температур С	.....	-30... +200
датчиков .....	.....	0 ...+50
приборов		
Источник питания	.....	Аккумулятор емкостью 1,0 Ач (10 с постоянно действующий) или адаптор сети питания 220 В
Вес	.....	2...3
Отображение данных	.....	Жидкокристаллический цифровой индикатор; величина аналогового сигнала 4,20 или цифровой выход-последовательный интерфейс RS-232 л / мин, л/с, м ³ /с и др. м, л ³

Сверхзвуковой толщиномер. В экспериментах по измерению расхода фактический внутренний диаметр трубопровода (ИД) должен быть достаточно хорошо известен (или, по возможности, четко определен), так как расход вычисляется человеком или микропроцессором прибора на основе автоматического измерения скорости и значения ИД, введенного оператором. Поэтому ошибка при определении ДВ может быть источником значительной неточности при определении потерь. При этом к совокупной относительной неточности потерь относится кратная относительная неточность задачи ИД.

Доступ к нему возможен только с одной стороны, измерение толщины стенок объекта (трубопровода, резервуара, стенки котла и т.п.) Или стенок емкости под давлением или стенок емкости в опасной среде (агрессивной) может осуществляться с помощью сверхзвукового толщиномера.

Принцип измерения толщины L заключается в измерении времени прохождения ультразвука At в исследуемом объекте и последующем умножении этого временного интервала v на скорость прохождения ультразвука в данном материале (рисунок 4.20):

$$L = A \, tv \quad (4.12)$$

Данный принцип широко применяется в неразрушающих методах и приборах контроля. При создании УЗ-толщиномеров, как правило, используются пьезоэлектрические датчики, при передаче на них зимних электрических импульсов излучают звуковые волны (т. е. УЗ) с частотой,

значительно превышающей высокую границу диапазона, воспринимаемого человеческим ухом. Частота сигнала, излучаемого датчиком, может составлять 1,20 МГц.

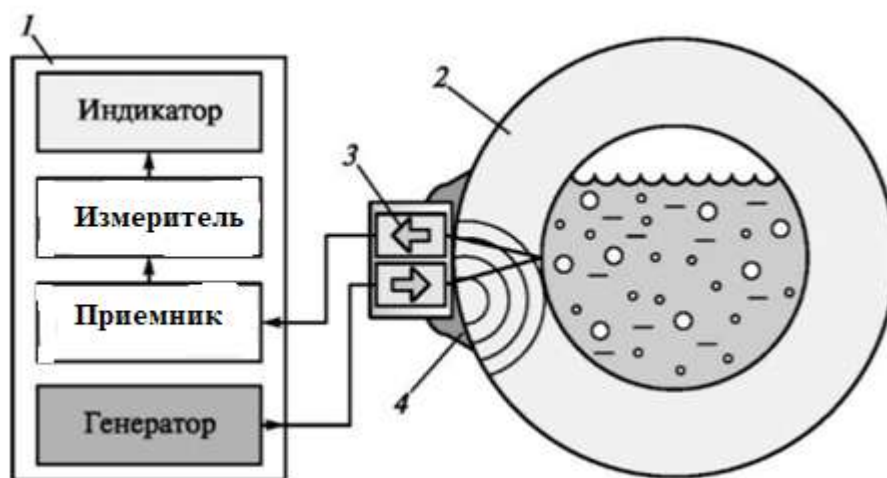


Рисунок 4.20. Принцип действия УЗ-толщиномера: 1-ультразвуковой толщиномер; 2-трубопровод; 3-датчик; 4-гель (паста)

Ультразвуковые сигналы, создаваемые генератором, поступают в пьезоэлектрический излучатель, далее проходят через внешнюю поверхность объекта, распространяются телом объекта и отражаются от его внутренней поверхности. Датчик приемника принимает отраженный УЗ-сигнал, преобразует его в электрический сигнал и передает его измерителю, где происходит преобразование временного интервала Δt в результат измерения толщины L .

Для измерения отверстия с помощью индикаторного внутреннего измерителя индикатор опускается вниз до тех пор, пока индикатор индикатора 0,01 мм, установленный на верхней части трубы, не сделает один оборот, и в этом положении индикатор фиксируется гайкой. В зависимости от нормального размера измеряемого отверстия внутренний измеритель закручивает в отверстие корпуса сменную измерительную установку.

Основные технические характеристики образцового сверхзвукового толщиномера

Диапазон измеряемой толщины, мм	.....	0,5...200 (0,02 мм кадаммен)
Диапазон рабочих температур, С	.....	+10.+50
датчиков	.....	до +200
приборов	.....
Источник питания	.....	9В батарейка (50 часов непрерывного работы)
Вес прибора, г	.....	500
Отображение данных	.....	Цифровой индикатор жидкого кристалла

Классы точности средств измерений. Класс точности-это обобщенная метрологическая характеристика СИ, определяемая предельными признаками допустимых основных и дополнительных погрешностей. Классы точности различных СИ ГОСТ 8.401—80. «классы точности средств измерений. Общие требования» могут быть даны по-разному. Настоящий стандарт утверждает распределение си по классам точности, способы нормирования метрологических характеристик, комплекс требований, зависящих от класса точности СИ, а также установление классов точности.

Пределы допустимых погрешностей ПУ выражаются в виде абсолютных, относительных или приведенных погрешностей (табл.4.4). Если погрешность СИ носит аддитивный характер, то класс точности задается основным абсолютным или классом точности приведенной погрешности (варианты 1 и 2 таблицы 4.4). Если погрешность ПУ носит мультипликативный характер, то класс точности задается порогом основной относительной погрешности (вариант 3 таблицы 4.4). Если погрешность имеет как аддитивную, так и мультипликативную составляющие, то класс точности может быть задан пределом абсолютной погрешности (вариант 4 таблицы 4.4)или пределом основной относительной погрешности (вариант 5 таблицы 4.4).

Классы точности простых измерительных приборов невысокой точности, например, щитовых стрелочных вольтметров, задаются пределом основной приведенной погрешности (вариант 2 в таблице 4.4). Для самописцев характерна передача класса точности с пределом основной относительной погрешности (вариант 3 в таблице 4.4). Для средне-и высокоточных ПУ используются варианты 4 и 5 таблицы 4.4. Например, для мостов, компенсаторов, цифровых измерительных приборов, как правило, используется 5 вариантов из таблицы 4.4. Наиболее распространенным (и одновременно наиболее понятным) во всем мире видом передачи ошибок для современных цифровых ПУ является вариант 4 в таблице 4.4.

Таблица 4.4. Предел погрешности простых измерительных приборов не высокой точности

Вариант	Вид отображения	Формула
1	Предел основной абсолютной погрешности	$A_n = \pm a$
2	Предел основной приведенной погрешности, %	$\delta_n = \frac{a}{X_n} = \pm$
3	Предел основной абсолютной погрешности, %	$\delta_n = \frac{a}{X_n} = \pm$
4	Предел основной абсолютной погрешности	$A_n = \pm(a + bX)$
5	Предел основной абсолютной погрешности	$\delta_n = \pm \left(\frac{a}{X_n} + \frac{bX_n}{X_n} \right) = \pm$

Примечание. X_n -нормирующее значение СИ; X -действительное значение измеряемой величины; X -измеренное значение измеряемой величины; X_k -конечное значение диапазона измерений СИ; a, b, c, d, p, q - постоянные коэффициенты - 1-10"; 1,5-10"; (1,6-10"); 2-10"; 2,5-10"; (3-10"); 4-10"; 5-10"; 6-10" абстрактное положительное число, выбираемое подряд, где $n = 1, 0, -1, -2$ и т.д.

При этом в пределах основной абсолютной погрешности D_n имеют как аддитивную ($\pm a$), так и мультипликативную ($\pm bX$) составляющие:

$$D_n = \pm(a + bX), \quad (4.13)$$

где X -значение измеряемой величины; a и b -постоянные коэффициенты. На рис.4.25, а показаны аддитивные, мультипликативные составляющие и абсолютная сумма погрешности, а на рис. 4.25, б-сумма относительной погрешности этих составляющих. Тип передачи класса точности с абсолютным порогом погрешности с аддитивной и мультипликативной составляющими может иметь несколько вариантов записи. например, класс точности цифрового термометра может быть задан следующим образом:

$$D_n = \pm(0,5 \% \text{ результат} + 2 \text{ КТР единица}),$$

где КТЗР-малый маркировочный разряд. Первая сумма здесь является мультипликативной, а вторая – аддитивной ошибкой. Другой пример-цифровой мультиметр в режиме измерения переменных напряжений будет иметь класс точности, определяемый выражением ниже.

$$D_n = \pm(1,0 \% \text{ результат} + 0,5 \% \text{ диапазон измерений}) \quad (4.14)$$

Для зарубежной аппаратуры (для англоязычной литературы) характерно снижение класса точности:

$$D = \pm(aFS + bR) \quad (4.15)$$

где FS (FullScale) – верхнее значение диапазона измерений; R (Reading) – результаты измерений (подсчет); a, b - постоянные коэффициенты.

Классы точности контрольно-измерительных приборов

Контрольно-измерительный прибор-измерительный прибор, предназначенный для получения значений измеряемой физической величины в заданном диапазоне. Чаще всего имеется в виду измерительный прибор для получения сигнала измерительной информации в виде, который может быть непосредственно принят оператором.

Предназначение контрольно-измерительного прибора заключается в целенаправленном изменении исследуемых величин в вид, удобный для конкретного применения (или непосредственного восприятия) машиной или человеком.

Контрольно-измерительные приборы и автоматика (КИПиА) включают в себя большую группу производственного оборудования для автоматизации технологических процессов.

Контрольно-измерительные приборы в первую очередь используются для измерения различных параметров технологических процессов и являются основой всех современных систем автоматического управления.

Все контрольно-измерительные приборы можно разделить на несколько групп по следующим признакам:

- фамилия измеряемой величины;
- метод подсчета;
- тип шкалы;
- метрологическое назначение.

По типу измеряемой величины различают следующие группы контрольно-измерительных приборов:

- приборы для измерения линейно-угловых величин (линейки, рулетки, транспортеры, уровнемеры, микрометры, штангенциркули);
- техника взвешивания:
 - 1) Размеры массы (гири);

- 2) весоизмерительные приборы (весы);
- приборы для измерения температуры
- 1) контактный метод (термометры);
- 2) бесконтактный метод (тепловизоры, пирометры);
- приборы для измерения давления, а также потока вещества (деформационные манометры, дифференциальные манометры, преобразователи давления, расходомеры);
- приборы химического анализа (газоанализаторы, рН-метры, алкометры);
- электроизмерительные приборы (амперметры, вольтметры, омметры);
- геодезические приборы (оптические нивелиры, лазерные плоскостроители, поворотные нивелиры, оптические теодолиты, электронные теодолиты);
- устройства для измерения физических и химических величин (анемометры, влагомеры, гигрометры, гидрометры);

По способу обратного отсчета все контрольно-измерительные приборы можно разделить на следующие группы:

- относительные устройства-при измерении этими устройствами необходимо присутствие человека, который сравнивает измеряемую величину с величиной, эталонной величиной (например: ручные весы);
- индикаторные устройства-значение измеряемого параметра измеряется с помощью считывающего устройства (например: определитель диапазона);
- регистрирующие устройства-значения измеряемой величины записываются в них непрерывно или с отдельным интервалом (например: логгер);
- агрегатные устройства или интеграторы-они непрерывно добавляют мгновенные значения измеряемого параметра (например: счетчик электроэнергии);
- комбинированные приборы-они могут одновременно отображать и записывать значение измеряемого параметра (например: секундомер).

По типу шкалы все приборы можно разделить на следующие группы:

- цифровой;
- аналоговые:
 - 1) линейная шкала;
 - 2) дуговая шкала;
 - 3) профиль шкальный;
 - 4) барабанная шкала;

Такие шкалы могут быть подвижными и неподвижными, равномерными и неравномерными. Для метрологических целей различают эталонные и рабочие контрольно-измерительные приборы.

Рабочий контрольно-измерительный инструмент-измерительный прибор для измерений, не связанных с заменой единицы измерения на другие средства измерений. Эталонные устройства предназначены для замены

единицы измерения на другие средства измерения, что означает, что это основная задача проверки. Поэтому справочные устройства еще называют средствами проверки. Средства поверки-стандарты, калибровочные установки и другие средства измерений, применяемые при поверке в соответствии с установленными правилами.

Под классами точности контрольно-измерительных приборов понимается совокупность характеристик средств измерений, которая определяется допустимыми пределами основной и дополнительной погрешностей и совокупностью других свойств, влияющих на точность измерений.

Классы точности устанавливаются стандартами для каждого вида средств измерений, в стандартах указываются метрологические характеристики средств и их нормирование. Способы определения класса точности «Классы точности составляющих измерений ГСИ. Общие требования» приведены в ГОСТ. Основание для установления класса точности зависит от способа передачи пределов погрешности. Под основной ошибкой понимается сумма систематических и случайных ошибок использования средства измерений в нормированных условиях. Допустимые пределы абсолютной основной ошибки (одночленные или) могут быть даны. Допустимые пределы погрешности обычно лучше представить в виде приведенных или относительных ошибок.

Если измерительный диапазон (объем) измерительного прибора может измеряться при нулевом значении измеряемой величины, то относительная погрешность даже при соответствующей точке шкалы к нулевому значению превращается в бесконечность. В этом случае используется понятие «Приведенная ошибка (y)», приведенная ошибка равна отношению абсолютной ошибки измерительного прибора к какому-либо нормирующему значению. В качестве нормирующего значения принимается значение, относящееся к заданному виду измерительных приборов, например, диапазон измерения, верхний предел измерения, длина шкалы и т. д.

Под нормированием понимается определение отклонения фактических значений метрологических характеристик средств измерений от их номинальных (фактических) значений только до допустимых пределов. Нормированием метрологических характеристик обеспечивается их взаимозаменяемость и уникальность измерений. Нормируемые условия действия и условия работы средств измерений указываются в их нормативно-технических документах. В нормативно-технических документах функция номинального воздействия, допустимые пределы отклонения от нее и функция предельного воздействия обозначаются в виде числа, формулы, таблицы и графика.

Существует 3 различных способа нормирования основных погрешностей измерительных приборов и измерительных преобразователей:

1) нормирование средств измерений либо преобразователей измерений путем присвоения допустимого основного Абсолюта или пределов приведенной погрешности, которые постоянны в пределах всего диапазона;

2) нормирование форм и с присвоением пределов допустимой абсолютной или относительной погрешности;

3) нормирование с присвоением постоянных пределов допустимой основной ошибки.

Первый подход широко применяется при нормировании основной погрешности узких средств измерений. Два других подхода (2) часто применяются к измерениям, проведенным с помощью широкополосных инструментов. Для средств измерений, допускаемых с относительной погрешностью, назначаются классы точности; классы точности выбираются из ряда Р-чисел и равны значениям соответствующих пределов, полученным в процентах. Например, класс точности средств измерений с погрешностью $\sigma = 0,002$ был установлен как 0,2. Допустимые пределы приведенной основной погрешности классы точности нормируемых средств измерений обозначаются одной цифрой, а цифра выбирается Р-последовательно и принимается в процентах. Например, если $y = 10,005 = 10,5\%$, то класс точности обозначается как 0,5.

Пределы допустимой погрешности классы точности средств измерений, передаваемые графиком, таблицей или сложными функциями измеряемой величины, обозначаются римской цифрой или латинской буквой. При этом буквы обозначаются индексами, написанными арабскими цифрами. Чем меньше допустимых пределов ошибки, тем ближе буквы к началу алфавита, а цифры тем меньше. Недостатком такого обозначения класса точности является лишь его обусловленность.

Наряду с нормированием основных погрешностей средств измерений с классами точности нормируются допустимые пределы их дополнительных погрешностей; дополнительные погрешности нормируются как удельные или кратные значения основных погрешностей и для каждой из действующих величин.

Под физическим измерением понимается обобщенная характеристика каждого объекта в соответствии со своими особенностями, а над качеством – более. В зависимости от условий протекающих в них процессов к единицам измерения относятся свойства их свойств, количественные величины и единицы измерения. Единицы измерения отражают стоимость качества вещей.

В силу своих физических свойств физические системы отражают условия протекающих в них процессов. Наука метрология занимается изучением единиц измерения этих физических величин. Каждая часть может быть выражена в различных условиях физического количества предметов. Например; количество строк, напряжений, токов. Размеры показателя, соответствующие количественной величине качества каждой физической величины, называются физическими единицами измерения. Каждая единица измерения может быть выражена через количество единиц. Например: если мы обозначим Q измеряемых величин, обозначим U_1 – их единицы измерения, обозначим их связь буквой n_1 .

$$Q = n_1 \cdot U_1 \quad (4.16)$$

У них тоже разные единицы измерения. Например: есть разница в килограммах и фунтах.

Измерения и их виды.

Количественный размер единицы измерения Q_i . Например: масса подлежит комбинированному измерению.

Если Q_j является единицей измерения различных физических величин, она подлежит единому измерению.

Поставив числовую величину прямого и косвенного измерений, Преобразуя уравнение (1), получим следующее уравнение:

$$F_i(Q_1; Q_2; Q_3; Q_J \dots Q_m) = 0 \quad (4.17)$$

где $i=1, 2, 3 \dots n$

Это уравнение называется условным уравнением. $n > m$

Если $Q_i, J = 1, 2, 3 \dots$ в случае, равном числу m , неизвестное определяет приблизительную единицу измерения Q_i .

Можно вычислить по известным уравнениям физической величины, определяемым путем прямого измерения. Например: определяемая величина Q_z равна сумме 2 величин (Q_x и Q_j)

$$Q_z = Q_x + Q_j \quad (4.18)$$

Физические величины, определяемые прямым измерением Q_x и Q_j , могут быть выражены следующим выражением, что сумма, включая системные отклонения, измеряется косвенно:

$$Z - \lambda_z = x - \lambda_x + y - \lambda_y \quad (4.19)$$

Обработав их выводы прямым измерением X и y , находим случайные отклонения λ_x, λ_y средней величины.

$Z - \lambda_z$ - числовые величины, полученные путем вычисления случайных отклонений путем косвенного измерения.

Штриховые размеры длины подразделяются на 4 типа различной формы (таблица 4.5). Кромка одномерных размеров состоит из двух штрихов. Шкалы многомерных размеров устанавливают шкалы на 1 дм, 1 мм, 0,2 мм, 0,1 мм полной длины или по краям.

4.5 таблица. Характеристики и типы длин штриховых размеров

Тип	Формы пересечения на краю	Номинальный размер шкалы	Класс точности
I		160... 1000 1400... 2000	0, 1, 2
II		60... 1000	
III		250... 2000	4, 5
IV		1000	5

Длины штриховых размеров используются при измерении линейных размеров и смещений. Используются на шкалах приборов и станков, на линейках, измеряемых в идентификационных измерениях при поверке длины измерений, на шкалах приборов, станков, машин и линейных.

Делительную ценность на шкале штрихового размера с общей длиной проверяют специальными оптическими приборами, делительную ценность на соответствующих штриховых длинах через микроскоп 0,001 мм, компараторы. Измерения допускаемых отклонений длины Δ микрометром на номинальное значение, интервальной шкалы L (м) и различных классов определяются по следующей формуле.

$$0-\Delta=(0,5+0,5L); 1-\Delta=(1+L); 2-\Delta=(2+2L); \quad (4.20)$$

$$3-\Delta=(5+5L); 4-\Delta=(10+15L); 5-\Delta=(20+30L); \quad (4.21)$$

Длины измерений плоской параллели состоят из параллелепипедов на двух параллельных измеряемых поверхностях. Их длины L приходится на значение измерительной длины. Конструкции и необходимые размеры длины приведены на рис. 7, а измерительные длины $L = 0,1 \dots$ Через интервал 1000 мм определяется интервал-градиент и 0,001; 0,005; 0,01; 0,1; 0,5; 1; 0; 20; 25; 50; и будет равен 100 мм. Длины рабочих измерений рассчитаны на указанные корректирующие и идентификационные размеры измеряемого прибора, на различные измеряемые длины изделия и на работы, требующие точности. Измерения и поверки, требующие точности менее первого эталона идентифицированных размеров, необходимы для градуировки измерительного прибора длины. Рассмотрим нормированные параметры размеров. Длины измерений соответствуют длине перпендикуляра любого измеряемого признака. Для этого из заданной точки следует провести на противоположную поверхность. Отклонения длин измерений-наибольшее в абсолютном значении многообразие размеров в любой точке и номинальных длин. Отклонения плоскопараллельных размеров наиболее распространены между наибольшими и наименьшими длинами.

Последние изменения-это свойство придает измеряемым поверхностям взаимное сцепление между собой или при укладке прямых стеклянных пластин на одно измерение с последующим одномерным. Это свойство объясняется очищением поверхностей в молекулярном притяжении, оставлением размеров при длине № 0,02 мкм и при очистке бензином. Изменения не включают в себя получение оборудования, необходимого для измерений. Размерность измерительного блока Lc, равная длине присоединенного к нему измерения. Максимально допустимые отклонения длины блока сравнивают с выполненными размерами. Конечная длина измерения выполняется набором и обеспечивает блок измерения для одного интервала 1 мкм и других размеров.

Наиболее распространенным типом в машиностроении является набор N 1,83 и набор N3 с размером 112 набор будет иметь 2 парных дополнительных размера, и они будут защищать важный размер, постоянно опираясь одной стороной на блок, чтобы избежать отклонений.

Выбор размера блока в соответствии с заданными критериями происходит в следующем порядке расположения.

1. Выбирается наименьший размер.

2. Из выбранного размера вычислим размер блока и вычислим остаток.

Выбирается размер с наименьшим остатком, рассчитывается новый остаток и т.д. из состава всех указанных инструкций выбирается блок с наименьшим размером. Длины конечных размеров шесть классов точности 00; 01; 0, 1; 2; 3; - да, - ответил он. Для измерения разработана точность 4 и 5 классов для тех, кто находится в эксплуатации.

Длину допускаемых отклонений можно определить по формулам, указанным в таблице 4.6.

Таблица 4.6. Конечный размер показатель класса точности длин

<u>Класс точности</u>	<u>Допустимые отклонения мкм (L, m)</u>		<u>Изменения N3, направляемые за 1 год</u>
00	0,05+1L	0,05+0,2L	0,02+0,2L
01	0,15+3,5L	0,05+0,2L	
0	0,1+2L	0,09+0,3L	0,02+0,5L
1	0,15+3,5L	0,14+0,5L	0,05+1L
2	0,3+8L	0,27+0,7L	
3	0,7+16L	0,3+0,7L	
4	1,7+30L	0,6+0,9L	—
5	3,5+35L	0,6+0,9L	

Для уменьшения отклонений последние размеры делают из высококачественной стали. Степень конечных измерений, полученная в качестве примера, определяется аттестацией действующих конечных измерений, соответствующих классу точности.

Угловые призматические размеры

Наиболее точным методом измерения угла является живое угловое призматическое измерение. Они предназначены для измерения от эталона примера до прямого угла, размеров рабочего угла и прибора, измерений и углов изделия.

Рабочие углы находятся между измерительными поверхностями α , β , γ , δ и угловыми плитками I, II, III, между нормированными измеряемыми поверхностями –угол призмы типа IV, между рабочими гранями и измерениями типа V. Число ограниченного угла призмы $n=4\dots$ Может быть 15.

Плитка представлен в наборе. Порядок создания части плитки будет таким же, как и длина последнего размера. В верхней части плитки имеется отверстие, через которое плитка соединяется с блоком.

Угловая плитка и плитка внутри нее используются для измерения методом «света». Измеряемые края измерений сопоставляют поверхность изделия и измеряют величину освещенности между ними. Содержит измерительную длину 2, стеклянную пластину 3, обернутую рекальной линейкой 1. При хорошей освещенности 4мкм можно определить отклонения до-1мкм.

Угловые размеры производят 3 класса точности: 0, 1, 2. многоугольные призмы могут иметь класс 00. Допускаемые угловые отклонения тип I, II, III $\pm 3''$, для класса 0 $\pm 10''$, для класса 1 $\pm 30''$, для класса 2.

Отклонения угла многогранной призмы $\pm 2''$, $\pm 5''$, $\pm 10''$, $\pm 30''$ измерения типа IV применяются при проверке синусовых линеек и выполняются с классом точности 1 (отклонение $\pm 10''$).

В качестве примера приведено 4 разряда на угловые размеры. Отклонения в угле допустимого измерения равны $\pm 0,3''$ в 1 разряде, $\pm 1''$ в 2 разряде, $\pm 3''$ в 3 разряде, $\pm 6''$ в 4 разряде. Пример аттестуется с приведением разряда измерений в соответствие с классом точности действующего угла измерения. Данные указания приведены в схеме измерений прямого (по) угла ГОСТ 8.175-75.

Методы измерения универсальными средствами измерений

В методах измерения универсальными измерительными приборами используются штангенциркуль, микрометрические приборы и индикаторные приборы.

К штангелевым инструментам относятся, в основном, штангельциркуль, штангельтереометры, штангельрейс-муссы. Они широко используются для измерения и маркировки детали, когда нет необходимости в очень высокой точности. Инструментом учета является линейный нониус или отрезок вспомогательной шкалы, равный целочисленной части основной шкалы. Числа частей на этом отрезке берутся в основном на одно число больше, чем на шкале.

$$C(n-1) = bn \quad I = c - b$$

Где: С-стоимость части основной шкалы, В-число части шкалы нониуса, n-число части нониуса, i-точность вычисления, b-Когда вы берете значение из уравнения и ставите его в уравнение

$$C(n-1) = (c-i), \Rightarrow i = c/n$$

Для удобного получения расчета шкалы нониуса ее необходимо удлинить или сделать модульной, т. е. основную шкалу шкалы нониуса следует брать больше γ без аппроксимации. Где γ -мера называется модулем шкалы. Это когда

$$C = (\gamma \cdot n - 1) = b \cdot n, \quad i = \gamma \cdot cb$$

Подставляя значение b во второе уравнение, 1-е равное

$$C = (\gamma \cdot n - 1) = (c \cdot \gamma - 1) \cdot n$$

N-получим и найдем из него $i = c / n$. Из результата этого видно, что I не зависит от модуля точности вычислений, в любом случае C-зависит от стоимости бытия, n-от числа делений нониуса. Например, необходимо рассчитать шкалу нониуса по следующим параметрам. Основная шкала стоимость детали $c=1$ мм, точность расчета $I=0,5$ мм модуль нониуса $\gamma=2$, Количество деталей нониуса $n=c/i=1/0,05=20$ - интервал части нониуса.

Термины и определения, касающиеся качества продукции

Технические, экономические показатели качества представляют собой математическую ценность, созданную с целью удовлетворения определенных потребностей. Является результатом производственной деятельности человека. Такие математические стоимостные продукты называются. Изделия бывают в виде изделий или изделий. Изделие-это экземпляр (штукер) или другая учетная единица количественного количества и характера, результат работы предприятия производства. Изделие относится к машинам и инструментам: его элементарным деталям, агрегатам, швейным изделиям, одежде, пирожным, ювелирным изделиям. Продукция производится на производственных предприятиях-металлы, деревья, нефтепродукты, ткани и др. производится. Используются единицы измерения Кг, м, литров, m^2 и др. Результат работы, характеризующийся непрерывным количеством, в зависимости от применяемых методов продукт делится на 2топа.

1. Потребляемый продукт
2. Применимый или реализуемый продукт

Потребляемая продукция расходуется, т. е. сжигается топливо, а материалы превращаются в изделия. Пищевой продукт, применяет работу к

питанию. Ресурсы продукта не применимы. К этому классу относятся все виды машинных приборов. Продукты из вышеперечисленных классов делятся на 5 групп.

1. Природное сырье, топливо, полезные ископаемые, нефть, газ, уголь, строительный материал и т. д.

2. Материалы с продукцией-топливо, прокат, ткани, не вошедшие в первую группу. Пищевые продукты.

3. Расходные изделия - количество упакованные продукты, бочка жидкий продукт смазочный материал, кабели в упаковке и т.д.

4. Не подлежащие ремонту приборы электрические вакуумные и полупроводниковые и др.

5. Изделия, подлежащие ремонту, механизмы машин длительного пользования, приборы, оборудование. В том числе нефтегазовое оборудование, автомобили, тракторы и др.

Каждый вид продукции имеет несколько специфических свойств, которые не похожи друг на друга. Их свойство-подлинная особенность продукта в создании продукта и его применении. Его признак или количественное и качественное свойство. Качественные обозначения характеризуют полуавтоматизацию деталей, использующих способы крепления, сварки, ячеек, завинчивания, цвет, форму, порядок или коррекцию. Количественные признаки или параметрические показатели продукта дают количественный характер персонализированного свойства.

Технико-экономические показатели качества

Истинную оценку качества продукта можно дать только путем описания его свойств с количественной достоверной стороны.

Квалиметрия-область практической и научной работы, занимающаяся разработкой методов с теоретическими основами количественной оценки качества изделия. Качественные показатели продукта количественная характеристика свойства продукта, предполагающая создание благоприятных условий использования или потребления продукта, представляет собой свойство качества продукта. Комплексные показатели качества продукции характеризуют несколько ее свойств. Например: такие показатели характеризуются коэффициентом готовности изделия, т. е. его одновременной ремонтпригодностью и одновременной ремонтпригодностью и безотказностью. Это определяется выражением ниже.

$$K_d = T / (T + T_k) \quad (4.22)$$

где T-время до остановки, T_к-среднее время восстановления.

Интегральный показатель качества получил широкое применение в машиностроении. Один из комплексных показателей, этот показатель представляет собой отношение суммы полезного использования изделия и

затрат на его изготовление и применение. Например: Средство транспортировки - показатель интегрирования качества характеризуется величиной удельного расхода, достигающей $1T = \text{км пробега}$.

$$K_c = (C + \Xi) / \Pi \quad (4.23)$$

где: K_c -комплексный показатель качества.

$$F = (T_k / 1) \quad (4.24)$$

Себестоимость машиностроения $C-1$;

Ξ -расход эксплуатации до капитального ремонта;

Π -пробег за прошедший промежуток времени.

Расчет размерных цепей

В прошлых темах мы рассмотрели взаимное соединение двух деталей - вала и отверстия. Но взаимное расположение осей и поверхностей деталей в машинах и механизмах зависит от множества размеров. Очень трудно определить предел точности всех этих измерений. Поэтому при решении этих задач используется анализ критериев.

Нахождение разумных пределов точности взаимного расположения осей и поверхностей позволяет не только обеспечить их взаимозаменяемость, но и упростить процесс сборки и повысить качество эксплуатации машины. Применение анализа размеров имеет большое значение при машинном ремонте, т. е. восстановлении первоначального взаимного расположения осей и поверхностей.

Размерный анализ основан на расчете и конструировании размерных цепей, в соответствии с ГОСТ 16319-760 «Размерные цепи. Основные варианты. Термины, обозначения и определения». Под размерной цепью понимается совокупность измерений, составляющих замкнутый контур, непосредственно относящийся к решению поставленной задачи по взаимному расположению поверхностей и осей деталей, общих машин или механизмов. Звенья-это размеры, составляющие размерную цепь. Замыкающим называют звено, исходное в задании и последующее при изготовлении или сборке деталей. Остальные звенья называются составителями. Звенья, входящие в цепь, принято обозначать одной буквой русского алфавита. На рис. 6 показано определение взаимного расположения осей и поверхностей различных деталей в узле редуктора и размеры в сборке размерной цепи.

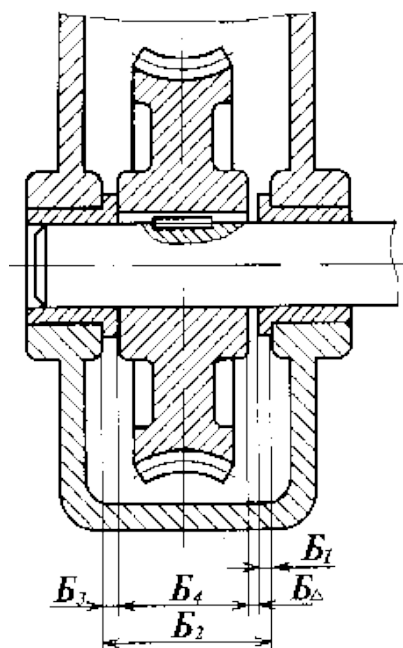


Рисунок 4.21. Сборочная размерная цепь

В качестве примера технологической размерной цепи можно взять размерную цепь ступенчатого валика (рис.4.21). Прием замыкания какого звена в размерной цепи ступенчатого валика зависит от технологии его изготовления. Если вал обрабатывался сначала в диаметре d_1 на длине Γ_1 , затем в диаметре d_2 (Γ_1 - Γ_2) на длине, в конце в диаметре d_3 (Γ_1 - Γ_2 - Γ_3) на длине, то в самом конце находится размер Γ_4 и этот размер является замыкающим. составные звенья оказывают различное воздействие на замыкающее звено.

Например, после удлинения размера B_2 (рисунок 4.21), когда другие размеры остаются постоянными, замыкающее звено увеличивается. Если при увеличении любого из размеров B_1 , B_3 или B_4 размеры других звеньев остаются постоянными, то замыкающее звено уменьшается

На рисунке 4.22 на чертеже ступенчатого валика показано построение размерной последовательности взаимного расположения осей и поверхностей одной детали.

В зависимости от поставленной задачи размерные цепи могут быть конструкторскими, технологическими или измерительными. В качестве примера конструкторской размерной цепи можно взять размерную цепь редуктора (рисунок 4.21). В качестве замыкающего звена в размерной цепи редуктора можно получить зазор между B - червячным колесом и опорной втулкой. Дело в том, что он после изготовления всех деталей с размерами B_1 , B_2 , B_3 , B_4 и их сборки.

Если после удлинения звеньев в звеньях растет, то это называется лупой. Ну а если после удлинения звеньев звеньев становится меньше, то это говорит о уменьшении.

Если звенья являются линейными мерами, то они называются линейными размерными цепями, а если звенья их являются угловыми мерами, то они называются угловыми размерными цепями. Опять будут равнинные и пространственные размерные последовательности.

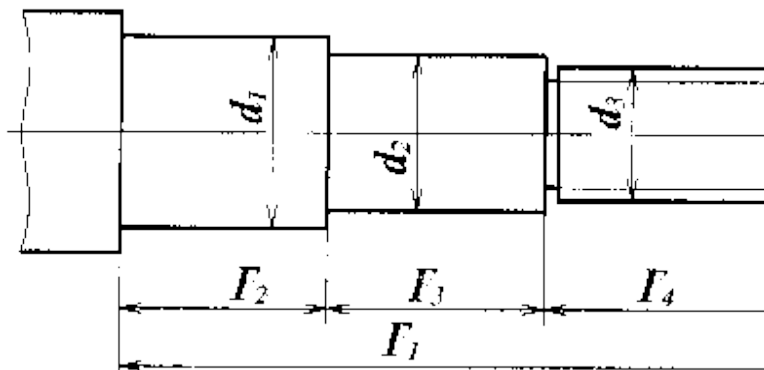


Рисунок 4.22. Дробная размерная цепь

Линейные размеры в плоских размерных цепях направлены под углом друг к другу и располагаются в одной или нескольких параллельных плоскостях. А последовательность пространственных измерений располагается в плоскостях, не параллельных друг другу.

Сборка размерной цепи начинается с нахождения замыкающего звена, так как к точности его размеров предъявляются определенные технические требования. В связи с этим определяется качество работы заданных механизмов и деталей.

Поскольку размер замыкающего звена зависит от размеров составляющего звена, необходимо определить необходимую точность каждого составляющего звена для обеспечения точности замыкающего звена. При расчете размерной последовательности в процессе конструирования приходится решать прямые и обратные вычисления.

При непосредственном расчете пределы точности и предельные отклонения всех составных звеньев решаются через известные пределы точности и предельные отклонения замыкающего звена. В обратном расчете пределы точности и предельные отклонения замыкающего звена решаются через известные пределы точности и предельные отклонения всех составных звеньев. Этот расчет применяется при проверке правильности установления пределов точности и предельных отклонений, найденных для составных звеньев при решении прямого расчета.

Пределы точности в охвате размерных цепей полной взаимозаменяемостью рассчитываются по методу **максимум-минимум**. Расчет методом **максимум-минимум** учитывает только предельные отклонения звеньев в размерных цепях и наиболее неблагоприятные их соотношения.

В обеспечении полной взаимозаменяемости необходимо принимать размеры замыкающего звена в заданных пределах, несмотря на то, что размеры составных звеньев являются наиболее неблагоприятными. В основе этого принципа лежит расчет методом **максимум-минимум**.

Запишем выражение для нахождения наибольшего и наименьшего значений замыкающего звенья:

$$A_{\Delta \max} = \sum_{i=1}^m A_i^{\max} - \sum_{j=1}^{n-1} A_j^{\min} \quad (4.25)$$

$$A_{\Delta \min} = \sum_{i=1}^m A_i^{\min} - \sum_{j=1}^{n-1} A_j^{\max} \quad (4.26)$$

Из первого равенства вычитаем второе и группируем правые члены по своим признакам, т. е.

$$A_{\Delta \max} - A_{\Delta \min} = \sum_{i=1}^m A_i^{\max} - \sum_{i=1}^m A_i^{\min} + \sum_{j=1}^{n-1} A_j^{\min} - \sum_{j=1}^{n-1} A_j^{\max} \quad (4.27)$$

где разность предельных размеров представляет предел точности, тогда

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m TA_i^{\max} - \sum_{j=1}^{n-1} TA_j^{\max} \quad (4.28)$$

т. е. предел точности замыкающего звена равен сумме дельных пределов всех составляющих звеньев.

Это понятно, так как замыкающее звено находится в самом конце, и отклонения размеров всех составных звеньев влияют на отклонения размеров замыкающих звеньев. Поэтому его предел точности должен быть не менее суммы пределов точности составных звеньев или равен его сумме.

При определении отклонений замыкающего звена покажем предельные размеры в виде алгебраической суммы номинальных размеров и предельных отклонений:

$$A_{\Delta} + ESA_{\Delta} = \left(\sum_{i=1}^m A_i^{\max} + \sum_{i=1}^m ESA_i^{\max} \right) - \left(\sum_{j=1}^{n-1} A_j^{\min} + \sum_{j=1}^{n-1} ELA_j^{\min} \right) \quad (4.29)$$

после группировки

$$ESA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m A_i^{y_{\Delta}} - \sum_{i=1}^{n-1} A_i^{k_{\Delta}} - A_{\Delta} + \sum_{i=1}^m ESA_i^{y_{\Delta}} - \sum_{i=1}^{n-1} ELA_i^{k_{\Delta}} \quad (4.30)$$

Потому что, поскольку сумма первых трех членов справа равна 0, общее уравнение размерной последовательности будет уменьшаться:

$$ESA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m EA_i^{y_{\Delta}} - \sum_{i=1}^{n-1} ELA_i^{k_{\Delta}}, \quad (4.31)$$

В соответствии с этим

$$ELA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m ELA_i^{y_{\Delta}} - \sum_{i=1}^{n-1} ESA_i^{k_{\Delta}}. \quad (4.32)$$

Необходимо следующие отклонения от установленных условий канагаттандырулары:

$$\sum_{i=1}^m ESA_i^{y_{\Delta}} - \sum_{i=1}^{n-1} ELA_i^{k_{\Delta}} \leq ESA_{\Delta} \quad (4.33)$$

$$\sum_{i=1}^m ELA_i^{y_{\Delta}} - \sum_{i=1}^{n-1} ESA_i^{k_{\Delta}} \geq ELA_{\Delta} \quad (4.34)$$

Если вышеуказанное условие не соблюдается, то отклонение корректируется повторно. Если порог точности нужно немного уменьшить, то корректировка осуществляется самым простым и измеримым звеном. Если путем корректировки будет увеличен предел точности, то это будет реализовано через наиболее труднопроизносимое звено.

Когда известны пределы точности замыкающего звена и всех (кроме одного) составляющих звеньев, предел точности корректирующего звена находится по выражению ниже:

$$TA_{\Delta y_{\Delta}} = TA_{\Delta} - \frac{\Delta}{\Delta} \quad (4.35)$$

Если предел точности вышеприведенного уравнения находится на отрицательном знаке или очень мал, то для одного или нескольких составных звеньев должен быть установлен более точный квалитет. Предельные отклонения лупового корректирующего звена путем выбора ниже:

$$ESA_{\Delta y_{\Delta}} = \sum_{i=1}^{n-2} ELA_i^{k_{\Delta}} + ESA_{\Delta} - \sum_{i=1}^{m-1} ESA_i^{y_{\Delta}} \quad (4.36)$$

$$ELA_{m+1}^{мн} = \sum_{i=1}^{n-1} ESA_i^{кш} + ELA_n - \sum_{i=1}^{m-1} \quad (4.37)$$

В соответствии с этим по уравнению ниже находят предельные отклонения уменьшающего корректирующего звена:

$$ESA_{m+1}^{кш} = \sum_{i=1}^m ELA_i^{мн} + ELA_n - \sum_{i=1}^{n-2} ESA_i^{кш} \quad (4.38)$$

$$ELA_{m+1}^{кш} = \sum_{i=1}^m ESA_i^{мн} + ESA_n - \sum_{i=1}^{n-2} \quad (4.39)$$

Пример. Передано: замыкающее звено - $\Gamma_{\Delta} = 6^{+0,100}_{-0,150} \text{ мм}$.

Сборные звенья - $\Gamma_1 = 40^{+0,100}_{-0,100} \text{ мм}$; $\Gamma_2 = 34 \text{ мм}$; $\Gamma_3 = 60 \text{ мм}$; $\Gamma_4 = 150 \text{ мм}$; $\Gamma_5 = 10^{+0,100}_{-0,100} \text{ мм}$.

Решение:

- 1) Определяем размерные связи по базе сборки. в размерную цепь входят замыкающее звено - Γ_{Δ} и составляющее звено: $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \Gamma_4$ и Γ_5
- 2) построим схему размерной цепи (рисунок 4.28).

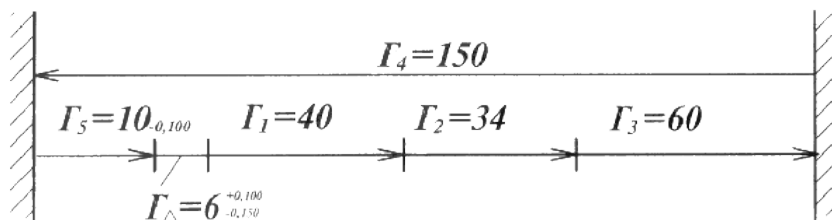


Рисунок 4.28. Схема размерной цепи

Проверяем правильность построения размерной последовательности по

выражению ниже: $\Gamma_{\Delta} = \sum_{i=1}^m \Gamma_i^{мн} - \sum_{i=1}^{n-2} \Gamma_i^{кш}$ для предыдущего примера

$$\Gamma_{\Delta} = \Gamma_4 - (\Gamma_1 + \Gamma_2 + \Gamma_3 + \Gamma_5) = 150 - (40 + 34 + 60 + 10) = 6 \text{ мм}.$$

Для звеньев Γ_2, Γ_3 и Γ_4 с неизвестными отклонениями единиц предела точности (i) находим в таблице 1 [см. справочные материалы] :

$$\begin{aligned} \Gamma_2 &= 34 \text{ мм}; & i_2 &= 1,71 \text{ мкм}; \\ \Gamma_3 &= 60 \text{ мм}; & i_3 &= 1,90 \text{ мкм}; \\ \Gamma_4 &= 150 \text{ мм}; & i_4 &= 2,50 \text{ мкм}. \end{aligned}$$

Найдем сумму единиц пределов точности для звеньев с неизвестными отклонениями:

$$\sum_{i=1}^q i_{\text{неизвест}} = i_2 + i_3 + i_4 = 1,71 + 1,90 + 2,50 = 6,11 \text{ мкм}.$$

Определяем пределы точности звеньев и замыкающих звеньев с известными отклонениями:

$$\begin{aligned} TT_{\Delta} &= ES\Gamma_{\Delta} - EI\Gamma_{\Delta} = 100 - (-150) = 250 \text{ мкм}; \\ TT_1 &= ES\Gamma_1 - EI\Gamma_1 = 100 - 0 = 100 \text{ мкм}; \\ TT_5 &= ES\Gamma_5 - EI\Gamma_5 = 0 - (-100) = 100 \text{ мкм}. \end{aligned}$$

Определим коэффициент точности размерной цепи (а) с учетом известных пределов точности:

$$\alpha = \frac{TT_{\Delta} - \sum_1^q \Gamma_{\text{извест}}}{\sum_1^q \Gamma_{\text{неизвест}}} = \frac{TT_{\Delta} - (TT_1 + TT_5)}{6,11} = \frac{250 - (100 + 100)}{6,11} = 8,20.$$

По таблице 4.6 (см. справочные материалы) находим предел (Квалитет) точности: т. е. Квалитет точности при коэффициенте точности $\alpha = 8,20$ соответствует IT6.

Для звеньев с неизвестными отклонениями обозначим отклонения. Но так как коэффициент точности (а) не полностью совпадает со значением в таблице, оставляем одно звено в качестве корректирующего. Корректирующее звено должно быть более легко измеримым и легким по сравнению с другими звеньями.

В нашем примере в качестве корректирующего звена принимаем звено Γ_2 , а для других звеньев устанавливаем отклонения по 6 квалитету:

$$\begin{aligned} \Gamma_2 &= 34js6 = 34 \pm 0,008 \text{ мм}; \\ \Gamma_3 &= 60Is6 = 60 \pm 0,0095 \text{ мм}; \\ \Gamma_4 &= 150H6 = 150_{+0,025} \text{ мм}. \end{aligned}$$

Отклонения должны приниматься в основном в качестве основного вала для размеров скобы и в качестве основного отверстия для размеров скобы.

Отклонения корректирующего звена определяем как уменьшающее звено:

$$EST_{\text{мюз}}^{лиш} = \sum_{i=1}^m EIT_i^{\text{мн}} - EIT_{\Delta} - \sum_{\text{м}+1}^{n-2} EST_i^{киш};$$

$$EIT_{\text{мюз}}^{лиш} = \sum_{i=1}^m EST_i^{\text{мн}} - EST_{\Delta} - \sum_{\text{м}+1}^{n-2} EIT_i^{киш};$$

$$EST_{\text{мюз}}^{лиш} = EIT_4 - EIT_{\Delta} - (EST_1 + EST_2 + EST_3 + EST_{\Delta}) + 0 - (-150) - (0 + 8 + 9,5 + 0 + 10) = 14;$$

$$EIT_{\text{мюз}}^{киш} = EST_4 - EST_{\Delta} - (EIT_1 + EIT_2 + EIT_3 + EIT_{\Delta}) = 25 - 100 - [100 + (-8) + 9,5 + (100) + (-$$

$$= 74,$$

Проверяем правильность выявленных отклонений:

$$\sum_{i=1}^m EST_i^{\text{мн}} - \sum_{\text{м}+1}^{n-1} EIT_i^{киш} \leq EST_{\Delta};$$

$$\sum_{i=1}^m EIT_i^{\text{мн}} - \sum_{\text{м}+1}^{n-1} EST_i^{киш} \geq EIT_{\Delta};$$

$$EST_4 - (EIT_1 + EIT_2 + EIT_3 + EIT_5) \leq EST_{\Delta};$$

$$25 - [100 + 74,5 + (-3,5) + (-100)] \leq 100; \quad -40 < 100;$$

$$EIT_4 - (EST_1 + EST_2 + EST_3 + EST_5) \geq EIT_{\Delta};$$

$$0 - (100 + 8 + 140,5 + 9,5 + 0) \geq -150; \quad -250 > -150.$$

Условие соблюдалось, т. е. размерная цепочка была правильно выстроена и рассчитана.

4.2. Виды ремонта контрольно-измерительных приборов и организация ремонтных работ

Для обеспечения безопасной и бесперебойной работы Все оборудование, арматура, контрольно-измерительные приборы, резервуары, здания, инженерные сооружения и производственно-вспомогательное оборудование должны быть готовы к работе. Это достигается путем систематического проведения профилактических мероприятий планово-предупредительных ремонтов (ППР) технологического оборудования,

трубопроводных систем, арматуры, контрольно-измерительных приборов, зданий и инженерных сооружений, вспомогательного оборудования и периодического технического осмотра резервуаров и емкостей для хранения и транспортировки.

Система планово - предупредительных ремонтов-это совокупность организационно-технических мероприятий по содержанию, надзору, техническому обслуживанию и ремонту оборудования, по которым осуществляется профилактика в соответствии с планом, разработанным для обеспечения исправной работы оборудования.

Система планово-предупредительных ремонтов-это комплекс организационно-технических профилактических мероприятий профилактического характера.

Система планово-предупредительных ремонтов оборудования и система технического обслуживания и ремонта обеспечивают содержание и назначение профилактических мероприятий, проводимых на протяжении всего срока службы оборудования, содержание, назначение и периодичность ремонтных работ, стандарты выполненных ремонтных работ.

Система технического обслуживания и ремонта спроектирована таким образом, чтобы некоторые части были отремонтированы одновременно, а другие части были профилактически заменены. Необходимая надежность оборудования достигается системой планово-предупредительных ремонтов.

Данная система включает в себя ряд организационных и технических мероприятий по обслуживанию и ремонту оборудования. В основу ППР положены ремонтные, наладочные и чистовые работы, а также замена деталей и узлов после работы оборудования в установленные часы. Данная система предусматривает следующие виды ремонта и технического обслуживания:

- межремонтный осмотр, состоящий из технического наладки и профилактических осмотров;
- плановые ремонты (соответственно малые, т. е. текущие, средние и полные).

Система планово-предупредительных ремонтов является профилактическим мероприятием и обеспечивает нормальную работу технологического процесса.

Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт оборудования осуществляется на основе системы планово-предупредительного ремонта. Система ППР-это комплекс профилактических и организационно-технических мероприятий по содержанию, надзору и ремонту оборудования и включает в себя капитальный ремонт межремонтного обслуживания, периодические проверки (ревизии), капитальный и текущий ремонт.

ППР-задачей является недопущение постепенного роста износа оборудования, предотвращение поломок и преждевременных поломок оборудования, обеспечение полной работоспособности основных средств, их максимальной производительности, снижение стоимости потребности в

техническом обслуживании и ремонте, повышение качества ремонта и надежности оборудования.

Основой планово-предупредительного ремонта является плановая и периодичность профилактических мероприятий для обеспечения бесперебойной работы оборудования и предотвращения преждевременного износа машин и аппаратов.

Ремонтные работы представляют собой комплекс мероприятий по поддержанию контрольно-измерительных приборов и автоматики в состоянии технической готовности и поддержанию необходимых эксплуатационных качеств.

Этого можно достичь с помощью системы планового планово-предупредительного ремонта, состоящей из комплекса организационно-технических мероприятий, систематически проводимых для наблюдения и настройки контрольно-измерительных приборов и автоматики, калибровки приборов и проведения всех видов ремонтных работ.

Система планово-предупредительного ремонта предусматривает проведение профилактических работ, текущих и капитальных ремонтов.

Исправность оборудования, его надежность и безопасность обеспечивается планово-профилактическим обслуживанием. Система ППР состоит из комплекса профилактических, организационных и технических мероприятий по уходу, надзору, техническому обслуживанию и ремонту оборудования, осуществляемых в соответствии с заранее разработанным планом по предотвращению непредвиденных отказов оборудования. Система ППР распространяется на все виды оборудования основного и вспомогательного цехов, в том числе на средства транспорта и коммуникаций.

Бесперебойная, стабильная работа оборудования обеспечивается системой планово-профилактической деятельности, состоящей из ряда организационных и технических мероприятий по обслуживанию, надзору и ремонту оборудования. Они проводятся профилактически, то есть по заранее установленному плану.

Для обеспечения безопасной и бесперебойной работы Все оборудование, арматура, контрольно-измерительные приборы, резервуары, здания, инженерные сооружения и производственно-вспомогательное оборудование должны находиться в исправном состоянии. Это достигается путем систематического проведения технологического оборудования, систем газопроводов, арматуры, приборов, профилактических мероприятий и планово-предупредительных ремонтов.

Успешному решению задач, стоящих перед ремонтной службой по снижению затрат на ремонт и техническое обслуживание оборудования, способствует применение системы планового профилактического ремонта оборудования, т. е. рациональное использование планового ремонта.

Данная система предусматривает комплекс организационно-технических мероприятий по содержанию, надзору, техническому обслуживанию и ремонту оборудования, которые проводятся в соответствии

с заранее разработанным планом с целью предотвращения постепенного износа, предотвращения аварийных ситуаций и поддержания оборудования в максимальном рабочем состоянии.

Важной профилактической мерой являются технические осмотры при чистке и смазке трущихся частей в процессе эксплуатации установок. Соблюдение графика планового профилактического ремонта продлит межремонтный период, увеличит срок службы оборудования и снизит простои. При сборе данных анализируется процесс изменения состояния установки, т. е. работа, внеплановый ремонт, плановый ремонт, организационный перерыв.

Внеплановый ремонт будет связан с восстановительными работами из-за отказа установки. Любой плановый ремонт включает профилактические и профилактические мероприятия. Если профилактическое обслуживание начинается с момента выхода из строя, то его начало следует считать внеплановым, а время, затраченное на ремонт, считается оптимальным, деленным на время внепланового ремонта (устранения неисправности) и планового ремонта. Последние принимаются в соответствии с правилами профилактики, предусматривающими объем и сроки плановых ремонтов и проверок. Ремонт и ежедневное техническое обслуживание оборудования управления и автоматики во время эксплуатации позволяют продлить срок службы приборов и обеспечить их соответствие техническим требованиям и стандартам. Ремонтные работы подразделяются на текущие, капитальные и восстановительные.

Текущий ремонт-это небольшой по объему вид ремонта, обеспечивающий нормальную работу инструмента или других средств автоматики до следующего планового ремонта. В объем текущего ремонта входят:

- внешний осмотр, вскрытие, чистка инструментов;
- частичная разборка движущейся системы, ремонт или замена повреждений системы, исправление или замена поврежденных стрелок, трубчатых пружин, винтов, стыков, стекол и крепежных деталей;
- проверка качества и состояния изоляции электрических цепей прибора;
- регулировка подвижной системы инструмента в соответствии с основными пунктами;
- очистка, смазка и приведение ленточного приводного механизма самописцев, проверка подачи диаграммы и чернильной ленты.

Капитальный ремонт проводится для средств с продолжительностью ремонтного цикла не менее одного года. Под ремонтным циклом понимается отдача выполненных работ приборов и оборудования автоматики. При капитальном ремонте проводится текущий ремонт и дополнительные работы, такие как:

- полная разборка и сборка измерительной подвижной части и отдельных установок инструмента, мойка всех деталей бензином и их сушка;

- замена или исправление стержней, тяговых подшипников, пружин, весовых зацеплений и выпрямителей;
- проверка цепей приборов, регулировка и приведение показаний основных узлов.

Восстановительный ремонт проводится для сильно изношенных инструментов, которые не списываются из-за отсутствия исправного аналогичного инструмента. В этом случае большинство некоторых деталей можно заменить на новые.

Структура отдела по контролю средств измерений и автоматики (КИПиА)

Цех по ремонту средств измерений и автоматики предприятий возглавляет начальник отдела. Штатное расписание отдела зависит от объема выполненных работ и масштаба применяемых средств измерений и контроля. Значительный объем работы отдела выполняет ряд специализированных ремонтных отделов, в работу которых входит ремонт оборудования:

- приборы давления, расхода и уровня; приборы для измерения температуры; аналитические приборы; приборы для измерения физико-химических параметров; автоматические регуляторы. В зависимости от объема ремонтных работ различают следующие виды ремонта: текущий, средний и основной.

Текущий ремонт оборудования приборов и автоматики производится работающим персоналом приборов и автоматики. Средний ремонт включает частичную и полную регулировку систем измерительных, регулирующих или других приборов, замену деталей, очистку поверхностей контакта, деталей и узлов.

Капитальный ремонт включает замену пришедших в негодность деталей и узлов и полную разборку инструментов, калибровку, изготовление новых весов и испытание инструмента после ремонта на испытательных стендах. После среднего и капитального ремонта инструмент должен пройти ведомственную или государственную поверку. Проверка инструмента (поверка) - определение соответствия инструмента всем предъявляемым техническим требованиям. Методы испытаний оборудования определяются заводскими стандартами, инструкциями, указаниями Государственного комитета по стандартам. Помимо осмотра инструментов, происходит повторная проверка исправности инструментов, внеочередная проверка, вытекающая из необходимости ввода инструмента в эксплуатацию и т.д. Осмотр оборудования после ремонта проводится квалифицированными специалистами-метрологами.

Формы документации на техническое обслуживание. Система обслуживания по техническому обслуживанию и ремонту контрольно-измерительных приборов и оборудования автоматики предусматривает подготовку и ведение следующих документов:

- годовой план-график технического обслуживания и ремонта;
- годовой план-график проверки работоспособности газовой сигнализации;

- годовой план-график проверки автоматики безопасности;
- годовой план-график поверки контрольно-измерительных приборов и оборудования автоматики;
- инструкции и методы проверки работоспособности автоматики безопасности;
- производственный реестр-журнал работ по техническому обслуживанию и ремонту контрольно-измерительных приборов и автоматики;
- ежемесячные акты приемки-сдачи работ по техническому обслуживанию;
- технический паспорт контрольно-измерительных приборов и оборудования автоматики.

Составление планов-графиков. Исходными данными для составления планов-графиков технического обслуживания и ремонта контрольно-измерительных приборов и автоматики являются:

- ожидаемые сведения о фактическом рабочем времени (в часах) или календарном рабочем времени (месяцах) приборов и оборудования с начала года, в котором выполнен или запланирован соответствующий вид технического обслуживания;
- правила технического обслуживания контрольно-измерительных приборов и автоматики;
- описи, паспорта, акты комиссии средств и оборудования;
- предупреждения о результатах технического обслуживания, анализ аварийных ситуаций и другие нарушения в работе оборудования за истекший период эксплуатации.

Необходимо учитывать, что при проведении ремонтных работ:

- необходимость согласования сроков технического обслуживания оборудования приборов и автоматики, непосредственно влияющих на объем основного производства, с планом ремонта технологического оборудования;
- планирование и осуществление работ по ремонту и техническому обслуживанию оборудования без прекращения энергосбережения потребителей путем увольнения отдельных частей оборудования;
- обслуживание основного оборудования котельной контрольно-измерительных приборов и автоматики в период минимальной нагрузки на нее;
- согласование объемов и времени ремонта с запланированными работами;
- до начала отопительного сезона должно быть предоставлено время на подготовительные работы к эксплуатации основного оборудования.

В зависимости от структуры предприятия отдел ремонта контрольно-измерительных приборов и оборудования автоматики, как и отдел эксплуатации контрольно-измерительных приборов и оборудования автоматики, относится к цеху контрольно-измерительных приборов и автоматики или отделу метрологии.

Управление участком ремонта контрольно-измерительных приборов и оборудования автоматики осуществляется начальником отдела или старшим мастером. Штатное расписание отдела зависит от ассортимента используемых средств контроля, измерения и регулирования, а также от объема выполненных работ. На крупных предприятиях с широким спектром контрольно-измерительных приборов и оборудования автоматики ремонтный отдел включает в себя ряд специализированных ремонтных отделов: приборы измерения и контроля температуры; приборы давления, расхода и уровня; аналитические инструменты; приборы для измерения физико-химических параметров; электрические измерительные и электронные приборы.

Основными задачами отдела являются ремонт оборудования приборов и автоматики, их периодическая проверка, сертификация и своевременное представление средств и мероприятий в органы государственного контроля. Текущий ремонт контрольно-измерительных приборов и оборудования автоматики производится эксплуатационным персоналом отдела контрольно-измерительных приборов и автоматики. Средний ремонт включает в себя частичную или полную разборку и настройку других систем инструментов, таких как измеритель, регулятор или замена деталей, очистка контактных групп, узлов и блоков.

Капитальный ремонт регулирует полную разборку инструмента или регулятора заменой пришедших в негодность деталей и узлов; калибровкой, выпуском новых весов и испытанием инструмента после ремонта на испытательных стендах с последующей проверкой.

Проверка инструмента-определение соответствия всем техническим требованиям, предъявляемым к инструменту. Методы проверки определяются заводскими характеристиками, инструкциями и инструкциями Государственного комитета по стандартам.

Методы проверки определяются заводскими характеристиками и инструкциями Государственного комитета по стандартам. Метрологический надзор осуществляется путем проверки средств контроля, измерений, метрологической ревизии и метрологической экспертизы. Метрологический надзор осуществляется единой метрологической службой. Государственную модернизацию оборудования осуществляет метрологическая служба Государственного комитета по стандартам.

Таблица 4.7. Частота поверки средств измерений

Инструменты	Проверка водитель	Частота проверки
Дифманометры-счетчики расчетного и коммерческого расхода	ММК	(не менее)
Дифманометры-счетчики технологических потерь	ВМК	1 раз в год
Инструменты давления	ММК	1 раз в год
Технические манометры	ВМК	1 раз в год
Приборы для измерения давления, вакуума; измерители технологического уровня	ВМК	1 раз в год
Жидкостные термометры	ВМК	1 раз в год или два
Логометры, милливольтметры	ВМК	1 раз в четыре года
Другие температурные инструменты	ВМК	1 раз в год или два

Примечание: ГУ-Государственная метрологическая служба, ВМФ-ведомственная метрологическая служба.

После удовлетворительных результатов проверки на поверхность инструмента наносится след проверочной метки. Средства измерений проходят первичные, периодические, внеочередные и инспекционные проверки. Периодическая поверка приборов (средств измерений) определяется действующими стандартами. Сведения о периодической проверке приведены в таблице 4.7.

Организация ремонта средств

В задачи ремонта контрольно-измерительных приборов, установленных в производственных отделениях и цехах, входит обеспечение бесперебойной, исправной работы устройств контроля, сигнализации и регулирования, установленных на щитах, пультах и отдельных схемах.

Ремонт и поверка контрольно-измерительных приборов и оборудования автоматики осуществляются в цехах или в отделе метрологии с целью определения метрологических характеристик средств измерений. Слесарь отдела контрольно-измерительных приборов и автоматики, занятый эксплуатацией оборудования, должен иметь на рабочем месте щиты, пульта, встроенные мнемоуловители, а также необходимую техническую документацию на рабочем месте. Принципиальные схемы монтажа и автоматики к ним, инструкции завода-изготовителя инструмента; устройства для проверки работы измерительных приборов и элементов автоматики.

На рабочем месте должны соблюдаться санитарно-бытовые условия: площадь на одно рабочее место слесаря отдела контрольно-измерительных приборов и автоматики не менее 4,5 м², температура воздуха в помещении

(20 ± 2)°C; при этом должна работать приточная и вытяжная вентиляция, рабочее место должно быть достаточно освещенным.

В отделе, занимающемся ремонтом и поверкой, хранится картотека для средств измерений, работающих.

Для осуществления ремонта и поверки участок должен иметь проектную документацию, регламентирующую ремонтное производство по каждому виду измерительного оборудования, а также его поверку. Эта документация включает стандарты на средний и капитальный ремонт; нормы расхода запасных частей, материалов. Склады средств, взятых в ремонт и отремонтированных и откалиброванных, должны вестись отдельно. Будут соответствующие полки для хранения, максимально допустимая нагрузка на каждую полку указана с соответствующими ссылками.

Контрольные вопросы:

1. Каковы задачи ремонта элементов управления?
2. Где производится ремонт и проверка контрольно-измерительных приборов и автоматики?
3. Что входит в работу контрольно-измерительных приборов и в рабочее место слесаря автоматики?
4. Какие сведения вносятся в паспорт прибора?
5. Какая документация должна быть в отделе ремонта контрольно-измерительных приборов и автоматики и что содержится в документации?
6. Санитарно-бытовые условия на рабочем месте.
7. Кто осуществляет управление участком ремонта контрольно-измерительных приборов и оборудования автоматики?

4.3. Инструменты и приспособления для выполнения ремонтных работ контрольно-измерительных приборов

При проведении ремонтных работ слесарь отдела по ремонту контрольно-измерительных приборов и автоматики должен иметь следующие электроизмерительные приборы и приборы: вольтметр, амперметр, ваттметр, электросварной утюг, тестовую лампу, щуп, отвертку, плоскогубцы, молоток, долото, набор ключей и розеток, определяющих наличие тока и напряжения. Ремонтные работы проводятся как на передвижных рабочих местах, так и на стационарных. Стационарное рабочее место располагается в мастерской и оснащается ящиками с рабочим столом, подъемно-поворотным креслом, полками для хранения запасных частей и отремонтированным оборудованием. К рабочему столу подключается электрическая розетка. Рабочее место освещается вращающейся лампой на кронштейне. На верстаке установлен стенд, над стендом вешены графики ремонта. Стационарное рабочее место обеспечивается основными электрическими схемами низковольтного электрооборудования, характеристиками контрольно-измерительных приборов, техническими условиями устранения неисправностей оборудования. Передвижное рабочее

место слесаря отдела по ремонту контрольно-измерительных приборов и автоматики представляет собой грузовую коробку, перевозимую с необходимым общим набором инструментов, как показано на рис.4.23.

Слесарь отдела КИПиА в своей работе использует множество различных инструментов и вспомогательного оборудования. Помимо широкого спектра сантехнических и электрических инструментов, таких как напильники, молотки, ключи, плоскогубцы, пассатижи, отвертки, используются и другие виды оборудования, аксессуаров и инструментов. Зачастую необходимость применения специального инструмента определяется действующими правилами промышленной безопасности и особенностями работающего оборудования.



Общий набор инструментов

Некоторые виды работ требуют использования чистых, обезжиренных инструментов. Например, инструмент, предназначенный для работы в хозяйстве, производящем кислород, полностью окрашен в синий цвет или обозначен соответственно синей полосой.

При создании современных промышленных контрольно-измерительных приборов, особенно импортного оборудования, зарубежные производители часто используют винты и болты с внутренним шестигранником вместо обычного прямого или горизонтального паза. Поэтому стандартный набор инструментов для слесаря отдела КИПиА должен иметь набор Г-образных шестиугольных Ключей с «звездчатыми» ключами с закругленным концом, как показано на рис. 4.23.

Основная часть работы слесаря КИПиА связана с выполнением электромонтажных работ, для эффективного выполнения которых необходимы специальные инструменты.

Например, чтобы быстро снять изоляцию проводов без повреждения токоведущих проводов, желательно использовать специальный ключ для снятия изоляции. Очищенные концы проводов, как правило, зажимаются кабельными ушками соответствующего размера с помощью специальных зажимов.



Рисунок 4.23. Г-образный шестигранный ключ.

Основным измерительным инструментом слесаря КИПиА для измерения является обычный цифровой мультиметр, позволяющий измерять значения переменного и постоянного тока и напряжения, а также электрическое сопротивление в широком диапазоне (рисунок 4.24).



Рисунок 4.24 цифровой мультиметр.

Мультиметрические функции, такие как «вызов » и измерение частоты, также часто используются. Дисплей самых удобных цифровых мультиметров оснащен функцией подсветки, автоматически находит пределы измерения и на задней крышке устанавливается постоянный магнит. Наличие Магнита значительно облегчает работу с мультиметром при проведении измерений на щитках контрольно-измерительных приборов - мультиметр наклеивается в любом удобном месте щита вблизи места измерения.

При проверке многожильных кабелей и веревочных связок «колокольчиком» (прозвонка) часто удобнее использовать не цифровой мультиметр, а обычную самодельную лампу-Аркашку. Аркашка-это батарейка и миниатюрная лампа накаливания, подключенная последовательно. Аркашку можно использовать только при работе в цепях без электрического напряжения. Также запрещается использовать его при ремонте электронных цепей оборудования контрольно-измерительных приборов, так как напряжение аккумулятора может повредить некоторые чувствительные электронные компоненты ремонтируемого устройства.

Исправление неисправностей в современных контрольно-измерительных приборах требует применения дополнительных специализированных устройств. Например, большинство миниатюрных датчиков, датчиков подводного уровня с высоким IP-рейтингом, часто не

имеют внешних элементов питания и управления. Их настройка и калибровка с помощью протокола HART осуществляется с помощью коммуникатора HART или модема HART, подключенного к компьютеру. В некоторых случаях работа с датчиком по протоколу HART позволяет осуществлять более точную настройку, чем это делается через стандартное меню устройства, а также обновлять внутреннее программное обеспечение инструментального оборудования для поддержки датчиков нового типа или протоколов связи.

Некоторые контрольно-измерительные приборы не имеют HART, но BRAIN имеет протокол обмена переданными. Действующие правила по электробезопасности запрещают использование в производстве однополюсных индикаторов напряжения-индикаторных отверток, но чаще всего применяются из-за их габаритов, простоты использования и возможности использования индикатора как обычной отвертки. Для проверки отсутствия напряжения рекомендуется использовать двухполюсные показания напряжения. Согласно тем же правилам безопасности необходимо изолировать стержни отверток, используемых при работе в электроустановках, а также в определенные сроки измерить сопротивление изоляции электросборочных инструментов (электродрели, рукоятки отверток, двухполюсные указатели, плоскогубцы и бокорезы и др.). При обслуживании инструментального оборудования потребуется имитация определенных электрических сигналов: ток 4-20 мА, термостойкость, термостойкость. Для этих целей используются многофункциональные генераторы сигналов!, U, R, (рисунок 4.25)



Рисунок 4.25 Многофункциональный генератор стандартных сигналов I, U, R.

С помощью таких инструментов очень удобно проверять правильность работы контроллеров, регуляторов, регистраторов, индикаторов или исполнительных механизмов и клапанов по схеме 4-20 мА, считающейся вторичным оборудованием.

При периодической калибровке и поверке оборудования также могут применяться стандартные сигнальные установщики, если класс точности установленной точки соответствует требованиям проверочных процедур для проверяемых устройств и оборудования. При ремонте приборов, а также при установке нового оборудования потребуются различные паяльники (рисунок 4.26).



Рисунок 4.26 Паяльник электрический

Для ремонта электронных цепей контрольно-измерительных приборов необходим паяльник с диаметром наконечника 2-4 мм, мощностью 25-40 Вт, напряжением 12-36 В. Для пайки проводов, концов разъемов и других массивных элементов необходим паяльник мощностью 60-100 Вт, напряжением 36-42 В.

Для работы в полевых условиях лучше использовать паяльники, а не паяльники. Применение кислотных стоков при ремонте электронных цепей оборудования недопустимо, так как при неполном удалении остатков стока это может привести к коррозии компонентов электронной цепи и ее выходу из строя.

Для пайки меди и радиодеталей лучше использовать обычный канифольный зубчик или жидкий канифольный флюс. При необходимости остатки канифоли от свариваемых деталей протирают спиртом. При ремонте оборудования, электронные компоненты которого чувствительны к статическому электричеству, необходимо использовать антистатический браслет.

При работе при тусклом освещении идеально подойдет обычная светодиодная лампа, которая надевается на лоб, контролирует яркость и питание от аккумулятора. При устранении неисправностей, вызванных затоплением щитов, кабельных линий и приборов, полезен простой бытовой электрофен - для них очень удобно сушить мокрые клеммные узлы, проводные коробки и внутренности затопленных устройств.

Строительный фен с значительно более высокой температурой выдыхаемого воздуха подходит для быстрой сушки высоковолажной проволоки и сушки теплоносителя. Строительный фен также хорошо влияет на нагревание импульсных путей пара, воздуха и воды, но они помещаются в местах, где нет опасности взрыва, где нет горючих газов и паров..

При калибровке, регулировке или ремонте в мастерской или непосредственно на месте установки этого оборудования необходим

стабилизированный блок питания с регулируемым выходным напряжением (до + 24 В от минимальной величины) и защитой от перегрузок и короткого замыкания на выходе.

Источник питания должен обеспечивать постоянный ток 5-10 А и иметь однополюсное выходное напряжение.

Источники питания с двухполюсным выходным напряжением на практике используются редко и в основном используются в ремонтных лабораториях для ремонта электронных цепей внутри устройств и датчиков.

Электрический удлинитель (удлинитель) напряжением 220В с несколькими розетками и длиной 15 метров и более, а также со складной металлической лестницей для обслуживания контрольно-измерительных приборов, установленных выше.

Для ношения основного набора инструментов (мультиметр, отвертка, плоскогубцы, КСИ, маркеры, бокорезы, изолента, разводной ключ и т.д.) Используется сумка через плечо или специальный органайзер для инструментов, который крепится на пояс (рисунок 4.27).

На рабочем месте с контрольно-измерительными приборами должен быть персональный компьютер или ноутбук с подключением к интернету. Например, для настройки оборудования с помощью модема HART, считывания архивов с видеокамер, проведения графиков калибровки и поверки оборудования и составления запросов в отдел оборудования в SAP для покупки оборудования необходим компьютер.



Рисунок 4.27 Коробка основных средств с сумкой на плече

Доступ в интернет необходим, по крайней мере, для переписки с производителями и поставщиками оборудования, для загрузки руководства по эксплуатации для установленного оборудования, поскольку поставляемое импортное оборудование часто оснащается коротким многоязычным руководством, называемым быстрым стартом.

Некоторые производители оборудования контрольно-измерительных приборов предлагают прошивку для инструментов для загрузки, а также различные программы для настройки оборудования и сбора исторических

данных. Для минимизации времени на обнаружение и поиск неисправного или неработающего оборудования персональный компьютер рабочей зоны приборов должен иметь доступ к системе учета топливно-энергетических ресурсов предприятия и контрольно-визуальной системе SCADA технологического процесса обслуживаемой зоны.

Поскольку современные компьютеры и ноутбуки не имеют встроенных COM-портов, необходимо будет оснастить компьютер USB-COM или PCI-COM адаптером (рисунок 4.28), так как большая часть оборудования КПП требует подключения к COM-порту компьютера для саморегуляции (настройки).



Рисунок 4.28. Адаптер V-COM

При эксплуатации и ремонте устройств КИПиА необходимо использовать осциллограф или генератор импульсов. Вместо этого вы можете значительно снизить стоимость покупки этого оборудования, купив специальную плату осциллографа PCI или приложение осциллографа USB для вашего компьютера.

Часто на плате осциллографа для компьютера совмещаются функции осциллографа, генератора импульсов, счетчика частоты и вольтметра. Кроме того, эта плата не требует метрологической проверки. Значительно упрощает работу таких мелочей, как термоусадочные трубки, пластиковые зажимы, маркеры с однозначным набором для маркировки проводов и кабельных ушей, и повышает надежность контрольно-измерительных приборов.

Без кабельных защелок в виде гильз, вилок и петель невозможно плотно сжать провод с резьбовым сердечником в клеммном блоке с резьбовым сердечником. Лужение такого провода в течение длительного времени приводит к ухудшению соединения провода и клеммной колодки под действием холодного потока сварки.

Луженая медная проволока быстро подвергается коррозии, что приводит к потере электрического контакта. Для зажима кабельных ушек понадобится специальный зажимной инструмент (рисунок 4.29).



Рисунок 4.29. Специальные плоскогубцы

В отделении КИПиА из горюче-смазочных материалов должно быть не менее солидола, керосина и этанола (этилового спирта). Для устранения большинства неисправностей, возникающих в работе контрольно-измерительных приборов, слесарь отдела КИПиА должен постоянно иметь следующий минимальный набор инструментов и материалов:

1. Шуруповерты - 2... 3 шт.;
2. Отвертки филлипс-2 шт;
3. Плоскогубцы-1 шт;
4. Бокорезы-1 шт;
5. Монтажный нож-1 шт;
6. Мультиметр цифровой адвокат-1 шт;
7. Ключ раздвижной (шведский) - 2 шт;
8. Набор торцевых ключей Г-образного шестигранника-1 комплект;
9. Лампа-1 шт;
10. Маркеры постоянные, диаметр ручки 1,0 мм и 2,0 мм;
11. Изолента;
12. Пластиковые зажимы;
13. Фум лента;
14. Фторопластовые уплотнения для арматуры датчика;
15. Салфетка чистая (хлопчатобумажная);
16. Сумка для переноски инструмента - 1 шт.

Все остальные инструменты и оборудование можно хранить в мастерской КИПиА и при необходимости использовать оборудование для выполнения ремонтных работ.

Контрольные вопросы:

1. Укажите названия инструментов для ремонта и установки контрольно-измерительных приборов?
2. Для каких целей используется цифровой мультиметр?
3. Для какой работы используются паяльники?
4. Для чего используются специальные зажимы?

4.4. Разборка и сборка измерительного механизма (на примере милливольтметра)

Из-за большого разнообразия конструкций измерительных механизмов трудно описать все операции по разборке и сборке приборов. Однако большинство операций будут общими для конструкции любого инструмента, в том числе и для милливольтметра. Однородные ремонтные операции должны выполняться мастерами различной квалификации. 1 - 1.5 - 2.5 - 4 ремонтные работы на оборудовании класса проводятся лицами, имеющими квалификацию 4-6 категории. Ремонт устройств классов 0,2 и 0,5 сложных и специальных устройств проводят электромеханики 7 - 8 разряда и техники со специальным образованием. Полная разборка осуществляется при капитальном ремонте, связанном с намоткой рам, катушек, шлагбаумов, изготовлением и заменой обожженных и разрушенных деталей.

Полная разборка предполагает отделение отдельных частей друг от друга. При среднем ремонте, в большинстве случаев, не полностью демонтируются все узлы устройства. Одним из качественных показателей среднего ремонта является выпуск прежних масштабных инструментов. Разборка и сборка часов пинцеты, отвертки, мощность 20 - 30 - 50 Вт осуществляется с помощью небольших паяльников, часоворемонтных плоскогубцев, овальных плоскогубцев, плоских плоскогубцев и специально изготовленных ключей, отверток и т.д. На основании выявленных дефектов инструмента начинается их демонтаж. При этом соблюдается следующий порядок. Сначала снимается крышка кожуха, устройство очищается от пыли и грязи. Затем определяется момент антимагнитной пружины, шкала скручивается и отпускается. При ремонте сложных и многодиапазонных приборов убирается схема, измеряются все препятствия (запись заносится в рабочую книгу мастера). Затем приваривается внешний конец пружины. Для этого стрелка (стрелка) максимально тянется рукой, а пружина закручивается. Пружина прижимается к держателю нагретым паяльником, после чего пружина отключается и пружина смещается от держателя. Теперь можно приступить к дальнейшей разборке. При помощи специального ключа, отвертки или пинцета скручивается петля и ствольная опора.. Снимается крыльчатка воздушного или магнитного успокоителя и снимается успокаивающая крышка прибора с коробкой квадратного сечения.

После выполнения этих операций происходит снятие подвижной системы устройства, проверка подшипников и торцов толкателей осей или стержней. Для этого их осматривают под микроскопом. Дальнейший демонтаж движущейся системы с ее составными частями осуществляется в тех случаях, когда снять стержень невозможно.

Но перед демонтажем движущейся системы необходимо зафиксировать относительное расположение деталей, закрепленных на оси. Для фиксации положения стрелы, лепестка и демпфирующего крыла создается устройство, в котором имеются отверстия и канавки для перемещения оси и поршня.

Милливольтметр разбирается в следующей последовательности:

снимается крышка или корпус инструмента, измеряется крутящий момент пружин, проводится внутренняя проверка, снимается электрическая цепь инструмента, проверяются контуры схемы, измеряются сопротивления; снимается внутренний размер, отсоединяются проводники, идущие к пружинным держателям, после чего снимается держатель движущейся системы.

Детали и узлы подвижных и неподвижных частей тщательно осматриваются и очищаются; концы осей прокалываются через безворсовую бумагу или заклеиваются штоком. Колодец толкающего подшипника протирают палкой, смоченной в спиртовом растворе, очищают камеру и крыло глушителя.

При сборке устройств особое внимание необходимо уделить тщательной установке раздвижных систем на опорах и регулировке зазоров. Последовательность операции сборки заключается в том, что она происходит как обратный процесс разборки. Порядок сборки инструмента следующий. Сначала собирается подвижная система.

При этом при демонтаже необходимо соблюдать прежнее взаимное расположение закрепленных деталей. Подвижная система установлена на опорах инструмента. Нижний стержень надежно закреплен фиксирующей гайкой, а верхний вал-конечным расположением оси в центре опорных подшипников. Регулировка зазора должна производиться таким образом, чтобы она находилась в пределах нормы. В этом случае необходимо повернуть манжету на $1/8$ - $1/4$ оборота, контролируя размер зазора. После регулировки зазора проверяется свободное перемещение подвижной системы.

Крыло и лепесток демпфера не должны спокойно касаться стенок камеры и рамы катушки. Для перемещения движущейся системы вдоль оси повороты поочередно поворачиваются на один и тот же виток. Затем внешний конец пружины приваривается к держателю пружины, чтобы стрелка находилась на нулевой отметке. После сварки пружины вновь проверяется возможность свободного перемещения подвижной системы.

Регулировка, калибровка и поверка

После повторной сборки инструмента или капитального ремонта шкала регулируется. Как правило, отклонение стрелки нормально настроенного инструмента от начальной должно составлять 90° .

Для регулировки предела шкалы отремонтированный инструмент подключается к электрической цепи с плавным регулятором тока от нуля до максимума. Остро заостренным карандашом ставят нулевую отметку на конце стрелки при отсутствии тока в цепи. Затем измеряют расстояние от винта, фиксирующего шкалу, до нулевой отметки и переносят это расстояние на другой конец шкалы штангенциркулем измерителем. При этом они соответствуют концу перемещаемой стрелки. После этого включается ток и Стрелка управляющего устройства подводится к верхнему пределу, на который выводится устройство.

Если стрелка регулируемого устройства не достигает конечной точки шкалы, то магнитный шунт перемещается в центр магнитного поля до тех пор, пока стрелка не достигнет максимальной отметки. при отклонении стрелки за предельную отметку шунт движется в обратном направлении, т. магнитное поле уменьшается. При регулировке шунт лучше не снимать. Калибровка инструмента происходит следующим образом:

1. Вставьте стрелку через корректор на нулевую отметку и подключите инструмент к схеме типового инструмента. Проверяется возможность свободного перемещения стрелы по шкале.

2. По образцу устанавливается стрелка калибруемого устройства на номинальное значение

3. По типовому прибору с уменьшением показаний инструмента устанавливаются расчетные калибровочные значения и устанавливаются карандашом на внутренний размер калибруемого инструмента. Если шкала неровная, рекомендуется использовать промежуточные точки между цифровыми знаками.

4. Отключив ток, необходимо убедиться, намотана ли стрелка на ноль, если не намотана, то при помощи выпрямителя указатель приравняется к нулю.

При таком же порядке перевода стрелки с нуля на номинальное значение калибровочные знаки устанавливаются в том же порядке. После ремонта инструмента необходимо еще раз проверить, свободна ли подвижная система, проверить внутренние части инструмента и зафиксировать показания типовых и ремонтируемых устройств с учетом изменения значений измеряемой величины от максимума до нуля и обратно. Стрелка испытуемого инструмента нормально отображает числовые обозначения. Результаты проверки заносятся в специальный протокол. Расчетные данные калибровки и испытаний милливольтметра приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8. Расчетные данные калибровки и испытаний милливольтметра

Предназначены для градуировки инструмента			Проверка после градуировки преданные			
Нагрузка, А	Падение напряжения, мВ	Количество делений эталонного устройства	Деление от 0 до max	Деление от 0 до max	Среднее значение в разделах	Относительная погрешность, %
50	512	17,1	17,0	17	17	-0.07
100	10,24	34,0	34,2	34,2	31,35	+0.25
150	15,36	51,0	51,5	51,5	51,5	+0.37
200	20,48	68,0	68,5	68,7	68,6	+0.4
250	23,6	85,0	86,5	86,6	86,55	+1.05
300	30,72	103,0	103,2	103,2	103,2	+0.1
350	35,84	119,0	120,5	124,0	120,75	+1.2
400	41,0	136,0	137,9	138,2	138,05	+1.05

Наличие проводов и спиральных пружин в цепях устройства, используемого для подачи тока в движущуюся систему, приводит к дополнительным ошибкам от изменения температуры. В соответствии с ГОСТ 1845 - 52 значения погрешностей, вызванных изменением температуры устройства, строго регламентированы. Для исключения влияния изменения температуры в приборах предусмотрены схемы компенсации температуры. В устройствах с простейшей схемой компенсации железа, например, добавляются милливольтметры с сопротивлением рамы или рабочей катушки из медной проволоки, дополнительным сопротивлением манганина или константы (рисунок 4.30).



Рисунок 4.30. Схема милливольтметра с простейшей температурной компенсацией

Ремонт приборов измерения температуры. Наиболее распространенными дефектами устройств этой группы являются:

- нарушение частичной или полной герметичности термоцилиндра - капилляра термосистемы;
- дефекты кинематических элементов индикаторного прибора;
- отказы сигнальных устройств и контактных групп;
- неисправности и отказы приводных механизмов диаграммного устройства.

Для проверки герметичности системы отопления термосистему помещают в термостат, изменяют температуру ее нагрева и определяют герметичность системы отопления путем сравнения показаний типового и отремонтированного манометрического термометра. Если основная погрешность манометрического термометра находится в пределах его класса точности, то система отопления герметично герметизируется.

Место нарушения герметичности определяется подачей азота в систему отопления через капиллярную ветвь, для чего давление азота постепенно повышается редуктором в пределах 1,5 - 3,0 МПа (15 - 30 кгс/см³), термоцилиндр с капилляром погружают в емкость с водой, а пружину показывающего прибора - в емкость с керосином или бензином. Пузырьки азота, поднимающиеся на поверхность жидкости, свидетельствуют о нарушении герметичности датчика. Место повреждения в термоцилиндре восстанавливается сваркой припоем М45; если плотность капилляра отсутствует, поврежденный участок срезают, а в капилляр устанавливают медную трубку диаметром 2-3 мм и припаивают ее припоем типа ПСР -45. Затем система отопления заполняется наполнителем (газом, жидкостью или конденсатом) по паспортным данным устройства.

Давление в системе отопления контролируется с помощью типового манометра. Величина давления при заполнении системы называется начальным давлением. Величина начального давления определяется в соответствии с паспортом прибора и зависит от диапазона измерения манометрического прибора и характеристик пружины. Начальное давление для газовых термометров составляет 1,0 - 3,4 МПа (9,8 - 34,4 кгс/см³). Дефекты и сбои в кинематических связях происходят при усилении трения, загрязнения и коррозии элементов измерительного механизма, а также при плохих связях кинематических звеньев.

В случае неисправности необходимо проверить элементы, проверить трение в контактах измерительного механизма с перьями и пружиной. Если обнаружено усиленное трение и загрязнение механизма, его разбирают, чистят и промывают бензином. Если при проверке манометрического термометра после ремонта обнаруживается несоответствие между показателями и фактической температурой, то при установке лампы накаливания при температуре 0°С необходимо корректировать «нулевое» положение стрелки прибора.

Отказы сигнальных устройств возникают, как правило, при неправильном использовании устройства, при повышенной вибрации, при превышении максимально допустимого тока через контактные устройства. Это приводит к увеличению искрообразования контактных групп, «прилипанию» контактов, а также их нагреванию. Контакты сигнальных устройств необходимо очистить щеткой для волос, смоченной бензином и промышленным спиртом. Категорически запрещается натирать их мелкозернистой шлифовальной бумагой, чтобы не повредить серебряные мазки на поверхности стыков. К неисправностям приводного механизма

диаграммного устройства относятся: превышение хода диаграммы над допустимой нормой, систематический отказ приводного механизма.

К основным неисправностям терморпар и термометров сопротивления относятся:

- преломление чувствительных элементов,
- короткое замыкание элементов на корпус,
- межквартальное короткое замыкание термометра сопротивления,
- снижение сопротивления изоляции,
- повреждение защитной втулки.

Сопротивление изоляции термометра сопротивления и обмотки термопары измеряют мегомметром типа М1101 при 500 В. Целостность обмотки и значения сопротивления термометра определяют лабораторный мост типа МВУ-49, Мостовая модель МО. Причиной снижения значения сопротивления по сравнению с калибровочными данными может быть короткое замыкание обмотки датчика или утечка тока через зажимной блок. Если обмотка термометра сопротивления обрывается, их заменяют новыми чувствительными элементами той же калибровки, а если их нет, ремонтируют термометры.

Ремонт медных термометров сопротивления. Ремонт состоит из изготовления чувствительного элемента (рулона). Для этого с равномерным шагом берется предварительно подготовленная медная проволока марки ПЭШО или ПЭС диаметром 0,1 мм, каждый слой покрывается бакелитовым или глифталевым лаком. Для получения устойчивых характеристик терморпар сопротивления после сушки элемент подвергается износу, который выдерживается при температуре 150°C в течение 6 часов. После охлаждения характеристики термометра проверяются, регулируются и сравниваются с калиброванными данными. Перед сборкой термометра концы зажимов приваривают к концам чувствительного элемента припоем ПОС-60.

Ремонт платиновых термометров сопротивления. Ремонт платиновых термометров сопротивления. Во время ремонта чувствительный элемент отделяют от слюдяных накладок, ремешной ленты и рамы и демонтируют. Прерванный дефект восстанавливается путем сварки платиновой проволоки электрической дугой или переменным током 20 - 24 В в растворе хлорида натрия.

При обмоточном коротком замыкании элемента поврежденная слюдяная пластина с канавками заменяется или короткозамкнутые обмотки помещаются в соответствующие канавки на слюдяной пластине. Проверка, регулировка и сравнение сопротивления термометра с калибровочными кривыми осуществляется с помощью мостов сопротивления типа МВУ-49 или МО. Сопротивление изоляции отремонтированных и собранных термометров измеряется мегомметром, напряжение подается на корпус и подается на короткозамкнутые провода термометра. Значение сопротивления изоляции находится в пределах 1-10 Мом в зависимости от типов барьерных термометров.

Ремонт термопар в условиях перерывов и нестабильности работы заключается в проверке и демонтаже термоэлектродов, на рис. 4.31 представлен общий вид термопарного манометрического термометра.

После обнаружения дефектов термопары термопары восстанавливаются. Место обрывов приваривается. Сварка рабочего конца термопары осуществляется путем скручивания концов электродов с помощью электрической дуги между графитовыми электродами диаметром 5-8 мм.

Поломку электродов термопар типа ХА, ХК можно восстановить дуговой сваркой.



Рисунок 4.31. Общий вид термопарного манометрического термометра

Для этого сломанные части термоэлектрода соединяются через графитовый электрод во вторичную обмотку понижающего трансформатора, т. е. при прикосновении графита к частям термоэлектрода образуется дуга, и детали свариваются.

При сварке термопар типа ХА, ХК в качестве флюса используется дрель, которую после сварки удаляют быстрым охлаждением в воде. При ремонте термопары из благородных металлов ее относят к обжигу, очистке и проверке однородности электродов. Процесс обжига осуществляется путем нагрева электрическим током до температуры 1300°С в течение 1 часа, после чего с помощью дрели электроды очищаются от оксидов. Однородность термоэлектрических свойств электродов проверяется милливольтметром, соединенным со свободными концами термопары. Затем термоэлектрод помещают в муфельную печь. При медленном перемещении электрода через печь измеряется электродвижущая сила термо. Если термоэквивалентность превышает половину допустимой погрешности термоэквивалентности, то это связано с тем, что на нагретой территории не было однородности и ее необходимо было бы заменить.

Ремонт приборов измерения давления. Ремонт рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- открытие инструмента,

- продувка кинематических элементов от пыли сухим сжатым воздухом или резиновой лампой;
- выявление и замена неисправных элементов;
- надежное крепление деталей инструмента;
- проверка герметичности мембранной коробки.
- проверка противоположных пружин;
- с помощью корректора установить стрелку инструмента на нулевую стрелку с помощью корректора.

Если стрелка не установлена на предельное значение шкалы, то необходимо переместить тягу в следующее отверстие коленчатого вала. После ремонта определяется погрешность и вариация инструмента. Допускается дальнейшее использование средств, соответствующих стандартам и требованиям инструкции. Сильфонные чувствительные элементы на самописных манометрах, датчиках, вторичных приборах типа MS, DMPK, RL, DRD при работе подвергаются значительным переменным нагрузкам. Поэтому Основными неисправностями в таких устройствах являются нарушение герметичности, появление трещин на гофрированной поверхности сильфона, износ и потеря упругости. При обнаружении таких дефектов потребуется замена неисправных сильфонов.

Ремонт пружинных инструментов. Основными дефектами пружинных устройств являются износ деталей передаточного механизма, износ пружин, появление в них остаточных деформаций, увеличение зазора в местах соединения, дефекты корпуса, стекла и т.д. Перед ремонтом устройство разбирают, осматривают кинематический блок и трубчатую пружину. 4-зубчатый сектор не должен иметь следов затвердевания работы и износа зубьев, а сама доска сектора не должна иметь признаков деформации. 4 зубья сектора должны быть заменены при износе и устранены деформации секторной доски специальным деревянным молотком на металлической доске. Пружина катушки 3 должна иметь правильную форму, не касаясь катушек. Управляет пружиной пинцетом с помощью бинокулярной пятикратной лупы. Для проверки отсутствия следов масла в рабочую полость устройства вводят 5-10 см³ спирта. Средство несколько раз встряхивают, после чего содержимое его высыпают на поверхность чистой белой бумаги. Если после высыхания спирта на бумаге нет масляных пятен, то поверхность инструмента обезжирена.

Для проверки манометров после ремонта применяются грузопоршневые манометры типа МП-60, МП-600 с классами точности 0,05 и 0,2. Грузоподъемные манометры типа МП имеют корпус винтового пресса с поршнем, который при вращении маховика перемещается вместе с винтовым штоком. На рисунке 4.32 показан общий вид манометра грузового типа МП.

Калиброванный шток с пластинчатыми и калиброванными грузами перемещается относительно грузопоршневой колонны за счет давления трансформаторного масла, налитого в пресс при вращении маховика.



Рисунок 4.32. Манометр грузопоршневой типа МП

Трансформаторное масло заливается в воронку на открытом вентиле, приводя поршень в левое крайнее положение, а игольчатые клапаны закрываются. При появлении налета масла из пресса в воронку вентиль закрывается-прессование готовится к работе в двух режимах: проверка манометров путем сверки со стандартными манометровыми указателями; проверка манометров с использованием веса калибровочных грузов.

По первому режиму устанавливают калиброванные и образцовые манометры, открывают клапаны и давление трансформаторного масла производят вращением маховика в соответствии с проверенными отметками шкалы манометра. После 50, 100, 500 кПа по второму режиму применяются калибровочные грузы, позволяющие создавать давление в прессе. Установлен калиброванный манометр, открываются игольчатые клапаны. Поршень перемещается маховиком, таким образом, он выходит из колонны на треть ее длины. Исходное давление создает пластинчатый поршень 100 кПа. По калиброванным отметкам на шкале устанавливаются соответствующие калибровочные грузы для создания последующего давления.

При подсчете показаний проверяемого устройства тарелка для устранения ошибок, вызванных трением поршня, должна вращаться с частотой 30-50 об/мин. Погрешность измерения определяется разностью показаний проверяемого манометра и давления, создаваемого прессом. При сборке и регулировке самописных манометров многовинтовыми трубчатыми пружинами должны соблюдаться следующие требования:

- при отсутствии давления на вход устройства соединительный стержень должен находиться в горизонтальном положении;
- при отклонении шатуна от заданного положения его регулируют, переставляя конец штанги в одно из отверстий приемного механизма;
- осевое отверстие многооборотной трубчатой пружины должно быть установлено в пределах 0,25-0,5 мм.

Во время ремонта секторный механизм подачи пружинного манометра регулируется для равномерного перемещения зубчатых передач по всей длине, а также для параллельности осей сектора и передачи.

Погрешность приводных механизмов схемы при 24-часовом режиме работы не должна превышать +3-5 мин для часовых механизмов и + 15 мин для синхронных электродвигателей.

Ремонт средств измерений расхода. Ремонт стационарных дифференциальных расходомеров – ротаметров типов РС, РИ, РМ-состоит из проверки герметичности соединений, очистки стекла поплавка (поплавка) и ротаметра (рисунок 4.33).

Стекла с поплавками и трещинами заменяются на новые. После ремонта определяются расходные характеристики устройства и составляется его паспорт. Ремонт расходомеров переменного дифференциала с комплектом датчиков-вторичных приборов.

Основные неисправности расходомеров:

- низкая или чрезмерная индикация устройства из-за отсутствия плотности в соответствии с плюсом или минусом дифференциального манометра;
- полное отсутствие чувствительности прибора при изменении дифференциала на дифференциальном манометре;
- неисправность электронного устройства;
- дифференциальный манометр-большая ошибка при измерении потерь от регулирования комплекса вторичных устройств.



Рисунок 4.33. Переменные дифференциальные расходомеры.

Комплект для определения герметичности и утечек я проверяю на специальном стенде. При заданном избыточном давлении воздуха путем намыливания находят утечки в плюсовых, минусовых и уравнильных вентилях.

Эффективным способом обнаружения утечек в устройстве является использование детекторов утечки, таких как ГТИ, ПТИ и т. д. При обнаружении утечки клапанные железы фиксируются соединительной гайкой; если утечка не устранена, железу заменяют новым асбестографитовым кожухом. Основные неисправности дифференциальных манометров типа ДМ:

- выход жидкости из мембранных блоков,
- засорение отверстий, камер давления в камерах приборов,
- неплотность стопорных клапанов,

- "трение" стержня относительно внутренней плотности разделительной трубки. Утечка жидкости из мембранного блока приводит к потере чувствительности устройства из-за снижения измеряемого давления. Для замены мембранной установки необходимо выполнить следующие работы:

- откручиваем фиксаторы и снимаем крышку с индукционной катушкой;
- освобождает выход от разъема, извлекает индукционную катушку, откручивает арматуру для разделительной трубки;
- берет разделительную трубку и откручивает гайку сердечника дифференциального трансформатора специальным профильным ключом;
- откручиваются «+» и «-», снимается арматура А, В для крепления импульсных труб, фиксирующие болты верхней и нижней крышек датчика;
- корпус демонтируется и снимается мембранный блок.

Ремонт уровнемерных приборов

Ремонт плавающих и вытесняющих устройств. Выход из строя сигнальных устройств данного типа может происходить при неисправности выключателей типа МП, снижении сопротивления изоляции, а также в перерывах в кабельных и рычажных системах. Сопротивление изоляции микропереключателей проверяется меггером типа М 1001, а значение сопротивления должно быть не менее 1 МОм. Необходимо заменить микроудобрения с отключающим устройством и с признаками коррозии.

Неисправности кабельных и рычажных систем устраняются заменой кабелей или рычагов; после установки диапазона сигнальных устройств блоки, рычаги, кабели и стопорные упоры смазываются маслами УС или ЦИАТИМ. Уровнемер типа УДУ-5 имеет механизм проверки соединения измерительной ленты. Он позволяет контролировать работу устройства, проверяя соединение перфорированной ленты с измерительным шкивом, а также обнаруживая разрыв ленты и ее заклинивание. Если при повороте рукоятки приводного механизма определяется сила подъема поплавка и при изменении показаний счетного механизма вращается счетный механизм, то приводной ремень находится в хорошем порядке.

Отсоединение ленты от тягового перфоратора определяется отсутствием силы при подъеме привода и отсутствием изменения показаний при повороте механизма проверки. Устройство УДУ-5 регулируется в рабочем контейнере (резервуаре), заполненном контролируемой жидкостью. Уровень жидкости сначала измеряется с помощью любого измерения длины, а затем устанавливается определенный размерный знак. Это действие выполняется при снятии гайки замка с барабана, после установки счетчика гайку нужно снова затянуть.

Перед использованием устройства в устройство отвода заливается сухое трансформаторное масло, уровень которого контролируется специальной комбинированной пробкой с мерной палочкой. неполадки в работе прибора, как правило, возникают в зимний период из-за заклинивания шкивов измерительных лент, появления обледенения на удаленном агрегате

из-за некачественного масла со следами влаги. Ряд объектов с уровнем управлением (цистерны, мокрые газодержатели, баки) оборудуются отоплением - паром или горячей водой.

Такие условия работы устройств типа УДУ-5 считаются самыми сложными: на отключающем ток кольце, на щетке образуется конденсат, элементы ржавеют. Чтобы сохранить работоспособность устройства, необходимо регулярно раз в месяц очищать инструмент и заменять восстановленное масло. Причинами выхода из строя пневматического расходомера типа УБ-П являются нарушение герметичности линий подачи импульсов, низкое давление подачи устройства, сбои в работе демпфера, засорение пневматического реле и др. Отсутствие выходного пневматического сигнала устройства проявляется при засорении дроссельной заслонки пневматического реле или при обрыве или засорении электросети. Неплотность линии подачи проверяется методом протирания соединений «мылом» или пневматической подачей. Засор дроссельной заслонки пневмореле очищают специальной иглой или восстанавливают путем замены дроссельной заслонки.

Избыточный пневматический выходной сигнал на приборе возникает при засорении пневматической релейной насадки, которая устраняется очисткой. Наиболее важной неисправностью прибора является нестабильный выходной сигнал. Она может возникнуть по ряду причин: затирание демпфера-демпфера, механическое расшатывание крепления измерительного блока конвертером, ослабление резьбовых соединений в измерительном блоке и преобразователе, а также нарушение установки ленточных опор рычагов преобразователя.

Вначале исследуется пневматический преобразователь и выявляются слабые места соединений. Затем затягиваются болты и гайки для крепления комплекта Т-образной измерительной единицы, а также соединительные гайки на резьбовых пневматических соединениях. Растирание жидкости определяется зазором между поршнем и чашей демпфера. Положение поршня регулируется таким образом, чтобы зазор по образующей стекла был равным. При этом при постоянном входном давлении и вращении машины на один оборот выходной сигнал должен иметь постоянное значение.

Ремонт и регулировка измерителей уровня емкости. Основными неисправностями данных приборов являются отказы блока электропитания, высокочастотного генератора, а также других элементов электрической цепи. Схему ремонтируют в соответствии с технической документацией, номинальными значениями элементов цепи и т.д.

Проверка и регулировка производительности уровнемера ЭИУ-2 осуществляется контролируемым уровнем, заполненным в рабочей форме. При разливе уровня до нижней отметки стрелку вторичного прибора М32 или потенциометра КСП путем вращения конденсатора ставят на нулевую отметку. Когда уровень заполнен полностью, стрелка стрелочного инструмента приводится к максимуму шкалы путем вращения оси

переменного резистора. В зависимости от диапазона изменения емкости датчика прибор ЭИУ-2 имеет три диапазона 0-300, 0-600, 0-1200 пФ.

Изменение диапазона измерений производится методом переключения перемычки. Электронный блок подключается к датчику радиочастотным кабелем. Для периодической проверки правильности показаний прибора должен быть датчик управления в пределах 200-300 пФ (эквивалент датчика). Когда Датчик отключен, этот эквивалент подключается к радиочастотному кабелю и заземляется, и показания приборов записываются. Проверив этот метод и выявив несоответствие показаний, устанавливают эталонный указатель, закрепленный на рукоятке резистора. При отсутствии формирования сигнала высокочастотного генератора выполняется проверка контура L-C. В случае выхода транзистора из строя его заменяют из контура.

Наиболее распространенные неисправности в емкостных уровнемерах типа МЭСУ и ЭСУ:

1.Отказ высокочастотного генератора - при прикосновении электрода датчика к управляемой среде не загорается лампа «уровень» и реле не включается снова и снова. Необходимо заменить вышедшую из строя лампу генератора 6Н16Б.

2.Неисправность реле Р1 определяется следующим образом: а) по постоянно горящей лампе «уровень» - это происходит, когда контакты реле «прилипают», требующие очистки и настройки; б) не срабатывает лампа «уровень» при прикосновении контролируемой среды к электроду датчика.

В этом случае необходимо проверить и очистить контактные группы реле, а в случае неоднократного выхода из строя реле заменить.

3.При снижении сопротивления изоляции датчика ниже 50 МОм постоянно горит лампа «уровень». Нужно почистить датчик, просушить и заменить его.

Ремонт газо-и жидкостных анализаторов

Автоматические анализаторы газов и жидкостей представляют собой сложные приборы, ремонт которых осуществляется под руководством высококвалифицированных специалистов. Основные типичные причины неисправности анализатора:

- Превышение допустимых концентраций измеряемых газов, чрезмерное поступление вредных компонентов в датчик, неисправность установок подготовки газа;

- Неисправность электронного прибора вторичного регистратора; неисправность схем электроснабжения;

- Неисправность датчика и схемы электронного блока.

При обнаружении неисправностей в источниках питания, электронных установках и датчиках используются ампер-вольт-омметры Ц-435, Ц-4315, цифровые вольтметры и осциллографы, что позволяет выявлять неисправности в соответствии с заводскими инструкциями и картами помех и напряжений в схемах.

Работоспособность отремонтированного устройства проверяется после проверки камеры, принимающей датчик, на испытанные газовые смеси.

Если показания газоанализатора отличаются от данных управляемой газовой смеси, то необходимо отрегулировать чувствительность приемника резистором до тех пор, пока показания прибора не соответствуют паспортным данным управляемой газовой смеси. Газоанализатор проверяется двумя контрольными смесями в соответствии с 20-30% и 60-80% рабочей шкалы прибора.

Для газоанализаторов типа ТП, МН, ТХГ необходимо строго соблюдать фазное напряжение, блок питания и вторичный прибор. Если фазы питающего напряжения различны, то газоанализатор не может быть установлен и отрегулирован, а стрелка другого прибора переходит в одно из крайних положений. Правильность фазировки проверяют переменным вольтметром или комбинированным инструментом типа Ц-56, Ц-4312 и др.

Ремонт и поверка газоанализаторов типа ТП, ТХГ и ОА во многом схожи с ремонтом прибора МН и отличаются только изменениями в структуре датчиков и электрических цепей приборов. В зависимости от сложности электрической схемы кулонометрических измерителей микроконцентрации влаги типа КИВГ, «Байкал», «Кулон» и анализаторов запыленности воздуха и газа типа АЗ-4, АЗ-5 ремонт не предусматривается. Основными неисправностями таких устройств являются утечки в газовых цепях датчиков, которые могут быть вызваны плохой фиксацией чувствительных элементов, расположенных в одном стеклянном корпусе. Плотность газовой цепи проверяется с помощью типового манометра с диапазоном измерения 0-0,4 МПа с муфтой к газовой цепи устройства.

Герметичность газовой схемы проверяется с помощью типового манометра с диапазоном измерения 0-0,4 МПа, на котором выход прибора присоединен к газовой схеме засоренного прибора. Работы, связанные с устранением утечек в влагомерах в газах, достаточно трудоемки и требуют высоких производственных навыков и знания всех элементов газовой схемы от наладчиков приборов и оборудования автоматики. Газоанализаторы проверяются в трех точках-начале, середине и конце шкалы. Указанные газовые смеси доставляются по газопроводу газоанализатора, а необходимый паспортный расход газа контролируется и регулируется ротаметром типа РС-ЗА, установленным на газовом контуре устройства. Если после продувки газовой смеси через датчик в течение 3 минут показания прибора отличаются от паспортных значений газовой смеси, то показания необходимо корректировать в соответствии с заводской инструкцией для газоанализатора.

Регулировка газоанализатора типа МН - 5130. В приборе типа МН-5130 (рисунок 4.34) для проверки «нуля» устройства на приемнике установлен магнитный шунт, рукоятка которого выведена из верхней части магнитной системы.



Рисунок 4.34. Газоанализатор типа МН – 5130

Для проверки «нуля» газоанализатора поворачивают ручку шунта против часовой стрелки и опускают магнитный шунт до конца. При опускании шунта магнитные полюса замыкаются, магнитное поле над чувствительными элементами «гасится», вследствие чего в анализируемом газовом потоке отсутствует взаимодействие магнитного поля с кислородом.

Поэтому стрелка пишущего устройства должна быть поставлена на красный знак шкалы, соответствующий началу шкалы инструмента. Если стрелка инструмента не установлена на «ноль», ослабьте гайку упорного зажима нулевого реостата и установите «ноль» инструмента. После проверки «нуля» необходимо поднять магнитный шунт, вращая его ручку по часовой стрелке до упора. 0 - 2 1, 15 - 3 0, 20 - 80% для определения работоспособности кислородосодержащих газоанализаторов типа МП в качестве калибровочной газовой смеси можно использовать воздух, так как он содержит 20,8-21,0% кислорода.

Если воздушный поток подается по газовой схеме устройства со скоростью 42 л/ч, то вторичное регистрирующее устройство должно записывать показатели, равные 21% кислорода. Если газоанализатор МН не может быть отрегулирован и приведен в соответствие с указанным методом, необходимо проверить приемник по карте напряжения и схеме.

Измерительную схему газоанализатора градуируют из расчета 2,5 Ом на каждый провод с учетом сопротивления проводов контактной сети. Проверка работоспособности электронного средства записи типа КСМ-2 для газоанализаторов МН осуществляется при отключенном датчике. Для этого, кроме испытанного инструмента, составляется схема, включающая в себя две барьерные коробки типа Р-33 номиналом 30 кОм. Метод испытания состоит в изменении значения сопротивления коробки R3 и R4 через 1 Ом, так что сумма их значений остается постоянной, т. е. равна 95 Ом: $R3 + R4 = 95 \text{ Ом}$. В этом случае записываются показания проверенного электронного прибора. Для отремонтированного инструмента при одновременном изменении сопротивлений R3, R4 на 1 Ом показания шкалы прибора должны изменяться на 0,8-1% от разницы значений начала и конца шкалы.

Контрольные вопросы:

1. Какие отделы входят в состав отдела ремонта контрольно-измерительных приборов и оборудования автоматики?
2. Какие инструменты должны использоваться для разборки и сборки устройств?
3. Какие документы заполняются для проведения ремонтных работ?
4. Каковы основные неисправности пружинных инструментов?
5. Каким измерителем измеряется сопротивление изоляции термометра сопротивления и обмотки термопары?

ГЛАВА 5. ОСНОВЫ РОБОТОТЕХНИКИ

Одним из ведущих направлений современной прикладной науки является робототехника, занимающаяся разработкой и внедрением автоматических машин, способных упростить как производственную сферу жизни, так и повседневную жизнь.

Робототехника сегодня достаточно развитая отрасль: многие роботы выполняют работы на различных предприятиях, изучение космического пространства или подводных глубин не обходится без использования роботизированных манипуляторов подводных или летающих транспортных средств с высоким уровнем интеллекта.

Робототехника развивается благодаря высоким технологиям в качественно иной информационной среде, для ее функционирования необходимо работать через процессы подготовки специалистов в области робототехники, дополнительного образования, переподготовки участников всех уровней образования.

5.1. Определение роботов

Робототехника – это современная наука, использующая постоянные достижения машиностроения, материаловедения, изготовления сенсоров, технологий производства и передовых алгоритмов. Изучение робототехники откроет любителю или профессионалу новые возможности в применении робототехнических проектов в различных областях деятельности. Практическое применение роботов стимулирует развитие робототехники и приводит в движение процесс достижений в других областях науки.

Сегодня роботы добывают полезные ископаемые, собирают комплектующие материалы в автомобили. В ближайшем будущем появятся автомобили с автоматическим управлением, робототехнические устройства для выполнения домашних обязанностей и сборки специализированного оборудования под определенные требования.

Робот – это мехатронное устройство, которое включает в себя следующие компоненты:

1. Датчики.
2. Сервопривод.
3. Система управления.
4. Изобретательность или автономность.

Международный стандарт ISO 8373:2012 определяет робота как приводной механизм, программируемый по двум и более осям, имеющий некоторую степень автономности, движущийся внутри своей рабочей среды и выполняющий предназначенные ему задачи.

Для лучшего понимания того, что есть робот, приведем функциональное определение (определение STA, рисунок 1): роботом можно назвать любое

устройство (механизм), выполняющее предназначенные ему действия, одновременно отвечающие трем условиям.

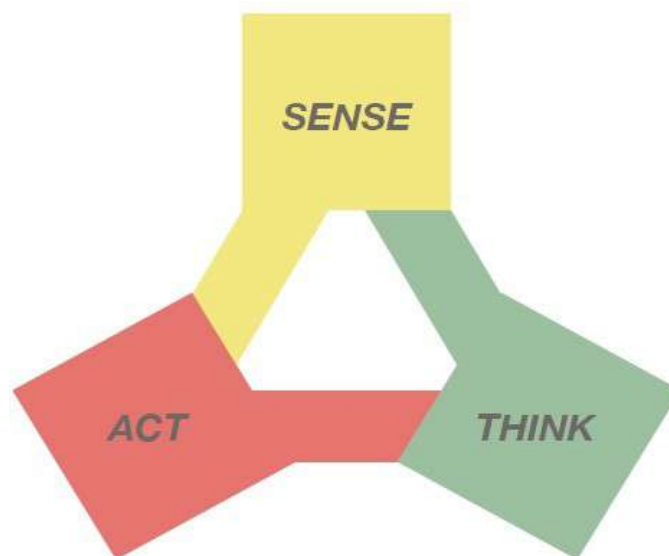


Рисунок 5.1. Определение STA

1.SENSE: восприятие окружающего мира с помощью датчиков. Такими датчиками являются микрофоны, камеры (все зоны электромагнитного спектра), различные электромеханические датчики и т.д.

2.THINK: понимание окружающего физического мира и создание моделей поведения для выполнения намеченных действий.

3. ACT: воздействие на физический мир.

Если одно из вышеперечисленных условий не выполняется, то устройство не является роботом.

Например, автономный транспорт можно отнести к робототехнике. Робот-машина имеет датчики (SENSE), конструирует модели, понимает окружающий мир и принимает решения (THINK) и выполняет необходимые действия для передвижения, выполняя свою задачу (ACT) (перевозка пассажиров или грузов).

Такой робот работает в невероятно сложной, недетерминированной среде, где постоянно возникает количество непредвиденных ситуаций.

Робот на заводе имеет в руках простой датчик (SENSE), который отслеживает выполнение рабочей модели (THINK) и выполняет необходимое действие (ACT), такое как сварка (одномерный лазерный дальномер). Эти роботы работают в строго детерминированной среде, где построенная модель долго не меняется.

С другой стороны, устройство, которое может принимать внешний мир (SENSE) и действовать (ACT), но не имеет модели внешнего мира, можно отнести к автоматике. Например-кофеварка, которая широко использует это устройство.

Исходя из этого определения, современную, развитую робототехнику лучше называть интеллектуальной.

5.2. Виды роботов

Промышленные роботы (ОР) предназначены для выполнения двигательных и управляющих функций в процессе производства. Манипуляционный робот-Это автоматическое устройство, состоящее из манипулятора и перепрограммируемого управляющего устройства, генерирующего управляющие действия, устанавливающие необходимые движения исполнительных органов манипулятора. Они позволяют значительно автоматизировать процесс конвейерного производства, что, в свою очередь, позволяет повысить производительность труда, снизить издержки производства, а также ослабить влияние человеческого фактора, тем самым повысить конкурентоспособность.

В зависимости от вида работ, выполняемых роботами:

1. Литейное производство-для литья расплавленными материалами, включая 3D-принтеры. Основной технологической проблемой при разработке является высокая температура плавления.

2.Роботы для механической обработки-применяются при обработке режущих инструментов, изделий с применением механического действия по ковке, а также прессованию и штамповке.

3.Сборка- в большинстве случаев это манипуляторы, использующие различные инструменты как для механического соединения, так и для сварки электронных компонентов.

4.Краска-применяется для автоматического нанесения лакокрасочного покрытия, а также для последующей полировки изделия.

5.Строительство-предназначенное для автоматизации строительства, а также для добычи ресурсов, включающее роботизированные транспортные средства для доставки строительных материалов и машины для строительства различных объектов.

6.Наполнение и сортировка-используется для проверки качества продукции, сортировки и упаковки, в большинстве случаев это заключительный этап автоматизации на конвейерах, на которых не рассчитаны средства доставки продукции потребителям.

7. Транспорт-этот класс включает в себя любые роботизированные средства доставки, среди которых наиболее распространенными являются конвейерные ленты.

8.Сельское хозяйство - роботы, основной задачей которых является автоматизация сельскохозяйственного производства, например, дождевиков, комбайнов, тракторов и др.

Бытовые роботы-роботы, призванные помогать людям в повседневной жизни.

Выделим следующие классы:

1.Транспортные роботы-используются для перевозки пассажиров и

грузов в автоматическом режиме.

2. Умный дом-интеллектуальная, роботизированная система, главная задача которой-автоматизация и координация всех систем жизнеобеспечения и безопасности.

3.Робот-помощник-универсальный класс роботов, способный оказывать физическую и интеллектуальную помощь владельцу.

4.Робот-домохозяйка-класс роботов, которые выполняют повседневную работу дома, включая роботов-поваров, пылесосов, мойщиков окон, посудомоечных машин, очистителей воздуха, автоматических питателей, очистителей бассейнов и т. д.

Социальные роботы-это роботы, способные к автономному или полуавтономному режиму взаимодействия с людьми и общения с ними в общественных местах или домах.

1.Члены семьи роботы-устройства, которые могут полностью «сливаться» с семьей, перемещаться по дому, взаимодействовать с другими.

2.Животные роботы - устройства, заменяющие домашних животных, могут копировать их движения и звуки.

3.Игрушечные роботы-это развлекательные инструменты, которые способствуют обучению детей различным навыкам и знаниям.

Медицинские роботы-роботы, предназначенные для проведения медицинских манипуляций под управлением человека.

1.Роботы-хирурги-используются для хирургического лечения заболеваний и травм, помимо выполнения роли хирурга, они также могут выполнять функции ассистента во время операции.

2.Фармацевтические роботы-способны производить и распространять лекарственные средства для пациентов.

3.Роботизированные протезы-предназначены для замены утраченных или необратимо поврежденных частей тела искусственными роботизированными устройствами.

4.Роботизированная трансплантация-используется для замены поврежденных или неработающих органов и тканей роботизированными устройствами, которые могут эффективно заменить их.

5.Роботы-медсестры-могут заменять средний медицинский персонал при уходе за пациентами.

6.Роботизированные тренажеры пациентов-предназначены для практического обучения и развития навыков медицинских специалистов.

7. Диагностические роботы-способны диагностировать и назначать лечение по данным анамнеза.

Исследование роботов-это устройства для проведения различных исследований, в том числе возможность использования роботов для выполнения различных функций. К ним относятся многочисленные автоматические и полуавтоматические устройства. В эксплуатационных средах:

1. Космос-используется для исследований в космосе, которые включают в себя различные исследовательские спутники.

2. Наземные-предназначены для исследования на земле, в случае проведения исследований на других планетах роботы называются планетарными роверами.

3. Подземный-может проводить исследования на поверхности почвы, или непосредственно под землей, или в пещерах и гротодах.

4. Море-устройства для проведения исследований на поверхности или под водой.

Боевые роботы-это многофункциональные технические устройства, обладающие антропоморфным (сходным с человеком) поведением, частично или полностью выполняющие функции человека при решении определенных боевых задач. Позволяет заменить человека при выполнении боевых задач, сохранить его жизнь, а также выполнять задания, не соответствующие его возможностям. В эксплуатационных средах:

1.Летательный аппарат (беспилотный) - предназначен для выполнения воздушных миссий, таких как наблюдение и разведка, координация ударов по противнику, создание беспроводных сетей связи поблизости.

2.Земля - в этот класс входят наземные боевые машины, это беспилотные боевые машины, разведывательные системы, системы безопасности, саперные роботы, а также полноценные боевые системы.

3. Морской-этот класс объединяет наземную и подводную робототехнику, основными задачами которой являются разведка, эскорт, патрулирование и поиск мин.

Методы передвижения роботов также классифицируются:

1. Режим колеса-это наиболее распространенный режим движения, который можно разделить на подклассы в зависимости от количества используемых колес. Преимуществом использования компактных (от 1 до 2) колес может быть простота конструкции и отличная маневренность, с другой стороны, увеличение количества колес расширяет площадь соприкосновения с поверхностью, что способствует значительному улучшению перекрестных характеристик.

2. Метод контроля-чаще всего используется в боевых роботах, так как использование треков значительно повышает способность к кроссу.

3. Ходьба-использование аналогов ног для передвижения увеличивает сложность конструкции, в то же время современные технологии не достигают стабильности, близкой человеку.

4. Путешествие на воздушном транспорте-в него входят ракеты, называемые пилотами, а также самолеты и вертолеты, оснащенные автопилотом.

5. Плавающий путь-способ передвижения над и под водой с использованием воздушных винтов или сил ветра при движении, к этому способу относятся летательные аппараты (беспилотные амфибии), а также суда, оснащенные автопилотом.

Контрольные вопросы:

1. Что такое робот?
2. Каковы основные элементы робота?
3. Где используется робототехника?
4. На какие группы можно разделить роботов по назначению?
5. Перечислите виды роботов и в чем их отличие друг от друга?
6. Какие параметры определяют технический уровень роботов?

5.3 Профессии для роботизированного дизайна

Робототехника включает в себя знания многих научных и инженерных дисциплин. Поэтому при планировании роботизации необходимы некоторые первоначальные знания в этой области. Включая объем и сложность функционала робототехнического устройства, это влияет на объем знаний. Например, для создания малогабаритного робота с простым функционалом будет достаточно элементарных знаний по робототехнике, а для робота по размеру обуви потребуются дополнительные знания для реализации баланса устройства в области электроники, программирования и твердой механики.

Конечно, вам не нужно знать все эти дисциплины, но знание основ робототехники поможет вам создать лучших роботов и позволит избежать ошибок начинающих в робототехнике.

Известно, в какой области науки необходимы знания для робототехники.

Механика (от греч. механике (*téchne*) - наука о машинах, искусство строительных машин), наука о механическом движении материальных тел и взаимосвязи между телами, возникающими в этот момент.

В робототехнике механические знания необходимы для понимания физических явлений:

- как передаются силы между различными частями конструкции
- где находится центр тяжести
- трение
- положение, скорость, ускорение тела
- законы Ньютона
- инерция
- свойства материалов.

Знание механики поможет осуществить процесс удержания робота в равновесии. Хотя сборка робота возможна без знания механики, создание робота, который будет устойчивым при наклоне и повороте, невозможно без знания механики. Еще одним пунктом применения знаний механики являются оси. Например, при создании небольших роботов колеса могут быть прикреплены непосредственно к лебедке двигателя. Однако это не работает для больших роботов, так как создает большой стресс для внутренних частей.

Электроника (от греч. Ηλεκτρόνιο «электрон») - отрасль науки и техники, занимающаяся созданием и практическим применением различных устройств и устройств, работа которых основана на изменении концентрации и движения заряженных частиц (электронов) в вакууме, газе или твердых кристаллических телах /

В робототехнике знания по электронике необходимы, чтобы понимать функционирование:

- электронных компонентов
- аналоговых схем
- цифровой логики
- микроконтроллеров.

Электроника-это то, без чего невозможно обойтись в современном мире, если вы не планируете создавать полностью механического робота или использовать пневматику для управления.

Компьютерное программирование. Компьютерное устройство представляет собой процесс записи списка команд, которые оно выполняет при решении задач, поставленных перед устройством. Список команд под названием Программа должен быть очень подробным, так как компьютерное устройство не может мыслить самостоятельно.

Знания компьютерного программирования в робототехнике необходимы для понимания следующих явлений:

- структуры управления (последовательность, выбор, повторение)
- типы данных (константы, переменные, целые числа, действительные, строки и т. д.)
- алгоритмы
- аппаратное управление (установка и чтение регистров, прерывания и т. д)
- логика.

Чтобы спроектировать робота, необходимо заранее оценить баланс между размером (весом), мощностью двигателя и батареей. Эти три элемента связаны между собой (высокая емкость аккумулятора увеличивает вес робота и требует мощных двигателей), а поиск «идеального» баланса требует большого количества корректировок и экспериментов. Сначала необходимо описать тяжелые компоненты на выходе/массе (например, двигатели: крутящий момент/кг; аккумуляторы: мАч/кг) и выбрать вариант, который даст наилучшее значение. Использование легких материалов значительно снижает вес (например, алюминий вместо стали). Создание легкого металлического каркаса и использование пластиковых досок в качестве поверхностей было бы намного проще, чем металлических пластин. Для маленьких роботов акрил является хорошим материалом для легкой работы.

Существуют другие способы создания робота, кроме самостоятельного выбора материалов, их резки и сверления. Например, с

помощью Lego Technic и Мессано, которые являются альтернативой, когда вы не можете резать и сверлить свои детали. Этот комплект оснащен всем необходимым для работы с роботами.

Системы автоматизированного проектирования

Чтобы понять важность систем компьютерного проектирования, необходимо изучить различные задачи и операции, решаемые и выполняемые при разработке и производстве продукции. Все эти задачи вместе называются жизненным циклом полученного продукта. На фото. На рис. 5 показаны этапы жизненного цикла изделий и системы их автоматизации.

Все этапы жизненного цикла продукта имеют свои цели. Кроме того, участники жизненного цикла стремятся достичь своих целей с максимальной эффективностью. При проектировании, ТПП и на стадии производства необходимо обеспечить выполнение технических характеристик и снизить материальные и временные затраты в степени надежности продукции, необходимой для достижения успеха в условиях конкуренции в условиях рыночной экономики.

Эффективность заключается не только в снижении себестоимости продукции и сокращении времени проектирования и производства, но и в обеспечении простоты использования и минимизации затрат на будущую эксплуатацию продукции. Требование простоты использования особенно важно для сложного оборудования, например, в таких отраслях, как авиационная или автомобильная промышленность.

На современных предприятиях, производящих сложную промышленную продукцию, достижение этих целей невозможно без широкого применения автоматизированных систем (ИС), основанных на использовании компьютеров и предназначенных для создания, обработки и использования всей необходимой информации о свойствах продукции и сопутствующих процессах. Специфика задач, решаемых на разных этапах жизненного цикла изделия, определяет разнообразие используемых динамиков. Ссылаясь на ту или иную стадию жизненного цикла изделия, основные типы АУ представлены на рис.5.2.

CAE-компьютерная инженерия (автоматизированные вычисления и анализ);

CAD - компьютерный дизайн (компьютерный дизайн);

CAM-компьютерное производство (автоматизированная технологическая подготовка производства);

PDM-управление данными продукта (управление данными проекта);

ERP-EnterpriseResourcePlanning (планирование и контроль предприятия);

MRP - 2-Планирование требований к производству (материалу) (планирование производства);

МОН - производственная исполнительная система (производственная исполнительная система);
 SCM-управление цепочкой поставок (управление цепочкой поставок);
 CRM-управление по взаимодействию с клиентами (Взаимодействию с клиентами управление);
 SCADA-отслеживание и сбор данных (отслеживание производственных процессов);

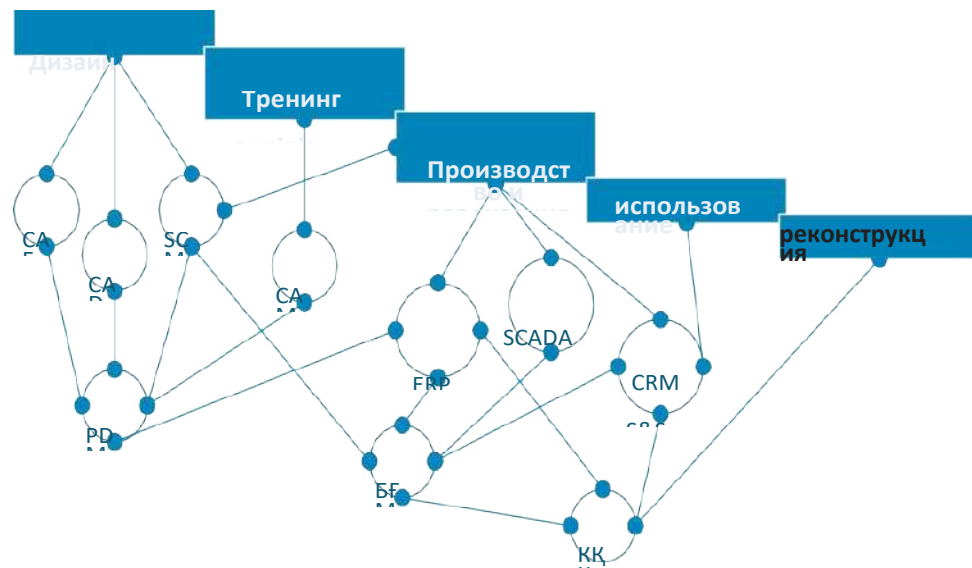


Рисунок 5.2. Этапы жизненного цикла промышленной продукции и системы их автоматизации

CNC - компьютерное цифровое управление (компьютерное цифровое управление);

S&SM - управление продажами и обслуживанием (управление продажами и обслуживанием);

КТК-коммерция совместного продукта (совместный электронный бизнес).

Ниже приведена традиционная классификация, разделяющая их по назначению:

- инструменты для самостоятельного проектирования САД (Computer Aided Design);
- Инструменты инженерного анализа CAE (Computer Aided Engineering);
- средства для подготовки автоматизированного производства (Компьютерное производство);
- Инструменты планирования технологических процессов CAPP (Computer Aided Process Planning);
- PDM (Product document Management) инструменты управления документами;

- ГИС геоинформационных систем (GeoinformaticsSystems).

В свою очередь, во всей совокупности решений САПР принято различать по отраслевому назначению:

- механический CAD - MCAD (механический компьютерный дизайн);
- САПР электронных устройств, EDA (Electronic Design Automation);
- архитектурно-строительная CAD, АЕС (архитектурная инженерия и строительство).

Продукты САЕ делятся на системы соответственно:

- расчеты на прочность (в основном с помощью ФЭМ-метод конечного элемента);
- термические расчеты;
- динамика расчета жидкости (CFD, Computational Fluid Dynamics);
- кинематический анализ;
- механическое моделирование (MES, моделирование механических событий);
- моделирование процессов литья и формования;
- электромагнитные и электродинамические расчеты;
- оптимизация.

В зависимости от состояния текущей задачи САПР также классифицируется по другим критериям:

1) Разновидности и сложность объектов проектирования:

а) САПР объектов малой сложности (количество компонентов - до 100);

б) ПЛА для объектов среднего размера (100-10, 000);

в) САПР особо сложных объектов (более 10000);

2) Уровень автоматизации:

а)низкоавтоматизированные (до 25% дизайна) процедуры автоматизированы);

б) средняя автоматизированная (25-50%);

в) высокоавтоматизированные (50-75%);

3) Уровень сложности:

а)одноступенчатый (один этап проектирования);

б) многоступенчатый (несколько этапов);

в) сложный (весь процесс изготовления изделия);

4) характер и количество документов, представленных проектом:

а)САПР низкой производительности (100-10000 проектных документов формата А4 в год);

б) САПР средней производительности (10000-100000);

в) высокопроизводительные САПР (100000 и выше).

САПР обычно классифицируется как программное обеспечение.

Виды программного обеспечения САПР

Обеспечение систем САПР включает: теорию процессов, возникающих в схемах и структурах; методы анализа и синтеза структур, систем и их компонентов, их математические модели; математические методы и алгоритмы численного решения систем уравнений, описывающих структуры. Эти компоненты составляют основу системы САПР. Программное обеспечение САПР включает в себя алгоритмические специальные языки программирования, терминологию, нормы, стандарты и другие данные. Как правило, в качестве самостоятельных блоков обеспечения САПР выделяют следующие виды залога.

Программное обеспечение (ПО) - совокупность математических методов, моделей и алгоритмов проектирования, представленных в заданном виде. При компьютерном проектировании МО фактически не используется, а используется компонент из него-программное обеспечение. Кроме того, развитие МО является наиболее сложным этапом построения системы САПР, от которого в наибольшей степени зависят производительность и эффективность системы САПР в целом при использовании условно одинаковых технических средств. МО любой системы САПР делится на две части по назначению и методам реализации. Первый состоит из математических методов и построенных на их основе математических моделей, описывающих объекты проектирования или их части или вычисляющих необходимые свойства и параметры объектов. Вторая часть-формальное описание технологии компьютерного проектирования. Как часть любой системы САПР, эти части оборудования должны взаимодействовать. Методы и средства внедрения первой части МО являются уникальными в различных системах САПР и зависят от особенностей процесса проектирования. Совершенствование и совершенствование методов в этом разделе-это постоянный процесс. Развитие САПР стимулирует эту работу, прежде всего с точки зрения разработки методов оптимизации проектирования.

Вторая часть МО-оформление автоматизированных процессов проектирования в комплексе-является более сложной задачей, чем алгоритмизация и программирование отдельных проектных задач, так как необходимо формализовать всю логику технологии проектирования, в том числе логику взаимодействия конструкторов друг с другом с помощью средств автоматизации. Эти проблемы решались, решались эмпирическим путем, в основном методом проб и ошибок. Следовательно, МО САПР должен описывать взаимосвязанный объект, процессы и средства автоматизации проектирования.

Техническая поддержка (ТО) - совокупность связанных и взаимодействующих технических средств, обеспечивающих работу САПР. Аппаратура САПР включает в себя вычислительные устройства и технологию организации, средства передачи данных, средства измерений,

устройства подготовки и архивирования данных. В настоящее время большинство практических САД-систем основаны на локальных сетях.

Программное обеспечение (ПО) - совокупность машинных программ, необходимых для процесса проектирования, включающих системное и прикладное программное обеспечение. В программном обеспечении САПР: общесистемное программное обеспечение (базовая операционная система + системы мониторинга САПР); программные пакеты (программные комплексы, направленные на решение задач в определенной области); системы программирования (набор инструментов для записи текстов, трансляции и коррекции пользовательских программ).

Информационная поддержка (ИО) - совокупность информации, необходимой для осуществления проектирования. Включает СУБД (систему управления базами данных), саму базу данных и базу знаний. К информационному обеспечению предъявляются следующие требования: соответствие информации условиям тематической зоны; массовое использование (общий доступ); скорость (время ответа на запрос); производительность (количество выполненных запросов в единицу времени); возможность расширения; надежность и защищенность информации.

ИО САД состоит из описания стандартных процедур проектирования, типовых проектных решений, типовых элементов, компонентов и их моделей, материалов, числовых значений параметров и других данных. Эти данные записываются в закодированном виде на машинном носителе. Кроме того, ИО САД содержит информацию о правилах и правилах проектирования, содержащихся в соответствующей нормативно-технической документации, а также правилах документирования результатов проектирования. Структура и содержание ИО САД, а также характер ее использования зависят от степени развития банка данных (БД).

В базе данных можно выделить важные части, играющие иную роль в процессе проектирования: справочник содержит справочные данные по ГОСТам, нормам, унифицированным элементам и ранее завершенным типовым проектам. Эта часть наименее изменчива, характеризуется однократной записью и многократным чтением и называется постоянной частью базы данных.

Проект содержит информацию о продукте, которая находится непосредственно в процессе проектирования. Проект содержит результаты решения проектных задач, полученных на текущий момент (различные типы геометрических моделей, схем, технических условий). Проект будет дополнен или изменен, поскольку последующие повторения на этапах проектирования и строительства будут завершены. Часто справочник и проект объединяются под общим названием архива. Проект будет дополнен или изменен, поскольку последующие повторения на этапах проектирования и строительства будут завершены.

Часто справочник и проект объединяются под общим названием архива. Проект будет дополнен или изменен, поскольку последующие повторения на этапах проектирования и строительства будут завершены. Часто справочник и проект объединяются под общим названием архив.

Лингвистическое обеспечение (ЛО) - совокупность языков проектирования, включающая термины, определения, правила формализации естественного языка, методы сжатия и расширения текстов. В свою очередь, лингвистическая поддержка САПР подразделяется на языки программирования, проектирования и управления. Языки программирования используются для разработки и редактирования системного и прикладного программного обеспечения CAD. Они основаны на алгоритмических языках: совокупности признаков для постановки алгоритмов решения задач и правил построения структур из этих признаков. Совокупность языка программирования и соответствующего ему языкового процессора называется системой программирования.

Языки программирования-это проблемно-ориентированные языки, которые обмениваются информацией об объектах и процессе проектирования между пользователем и компьютером. Языки программирования используются для формирования команд для управления технологическим оборудованием, устройствами документирования и периферийными устройствами. Языки программирования имеют разные уровни, высокие, удобные для пользователя и близкие к машинным языкам.

Методическая поддержка (МП) - совокупность документов, устанавливающих состав, правила выбора и использования средств поддержки системы.

Организационное обеспечение (ОО)-совокупность документов, определяющих состав проектной организации, связи между отделами, а также форма представления результатов проектирования и порядок рассмотрения проектной документации. Полноценное функционирование системы САПР возможно только в том случае, если все вышеперечисленное программное обеспечение доступно и взаимодействует. Для пользователей ТО и программное обеспечение выступают как единое целое, составляющее инструмент проектирования, поэтому говорят, что в САПР можно различить программно-методический комплекс-программное обеспечение и набор МП - и программно - аппаратный комплекс-программное обеспечение и набор ТО.

Инструменты моделирования CAD

Моделирование используется в САПР для создания параметров проектируемых объектов и их определения на стадии оценки. При этом он позволяет определять статические и динамические параметры как объекта в целом, так и отдельных его модулей. Например, с помощью метода моделирования можно провести кинематический анализ

механизмов, определить напряженное состояние деталей, оценка работоспособности привода и системы управления объектом и др.

Моделирование можно разделить на аналитическое и физическое. Аналитическое моделирование включает в себя геометрическую (проволочная рамка, поверхностная, сплошная) параметрическую (табличная параметризация, иерархическая параметризация, вариационная (размерная) параметризация, геометрическая параметризация, ассоциативное проектирование, объектно-ориентированный дизайн). Физическое моделирование реализует физическую модель проектируемого объекта (например, технологию быстрого прототипирования).

Геометрическое моделирование

Геометрические модели в САПР используются для решения многих задач: визуализации, создания вычислительных сеток, создания управляющих программ ЧПУ и т. прежде всего, они предназначены для хранения информации о форме объектов и их взаимном расположении и обеспечения ее обработки в удобной компьютерной программе. форма. Это основное различие между электронной геометрической моделью и изображением, представляющим собой обычное символично-графическое изображение для чтения человеком.

Каркасное моделирование. Это первая технология, отражающая объемную геометрию. Он естественным образом развивался из 2D-черчения. Самый простой способ визуализации этих трехмерных моделей-так называемые проволочные рамки или просто проволочные рамки, которые дают неоспоримые преимущества перед моделированием на плоскости. Они помогают более четко проиллюстрировать модель и надежно контролируют взаимное расположение составляющих ее элементов. Кроме того, беспроводные кадры могут использоваться для создания проекционных сцен. Простые структуры данных и алгоритмы работы с фреймами позволили реализовать их на маломощном оборудовании конца 70-х годов XX века.

Недостатком каркасного представления моделей является то, что программы не могут отображать все возможности страниц, определенных проволочными рамками, и это, например, не позволяет создавать конкретные разделы. Наглядное изложение является достаточно аскетичным и в некоторых случаях не позволяет однозначно интерпретировать увиденное. Тем не менее, эта технология с множеством ограничений также позволила значительно расширить функциональность САПР по сравнению с 2D-системами. В настоящее время также используется схема проводов

Геометрическое моделирование САПР, но только как вспомогательная система промежуточных конструкций.

Поверхностное моделирование. В отличие от каркасного представления, моделирование при помощи поверхностей имеет

существенно меньше ограничений, так как позволяет определить своеобразную «оболочку» трехмерного объекта.

Геометрические модели, основанные на изображении поверхности, обеспечивают качественную визуализацию, легкий переход к созданию вычислительных сеток для численного моделирования, обеспечивают ряд полезных функций, таких как построение пространственных пар, разрезов, определение линии пересечения оболочек, формирование чертежных проекций.

Поверхностные модели отличаются подходом к их поверхности. Со стороны структуры данных и алгоритмов, используемых для работы с ними, проще - аппроксимация полигона, когда поверхность представлена набором взаимосвязанных плоских поверхностей, на практике чаще всего треугольников. Такое приближение легко построить, для этого разработаны эффективные алгоритмы реалистичной визуализации, которая не требует значительных вычислительных ресурсов, но требует памяти. Основным ограничением такого приближения является то, что оно имеет фиксированную точность, т. е. отклонение положения поверхности модели от «идеальной» модели. Для достижения высокой точности необходимо создание сеток с малым шагом, что приводит к повышению требований к вычислительным возможностям системы.

Сегодня наиболее часто используемая в практике САПР технология NURBS (Non-Uniform Rational B - Spline, неравномерность B-spline) лишена этих недостатков. Такая характеристика поверхности обеспечивает координаты любых ее точек, радиус кривизны на ней, ориентацию нормали на поверхность с любой точностью, предопределенной высокой, общей (без учета расчетных затрат). Определенным недостатком такого подхода является сложность алгоритмов работы с NURBS, но эту ситуацию исторически преодолели исследователи и разработчики.

Технология NURBS обеспечивает реализацию ряда функций, недоступных или существенно ограниченных при использовании проволоочной рамки или многоугольных изображений: расчет радиусов кривизны поверхностей, их плавное сопряжение, построение траекторий на поверхности, что важно для подготовки программ с ЧПУ, получение точных изображений, проецируемых на плоскость, например, для построения сцен и т. д.

Традиционно в САПР используются несколько типовых контекстов создания поверхностей: плоская поверхность - получается заполнением плоского контура (2D-эскиз или набор замкнутых кромок, лежащих в одной плоскости); поверхность вытяжки - образуется в результате плоскопараллельного вытягивания замкнутого или разомкнутого 2D/3D - эскиза в направлении, перпендикулярном плоскости эскиза, или под произвольным углом; поверхность вращения - получается вращением произвольного профиля (2D-эскиз) относительно оси; поверхность по траектории - создается движением 2D/3D -эскиза вдоль криволинейной

образующей (2D/3D-эскиз, 3D-кривая) и произвольного числа направляющих кривых (2D/3D-эскиз, 3D-кривая), деформирующих исходный контур; поверхность по сечениям - аналог поверхности по траектории; отличается тем, что строится не по одному, а по нескольким поперечным сечениям с направляющими кривыми; граничная поверхность - аналог поверхности по сечениям; отличается тем, что строится по нескольким произвольно сориентированным в пространстве 3D-кромкам других поверхностей с сохранением касательной к ним и с соблюдением непрерывности по второй производной (гладкая стыковка); при построении могут использоваться направляющие кривые; поверхность свободной формы - строится разбиением сетки с управляющими точками на поверхности грани 3D-модели; изменение формы поверхности достигается перетаскиванием контрольных точек; эквидистантная поверхность - получается смещением на определенное расстояние от существующих граней или поверхностей; поверхность разъема - используется при проектировании литейных форм в качестве вспомогательной геометрии для разделения матрицы и пуансона; срединная поверхность - создается на середине (или заданном проценте) толщины тонкостенной детали; линейчатая поверхность - строится под углом к выбранной кромке и предназначена для построения граней с уклоном.

В том случае, если установлена программная связь между вспомогательным каркасом и результирующей поверхностью, моделирование становится ассоциативным, при этом изменение каркасных элементов ведет к автоматическому изменению геометрии поверхностей, построенных с использованием этого контекста.

Твердотельное моделирование. Несмотря на широкие возможности, предоставляемые поверхностным моделированием, и он имеет ряд существенных ограничений с точки зрения применения в САПР, а именно невозможность расчета объемов, масс и моментов инерции объектов, ограниченность применения к ним логических операций (вычитания, объединения, пересечения). Эти ограничения устраняются при использовании жесткого моделирования, которое сегодня стало практически стандартом в системах 3D CAD/CAM/CAE.

Существуют различные алгоритмические методы представления твердых моделей-воксел, использование восьмеричных и двоичных деревьев, но наиболее часто используемая технология в практике САПР основана на изображении границ простых связанных тел (BREP, Boundary Representation) с конструктивной геометрией (CSG, constructive solid geometry), описывающих операции с телами.

Граничное изображение определяет твердое тело, описывая его пограничную поверхность. Суть предложения BREP состоит в том, что твердое тело описывает замкнутую пространственную область, ограниченную совокупностью элементарных тонких поверхностей (граней) с общими образующими контурами (ребрами) на границе поверхностей и спецификой внешней или внутренней стороны поверхности.

Для описания сложных тел, моделирующих объекты реального мира, полученных в результате обработки материала или унифицированной сборки, используется иерархическая структура, описывающая тела как последовательность применения логических операций к набору элементарных твердых тел-дерево CSG (Constructive Solid Geometry tree). Для описания составных твердых тел в рамках представления CSG определяются следующие операции с исходными элементарными телами: вычитание, объединение, пересечение. Таким образом, любое композиционное тело может быть описано как традиционное уравнение функции Буль, аргументами которого являются либо элементарные тела, либо другие составные тела. Этот вид называется строительным деревом. Такое изображение, помимо удобства изменения геометрии полученного тела, позволяет значительно снизить требования к вычислительным ресурсам за счет применения оптимизационных процедур к строительной древесине. Представление твердых тел в виде строительного дерева также удобно с точки зрения организации пользовательского интерфейса, что обеспечивает четкий и быстрый доступ к любому элементу, входящему в описание геометрии тела, его модификацию и получение отчетной информации.

Параметрическое моделирование

Процесс проектирования и конструирования, как правило, носит повторяющийся характер и предполагает подсчет нескольких вариантов, поэтому упрощение и автоматизация построения модели будущего изделия является одной из важнейших задач САПР.

Решением данной задачи является параметрическое проектирование (или просто параметризация), основанное на моделировании деталей и изделий с использованием параметров элементов модели и связей между этими параметрами. Параметризация позволяет за короткое время сортировать различные проектные схемы путем изменения параметров или геометрических соотношений, выбирать оптимальные решения и избегать фундаментальных ошибок.

Параметризация-понятие, включающее в себя все методы решения проектных задач. Важной особенностью современной концепции параметрического проектирования является, прежде всего, возможность построения геометрической модели с использованием звеньев и правил, которые можно переопределить и дополнить на любом этапе ее создания. Связи представлены в виде размерных, геометрических и алгебраических отношений. Правила определяются как условия выполнения основной операции (например, отверстие или слепое отверстие).

Параметрический дизайн значительно отличается от обычного 2D-изображения или 3D-моделирования. Собственно параметрическое конструирование, на практике строится математическая модель объектов параметров, конфигурация и размеры изменяющих ее частей, их расположение в наборах и т.п.

Табличная параметризация заключается в создании таблицы

параметров для типовых частей. Новый экземпляр детали создается путем выбора из стандартной таблицы размеров. Возможности параметризации таблицы очень ограничена, так как задача - произвольные новые значения параметра и геометрические отношения обычно невозможны. Тем не менее, табличная параметризация широко используется во всех параметрических системах САПР, поскольку значительно упрощает и упрощает создание библиотек стандартных и типовых частей, а также их использование в процессе проектирования.

Иерархическая параметризация (параметризация на основе истории построений) означает, что при построении модели вся цепочка построений отображается в отдельном окне в виде «дерева построений». В нем перечислены все вспомогательные элементы, эскизы и операции, выполненные в модели, в порядке их выполнения. Помимо «строительного дерева» модели, система напоминает не только порядок ее формирования, но и иерархию ее элементов (отношений между элементами). (Например, множества \rightarrow подмножества \rightarrow части). Параметризация, основанная на истории строительства 3D моделирование, существующее во всех системах САПР, использующих жесткие параметры. Как правило, данный вид параметрического моделирования сочетается с вариационным и / или геометрическим параметризацией.

Вариационная (размерная) параметризация. Вариационная или размерная параметризация основана на построении эскизов (с введением различных параметрических ссылок на объекты эскизов) и наложении пользователем ограничений в виде системы уравнений, определяющих зависимости между параметрами (например, присвоение имени L_h и установка зависимостей других размеров в виде формул $L_h / 2$). Вариационная параметризация позволяет легко изменять форму эскиза или значение параметров операции, что позволяет удобно изменять трехмерную модель.

Геометрическая параметризация называется параметрическим моделированием, при котором геометрия каждого параметрического объекта пересчитывается в зависимости от расположения главных объектов, его параметров и переменных. Параметрическая модель состоит из элементов построения и элементов изображения в случае геометрической параметризации. Строительные элементы (строительные или строительные линии) определяют параметрические отношения. К элементам изображения относятся графические линии (с указанием линий построения), а также элементы дизайна (размеры, наклейки, штриховка и др.). Некоторые строительные элементы могут быть связаны с другими строительными элементами. Элементы конструкции также могут иметь параметры (например, радиус окружности или наклон прямой).

Ассоциативный дизайн-это обобщенное название технологии параметрического проектирования, обеспечивающей одностороннюю, в

том числе двустороннюю, информационную связь между геометрической моделью, вычислительными моделями, программами для производства продукции на станках с ЧПУ, проектной документацией и базой данных проекта. Применение технологии ассоциативного проектирования позволяет при необходимости изменять форму модели и получать автоматически перерисованные чертежи или инструментальные линии для обработки на станках с ЧПУ.

Частным случаем ассоциативного проектирования является технология ассоциативной геометрии, иногда называемая направленной ассоциативностью, которая представляет собой ассоциативную технологию проектирования, основанную на прямых отношениях между объектами. Самый простой пример-определение параллельности двух отрезков. Сегмент А можно определить как параллельный сегменту В, в результате чего сегмент В при движении сегмент А сегментируется, а также меняет свое положение, сохраняя ориентацию относительно сегмента В. прямое изменение собственного положения отрезка А невозможно. Вы можете определить отрезки А и В как параллельные другим способом, чтобы вы могли изменить расположение любого из этих отрезков, удовлетворяя условиям другого соединения-это условие, называемое «мягкой» ассоциативностью. Преимущество использования ассоциативной геометрии-скорость. Недостатком является то, что пользователь должен полностью определить размер и направление элемента, прежде чем приступить к созданию следующего элемента.

Моделирование на основе возможностей основано на том, что особенности поведение и структура данных являются предопределенными объектами. Это один из способов ассоциативного проектирования, определяющий его поведение в связи с дальнейшим изменением геометрической формы. Этот подход, помимо ранее указанных ссылок и ассоциативной геометрии, реализуется на основе определенного набора правил и атрибутов, указанных в ходе основной операции. Основные операции являются высокоэффективным инструментом геометрического моделирования, инженерного анализа или подготовки конструкции.

Объектно-ориентированное конструирование предоставляет пользователю макрофункции, которые ранее были определены как последовательность действий, использующих логические операции. Например, проводящее отверстие можно представить в виде цилиндра длиной, большей, чем логическое уменьшение и текущая толщина детали. Но если модель загустеет, цилиндр уже не будет иметь достаточной длины, и отверстие превратится в «слепое» отверстие.

Однако проводящее отверстие-это дополнительное правило, которое определяет отверстие, проходящее через тело модели в указанном месте, независимо от того, изменена ли форма модели. Основные операции также могут иметь дополнительные атрибуты, используемые в других приложениях, таких как анализ и компиляция.

Существующие типы функций можно использовать для создания новых типов, наследуя все свойства исходных объектов и добавляя новые атрибуты и поведение. Обязательным компонентом объектно-ориентированного проектирования являются механизмы создания конструктивного элемента и его обновления путем изменения данных каждого элемента. Когда запуск механизма обновления изменяет данные автоматически запускает работу по его созданию, и поскольку эти механизмы входят во все структурные элементы базового типа, обеспечивается совместимость структур данных для всех наборов элементов. Спецификации включены в общий цикл обновления, поэтому любые изменения автоматически обновляют модель в соответствии с правилами построения и данными каждого элемента.

Физическое моделирование

Сегодня трудно найти человека, который бы ничего не слышал о 3D-печати, аддитивных технологиях или аддитивном производстве (АП). Изменения в производственном процессе и, как следствие, во всей индустриальной инфраструктуре невозможно переоценить, что приводит к массовому применению аддитивных технологий. В связи с этим все. На вопрос всемирно известного итальянского скульптора Микеланджело Буонарроти о том, как он создает свои скульптуры, он ответил: «я беру камень и отсекаю все ненужное». Этот принцип лежит в основе многих технологических операций, где конечный продукт получается путем многократной обработки заготовок.

Термин «аддитивный» происходит от английского глагола «добавить», что означает «добавить». В отличие от традиционного метода, описанного выше, продукт или деталь изготавливаются не путем удаления лишнего материала, а путем поэтапной (часто послойной) сборки (соединения) материалов на основе цифровой модели с использованием соответствующего оборудования. Это оборудование часто называют «3D-принтером», но этот термин применим в мировой практике к недорогим любительским системам. Название часто используется для промышленного оборудования

«Оборудование для производства смесей» (ОАП). Применение аддитивных технологий имеет широкий спектр преимуществ в отношении технологий, основанных на удалении материала, в частности путем механической обработки. Энергопотребление снизилось. Дополнительные технологии могут снизить энергозатраты, уменьшив количество технологических шагов, уменьшив количество используемых материалов и создав легкие изделия. Отходы производства уменьшились. Изготовление послойного изделия позволяет в некоторых случаях снизить расход материалов до 90% по сравнению с традиционной технологией обработки, при использовании которой огромный материал распиливается и разрушается. Не стоит забывать и экономить на дорогом средстве.

Время производства сокращается. Аддитивные технологии, как

правило, не требуют инструментов и прототипов. Поэтому деталь или изделие можно изготовить сразу после изготовления цифровой модели, что значительно сокращает время изготовления и прототипирования. Новые возможности развития. 3D-печать помогает реализовать сложную геометрию изделия, реализация которой ранее была неэффективна. Это открывает для разработчиков новые горизонты для творчества.

Соединение деталей. Возможность изготовления деталей сложной формы уменьшает количество отдельных деталей, необходимых для изготовления конечного продукта. Это позволяет снизить затраты на выполнение лишних технологических и вспомогательных операций, а также упростить процесс планирования и контроля качества продукции. Облегчение веса продуктов. Благодаря возможности получения более сложной геометрии изделий стало возможным обеспечить те же свойства изделия, что и раньше, но меньший расход материала и вес изделия. Гибкость производства. Аддитивные технологии предлагают уникальные возможности реагирования на изменяющийся спрос. Во-первых, гораздо проще обеспечить производство продукции с учетом индивидуальных потребностей заказчика. Во-вторых, это можно сделать, например, в рамках передвижной минифабрики, оснащенной минимальным объемом оборудования, максимально приближенным к заказчику. Аддитивные технологии предлагают уникальные возможности реагирования на изменяющийся спрос. Во-первых, гораздо проще обеспечить производство продукции с учетом индивидуальных потребностей заказчика. Во-вторых, это можно сделать, например, в рамках передвижной минифабрики, оснащенной минимальным объемом оборудования, максимально приближенным к заказчику. Аддитивные технологии предлагают уникальные возможности реагирования на изменяющийся спрос. Во-первых, гораздо проще обеспечить производство продукции с учетом индивидуальных потребностей заказчика. Во-вторых, это можно сделать, например, в рамках передвижной минифабрики, оснащенной минимальным объемом оборудования, максимально приближенным к заказчику.

Технологии легированного производства

Моделирование осаждения FDM является дополнительной технологией производства, которая широко используется в моделировании, прототипировании и промышленном производстве. Технология FDM подразумевает создание трехмерных объектов с использованием последовательных слоев материалов, которые следуют контуру цифровой модели. Как правило, печатные устройства представляют собой термопласты, которые поставляются в виде нитевидных катушек или стержней. Технология FDM была разработана С. Скоттом Трампом в конце 1980-х годов и вышла на коммерческий рынок в 1990 году. Оригинальный термин "Fused Depression Modeling" и аббревиатура FDM являются товарными знаками Stratasys.

Лазерная синергия (SLS) - аддитивный метод производства, используемый для создания функциональных прототипов и небольших партий готовой продукции. Технология основана на последовательной агломерации слоев порошкового материала с использованием лазеров высокой мощности. Технология (SLS) предполагает использование одного или нескольких лазеров (обычно углекислого газа) для агломерации частиц порошкообразного материала для создания трехмерного физического объекта.

В качестве расходных материалов используются пластмассы, металлы, керамика или стекло. Синтеризация осуществляется путем наложения контуров, введенных в цифровую модель, с помощью одного или нескольких лазеров. После завершения сканирования сборочная платформа опускается и наносится новый слой материала. Процесс повторяется до формирования полной модели.

Стереолитография (SLA) - технология производства моделей, прототипов и смесей готовых изделий из жидких фотополимерных смол. Смола обрабатывается ультрафиолетовым лазером или другим подобным источником энергии.

В качестве расходных материалов используются пластмассы, металлы, керамика или стекло. Синтеризация осуществляется путем наложения контуров, введенных в цифровую модель, с помощью одного или нескольких лазеров. После завершения сканирования сборочная платформа опускается и наносится новый слой материала. Процесс повторяется до формирования полной модели.

Стереолитография (SLA) - технология производства моделей, прототипов и смесей готовых изделий из жидких фотополимерных смол. Смола обрабатывается ультрафиолетовым лазером или другим подобным источником энергии.

Метод основан на лазерном излучении жидкой фотополимерной смолы для построения твердых физических моделей.

Модель построена внахлест. Каждый слой строится лазером по данным, введенным в 3D-цифровую модель. Лазерное излучение приводит к полимеризации - затвердеванию материала в точках контакта луча.

По окончании контурирования рабочую платформу погружают жидкой смолой в резервуар на расстояние, равное толщине одного слоя - от 0,05 мм до 0,15 мм. После выравнивания поверхности жидкого материала начинается процесс укладки следующего слоя. Цикл повторяется до тех пор, пока не будет построена полная модель. После завершения строительства изделия промываются для удаления остаточного материала и при необходимости обрабатываются в УФ-печи до полного застывания фотополимера.

Инструменты, материалы и оборудование

Для создания робота понадобятся различные инструменты и оборудование. Рассмотрите инструменты и оборудование, которые будут полезны.

Механические инструменты

Для сборки робота понадобятся инструменты, формирующие корпус устройства:

- Тиски
- Молоток
- Отвертки и ключи
- Рулетка и другие маркировочные инструменты
- Калибр
- Кнопку управления обработкой
- Острые ножи
- Горячие клеевые пистолеты
- Дуговой сварщик (полезен только при работе с толстыми проектами (используйте газовую горелку для тонкого металла; дуговые сварщики сжигают отверстия непосредственно через заготовку).
- Очиститель краски / электрическая тепловая пушка (для гибки пластмасс и для использования тепловых трубок для электрических кабелей с меньшей мощностью)
- Защитные очки

Электроинструменты

Паяльник (инструмент для сборки электронных схем и соединения медных проводов. Для электронных схем понадобится легкий паяльник (~ 25 Вт) с маленькой точкой (в форме карандаша). Особенно SMD-компоненты требуют небольших точек (или даже лучше: специальные SMD-точки пайки). Пайка электронных компонентов осуществляется с помощью «мягкой пайки»: при низкой температуре (менее 300 ° C). Обычно для электроники температура плавления припоя составляет около 238 ° C. Для припоя требуется паяльная проволока (60% свинца, 40% олова) с неагрессивным флюсом. Существует также «эвтектический припой» – 63% свинца, 37% олова, который немедленно переходит из жидкого состояния в твердое, без пластического состояния между ними. Возможно использовать самую тонкую проволоку (≤ 1 мм). Для соединения металлических проводов понадобится что-то более мощное (30 Вт-100 Вт), например, паяльный пистолет, но обычный паяльник тоже подойдет.

Примечание: не все материалы хороши для пайки. Медь легко паяется и имеет прочную связь. Алюминий имеет слабую связь. Для более прочных соединений лучше использовать сварку. Однако сварка используется только для тяжелых материалов, таких как стальные сплавы, и они в большинстве случаев слишком тяжелы, чтобы их можно

было использовать в роботах (если не строится очень большой или промышленный робот).

Цифровой мультиметр

Цифровой мультиметр (рисунок 5.3.) или измеритель Вольт-Ом – это устройство, используемое для измерения напряжения, тока и сопротивления. Это устройство полезно для обнаружения неисправностей или обеспечения измерений с высокой степенью точности. Они являются одним из предпочтительных инструментов электриков для устранения электрических проблем на двигателях, приборах, цепях, блоках питания и системах проводки.



Рисунок 5.3. Цифровой мультиметр

Генераторы сигналов

Генераторы сигналов (рисунок 5.4)-устройства, позволяющие принимать электрические, акустические и другие импульсы. Существуют различные типы устройств - обычно устройство выбирается для определенной цели. Решающими факторами при выборе могут быть форма устройства, его статические функции и энергетические индикаторы. Генераторы сигналов используются современными лабораториями для создания электронных и измерительных приборов. Однородные генераторы могут использоваться в классах от начального до высокого уровня.



Рисунок 5.4. Генератор сигналов

Функциональные устройства используются для установки и тестирования оборудования и в местах, доступных обычным людям. Неполный перечень устройств, использующих генераторы:

- мобильные телефоны, оборудование для передачи данных, радио-и телевизионные приемники
- вычислительные устройства
- инверторы, источники бесперебойного питания от электричества или импульсов
- бытовая техника (микроволновые печи, стиральные и посудомоечные машины)
- измерительные приборы (амперметры, вольтметры, осциллографы)
- медицинское оборудование (томографы, электрокардиографы, ультразвуковые аппараты).

Генераторы сигналов генерируют сигналы различной формы с переменной частотой (от 1 Гц до 100 МГц) и амплитудой.

Источники переменного тока

Источники питания переменного тока-это источники питания переменного тока, которые могут регулировать напряжение или ток, хотя большинство источников питания позволяют устанавливать максимальный ток.

Существуют различные типы электроснабжения. Большинство из них предназначены для преобразования высоковольтного переменного тока (ВТ) в низковольтный постоянный ток (постоянный) для питания различных электронных цепей и других устройств. Блоки питания можно разделить на несколько функциональных блоков, каждый из которых выполняет свою функцию.

Каждый функциональный блок отвечает за определенную реализацию функции:

- Трансформатор-преобразует (обычно понижает) напряжение в сети в необходимый источник питания.

- Выпрямитель-преобразует (выпрямляет) переменное напряжение от трансформатора к прямому напряжению.
- Фильтр-сглаживает волны выпрямленного напряжения.
- Стабилизатор-стабилизирует выходное напряжение.

Логический зонд (индикатор зонда)

При контроле и регулировке цепей, содержащих интегральные логические элементы, удобно использовать логический зонд (индикатор зонда), который отображает напряжение логических сигналов на «0» и визуально. «1» исправляет отсутствие соединения в точках испытываемой цепи, а также. (5.5-рисунок)

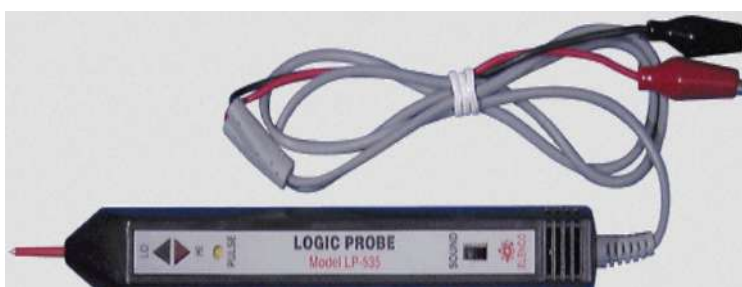


Рисунок 5.5. Логический зонд (индикаторный зонд)

Частотомер

Частотомер-это радиоизмерительный прибор, предназначенный для определения частоты периодического процесса или частот гармонических составляющих спектра сигнала (рисунок 5.6).



Рисунок 5.6. Частотомеры

Частотомер-это специализированный измерительный прибор, предназначенный для определения частоты, то есть периода колебаний электрического сигнала. Частота является одним из основных показателей тока. Он определяет

количество колебаний в определенном временном цикле. Частота измеряется в герцах, которые обратно пропорциональны периоду колебаний. Элементы оборудования, работающие с электрическим током, должны работать на токах определенной частоты. Поэтому устройства, определяющие частоту протекания тока, очень важны. Зная частоту, можно сразу настраивать, обслуживать, диагностировать и настраивать оборудование различного назначения, контролировать ход технологических процессов. Приборы для измерения частоты могут иметь различные конструкции, что определяется их назначением и особенностями работы. Такие устройства необходимы во многих науках и производствах. Устройства для измерения частоты имеют особое значение в телекоммуникациях, радиоэлектронной и электротехнике.

Электронные компоненты

Светодиод - полупроводниковое устройство, способное излучать свет при прохождении электрического тока в прямом направлении (от анода к катоду). (5.7 рисунок)

Ниже приведены основные приложения для диодов:

Диодные мосты-это 4, 6 или 12 диодов, соединенных друг с другом, количество которых зависит от типа цепи, они могут быть однофазными, трехфазными полуприцепами или трехфазными полными мостами.

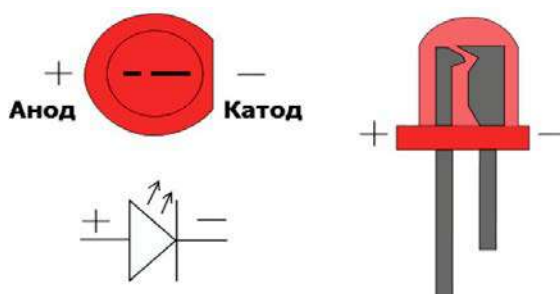


Рисунок 5.7. Светодиод

Они выполняют функции выпрямителей, этот вариант чаще всего используется в автомобильных генераторах, так как введение таких мостов, а также использование с ними щеточно-коллекторных агрегатов позволило значительно уменьшить объем данного устройства и повысить степень его надежности. Если соединение выполняется последовательно и в одном направлении, то это увеличивает минимальные показатели напряжения, необходимые для разблокировки всего диодного моста.

Диодные детекторы получаются при использовании этих устройств совместно с конденсаторами. Это необходимо для отделения низкочастотной модуляции от различных модулированных сигналов, в том числе от типа радиосигнала, амплитудно-модулированного. Такие детекторы входят в конструкцию многих бытовых потребителей, например, телевизоров и радиоприемников.

Обеспечение защиты потребителей от обратной полярности при подключении к выключателям от перегрузок, возникающих на входах цепи, или от возмущения электродвижущей силы, вызванного самоиндукцией, возникающей при отключении индуктивной нагрузки. Для обеспечения безопасности цепей от возникающих перегрузок используется цепь, состоящая из нескольких диодов, Соединенных в противоположном направлении к шинам снабжения. В этом случае защита должна включать заданный вход в центр этой цепи. При нормальной работе цепи все диоды находятся в замкнутом состоянии, но если они обнаружат, что входной потенциал превышает допустимый предел напряжения, срабатывает один из элементов защиты. В результате этот допустимый потенциал ограничен в пределах допустимого напряжения, кроме прямого падения напряжения на защитном устройстве.

Переключатели используются для замены высокочастотных сигналов на основе диодов. Управление такой системой осуществляется путем подачи прямого электрического тока, высокочастотного распределения и управляющего сигнала, возникающего за счет индукторов и конденсаторов.

Создание искровой защиты диода. Применяются шунтовые диодные барьеры, обеспечивающие безопасность за счет ограничения напряжения в связанной электрической цепи. Вместе с ними применяются токоограничивающие резисторы, которые необходимы для ограничения показаний электрического тока, проходящего по сети, и повышения степени защиты.

Включение светодиодов в цепи при сборке роботизированных конструкций позволяет избежать неприятных ситуаций, связанных с неисправностью логической цепи. Светодиод-это неисправный индикатор, в зависимости от того, как работает диод (светится, гаснет, гаснет), можно оценить работу составленной цепи.

Разъемы

Электрический разъем (разъем прибора) - это электромеханическое устройство, предназначенное для ручного механического подключения и отключения электрических цепей (проводов, кабелей, узлов и блоков) различных типов электрического и радиооборудования.(5.8 рисунок)



Рисунок 5.8. Разъемы

Использование разъемов обусловлено необходимостью разбивки радиотехнических средств на блоки для облегчения сборки, ремонта и эксплуатации. Особенностью использования разъемов является относительно небольшое количество соединений и отключений (100 - 500 раз). Соединения и отключения производятся в нерабочем состоянии оборудования - при монтаже, сборке, ремонте.

Разъем состоит из двух частей (контактных частей)-штепсельной вилки, в которой закреплены контактные штифты, и розетки с контактными розетками.

Основными конструктивными элементами электрических разъемов являются соединения, изоляторы, детали корпуса и зажимные элементы.

Изоляторы предназначены для создания электрической изоляции между контактами и металлическим корпусом при определенных условиях эксплуатации. Изоляторы также используются для фиксации и фиксации контактов и передачи механических сил контактам при сопряжении и разъединении штекеров и розеток разъемов.

Корпус коннектора обеспечивает прочную и однозначную контактную установку, защиту контактов и изоляторов от повреждений, крепление припоя или кабеля к коннектору и всему коннектору, взаимную ориентацию контактных частей коннектора и фиксацию их в положении артикула.

Разъемы для замены изоляции (IDC)

Разъем для замены изоляции-это тип разъема, предназначенный для использования в ленточных кабелях. (5.9 рисунок)

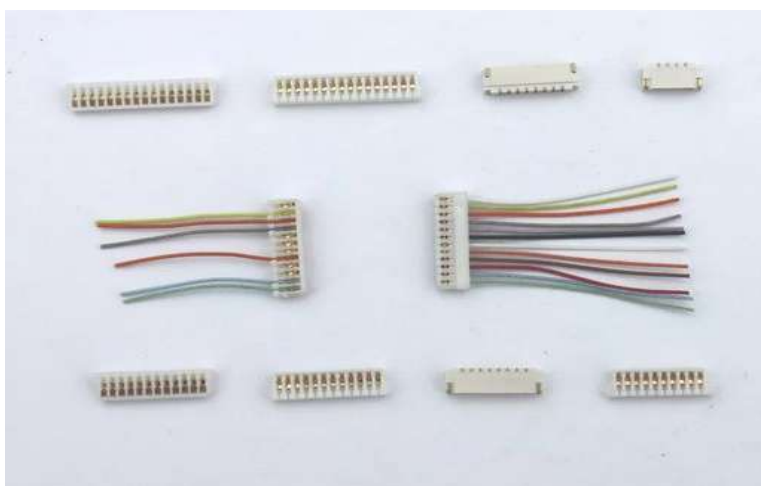


Рисунок 5.9. Разъемы для замены изоляции (IDC)

В них соединение проводников осуществляется не снятием изоляции, а смещением ее при отделке специальными контактами ножа разъема.

Сетевой разъем RJ45



Рисунок 5.10. Сетевой разъем

Сетевой разъем-это разъем электронного оборудования, через который поступает питание. От прямых сетевых переключателей зависит не только надежность оборудования, но и качество подаваемого сигнала. (5.10 рисунок)

Высококласные сетевые разъемы специализированного производителя объединяются с соответствующим кабелем, создавая разъем правильной конфигурации и длины, который подходит для конкретных применений.

В робототехнике часто используются разъемы RJ45, которые похожи на обычные телефонные разъемы, только большего размера. Они передают сетевой сигнал между двумя компьютерами, подключенными

по кабелю, или между компьютером и коммутатором, концентратором или модемом.

Механические части и двигатели

Колесо или шестерня-это деталь, используемая в зубчатых механизмах и выполняющая основную функцию-она проводит вращательные движения между валами через сетку с зубьями смежной шестерни. Зубчатое отверстие, расположенное на одинаковом расстоянии, напоминает диск с конической или цилиндрической поверхностью. В редукторе зубчатое колесо - это зубчатое колесо с небольшим количеством зубцов, а большая шестерня-это зубчатое колесо. Если зубья используются с одной и той же зубчатой передачей, привод называется передаточным механизмом, а привод-передаточным. Но чаще всего все зубчатые передачи, маленькие и большие зубчатые передачи (зубчатые колеса) называются зубчатыми.

Как правило, зубчатые передачи используются в паре с различными зубьями, этот передаточный механизм позволяет преобразовывать обороты вала и крутящий момент. Передаточное число-это отношение числа оборотов валов в минуту, которое определяется диаметрами зубчатых колес или отношением чисел, выходящих из зубьев. Количество зубьев на колесах влияет на плавность коробки передач, чем их больше, тем плавнее трансмиссия. Приводная передача называется передачей, вращение которой передается снаружи, а приводной передаточный момент-съемным. Если диаметр приводного зубчатого колеса больше, то за счет пропорционального увеличения скорости вращения уменьшается передаточный момент привода и наоборот.

В робототехнике зубчатые колеса используются для передачи сил вращения между валами. Они могут менять скорость и направление. Зубчатые механизмы обычно используются для снижения частоты вращения двигателя. Когда они снижают скорость, крутящий момент на выходной оси увеличивается.

5.4. Механические компоненты и двигатели

Зубчатое колесо-это часть, в которой используется механизм передачи и вращательные движения между валами, которые выполняют основную функцию, соседняя передача путем зацепления с зубьями. Зубчатое колесо выглядит как конический диск или цилиндрическая поверхность зуба, расположенная на равном расстоянии. В зубчатой передаче шестерня называется малой шестерней с меньшим количеством зубьев, а большая-зубчатым колесом. В случае применения 55 зубчатая пара с одинаковым количеством зубьев они называются шестернями, а привод - шестернями. Но чаще всего все это называют шестернями и меньшими и большими шестернями (шестернями) (рисунок 5.13).

Используйте редукторы с различными зубьями в парах, этот механизм передачи позволяет преобразовывать количество оборотов в

валы и крутящий момент. Передаточное число-это отношение чисел вращения валов в минуту определяется отношением диаметров шестерен или отношением чисел зубьев. Количество зубьев на колесах влияет на плавность хода шестерни, чем их больше, тем плавнее ход передачи. Ведущая передача-это так называемый редуктор, в котором вращение передается извне, а вращающий момент раба снимается. Если диаметр ведущего редуктора больше, то крутящий момент ведущего редуктора уменьшается за счет пропорционального увеличения скорости вращения и наоборот.

В робототехнике редукторы используются для передачи вращательных сил между осями. Они могут менять скорость и направление. Обычно редукторы используются для снижения частоты вращения двигателя. При них уменьшают скорость, увеличивается крутящий момент выходной оси.



Рисунок 5.11. Зубчатые передачи (вертикальные и винтовые)

Рассмотрим виды передач, используемых в робототехнике:

1. Цилиндрическая шестерня состоит из набора колес, обычно с различными зубьями (рисунок 5.11). Оси зубчатых колес в цилиндрической передаче расположены параллельно. Отношение чисел зубьев называется передаточным отношением. Меньшую передачу называют шестерней, большую-колесом. Если коробка передач движется, а передаточное число сразу велико, то говорят о передаче. Скорость колеса будет меньше скорости передачи. Кроме того, при уменьшении угловой скорости крутящий момент на валу увеличивается. Если передаточное число сразу меньше, то это будет переутомление.

2. Коническая зубчатая передача. Характеризуется тем, что оси зубчатого колеса пересекаются, а вращение расположено под определенным углом между валами. В зависимости от того, какое колесо движется, они также могут быть как вверх, так и вниз.(5.12 рисунок)



Рисунок 5.12. Коническая шестерня

Большие передаточные числа с осями вращения червяка получаются в зависимости от соотношения зубьев колеса и числа начала червяка.

Черви используются одно -, двух-или четырехсторонние. Особенностью червячной передачи является передача вращения только от червячного колеса к червячному колесу. Обратный процесс невозможен из-за трения. Система сама себя тормозит. Это связано с использованием червячного зубчатого колеса в подъемных механизмах.(5.13 рисунок)



Рисунок 5.13. Червячная передача

3. Реечное зацепление. Сделано с зубчатым колесом и опорой. Вращательное движение преобразуется в поступательное и наоборот. (5.14 рисунок)



Рисунок 5.14. Реечное зацепление

4. Винтовая передача. (Рисунок 5.15) Применяется с перекрещивающимися валами. Благодаря точечному контакту сетчатые зубы подвергаются наибольшему износу при нагрузке. Винтовые приводы часто используются в устройствах.

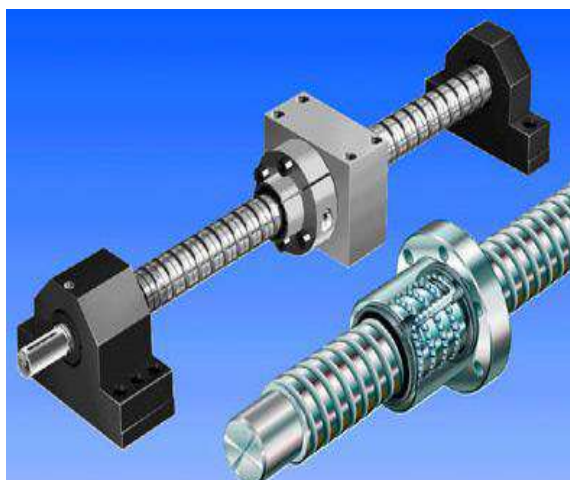


Рисунок 5. 15.Винтовая передача

5. Планетарные передачи-это зубчатые колеса, в которых используются зубчатые колеса с подвижными осями. Обычно есть неподвижное внешнее колесо с внутренним колесом, центральное колесо и планетарный носитель со спутниками, движущимися вокруг неподвижного колеса и вращающимися вокруг центрального колеса. Вращение передается от носителя к центральному колесу или наоборот.

Редукторы являются наиболее распространенными типами механических передач. Они широко используются во всех отраслях машиностроения, в частности, в металлорежущих станках, автомобилях, тракторах, сельскохозяйственных машинах, роботах, приборостроении,

часовой промышленности и т. д. И в соотношении диаметров колес от миллиметровых фракций до 6 м и более, до нескольких сотен и даже тысяч.

Под зубчатыми передачами понимаются шестерни, связанные прямым контактом зубчатой колесной пары. Меньшие колеса трансмиссии обычно называются передаточными, а более крупные-колесными. Редукторный поезд предназначен в первую очередь для передачи вращательного движения.

Преимущества зубчатых передач:

- 1) Высокая грузоподъемность;
- 2) Компактные размеры;
- 3) Высокая надежность и долговечность (40 000 часов);
- 4) Стабильность передаточного числа;
- 5) Высокая эффективность (0,97 за один этап ... До 0,98);
- 6) Простота использования.

Недостатки передач:

- 1) повышенные требования к точности изготовления и монтажа;
- 2) Высокая скорость шума;
- 3) Высокая жесткость, не позволяющая компенсировать динамические нагрузки.

Выбор двигателя для робота напрямую зависит от задач, которые должен выполнять робот. Двигатель (двигатель) может быть частью привода или иметь отдельный диск.

Двигатель можно определить как устройство, которое преобразует энергию (обычно электрическую энергию в робототехнике) в физическое движение.

подавляющее большинство приводов совершает вращательное или линейное движение. Например, двигатель-это тип привода. Выбор правильных дисков для робота требует понимания того, какие диски существуют. Может быть, немного фантазии, и математики, и физики. Вращающиеся приводы-это тип привода, предназначенный для преобразования электрической энергии во вращательное движение.



Рисунок 5.16. Двигатель переменного тока

Двигатель переменного тока (АС) (рисунок 5.16) редко используется в мобильных роботах. В первую очередь, потому что большинство из них предназначены для получения постоянного тока от батареи. Двигатели переменного тока в основном используются в промышленных применениях, где требуется крутящий момент.

Двигатели постоянного тока двигатели MotorDC бывают разных форм и размеров. Большинство из них цилиндрические. Они имеют выходной вал, вращающийся на высокой скорости, обычно 5000-10000 об/мин. Хотя двигатели постоянного тока (рисунок 5.17) вращаются очень быстро, большинство из них не очень мощные. Такие двигатели для робота имеют небольшой крутящий момент.



Рисунок 5.17. Двигатель постоянного тока

Вы можете добавить коробки передач, чтобы уменьшить скорость и увеличить крутящий момент. Для установки двигателя на робота необходимо закрепить корпус двигателя на раме робота. По этой причине двигатели робота часто имеют установочные отверстия, расположенные на поверхности двигателя. Следовательно, их можно устанавливать перпендикулярно поверхности.

Двигатели постоянного тока могут работать как по часовой стрелке (CW), так и в обратном направлении. Угловое движение вала может быть измерено потенциометрами.



Рисунок 5.18. Двигатель с постоянной передачей

Это двигатель постоянного тока в сочетании с коробкой передач. (Рисунок 5.18) он работает для уменьшения частоты вращения двигателя и увеличения крутящего момента. Например, двигатель постоянного тока вращается на 10 000 об / мин и достигает крутящего момента 0,001 Н * м. Если прибавить 100: 1 (вместе со ста) смещение, то замедляем в 100 раз. В результате $10000/100 = 100$ об / мин и увеличивает крутящий момент в 100 раз ($0,001 \times 100 = 0,1 \text{ Н} * \text{м}$).

Основные виды цепных передач:

- Ременные
- Планетарные
- Червячковые

Червячковая передача позволяет получить очень высокий коэффициент передачи. Кроме того, он предотвращает движение выходного вала, если двигатель не работает. Коробки передач хорошо подходят для роботизированных манипуляторов.

Сервопривод часто может вращаться до 180 градусов. Они вращаются под определенным углом поворота. Они часто используются в дорогих моделях пультов для управления или управления полетом. (5.19 рисунок)



Рисунок 5.19. Сервомотор

Они теперь используются в различных приложениях. Цены на эти сервосы значительно снизились, разнообразие (по объему, технологии и мощности) возросло.

Сервомоторы удобны для создания прогулочных роботов. Шаговый двигатель вращается на определенных «шагах» (в определенных степенях). Количество шагов и размеры шага зависят от нескольких факторов.

У многоступенчатых двигателей нет зубчатых передач. Это происходит из-за двигателей постоянного тока и меньшего крутящего момента. Правильно настроенный шаговый двигатель может вращаться влево и вправо и может быть настроен под нужный угол. Существуют

однополярные и биполярные типы шаговых двигателей. Одним из недостатков двигателей является то, что если двигатель не работает, Трудно быть уверенным в углу запуска двигателя.



Шаговый двигатель

Если включить передачу, то шаговый двигатель будет иметь тот же эффект, что и при переключении передач на двигатель постоянного тока: он увеличит крутящий момент и уменьшит угловую скорость.

Управляющие двигатели используются, когда угол руля должен быть очень точным. Роботизированные шаговые двигатели в сочетании с контроллером шагового двигателя могут давать очень точное угловое движение. Сервомоторы иногда предпочтительнее, поскольку они обеспечивают непрерывное вращение. Они очень точны.



Рисунок 5.20. Линейный привод

Линейный привод совершает линейное движение(движение по одной прямой) и обладает тремя основными отличительными механическими характеристиками (рисунок 5.20).

1. Минимальное и максимальное расстояние (в мм или дюймах), с помощью которого Стержень может перемещать вал.

2. Их сила (в кг или фунтах).

3. Их скорость (м / с или дюйм / с).

Линейный привод часто состоит из двигателя постоянного тока, подключенного к червячной передаче. Когда двигатель вращается, винтовая установка находится близко или далеко от двигателя. В основном червячная коробка передач преобразует вращательное движение в линейное. Некоторые линейные приводы постоянного тока включают линейный потенциометр, который обеспечивает линейную обратную связь. Линейные приводы постоянного тока бывают разных размеров и различных типов.

Линейные приводы хорошо подходят для перемещения объектов и размещения их на прямой линии. Для очень быстрого передвижения можно использовать пневматику или соленоиды. Для сверхвысокой мощности можно использовать штатные линейные приводы, а также гидравлику.



Рисунок 5.21. Соленоид

Электромагнит (рисунок 5.21) состоит из обмотки вокруг подвижного сердечника. При подаче энергии на катушку через магнитное поле ядро тормозится и движется в одном направлении. Для обеспечения двунаправленного движения потребуется несколько катушек или некоторые механические механизмы.

Соленоиды обычно очень маленькие, но очень быстрые. Прочность в основном зависит от размера катушки и от того, сколько тока проходит через нее. Этот тип привода используется в клапанах или запорных системах. В таких системах, как правило, нет обратной связи (ядро полностью перетянuto или полностью расширено).

Пневматический и гидравлический приводы служат для прямого движения воздуха или жидкостей (например, воды или масла). (5.22 рисунок). Эти типы дисков могут иметь очень длинные удары, высокую мощность и высокие скорости.

Для работы они требуют использования компрессорной жидкости. Это усложняет их работу по сравнению с обычными электроприводами. Они мощные, быстрые и большие по габаритам. И в первую очередь используется в промышленном оборудовании.



Рисунок 5.22. Пневматические и гидравлические приводы

При проектировании роботов необходимо выбирать материал для корпуса робота. Выбор материала очень велик, но не каждый материал подходит для конкретного дизайна. Каждого материала свои особенности, преимущества и недостатки. Важным критерием, определяющим выбор материала для создания робота, являются размеры будущего робота. В практике робототехники роботов различают как небольших роботов (робот, который может маневрировать на столе), средних роботов (робот, который не может передвигаться на столе, но достаточно легкий, чтобы поднять себя) и больших роботов.

Дерево

Дерево-лучший материал на ранней стадии роботизированного проектирования. Этот материал легкий, достаточно прочный, прост в эксплуатации и недорогой. Даже если вы планируете использовать металл или пластик в своем будущем дизайне, дерево может быть полезно для создания прототипа. Основная причина, по которой дерево не используется в промышленной робототехнике, заключается в том, что это дерево: во - первых, это не высокотехнологичный материал, во-вторых, дерево является природным композитным материалом, но имеет более низкий коэффициент охлаждения по сравнению с синтетическими композитными материалами. коэффициент охлаждения очень высок.

Таким образом, дерево может быть использовано в строительстве, прототипировании и помощи малых и средних роботов.

Металл

Вот 80 различных чистых металлов, каждый из которых имеет разные свойства. Роботизированная конструкция использует только несколько чистых металлов, в основном легированные металлы.

Легирование-это процесс соединения двух или более элементов, по крайней мере, одного из которых является металлическим и которые могут обладать металлическими свойствами полученного материала. Полученное металлическое вещество обладает различными свойствами (иногда существенно отличающимися) от свойств его компонентов. Свойства некоторых металлов и их сплавов приведены ниже.

Алюминий

Алюминий-очень дешевый металл, легкий, прочный, устойчивый к коррозии и простой в эксплуатации. Однако сварка алюминия нецелесообразна, так как требует специального сварочного оборудования, а соединение не очень прочное. Хотя сварка возможна, она не создает прочного контакта. Для соединения деталей выгоднее использовать гайки, болты, заклепки.

В роботизированном строительстве алюминий подходит для малых и средних роботов, а не для несущих деталей в больших роботах. Есть алюминиевый сплав-дюралюмин, он прочный, очень легкий, но производство дорогое, поэтому он не подходит для робототехники.

Сталь

Обычно используемая сталь прочнее алюминия, но с ней сложнее и сложнее работать. Например, при сверлении инструменты затемняются, сколы становятся очень острыми. Детали можно сварить, но в местах нагрева стали (при температуре сварки) характеристики сплава изменяются (прочность, жесткость, устойчивость к ржавчине). Для сверления стали требуется охлаждение и низкая скорость сверления (вращающаяся).

В робототехническом дизайне такой материал предназначен для больших роботов и тяжелых роботов. Рассматриваемый материал очень тяжелый для малых или средних роботов.

Бронза

Бронза-это сплав меди с металлами, такими как олово, алюминий, свинец, бериллий и неметаллами, такими как мышьяк, кремний и фосфор. Кроме того, такие сплавы могут быть дополнительно легированы фосфором, цинком, марганцем, железом и никелем.

Бронза не подходит для роботизированных конструкций, так как материал слишком тяжелый и дорогой. Бронза используется в производстве подшипников.

Латунь

Латунь-это сплав на основе металлов: меди и цинка. Латунь тяжелее и дороже алюминия, ее легко обрабатывать, ее можно сварить, она прочная и пружинящая. Латунь используется при изготовлении небольших механизмов, электрических контактов, различных типов пружинных зажимов.

Медь

Медь-гибкий, золотисто-розовый металл с характерным металлическим блеском. Медь в чистом виде очень мягкая, вязкая и легко запутывается и растягивается. Добавки могут повысить его твердость.

Высокую электропроводность меди можно назвать основным свойством, определяющим ее преимущественное применение. Теплопроводность меди также очень высока.

Медь имеет высокую плотность, температуру плавления и температуру кипения. Хорошая коррозионная стойкость также является

важным свойством. Например, при высокой влажности железо окисляется намного быстрее.

Медь хорошо поддается обработке: ее превращают в медный лист и медную палочку и натягивают на медную проволоку, которая доводит толщину до тысячи миллиметров.

В робототехническом дизайне применяется в виде проводов, осей, специальных деталей.

Синтетические материалы

Синтетические материалы – это название, данное большой группе материалов. Существует сотни различных видов пластмасс, каждый из которых имеет разные характеристики и применение. Теперь давайте рассмотрим некоторые из них. Большинство синтетических материалов могут иметь форму после их нагрева. Сверление и распиливание этих материалов требует низкой скорости или их необходимо охлаждать водой, чтобы предотвратить растворение материала. Мягкий пластик можно разрезать служебным ножом.

Поливинилхлорид

Поливинилхлорид (ПВХ) является твердым, но имеет определенную степень сжатия. Это свойство уменьшает вероятность того, что закрученные гайки будут вибрировать. Лист ПВХ прост в обработке и резке. Аналогичным материалом является пенополистирол, который представляет собой твердый пенопластовый лист толщиной 5 мм, покрытый с двух сторон полиэтиленовой пленкой. Этот лист менее долговечен, чем ПВХ, но его легко обрабатывать и подходит для небольших легких роботов.

Оргстекло

Оргстекло легко обрабатывается и достаточно прочное, прозрачное, может изгибаться в форму после нагрева до 200°C. Оргстекло легко обрабатывается и подходит для небольших легких роботов.

Композиционные материалы

Полимерные композиционные материалы – это материалы, состоящие из полимерной матрицы и армирующего материала. Эти материалы значительно прочнее и долговечнее стали и алюминиевых сплавов.

Причиной того, что композитные материалы не заменяют сталь, являются потери. Композиты используются только тогда, когда вес более важен, чем цена, например, при самолетостроении: меньший вес означает меньший расход топлива и / или большую полезную нагрузку.

В робототехнике используются три основные формы композитов: 1) ламинат, обычно в форме листа, который объединяет дерево, бумагу, пластик или металл, основываясь на внутренних свойствах каждого, чтобы повысить твердость; 2) материал, который использует стекловолокно и смолу. Иногда для придания прочности смоле добавляют в нее металл, ткань или углеродный наполнитель; 3) материал, использующий углерод или графит (для прочности).

Пенопласт

Пенопласт-класс материалов, состоящий из вспенивающихся (ячеистых) пластмасс. Поскольку основная масса пены-газовая, плотность пены значительно ниже ее плотности.

Пенопласт прост в обработке и монтаже, можно создать конструкцию любой геометрической формы, обладает высокой прочностью и плотностью сжатия, высокой теплоизоляционной способностью, не содержит ряда токсичных и вредных для здоровья человека веществ, цена материала низкая. Кроме того, пена имеет ограниченную механическую прочность, что требует создания защиты после монтажа; она разрушается при контакте с лакокрасочными материалами и нитрокрасками; может быть повреждена грызунами и поэтому должна быть покрыта менее непривлекательными для животных веществами.

Для робототехники пена хрупкая, используется только для прототипирования.

Картон

Обычно это тонкий материал, но идеально подходит для быстрого прототипирования. Картон можно вырезать ножом или ножницами и приклеить скотчем или клеевым пистолетом. Когда он сухой, он является изолятором и может быть использован в качестве схемы для прототипа схемы.

Часто макет делается из картона, чтобы убедиться, что детали робота правильно соединены. Иногда картон можно использовать для некоторых деталей работающего робота

Программное обеспечение

Программирование роботов обычно является завершающим этапом, связанным с созданием роботов.

Робот без программирования очень красивая и дорогая модель, которая ничего не может сделать.

Программа программирования должна соответствовать выбранному микроконтроллеру. Если выбран микроконтроллер Arduino, то необходимо выбрать программное обеспечение Arduino.

Если выбрана линейка Lego, то необходимо выбрать программное обеспечение Lego. Для использования различных микроконтроллеров необходимо определиться с языком программирования. Наиболее распространенные языки программирования роботов:

- **Ассемблер**

Это язык низкого уровня, максимально приближенный к машинному коду. Ассемблер должен использоваться только тогда, когда требуется абсолютный контроль над кодом на уровне руководства.

- **Основные**

Один из первых широко используемых языков программирования. Он до сих пор используется некоторыми микроконтроллерами (Basic Micro, BasicX), Parallax) для программирования образовательных роботов.

- C / C ++

Один из самых популярных языков. Язык Си обеспечивает функциональность более высокого уровня, сохраняя управление на более низком уровне.

- Java

Это более современно, чем Си. Он предлагает множество функций безопасности за счет низкоуровневых элементов управления. Несколько производителей создают специальный микроконтроллер для использования в Java.

- C # используется собственный язык Microsoft создание приложений в Visual Studio.

- Python является одним из самых популярных языков. Он очень прост в освоении, поэтому его можно использовать для быстрой и эффективной транспортировки программ.

- Программное обеспечение Arduino.

Используется версия c++. Программирование роботов с ним состоит из некоторых упрощений, чтобы упростить Программирование.

Для управления роботом нужно запрограммировать микроконтроллер. Микроконтроллер-это вычислительное устройство (то есть последовательность инструкций), способное выполнять программы.

Его часто называют «мозгом» робота или «центром управления». Как правило, микроконтроллер отвечает за все вычисления, принятие решений и коммуникацию.

Для связи с внешним миром микроконтроллер имеет ряд контактов для распознавания электрического сигнала. Так, с помощью инструкции по программированию можно включить сигнал максимум (1/C) или минимум (0/c). Эти штифты также могут использоваться для считывания электрических сигналов. Они поступают с датчиков или других устройств и определяют, являются ли сигналы высокими или низкими.

Любая бытовая техника или электронное устройство использует хотя бы один микроконтроллер. Хотя несколько микроконтроллеров часто используются. Например, на телевизорах, стиральных машинах, панелях управления, телефонах, часах, микроволновых печах и многих других устройствах.

В отличие от микропроцессоров (например, центрального процессора в персональных компьютерах), микроконтроллер не требует периферийных устройств. Как внешняя оперативная память или внешняя память. Это означает, однако, что мощность микроконтроллера может быть меньше, чем у аналогов ПК. Поскольку разработка схем и продуктов на основе микроконтроллеров намного проще и дешевле, это всегда распространено, поскольку требуется очень мало компонентов дополнительного оборудования.

Важно отметить, что микроконтроллер может генерировать очень небольшое количество электричества через свои кольца. Это означает, что невозможно будет напрямую подключить мощный электродвигатель,

электромагнит, большое освещение или любую другую большую нагрузку к микроконтроллеру. Это может повредить контроллер.

Специальное оборудование, установленное на микроконтроллерах, не ограничивается цифровым вводом-выводом в эти устройства, основными вычислениями и принятием решений. Большинство микроконтроллеров поддерживают самые популярные протоколы связи, такие как UART (RS232 или иначе), SPI и I2C. Эта функция очень полезна при соединении с другими устройствами, такими как компьютеры, датчики или другие микроконтроллеры.

Несмотря на то, что эти протоколы могут быть реализованы вручную, желательно иметь специальное бортовое оборудование, которое занимается деталями. Это позволяет микроконтроллеру сосредоточиться на других задачах и поддерживать программу в чистоте.

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) используются для преобразования аналоговых сигналов напряжения в цифровые. Там его размер пропорционален величине напряжения, тогда это число можно использовать в программе микроконтроллера. Некоторые микроконтроллеры имеют возможность использовать импульсную широкополосную модуляцию (ИШМ) в отличие от высокой и низкой мощности промежуточной мощности. Например, такой способ позволяет плавно изменять яркость светодиода.

Некоторые микроконтроллеры имеют встроенный регулятор напряжения. Это очень удобно, так как позволяет микроконтроллеру работать в широком диапазоне напряжений. Поэтому его предъявление не требуется. Это также позволяет легко подключать различные датчики и другие устройства без дополнительного сенсорного блока питания. Какой из входных и выходных сигналов использовать, зависит от задачи и условий. Например, если стоит задача просто включить или выключить что-то, то достаточно, чтобы сигнал был цифровым на входном контакте микроконтроллера. Двоичное состояние коммутатора 0 или 1. Высокий уровень сигнала может составлять 5 вольт, а низкий-0. Если вы, например, хотите измерить температуру, вам нужен аналоговый входной сигнал. Далее АЦП на микроконтроллере интерпретирует напряжение и преобразует его в цифровое значение.

Программирование микроконтроллеров упрощается с помощью современной IDE с библиотеками с полными возможностями. Они легко охватывают все простые задачи и имеют множество готовых примеров кода.

В настоящее время микроконтроллеры могут быть запрограммированы на разных языках высокого уровня. Это такие языки, как C, C++, C#, Python, Basic и другие.

- Микроконтроллеры Arduino используют программное обеспечение
- Arduino и перепрограммируется при обработке.
- В основных микроконтроллерах Stamp используется PBasic.
- В микроконтроллерах Basic Atom используется Basic Micro.

- Javelin Stamp из Parallax запрограммирован на Java.

Если используется микропроцессор известного или известного производителя, то литературы на эту тему может быть много. Программирование роботов в этом случае не представляет большой проблемы.

Если вы выберете микроконтроллер небольшого, непопулярного производителя (например, потому что он имеет много функций, которые, по вашему мнению, были бы полезны для проекта), вам нужно будет посмотреть, на каком языке должен быть запрограммирован контроллер и какие инструменты разработки доступны (обычно от производителя контроллера).

Программировать микроконтроллер будет проще, так как производители создают графическую среду программирования. Это пиктограммы, которые содержат несколько строк кода. Пиктограммы связаны между собой. В результате создается визуально простая, но содержащая большое количество кода программа. Например, одно изображение может означать управление двигателем. От пользователя требуется только поставить пиктограмму в нужном месте и указать направление вращения и оборотов.

Разработанные платы микроконтроллера удобны в использовании. Их легче использовать в течение длительного времени. Они также предлагают удобные интерфейсы питания USB и программирования. Следовательно, любой современный компьютер можно подключить.

Микроконтроллер очень похож на процессор компьютера. Если да, то почему бы не использовать только компьютер для управления роботом?

В роботах, которые включают сложные вычисления и алгоритмы, микроконтроллер часто заменяется (или дополняется) стандартным компьютером. Стационарный компьютер имеет материнскую плату, процессор, оперативную память устройства (например, жесткий диск), видеокарту (внутреннюю или внешнюю).

Кроме того, существуют периферийные устройства, такие как монитор, клавиатура, мышь и т. д. Эти системы обычно дороже, физически больше и потребляют больше энергии.

Микроконтроллер необходим для любого проекта робототехники. Выбор правильного микроконтроллера может показаться очень сложной задачей. Особенно с учетом ассортимента, технических характеристик и применения. На рынке представлено множество различных микроконтроллеров:

- Ардуино
- BasicATOM
- VEX
- Lego EV3 и др.

Микроконтроллер должен уметь выполнять все специальные действия робота для правильного выполнения функций. Для всех микроконтроллеров характерно несколько особенностей (например, цифровые входы и выходы, выполнение элементарной математики, умение сравнивать значения и принимать решения). Другие контроллеры требуют специального оборудования (например, поддержка АЦП, ШИМ и протоколов связи). Также должны учитываться требования к памяти и скорости, а также количество контактов. Многие датчики и компоненты могут напрямую взаимодействовать со многими микроконтроллерами. Некоторые компоненты предназначены для взаимодействия с определенным микроконтроллером. Возможно, они будут уникальными и несовместимыми с другими типами микроконтроллеров.

Контрольные вопросы:

1. В каком порядке выполняются следующие этапы проектирования технических объектов:
 - a) развивающая работа;
 - b) производство прототипов;
 - c) научно-исследовательская работа;
 - d) тестирование и прием;
 - e) разработка технической документации.
2. Какой этап предшествует техническому проектированию?
3. Каковы основные этапы развивающей работы?
4. Каковы основные методы снижения трудоемкости инженерных работ?
5. Какие методы используются для улучшения качества дизайна?

5.5. Системы электроснабжения роботов

Для работы роботов требуется питание-большинство роботов используют для этого электричество. Для обеспечения мобильных роботов автономным питанием используются два источника: электрические батареи и фотоэлементы. В ближайшее время появится третий источник питания роботов - топливные элементы.

Фотоэлементы

Фотоэлементы, обычно называемые солнечными батареями, вырабатывают электричество под воздействием солнечного света. Стандартные солнечные батареи имеют очень низкую мощность: при разности потенциалов около 0,7 В они выделяют ток в несколько миллиампер. Для получения приемлемого уровня мощности элементы объединяются между собой для создания солнечных батарей (батареи).

В робототехнике солнечные батареи подключаются последовательно и параллельно, чтобы обеспечить роботам прямое питание. Для обеспечения работы робота от солнечных батарей его размер должен быть минимальным при сохранении необходимого диапазона его функций. Соответственно, должны использоваться

легкие и высокопрочные материалы и электронные схемы с низким энергопотреблением. Чем меньше вес конструкции и потребление электроэнергии, тем перспективнее использование солнечных батарей. Однако при создании любого робота важен легкий и экономичный расход энергии. Солнечные батареи могут стать вторым источником питания для робота, перезаряжая батареи. Этот интегрированный источник питания снижает мощность солнечных батарей по сравнению с прямым источником электроэнергии для робота. Однако в этом случае робот будет активно работать только часть времени, а остальные будут перезаряжать аккумуляторы.

Вы также можете использовать солнечные батареи напрямую и вместе в качестве дополнительного источника питания.

Батареи

Батареи являются наиболее используемым источником питания для роботов. Емкость любого аккумулятора, независимо от его типа, измеряется в ампер-часах, что означает произведение тока в амперах или миллиамперах и время, выраженное в часах, когда батарея может передавать заданный ток. Это понятие имеет очень простую физическую сущность. Емкость аккумулятора - 2 часа. Это означает, что батарея может поддерживать силу тока 2А в течение 1 часа. Если уменьшить силу тока до 1 А, то аккумулятор может удерживать силу тока в течение 2 часов. Если сила тока уменьшается до 500 мА, то время соответственно увеличивается до 4 часов. Таким образом, «жизнь» батареи обратно пропорциональна силе протекающего тока.

Гальванические элементы

Гальванические элементы - это одноразовые батареи. Рассмотрим класс аккумуляторов с напряжением ячейки около 1,5 В. При проектировании роботов частая замена «мертвых» батарей повышает стоимость использования устройства. Однако преимущество таких батарей в том, что они имеют больший запас электроэнергии, чем батареи. При «одноразовом» использовании устройства (например, «бойцы» в гонках роботов), возможно, стоит использовать гальванические батареи, поскольку они обеспечивают большую мощность. Классификация аккумуляторных батарей.

Разница между батареями зависит от типа химических веществ, используемых для производства электроэнергии. Выбор типа батареи основан на критериях, связанных с отношением мощности к цене батареи, включая срок службы батареи, диапазон эксплуатационных температур, кривую разряда и максимальный ток разряда.

Угольно-цинковые элементы

Цинко-углеродные элементы расположены в нижней части батарейного ряда. С момента изобретения Джорджа Лекланчета в 1868 году они не претерпели значительных изменений. Удельная емкость цинкоуглеродистого элемента низкая (около 0,05-0,1 Вт на кубический см), не выдерживает высоких течений, имеет разрядную кривую и не

работает при низких температурах. Эти вещи очень дешевые, но устаревшие.

Щелочные элементы марганца

Такие элементы обычно называют щелочными батареями. У них высокая удельная мощность (0,1-0,15 Вт / cc), они улучшили температурные характеристики, кривую разряда и среднюю цену.

Литиевые клетки

Литиевые клетки являются лучшими в настоящее время. Их мощность составляет 0,5 Вт / куб. см, они обладают отличными температурными характеристиками как при высоких, так и при низких температурах, очень долго сохраняют заряд (около 15 лет), а также легкие. Недостатком является относительно высокая цена.

Повторно заряжаемых батарей

Аккумуляторные батареи перезаряжаются. Наиболее часто используемые батареи - никелевые, литиевые и кислотные.

Автомобильные аккумуляторы мало используются в робототехнике. Дело в том, что в таких батареях спуск до «нуля» технологически недопустим. Эти батареи могут давать более высокий ток в течение короткого времени (запустите машину стартером), после чего вы должны немедленно зарядить ее.

Остатки электроэнергии после полного разряда батареи называются глубокими разрядами. Существуют кислотные батареи, которые могут противостоять глубокому разряду, например, они используются в системах смешанной энергии на основе солнечных батарей, но такие батареи имеют более высокую цену. При проектировании роботов рекомендуется использовать аккумуляторы, способные выдерживать глубокие циклы разрядки.

В зависимости от электрохимической технологии можно выделить следующие основные типы современных источников питания для мобильных устройств:

- свинцовая кислота (SLA);
- никель-кадмий (NiCd);
- металлический гидрид никеля (NiMH);
- литий-ионный (Li-Ion);
- полимер лития (Li-Pol).

К редким типам аккумуляторов относятся:

- никель-цинк;
- серебро-цинк;
- серебро-кадмий;
- топливо.

Хотя батареи стоят дороже, их использование приводит к значительной экономии при длительном использовании. Батареи обычно позволяют от 200 до 1000 циклов разрядки. В большинстве случаев в роботе можно встроить небольшое зарядное устройство, что означает, что вам не нужно вынимать батареи из зарядного устройства.

Исполнительные устройства

Хороший пример робота - синергии, т. е. как совокупность ранее известных компонентов (манипуляторов, компьютеров, датчиков) дает новое качество-достаточно продвинутый вариант искусственного интеллекта, принципиально новый тип технического устройства, обладающего искусственными чувствами (сенсорами), способностью воспринимать окружающую среду и активно воздействовать на нее, обучение и совершенствование в ходе этого процесса

Устройство управления - это «мозг»робота, который служит для разработки законов управления механизмами исполнительной системы на основе запрограммированной программы с учетом сигналов обратной связи от сенсорной системы.

Функции системы датчиков:

- распознавание ситуаций и моделирование рабочей среды робота,
- планирование мероприятий и принятие целевых решений,
- программирование и оптимизация движения,
- организация связи между роботом и человеком и взаимодействующими устройствами на языке программирования.

Управляющие устройства могут осуществляться на основе:

- пневматические или электрические логические элементы,
- на основе входных (аналогово-цифровых) и выходных (цифрово-аналоговых) преобразователей и вычислительных устройств, охватывающих широкий спектр интерфейсных каналов связи, число которых колеблется от нескольких десятков до нескольких тысяч. Непрерывные (аналоговые) и дискретные (цифровые) сигналы передаются по каналам связи, таким как нервные волокна. Интеллектуальные и адаптивные возможности робота во многом определяются алгоритмическим и программным обеспечением системы управления.

Сенсорная система-это искусственные органы чувств, предназначенные для восприятия и преобразования роботом информации о состоянии внешней среды и самого робота.

Элементы сенсорной системы:

- телевизионные и оптоэлектронные устройства,
- лазерные и ультразвуковые дальномеры,
- акустические датчики и сонары,
- сенсорные, сенсорные и индуктивные датчики,
- датчики положения, скорости, сил и моментов,
- потенциометры и др.

Система связи-это «язык» робота, который служит для передачи сигналов:

- среди роботизированных систем,
- между роботом и человеком,

- среди роботов: ведение диалога, формулирование задач роботу, контроль работы его систем, диагностика неисправностей, ежедневные проверки и др.

Информация от человека, как правило, поступает посредством физического воздействия через устройство ввода или панель управления (нажатие кнопки или клавиши, вербальное общение, ввод информации с помощью биопотенциала (биоконтроля)). Информация от робота к человеку поступает, как правило, в виде световых и звуковых сигналов, а носителями этой информации являются различные типы дисплеев-цифровые указатели, дисплеи, телекамеры и др.

Сочетание систем управления, информационно-измерительной и связи образует информационно-управляющую систему робота, обеспечивающую обработку и передачу информации и непосредственное управление приводами и механизмами исполнительной системы с целью организации активного взаимодействия робота с окружающей средой и выполнения задач, разработанных человеком.

Исполнительная или двигательная система-это устройства, предназначенные для непосредственного воздействия на объекты окружающей среды или взаимодействия с ними в соответствии с управляющими сигналами;

Элементы двигательной системы:

- приводы (двигатели),
- передаточные устройства (передачи),
- механические руки (манипуляторы),
- механические ножки (педикюляторы),
- различные технологические инструменты,
- плоттеры,
- богины с колесными, цепными и другими шасси и т. д.

Зажимные устройства

Удерживающее устройство, предназначенное для содержания и содержания объекта производства и (или) технологического оборудования, называется рабочим органом, называемым рабочим.

ГОСТ 26063-84 устанавливает следующие виды удерживающих устройств: механические, вакуумные, магнитные и другие.

Общая концепция удерживающих устройств всех типов-это понятие «рабочий элемент». Рабочий элемент-это элемент удерживающего устройства, непосредственно соприкасающийся с объектом.

Элементами, работающими для магнитных держателей, являются элементы магнитной системы для вакуума, к которой притягивается объект

- Вытяжка, контактирующая с веществом, ограничивающим полость выброса воздуха. В литературе наряду с термином «рабочие элементы» используются антропоморфные термины: «губы», «пальцы»,

«челюсти» и др.

Механическими удерживающими устройствами называются устройства, удерживаемые под действием реакций в точках (зонах) контакта двигателя или объекта с рабочими элементами, созданными под собственным весом. Механические держатели подразделяются на держатели и держатели опор. Захват называется механическим удерживающим устройством, механизмом, который удерживает предмет в сжатии с элементами, работающими при движении двигателя.

Опора это опоры (механические держатели), которые не имеют подвижных звеньев и удерживают объект под действием силы тяжести. транспортировка и литье жидкого металла, Крюков, штифтов, призматических опорных элементов, лопастей и т. д.

Вакуумные устройства-это удерживающие устройства, удерживающие объект за счет разрежения воздуха в закрытой полости рабочего элемента-насосах. Существуют активные вакуумные удерживающие устройства, в которых с помощью вакуумных насосов или эжекционных устройств принудительно создается разрежение воздуха, а при деформации рабочих элементов-пассивные устройства, образующиеся в результате сдвига воздуха. Магнитные устройства-это зажимные устройства, удерживающие объект под действием магнитных сил, создаваемых постоянным магнитом или электромагнитом.

По способу замены держатели делятся на ручные и автоматические. Несменные держатели, установленные с помощью однокомпонентных соединений, обычно не используются. Точка крепления рычага к стойке манипулятора называется механическим интерфейсом. Декартова система координат прямоугольного держателя связана с основанием держателя с началом, расположенным в условном геометрическом центре держателя или удерживаемого предмета. В проекциях на осях этой системы координат установлены основные геометрические, прецизионные, статические и динамические силовые характеристики держателя. Основные технические характеристики всех держателей:

- номинальная грузоподъемность,
- содержание силу,
- максимально допустимые значения сил и моментов, приложенных вдоль осей системы координат держателя,
- время разгрузки и время разгрузки,
- вес,
- размеры,
- показатели надежности.

Сила уплотнения не указана в стандартах; обычно говорят, что это сила воздействия рабочих элементов на объект.

В зажимах удерживающая сила создается движущей силой, которая перемещает рабочие элементы до сжатия объекта.

В пружинных держателях усилие удержания обеспечивается пружинами, удерживающими объект в равновесии.

Время разгрузки называется временем и силой от сигнала, удерживаемого управляющим устройством, до конца процесса, когда объект принимает устойчивое равновесное положение в держателе.

хватка достигает стабильного состояния. Время отпущения-это сигнал от управляющего устройства до окончания процесса. Для рычагов завершение процесса освобождения означает освобождение объекта и полное размещение рычага. Номинальная несущая способность зажима-это максимально допустимое значение массы удерживаемых веществ для данного держателя. При оснащении держателем такой конкретной модели фактическая масса удерживаемого объекта не должна превышать полезной нагрузки, т. е. обеспечивать максимальное значение массы объекта, гарантированное его удержание, удержание, и указанные значения эксплуатационных характеристик. Максимально допустимые значения приложенных сил (моментов) являются наибольшими значениями силы (момента), приложенной к объекту от центра (в начале системы координат удерживающего устройства), когда объект удерживается удерживающим устройством. Приложенные силы (моменты) создаются силой тяжести, инерцией, силами взаимодействия с другими предметами и оборудованием, воздействующими на объект. Приложенные усилия не включают силу удержания и реакцию вещества в точках контакта с рабочими элементами. Как правило, грипперы предназначены для работы с одним объектом и выполняют только функции захвата, удержания и освобождения. При этом используются многообъектные и многофункциональные держатели. Удерживающие устройства называются многообъектными, предназначенными для захвата и удержания двух или более предметов.

Многофункциональными называются удерживающие устройства, предназначенные для выполнения наряду с основными функциями технологических операций и измерительных операций.

Сенсорные системы

Начиная с систем измерения информации, в робототехнике системы делятся на специальные группы, которые предоставляют информацию об окружающей среде, аналогичную органам чувств существ. Их называют сенсорными системами, а сенсоры-сенсорами.

По выявленным свойствам и параметрам сенсорные системы роботов можно разделить на следующие группы:

- 1) Системы, дающие общую картину окружающей среды с последующим выбором ее отдельных объектов;
- 2) Системы, определяющие различные физико-химические свойства окружающей среды и ее конкретных объектов;
- 3) Системы, определяющие координаты расположения робота и параметры его перемещения, включая координаты относительно объектов во внешней среде.

Как часть роботов, все эти сенсорные системы используются в первую очередь для обслуживания двух исполнительных систем - манипуляции и движения. Это определяет основные требования к сенсорным системам.

- Диапазон, точность, скорость и т. д.

Сенсорные системы, служащие манипуляторам, образуют две группы: системы, входящие в цикл управления движением манипулятора, и сенсорные системы его рабочего органа. К последним системам чаще всего относятся, в частности, зрительные системы и датчики силы, расположенные на рабочем органе манипулятора.

Сенсорные системы, используемые в системах передвижения роботов, подразделяются на системы, обеспечивающие навигацию в пространстве, и системы, обеспечивающие безопасность движения (предотвращение столкновений с препятствиями, опрокидывание на склонах, попадание в неблагоприятные для робота внешние условия и др.).

Важным параметром сенсорных систем является диапазон. По этому показателю сенсорные системы роботов можно разделить на контактные, короткие, дальние и ультра-дальние действия.

Сенсорные системы связи используются, чтобы быть чувствительными. Рабочие органы корпусов (бамперов) манипуляторов и мобильных роботов. Они позволяют устанавливать контакт с объектами внешней среды (тактильные датчики), измерять силы, возникающие в этом месте контакта (устройство манипулятора для определения их скольжения при удержании силовых объектов. Тактильные датчики помимо получения контактной информации, его можно использовать для определения размера и формы предметов, ощущая их. Важное требование к этим устройствам-высокая чувствительность (срабатывание при усилиях в граммовых единицах), небольшие габариты, механическая прочность и надежность.

Сенсорные системы короткого диапазона-это передача информации об объектах, расположенных вблизи рабочего органа манипулятора или корпуса робота, т. е. на расстоянии в соответствии с их размерами. Такие системы включают в себя оптические локаторы и дальномеры, дальномеры и т. д. такие бесконтактные устройства технически сложнее контактных, но они могут передавать роботу предварительную информацию о различных объектах и средах перед контактом и выполнять задачи на высокой скорости.

Сенсорные системы дальнего действия служат для получения информации о внешней среде в объеме всей рабочей зоны манипуляторов робота и в окружающей среде мобильного робота.

Сверхдлинные сенсорные системы в основном используются в мобильных роботах. К ним относятся различные навигационные системы, локаторы и другие сенсорные системы соответствующего диапазона. Эти устройства используются в стационарных роботах, чтобы при работе с

неподвижными предметами их можно было заранее увидеть в рабочей зоне.

В бесконтактных сенсорных системах для получения необходимой информации используются излучаемые ими специальные сигналы (оптические, радиотехнические, ультразвуковые и др.) и естественное излучение окружающей среды и ее объектов. В связи с этим сенсорные системы различают активные и пассивные. Активные сенсорные системы имеют передатчик, который генерирует основной сигнал, и приемник, который регистрирует прямой сигнал, проходящий через среду, или вторичный сигнал, отраженный от предметов в среде или полученный ими под действием первого сигнала. Пассивные системы имеют только приемное устройство, а роль излучателя выполняют объекты внешней среды. Поэтому пассивные сенсорные системы проще и дешевле активных, но не универсальны.

Для некоторых приложений конфиденциальность пассивных систем также важна. Обратите внимание, что все чувства человека пассивны. Однако у некоторых животных с этим типом системы и, прежде всего, зрение не обеспечивает их необходимой информацией, кроме того, существуют активные сенсорные системы (летучие мыши, дельфины). Для ощупывания роботов широко используются технический вид, расположение, сила и тактильная система. Наиболее универсальными из них являются технические (или компьютерные) зрительные системы. Требования к системам датчиков зависят от уровня системы управления, в которой используется их информация. В частности, сенсорные системы, используемые на уровнях управления, работающих в режиме реального времени, должны иметь самую высокую производительность, что облегчает информацию. Напротив, на стратегическом уровне управления поведением робота требуется максимально полная информация, в ущерб скорости.

Контрольные вопросы и задания:

1. Каковы источники питания, используемые в робототехнике?
2. Что такое «устройство управления» робот?
3. Что такое сенсорная система?
4. Какова функция системы датчиков?
5. Объясните, что такое «исполнительная система» в робототехнике.
6. Дайте определение понятию «держатель» в робототехнике.
7. Назовите виды зажимов.
8. В чем разница между держателями рук и держателями рук?
9. Назовите основные характеристики удерживающих устройств для всех типов роботов?
10. Какие группы роботизированных сенсорных систем существуют?

5.6. Виды управления роботизированными системами

Под управлением роботом понимается решение набора задач, связанных с адаптацией робота к диапазону решаемых задач, программированием движений, синтезом системы управления и ее программным обеспечением.

Роботизированные системы по типу управления:

-Биотехнические: командные (управление кнопкой и рычагом отдельных звеньев робота); координатные (повторение движений человека, применимое усилие, можно осуществить обратную связь, передающую экзоскелеты); полуавтоматические (управление одним командным корпусом, например, рукояткой всей кинематической схемы робота);

-Автоматические: программные (они работают по заданной программе, в основном предназначены для решения монотонных задач в условиях стабильной среды); адаптивные (они решают типичные задачи, но адаптируются к условиям работы); умные (наиболее продвинутые автоматические системы);

-Интерактивные: автоматизированные (возможно чередование автоматического и биотехнического режимов); надзорные (автоматические системы, в которых человек выполняет только функции целеполагания);

- Диалог (робот участвует в диалоге с человеком для выбора стратегии поведения, при этом, как правило, робот оснащен экспертной системой, способной прогнозировать результаты манипуляций и консультировать по выбору цели).

К числу основных задач управления роботами относятся:

- правила планирования;
- планирование движений;
- силы и моменты планирования;
- динамический анализ точности;
- определение кинематических и динамических характеристик робота.

Достижения технической кибернетики и теория автоматического управления имеют большое значение при разработке методов управления роботами.

Роботам нужен искусственный интеллект (ИИ) для командной навигации или решения проблем. Насколько сложным является создание ИИ, зависит от нескольких факторов: мощность процессора: скорость микропроцессора, 8 -, 16-или 32-бит. Доступная память: временная и постоянная память. Ограниченное хранилище ограничивает количество данных, которые можно хранить одновременно, таких как карта соседства, история датчиков, история путешествий.

Архитектура управления роботами

Архитектура управления роботами может включать в себя несколько различных архитектурных стилей и структур. Основы вычислений и коммуникаций отражают определенный стиль, а архитектурная структура показывает, как система делится на подсистемы и взаимодействует с этими подсистемами. Продуманная архитектура может иметь множество преимуществ в доработке, выполнении и подтверждении системы управления роботами. Было много попыток реализовать эффективные вычислительные архитектуры для ускорения с использованием многопроцессорных технологий различных типов.

Тем не менее, скорость вычислений не должна нарушать общую парадигму архитектуры (расширяемость, прозрачность, перенастройка и т. д.), а также требования в реальном времени (детерминизм, синхронизация, целостность данных и т. д.). Обычно используемые архитектуры управления: централизованные, несвязанные и иерархические. Для систем с несколькими степенями свободы централизованное управление работает очень хорошо и легко компенсирует соединение управляемых осей. Его производительность ухудшается, поскольку количество осей увеличивается, поскольку алгоритмы управления усложняются. Кроме того, его перенастройка обычно невелика, так как любое изменение числа осей или алгоритма управления может привести к перестройке его структуры. Напротив, отключенная архитектура имеет процессор блока управления для каждой оси, что позволяет уменьшить задержку связи и вычислений даже для многих осей. Импликация-это высокая скорость серводвигателя, легкая перенастройка и небольшое соединение оси. Разумное планирование обычно предпочитает иерархическую архитектуру, где каждый уровень иерархии используется для упрощения и абстракции проблемы для слоя выше. Это позволяет постоянно изолироваться от слоев высокого уровня. Каждая ось имеет свой собственный локальный контроллер сервопроцессора, который имеет только локальные государственные знания, и все оси управляются с высоким уровнем знаний о глобальной системе. Это обеспечивает хорошую координацию между осями. Для хорошо разработанной системы это качество дает преимущество перед отключенной архитектурой, а также использование распределенной многопроцессорной структуры позволяет перенастроить ее лучше, чем централизованную архитектуру. Напротив, задержка трафика является потенциальной проблемой в этой архитектуре, поскольку данные о датчике всегда должны перемещаться по сети.

Автономные и полуавтономные роботы

Роботы могут быть автономными или полуавтономными.

Автономный робот работает по заданному алгоритму на основе данных, полученных от датчиков.

Есть задачи, которыми управляют полуавтономные роботы. Кроме того, есть и другие задачи, которые он выполняет самостоятельно.

Полуавтономные роботы

Хорошим примером полуавтономного робота является сложный подводный робот. Человек управляет основными движениями робота. В это время бортовой процессор измеряет и реагирует на подводные потоки. Это позволяет держать робота в одном положении, не дрейфуя. Камера на борту робота передает видео человеку. Кроме того, бортовые датчики могут отслеживать температуру воды, давление и многое другое.

Если робот теряет связь с поверхностью, автономная программа запускается и поднимает подводного робота на поверхность Земли. Чтобы иметь возможность управлять роботом, необходимо будет определить его автономность.

Управление по кабелю

Самый простой способ управления роботом-это ручной контроллер, который физически подключен к нему через кабель. Выключатели, ручки, рычаги, джойстики и кнопки на этом контроллере позволяют пользователю управлять роботом без включения сложной электроники.

При этом двигатели и источник питания могут подключаться непосредственно к коммутатору. Таким образом, вы можете контролировать его вращение вперед / назад. Обычно используется в транспортных средствах.

Основные преимущества заключаются в том, что такая связь не ограничивается временем работы робота. Так как его можно подключить непосредственно к сети. Вам не нужно беспокоиться о потере сигнала. Обычно робот обладает минимальной электроникой и не очень сложен. Сам робот может быть легким или дополнительной полезной нагрузкой. При необходимости робота можно получить физически с помощью веревки, прикрепленной к кабелю. Особенно это касается подводных роботов.

К основным недостаткам можно отнести то, что кабель может запутаться, зацепиться за что-либо или порваться. Расстояние, на которое можно отправить робота, ограничено длиной кабеля. Перетаскивание длинного кабеля добавляет силу трения и может замедлить или остановить движение робота.

Микроконтроллер с кабельным и встроенным роботизированным управлением

Подключение микроконтроллера к одному из портов ввода-вывода компьютера (например, USB-порт) позволяет управлять действиями робота. Управление осуществляется с помощью клавиатуры, джойстика или другого периферийного устройства. Добавление микроконтроллера в проект может потребовать программирования робота для входных сигналов.

Основные преимущества те же, что и при прямом управлении кабелем. Вы можете запрограммировать сложное поведение робота и ответ на отдельные кнопки или команды. Имеется большой выбор

управления контроллером (мышь, клавиатура, джойстик и т.д.). На подключенном микроконтроллере установлены алгоритмы. Это означает, что он может взаимодействовать с датчиками и принимать определенные решения самостоятельно.

К недостаткам относится высокая цена за счет наличия дополнительной электроники. Другие недостатки такие же, как у робота с прямым кабельным управлением.

Управление Ethernet

Используется разъем Ethernet RJ45. Соединение Ethernet необходимо для управления. Робот физически подключен к маршрутизатору и может управляться через Интернет.

Установка робота, который может общаться через Интернет, может быть очень сложной задачей. В первую очередь предпочтение отдается Wi-Fi (беспроводному интернету). Проводная и беспроводная комбинация-это вариант с приемопередатчиком (передачей и приемом). Трансивер физически подключается к Интернету, а затем данные, полученные через Интернет, передаются роботу по беспроводной сети.

Преимущества заключается в том, что этим роботом можно управлять через Интернет из любой точки мира. Робот не ограничен временем работы, так как Power over Ethernet (PoE) может использовать Ethernet (PoE). Это технология, которая позволяет передавать электроэнергию и данные на удаленное устройство по стандартному кабелю витой пары через сеть Ethernet. Использование интернет-протокола (IP) упрощает и улучшает связь. Преимущество то же, что и прямое проводное управление компьютером.

Недостатки следующие: как сложное программирование и кабельное управление.

Инфракрасный пульт дистанционного управления

Инфракрасные передатчики и приемники уничтожают кабель, который соединяет робота с оператором. Для инфракрасного управления необходима «линия обзора». Приемник должен иметь возможность

«Посмотрите» на передатчик в любое время для приема данных.

Инфракрасные пульты (например, универсальные пульты телевизора) используются для отправки команд на инфракрасный приемник, подключенный к микроконтроллеру. Затем он интерпретирует эти сигналы и управляет действиями робота. Преимущество дешевое. Вы можете использовать простой пульт дистанционного управления телевизора для управления роботом.

Для контроля недостатков необходима линия обзора.

Радиоуправление

Для радиочастотного управления необходимы передатчик и приемник с небольшими микроконтроллерами для передачи, приема и интерпретации радиочастотных (РЧ) данных (рис.5.23). Коробка ресивера имеет печатную плату, которая включает в себя блок приемника и небольшой сервопроцессор. Радиосвязь требует передатчика в сочетании

/ парах с приемником. Вы можете использовать приемопередатчик, который позволяет передавать и принимать данные между двумя физически разными коммуникационными средами.

Радиоуправление не требует прицельной линии и может быть реализовано на больших расстояниях. Стандартные устройства могут обеспечивать передачу данных между устройствами на расстоянии нескольких километров. Профессиональные устройства RF могут управлять роботом на любом расстоянии.

Многие конструкторы роботов предпочитают создавать полуавтономные радиоуправляемые роботы. (Рисунок 5.26) это позволяет роботу быть максимально автономным, устанавливать обратную связь с пользователем. При необходимости он позволяет пользователю управлять некоторыми из его функций.

Преимущество: это возможность управлять роботом на значительном расстоянии. Связь разнонаправленная, но при полной блокировке стенами или препятствиями сигнал может не подаваться.

Недостаток: очень низкая скорость (только для простых команд).



Рисунок 5.23. Панель управления роботами

Управление Bluetooth

Bluetooth-это радиосигнал (RF) и передается по специальным протоколам для передачи и получения данных. Типичный диапазон Bluetooth в основном ограничен 10 м, но он имеет преимущество, которое позволяет пользователям управлять роботом через устройства, поддерживающие Bluetooth. Это, прежде всего, мобильные телефоны, КПК и ноутбуки (для создания интерфейса может потребоваться специальное Программирование). Как и радиоуправление, Bluetooth обеспечивает двустороннюю связь.

Достоинства: можно управлять с любого устройства, поддерживающего Bluetooth. Но, как правило, требуется дополнительное Программирование. Это смартфоны, ноутбуки и т. д. высокая скорость

передачи данных может быть универсальной. Таким образом, нет необходимости в какой-либо линии обзора, и сигнал может немного пройти через стены.

Недостатки: нужно сопрягать. Расстояние обычно 10м (без препятствий).

Управление Wi-Fi

Контроль Wi-Fi часто является дополнительной опцией для роботов. Функция беспроводного управления роботом через Интернет предлагает важные преимущества (и некоторые недостатки) беспроводного управления. Чтобы настроить управление роботом через Wi-Fi, вам понадобится беспроводной маршрутизатор, подключенный к Интернету, и блок Wi-Fi на самом роботе. Для робота можно использовать устройство, поддерживающее протокол TCP / IP.

Преимуществом является возможность управления роботом из любой точки мира. Это требует, чтобы робот находился в диапазоне беспроводного маршрутизатора. Возможна высокая скорость передачи данных.

Недостатки: требуется Программирование. Максимальное расстояние обычно определяется выбором беспроводного маршрутизатора.

Управление мобильным телефоном

Еще одна беспроводная технология, изначально разработанная для общения между людьми мобильный телефон теперь используется в управлении роботами. Поскольку частоты мобильного телефона регулируются, включение мобильного модуля в роботе обычно требует дополнительного программирования. Вам понадобится представление о системе и правилах мобильной сети.

Преимущество: робот может управляться там, где есть сотовый сигнал.

Недостатки: установка мобильных элементов управления может быть сложной задачей. Каждая сотовая сеть имеет свои требования и ограничения. Онлайн-сервис не бесплатный.

Автономное управление роботом

Автономный контроль может принимать различные формы:

- без обратной связи от окружающей среды робот может быть запрограммирован заранее;
- с ограниченной обратной связью от датчиков;
- есть сложная обратная связь от датчиков.



Рисунок 5.24. Автономные роботы

Настоящее автономное управление включает в себя множество датчиков и алгоритмов. Они позволяют роботу самостоятельно определять наилучшее поведение в любой ситуации. Наиболее сложными методами управления, реализуемыми в настоящее время в автономных роботах, являются зрительные и слуховые команды (рисунок 5.24). Для визуального управления робот смотрит на человека или объект, чтобы получить его команды.

Управление роботом требует очень высокого уровня программирования и много времени.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию «управление роботом».
2. Перечислите роботизированные системы по типам управления и дайте их характеристики.
3. Что такое искусственный интеллект?
4. Какие факторы зависят от сложности планируемого искусственного интеллекта?
5. Что входит в архитектуру управления роботом?
6. Какие роботы называются автономными? Дайте характеристику автономным роботам.
7. Опишите механизм управления роботом с помощью кабеля и микроконтроллера.
8. Опишите механизм управления роботом через Wi-Fi.
9. Опишите механизм управления роботом с помощью мобильного телефона.
10. На каких объектах может осуществляться управление автономным роботом?

ГЛАВА 6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ

6.1. Сущность метрологической лаборатории

Одна из главных задач метрологии — обеспечение единства измерений — может быть решена при соблюдении двух условий, которые можно назвать основополагающими :

- выражение результатов измерений в единых узаконенных единицах;
- установление допустимых ошибок (погрешностей) результатов измерений и пределов, за которые они не должны выходить при заданной вероятности.

Поверка средств измерений производится в соответствии с требованиями Методик поверки, утвержденных и внесенных в Реестр государственной системы обеспечения единства измерений Республики Казахстан.

Основным направлением деятельности метрологической лаборатории, является оказание услуг по поверке, калибровке различных средств измерений.

Производственные и поверочные подразделения метрологических служб размещают в специальном здании или помещении (на первом - втором этажах общего здания) вдали от: объектов (преобразовательных подстанций, установок индукционного и диэлектрического нагрева, рентгеновских установок и т. п.), создающих сильные магнитные и высокочастотные поля; линий высокочастотных передач, контактной электросети (железной дороги, трамвая, троллейбуса); источников вибрации, шума (с уровнем выше 90 дБ), радиопомех (машин, электросварочного оборудования и др.).

При определении площади помещений исходят из расчета 10—12 м² на одного работающего. Если один работающий обслуживает одновременно 2—3 установки, то при определении площади исходят из расчета 4—6 м² на одну установку.

Помещения должны быть сухими, чистыми и изолированными. Помещения должны быть изолированными от химико-физических лабораторий, электролитических цехов и других производственных участков, из которых могут проникать пыль, агрессивные пары и газы. Парогазопровод, фановые трубы и т. д, проводить через помещения поверочных лабораторий не допускается.

В помещениях должны поддерживаться постоянная температура +20 °С, допускаемые отклонения от которой устанавливаются национальными стандартами на методы и средства поверки или ремонта, и относительная влажность — от 40 до 80 % в зависимости от характера выполняемых работ. В тех случаях, когда отклонение от нормальной температуры (+20 °С) не должно превышать $\pm (2—3)^\circ\text{C}$, в помещениях устанавливают терморегулирующие устройства.

Помещения должны быть достаточно освещены. Дневной свет должен быть рассеянным и не давать бликов от прямых солнечных лучей, для чего

окна занавешивают шторами. Следует отметить, что в помещениях, где поверяют меры и измерительные приборы для измерения линейных и угловых величин, массы, времени, давления и разрежения, объема и расхода жидкостей и газов, окна должны выходить на северную сторону.

Искусственное освещение помещений должно быть люминесцентным рассеянным. Стены до 3/4 их высоты окрашивают масляной краской светлых тонов, остальную часть стены и потолок — белой прочной краской, допускающей их протирку. Полы, кроме специально оговоренных случаев, рекомендуется покрывать линолеумом, релином, пластиком или паркетом.

В помещениях, за исключением предназначенных для поверки и ремонта радиоизмерительных приборов, электронно-физической аппаратуры, мер и приборов для измерения электрических и магнитных величин, массы, должен быть предусмотрен умывальник с горячей и холодной водой. Должна быть оборудована техническая шина «Земля», а при проведении поверки или ремонта радиоизмерительной и электронно-физической аппаратуры, мер и приборов для измерений электрических и магнитных величин, электронных приборов для измерения массы, приборов для физико-химических измерений — физическая шина «Земля». Как правило, не требуется принимать значение сопротивления заземляющего устройства менее 4 Ом (Правила устройства электроустановок п. 1.7.104).

Помещения, в которых проводят поверку средств измерений времени, массы, скорости, оптико-механических, электрических и магнитных величин, давления и разрежения, а также работы с металлической ртутью, должны быть полностью изолированы от смежных помещений капитальными стенами.

Помещения, где поверяют или ремонтируют оборудование с применением сжатых газов, должны соответствовать правилам безопасной эксплуатации и устройства сосудов, работающих под давлением.

Производственные процессы, связанные с подготовкой средств измерений к поверке или ремонту (расконсервация, очистка, пайка и т. п.) и сопровождающиеся загрязнением воздуха или огнеопасными выделениями, должны производиться в отдельных изолированных помещениях. Рабочие места в этих помещениях должны быть оборудованы вытяжными шкафами, местными отсосами и другими устройствами для удаления вредных или огнеопасных жидкостей, паров и газов.

Аккумуляторные помещения должны иметь отдельный наружный вход. Температура в них должна быть не ниже 12°C без резких колебаний. Вентиляция в аккумуляторных помещениях должна обеспечивать шестикратный обмен воздуха. Пол — без уклонов, бетонный, окрашенный жидкой каменноугольной смолой. Стены и потолок покрывают кислотоупорной краской. Кроме того, потолок помещений, в случае необходимости, утепляют — на нем не должна конденсироваться влага. Освежительная арматура в помещениях должна быть взрывобезопасной.

Сотрудники поверочной лаборатории — квалифицированные поверители, которые проходят периодическую аттестацию и повышают свой профессиональный уровень в области метрологического обеспечения.

6.2. Требования к помещениям, обусловленные видом поверяемых или ремонтируемых средств измерений

Помещения поверочных подразделений должны соответствовать действующим строительным и санитарным нормам, быть сухими, чистыми и изолированными от производственных участков, откуда могут проникать пыль, агрессивные пары и газы. Через помещения поверочных подразделений не допускается проведение парогазопроводов и фановых труб.

Поверочные подразделения размещают в специальном здании или помещении вдали от высоковольтных линий электропередач, контактной электросети (электротранспорта), источников вибрации, шума (с уровнем выше 90 дБ), радиопомех (электросварочного и высокочастотного электрооборудования) и от объектов, создающих сильные магнитные или электрические поля (преобразовательных подстанций, установок индукционного нагрева и т.п.). Допускаемый уровень помех устанавливается в НД на соответствующие методики поверки.

При размещении поверочного оборудования рекомендуется соблюдать следующие нормы: ширина прохода - не менее 1,5 м; ширина незанятого пространства около отдельных поверочных установок (комплектов средств поверки) или стационарных их элементов - не менее 1 м; расстояние от шкафов и столов со средствами измерений или поверки до отопительных систем - не менее 0,2 м; расстояние между рабочими столами, если за столом работает один поверитель, - не менее 0,8 м, а если два - не менее 1,5 м.

В помещениях надлежит поддерживать постоянную температуру воздуха $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительную влажность в пределах $(60 \pm 15)\%$. Допускаемые отклонения устанавливают в соответствии с НД на методики производимых в помещении поверочных работ. В случаях, когда отклонение от нормальной температуры ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) не должно превышать $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, в помещениях устанавливают терморегулирующие устройства.

Коэффициент естественной освещенности на поверхности стола доверителя допускается в пределах 1,00 - 1,50. Обеспечивают условия, чтобы дневной свет в помещении был рассеянным и не давал бликов, для чего на окнах должны быть шторы. Окна в помещениях, где поверяют средства измерений линейных и угловых величин, массы, объема и расхода жидкостей и газов, рекомендуется располагать на северной стороне здания.

Рекомендуется, чтобы искусственное освещение поверочных подразделений, к которым не предъявляются специальные требования по освещению, было люминесцентным, рассеянным. В помещениях, где поверяют стробоскопические средства измерений, применяют лампы

накаливания. Освещенность на уровне рабочего места не должна быть менее 300 лк.

Стены до 3/4 их высоты окрашивают масляной краской светлых тонов, остальную часть стен и потолков - белой прочной краской, допускающей протирку. Полы помещений, для которых не установлены специальные требования, рекомендуется покрывать линолеумом, релином или пластиком.

Специальные требования к помещениям поверочных подразделений устанавливают в методиках поверки соответствующих средств измерений или в другой нормативно-технической и эксплуатационной документации.

Операции, связанные с применением агрессивных, токсичных или взрывоопасных веществ или с подготовкой средств измерений к поверке (расконсервацией, очисткой и т.п.) и сопровождаемые загрязнением воздуха или огнеопасными выделениями, рекомендуется производить в отдельных изолированных помещениях. Рабочие места в этих помещениях оборудуют вытяжными шкафами, местными отсосами и другими устройствами для удаления вредных или огнеопасных жидкостей, паров и газов.

6.3. Проверка, калибровка приборов и систем автоматики и проведение аттестации

Средства измерений подвергают следующим видам проверок:

- а) первичная поверка - поверка при выпуске средств измерений (СИ) из производства;
- б) периодическая поверка - поверка при эксплуатации и хранении через интервал по графику, согласованному с гос-ой метрологической службой;
- в) внеочередная поверка - поверка, производимая при повреждении поверительного клейма, пломбы, утери свидетельства о поверки, после длительного хранения, ремонта и настройки прибора;
- г) инспекционная - поверка, проводимая органами метрологического надзора.

Поверка средств измерения - совокупность операций, выполняемых органами государственной метрологической службы с целью определения и подтверждения соответствия СИ в соответствии с установленными техническими требованиями;

Калибровка средств измерений - совокупность операций, выполняемых калибровщиком СИ, не подлежащих гос-ому метрологическому контролю и надзору с целью установления действительного значения измеряемого параметра;

Обязательной государственной поверке подлежат СИ, контролируемые гос-ым метрологическим надзором и контроле, остальные СИ подлежат калибровке

Поверка и калибровка СИ производится в соответствии с требованиями нормативных документов:

методы и средства поверки, утвержденные поверочные схемы, инструкции и методики поверки;

Поверочная деятельность осуществляется метрологическими службами юридических лиц, аккредитованных в органах государственной метрологической службы;

Результатом поверки являются подтверждение пригодности СИ к применению или признание СИ непригодным;

Если СИ пригодно, то на него или техническую документацию наносится поверительное клеймо или выдается свидетельство поверки;

Если СИ непригодно, то гасится поверительное клеймо, аннулируется свидетельство о поверке, выписывается извещение о непригодности или делается запись в технической документации;

На каждое СИ должна быть составлена техническая документация: паспорт, формуляр и протоколы поверки.

В обязанности специалиста по метрологии входит:

1.Хранение и поддержание в надлежащем состоянии рабочих эталонов для воспроизведения единиц величин, средств поверки и калибровки.

2.Проведение работ по модернизации рабочих эталонов, поверочного оборудования и средств измерений.

3.Оказание услуги по поверке (калибровке) средств измерений (по видам измерений) по заявкам заказчиков.

4.Организация рабочего места поверителя.

5.Проведение работ по подтверждению компетентности поверочной (калибровочной) лаборатории.

6.Оказание профессиональных услуг в рамках деятельности калибровочной или поверочной лаборатории.

6.4. Организация рабочего места поверителя

Под правильной организацией рабочего места поверителя (ремонтника) понимают обеспечение необходимых условий для высокопроизводительного труда при наименьших физических усилиях и минимальном нервном напряжении, а именно:

- оснащение рабочего места соответствующим оборудованием, технологической оснасткой, средствами связи;
- рациональное, дающее наибольший эффект в трудовом процессе, размещение всех составляющих рабочее место элементов;
- обеспечение бесперебойной работы вспомогательных служб;
- выполнение требований техники безопасности труда.

При оборудовании рабочего места следует учитывать зрительные возможности человека: угол мгновенного зрения в рабочей зоне — 18° ; угол эффективной видимости в рабочей зоне — 30° ; угол зоны обзора при фиксированном положении головы по горизонтали — 120° , при повороте головы — 220° , по вертикали — 86° , а при подъеме и наклоны головы — $125\text{—}135^\circ$. Поворот головы вправо и влево от нормального положения составляет $30\text{—}40^\circ$. Движения глаз — быстрее и менее утомительно.

Расстояние от места расположения деталей, инструмента и т. д. до работающего должно быть таким, чтобы он мог использовать главным образом движения рук. Инструмент, оснастка и предметы, используемые чаще других, должны быть размещены по возможности на уровне рук работающего на расстоянии не более 560—750 мм. До тары и оборудования он должен доставать, не меняя положения корпуса.

Для сигнальных устройств установлены следующие значения цветовой окраски:

- красный (оранжевый для люминофоров) — предупреждение аварийности, недопустимой перегрузки, неправильного включения, окраска органов аварийного управления и противопожарных приборов, обозначение высокого электрического напряжения, окраска крепежных и регулировочных деталей и органов, которыми запрещено пользоваться в эксплуатации, отметка пределов и измеряемых величин на измерительных приборах, обозначение положительной полярности;
- желтый — предупреждение о предельных величинах;
- зеленый — обозначение нормального состояния аппаратуры;
- белый (молочный, бледно-голубой для люминофоров) — обозначение включенного состояния прибора, предупреждение о напряжении, подача команд;
- синий — обозначение отрицательной полярности.

Размещение приборов, сигнальных устройств и органов управления должно отвечать следующим требованиям: функциональным (приборы и органы управления группируют по функциям, выполняемым устройством); значимости (наиболее важные приборы размещают в зоне наилучшего обзора); оптимальности (учет особенностей приборов — точности, скорости считывания показаний и др.); последовательности (размещение приборов в соответствии с последовательностью выполняемых операций); частоты использования (часто применяемые приборы размещают в наиболее удобных местах). Основные приборы размещают в поле зрения оператора в зоне, ограниченной углами 30° в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

6.5. Организация метрологического контроля и надзора

Метрологический контроль и надзор осуществляется метрологической службой средств измерения путем:

- калибровки средств измерений;
- поверки средств измерений;
- надзора за состоянием и применением средств измерений в процессе эксплуатации;
- надзора за соблюдением метрологических правил и норм нормативных документов по обеспечению единства измерений;
- своевременного представления средств измерений на поверку и калибровку, а также на испытания в целях утверждения типа средств измерений.

Положительные результаты поверки средств измерений удостоверяются поверительным клеймом или свидетельством о поверке.

Эксплуатация средств автоматики

Обслуживание систем автоматики производится представителями специализированной организации или работниками предприятия, прошедшими специальную подготовку и получившими удостоверение о допуске к обслуживанию. Сроки проведения технического обслуживания систем автоматики - не реже 1 раза в 3 месяца, ремонт - не реже 1 раза в год.

Состав работ при техническом обслуживании и ремонте приборов автоматики безопасности и сигнализации устанавливается в соответствии с инструкциями по эксплуатации заводов-изготовителей или проектной документацией на устройство автоматики. График проведения работ утверждается техническим руководством предприятия в установленном порядке.

Техническое обслуживание включает в себя следующие виды работ: проверку исправности аппаратуры; продувку импульсных трубок; проверку состояния монтажа (контактов, клеммных винтов, паяк и т.д.), наличия смазки в редукторах реверсивных двигателей; обдувку внутренних полостей приборов сухим чистым воздухом давлением до 0,1 кг/см²; проверку работоспособности и настройку приборов автоматики согласно монтажно-эксплуатационным инструкциям. Проверка срабатывания устройств защиты по контролируемым параметрам осуществляется путем имитации аварийных режимов.

Техническое обслуживание предусматривает также выполнение ряда операций в процессе эксплуатации автоматики, необходимых для ее нормальной работы: наблюдение за состоянием оборудования с целью обнаружения и устранения мелких дефектов, проверку правильности работы автоматики по регистрирующим приборам, исправность электрических соединений путем внешнего осмотра.

При необходимости длительного отключения системы автоматики (например, после окончания отопительного сезона) производят ее ревизию (разборка и очистка от грязи, промывка, продувка импульсных трубок, зачистка контактов, замена износившихся деталей и т.д.), а также проверку приборов согласно инструкции по их лабораторной проверке. Для защиты от загрязнения и коррозии производят консервацию автоматики. При этом приборы (регуляторы, стабилизаторы, щиты, сигнализаторы, датчики, клапаны, исполнительные механизмы и т.д.) зачехляют, незащищенные места крепления импульсных трубок снабжают предупреждающими надписями. Неокрашенные металлические детали тщательно очищают и покрывают тонким слоем технического вазелина.

Контрольные вопросы:

1. Какие значения цветовой окраски установлены для сигнальных устройств?
2. Опишите задачи метрологического контроля и надзора.
3. Каковы требования по организации рабочего места поверителя?
4. Опишите обязанности специалиста по метрологии
5. Опишите сущность метрологической лаборатории.

ГЛАВА 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ

7.1. Основные требования к сечению электропроводки, материалу, из которого изготовлен проводник и изоляция, принципы и методы надежных соединений и соединений

Для электропроводок систем автоматизации применяются изолированные провода и кабели с алюминиевыми и медными жилами.

Учитывая решения об экономии меди, провода и кабели с медными жилами допускается применять в следующих случаях:

- в цепях термопреобразователей (термометров сопротивления) и преобразователей термоэлектрических (термопар);
- в цепях измерения, управления, питания, сигнализации и т.п. (в том числе в цепях телемеханических устройств) напряжением до 60 В при сечении жил проводов и кабелей до $0,75 \text{ мм}^2$ (диаметр 1 мм);
- для электропроводок систем автоматизации технологических процессов электростанций с генераторами мощностью от 100 МВт и более;
- во взрывоопасных установках (в зонах классов В-1 и В-1а);
- в установках, подверженных вибрации;
- для питания переносного освещения и электрифицированного инструмента;
- для открытых электропроводок в чердачных помещениях со сгораемыми конструкциями.

Сечение проводов и жил кабелей цепей управления, сигнализации, измерения и т. п. выбирается так же, как сечение проводников цепей питания, по допустимым токовым нагрузкам, потере напряжения и механической прочности.

На проводники цепей измерения, управления, сигнализации, нагруженные по току, как правило, ниже допустимых значений, снижающие коэффициенты на допустимую токовую нагрузку не вводятся.

При выборе сечений проводников цепей измерения необходимо также учитывать допустимые значения сопротивлений проводов и жил кабелей, указываемые заводами-изготовителями в технических условиях на аппаратуру.

Наименьшие допустимые сечения жил проводов и кабелей в электропроводках систем автоматизации принимаются:

- $0,35 \text{ мм}^2$ - для многопроволочных (гибких) медных жил;
- $0,5 \text{ мм}^2$ - для однопроволочных медных жил;
- 2 мм^2 - для алюминиевых жил (данное сечение является новым перспективным сечением алюминиевых жил проводов, которое будет предусмотрено конкретными стандартами на кабельную продукцию).

Провода и кабели с указанными наименьшими допустимыми сечениями жил могут применяться при всех принятых способах выполнения

электропроводок систем автоматизации, кроме электропроводок, выполняемых проводами в защитных трубах. Для прокладки в пластмассовых и стальных защитных трубах (в металлических рукавах) должны применяться провода с сечением медных жил не менее 1 мм^2 , алюминиевых - 2 мм^2 , обладающих достаточной механической прочностью, необходимой для выполнения затяжки этих проводов в трубы.

Сечение жил гибких медных кабелей для питания электрифицированного инструмента и переносного освещения принимается не менее $0,75 \text{ мм}^2$.

Изоляция проводов и кабелей во всех случаях должна соответствовать параметрам электрической цепи. При номинальном напряжении цепей до 400 В переменного и 440 В постоянного тока провода и кабели должны иметь изоляцию, выполненную на номинальное напряжение, не ниже указанных значений; изоляция цепей с рабочим напряжением не выше 60 В, в которых применяются аппаратура связи и телемеханики, должна соответствовать нормам для этих устройств. Нулевые проводники в системах электропитания должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников.

Помимо требований к материалу проводников (медь и алюминий) и допустимым сечениям при выборе проводов и кабелей особое внимание должно уделяться соответствию их технических данных условиям окружающей среды.

Необходимо, чтобы изоляция, защитные оболочки и наружные покровы проводов и кабелей отвечали условиям окружающей среды и принятому способу выполнения электропроводки.

При наличии специальных требований, связанных с особенностями автоматизируемого объекта (например, высоких температур и т. п.), изоляция проводов и кабелей должна отвечать этим требованиям.

7.2. Методы контроля качества кабельной и проводниковой продукции: измерение диаметра, эксцентриситета, длины, емкости, контроль изоляции

Широко используемыми являются медные и алюминиевые провода с изоляцией из поливинилхлорида пластиката (ПВХП), полиэтиленов низкой плотности (ПЭНП), полиэтиленов высокой плотности (ПЭВП), резины и пластмассы. Главным критерием при производстве проводов и кабелей является высокое качество. Постоянство геометрических и электрических параметров по всей длине кабелей и проводов определяет его качество. Эти параметры нормируются государственными стандартами и техническими условиями. К геометрическим параметрам проводов относятся: диаметры жилы и изоляции, толщина нанесенной изоляции, эксцентриситет, длина электрического провода.

К электрическим параметрам проводов относятся электрическое сопротивление жилы, сопротивление изоляции, емкость, индуктивность, волновое сопротивление провода, электрическая прочность изоляции. Существует большое количество приборов контроля и измерения геометрических и электрических параметров провода. Количество используемых приборов контроля в технологической линии может изменяться. Все зависит от разнообразия выпускаемой продукции и от возможности предприятия. Но нет необходимости использовать все приборы для контроля каждого параметра. Некоторые приборы позволяют контролировать несколько параметров, поэтому экономически целесообразно использовать такие приборы.

Геометрические и электрические параметры взаимосвязаны. Наличие дефекта жилы или изоляции изменяет не только геометрические параметры, но и электрические параметры (сопротивление жилы и изоляции, емкость). Изменение емкости может свидетельствовать о наличии дефекта изоляции провода. Также значение емкости является важным параметром для кабелей связи и коаксиальных кабелей.

На рисунке 7.1 показана типовая технологическая схема экструзионной линии. Сам процесс можно описать следующим образом. Неизолированный провод разматывается с отдающего устройства 1, проходит через выравнивающее и подогревающее устройство 2. Неизолированный провод нагревается до температуры $100-150^{\circ}\text{C}$. Это необходимо, чтобы оградить продукт от возникновения воздушных включений. Затем провод вводится в головку экструдера 3. Через экструдер расплавленные гранулы пластмассы поступают через кольцевой зазор и равномерно покрывают провод. После, покрытый изоляцией провод охлаждается в ванне 4. Скорость движения провода по экструзионной линии равна 30-60 м/с.

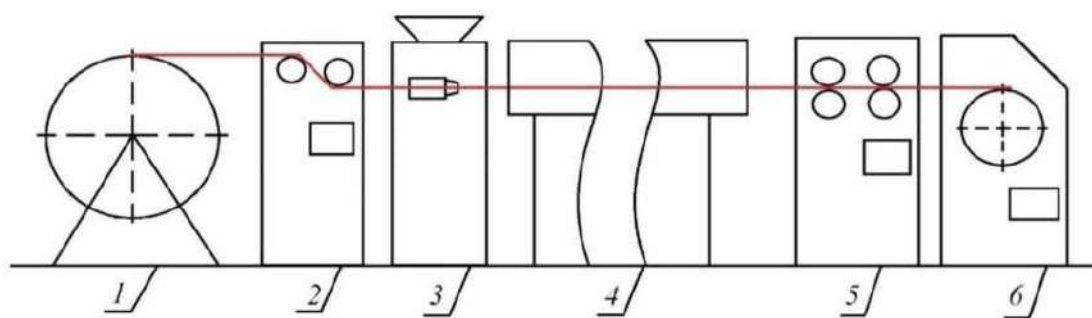


Рисунок 7.1. Схема типовой экструзионной линии. 1-отдающее устройство, 2- выравнивающее устройство и устройство подогрева, 3-экструдер, 4 -охлаждающие ванны, 5-тяговое устройство, 6-приемное устройство.

Длина охлаждающей ванны должна быть большой, чтобы провод успевал охладиться до 70°C . Слишком медленное остывание провода может привести к дефектам изоляции или смещению жилы. Непрерывное движение

провода в экструзионной линии обеспечивает тяговое устройство 5. Готовое изделие наматывается на приёмное устройство 6.

Параметры качества проводов

Для того чтобы определить качество кабельных изделий существуют государственные стандарты или технические условия предприятий.

Государственные стандарты и технические условия разрабатываются с учетом назначения и спецификой каждой марки кабельно-проводникового изделия:

- Требования к жилам медных и алюминиевых кабелей, проводов и шнуров определяется ГОСТом 22483-77.
- Требования к нормам толщин изоляции, оболочек и испытания напряжением определяется ГОСТом 23286-78.
- Метод измерения электрической емкости определяется ГОСТом 27893-88.
- По ГОСТ 1508-78 кабельно-проводниковые изделия должны удовлетворять следующим параметрам качества: номинальное сечение жилы, толщина изоляции, эксцентриситет, длина кабельного изделия.
- Так же провода должны выдержать испытание напряжением по ГОСТ 2990-78.

В процессе изготовления кабельно-проводниковой продукции контролируются следующие конструктивно-технологические параметры:

- диаметр провода;
- толщина изоляции;
- эксцентриситет;
- электрическая прочность изоляции;
- длина провода;

Кроме этих параметров, в ряде случаев контролируют электрическую емкость провода. Это необходимо для телефонных, шахтных, высокочастотных, коаксиальных кабелей и кабелей связи. Для этих кабелей, стандарт электрической емкости устанавливается техническими условиями.

Диаметр проволоки определяется по ГОСТ 22483-77. По ГОСТ выделяют 6 классов медных и алюминиевых жил. Для кабелей и проводов стационарной прокладки используются жилы 1 и 2 классов. Для кабелей и проводов повышенной гибкости используются жилы 3-6 классов. Жилы могут быть круглыми или фасонными (К и Ф), уплотненными или неуплотненными. Алюминиевые жилы бывают с металлическим покрытием (МП) или без металлического покрытия (БМП). Медные жилы с круглым сечением могут быть сечением до 150 мм, а алюминиевые жилы с круглым сечением могут быть сечением до 300 мм. В таблице 7.1 приведен пример из ГОСТ 22483-77.

Таблица 7.1 - Медные стержни 6 класса

Номинальное сечение жилы, мм ²	Диаметр проволоки, мм, не более	Электрическое сопротивление при постоянном токе при температуре нагрева 1 км круглого жилы 20°C, Ом, не более	
			луженый
0,03	0,06	669,8	671,5
0,05	0,06	390,9	397,9
0,12	0,09	174,4	174,8

Толщина изоляции для круглого провода определяется как половина разности между диаметром провода и диаметром жилы. Для кабелей и проводов применяют резиновую, пластмассовую, пропитанную бумажную изоляция.

При наименовании материала изоляции и оболочки добавляются индексы: р. – для резины, п. – для пластмассы.

Резиновая изоляция изготавливается на основе натуральных или синтетических каучуков. Согласно ГОСТ используются следующие типы изоляционных резин: РТП-0, РТИ-1, РТИ-2, РНИ.

Поливинилхлорид пластификат (ПВХП) изоляция представляет собой смеси из поливинилхлорида с пластификаторами, стабилизаторами, которые придают эластичность. ПВХП общего применения обозначаются: И40, И45, И50, И60. ПВХП пониженной горючести обозначаются НГП 40-32 и НГП 30-32.

Полиэтиленовая изоляция изготавливается из полиэтиленов низкой плотности (ПЭНП) и полиэтиленов высокой плотности (ПЭВП). ПЭНП обозначаются трехзначными цифрами начинающиеся с единицы: 102, 107 и т.д. ПЭВП начинаются с цифр: 204, 206, 207 и т.д.

Изоляция из фторопласта (политетрафторэтилена), сокращенно Ф-4, обладает высокими механическими и диэлектрическими свойствами.

Толщина изоляции определяется ГОСТом 23286-78. Главным требованием для изоляций кабельно-проводниковых является номинальное напряжение.

Изоляция проводов согласно ГОСТ 23286-78 делится на 6 категории:

- И-1 – кабели и провода в защитном покрове, рассчитанных до 220В переменного напряжения или до 700В постоянного напряжения;
- И-2 – кабели и провода без защитного покрова, рассчитанных до 220В переменного напряжения или до 700В постоянного напряжения;
- И-3 – кабели и провода в защитном покрове, рассчитанных от 220В до 400В переменного напряжения или от 700 до 1000В постоянного напряжения;
- И-4 – кабели и провода без защитного покрова, рассчитанных от 220В до 400В переменного напряжения или от 700 до 1000В постоянного напряжения;

- И-5 – кабели и провода, рассчитанных от 400В до 1800В переменного напряжения или от 1000 до 6000В постоянного напряжения;
- И-6 – кабели и провода, рассчитанных на переменное напряжение 3600В.

В таблице 7.2 приведены примеры нормы толщины пластмассовой изоляции.

Таблица 7.2-Нормы толщины изоляции пластмасс.

Номинальное сечение жилы, мм ²	Номинальная толщина пластмассовой изоляции, мм, для категорий					
	ИП-1	ИП-2	ИП-3	ИП-4	ИП-5	ИП-6
0,35	0,5	0,6	0,6	0,7	–	–
10,0	0,8	1,0	1,0	1,2	2,2	3,0
25,0	1,0	1,2	1,2	1,4	2,2	3,0

Эксцентриситет – это смещение центра жилы относительно центра изолированной жилы (рисунок 7.2). Коэффициент эксцентриситета жилы должен определяться из значений эксцентриситета изоляции и радиуса изолируемой жилы.

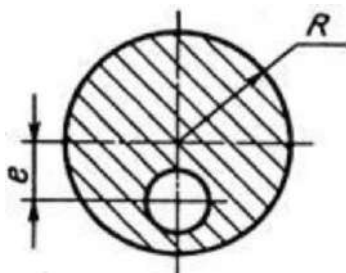


Рисунок 7.2-Эксцентриситет жилы, где e -смещение центра жилы от центра изоляции, в мм. R -радиус изолируемой жилы стержня, в мм.

Электрическая прочность изоляции проверяется повышенным напряжением. Величина напряжения зависит от требования стандартов и технических условий на кабельное изделие. По ГОСТ 23286-78 в зависимости от назначения кабельных изделий, испытания разделяются на следующие категории:

- ЭИ-1 – испытание изоляции жил, длительным переменным напряжением частоты 50 Гц.
- ЭИ-2 – испытание изоляции жил, переменным напряжением частотой от 50 Гц до 5 кГц на проход.

Длина кабельных изделий должна измеряться с погрешностью не более 1 %, поскольку погрешность влияет на денежные расчеты. Измерение должно проводиться в процессе производства провода. Для измерения длины применяются автоматические и автоматизированные системы со

встроенными счетчиками оборотов. Их инструментальная погрешность должна быть не более $1 \% + 1$ единица счета.

7.3. Приборы для измерения контактного и бесконтактного тока, измерения напряжения, контроля качества изоляции, качества заземления

Измерители диаметра провода

Существует множество измерители диаметра проводниковых изделий, которые можно разделить на контактные и бесконтактные. К контактным методам относятся датчики перемещения и микрометры. К бесконтактным методам относятся ультразвуковые, пневматические и оптические приборы. В кабельной промышленности нашли широкое применение оптические измерители диаметра, и основной обзор будет посвящен им.

Контактные методы измерения диаметра

Измерители диаметра построены на обыкновенных механических датчиках перемещения и контактных микрометрах. Датчик измерения диаметра работают на основе подвижного щупа, который соприкасается с измеряемым объектом. При увеличении или уменьшении диаметра провода щуп меняет свое положение. Изменение положения фиксируется микрометром или датчиком перемещения. Информация с микрометра или датчика преобразуется и выводится на табло или шкалу. Схема контактного измерителя показана на рисунке 7.3.

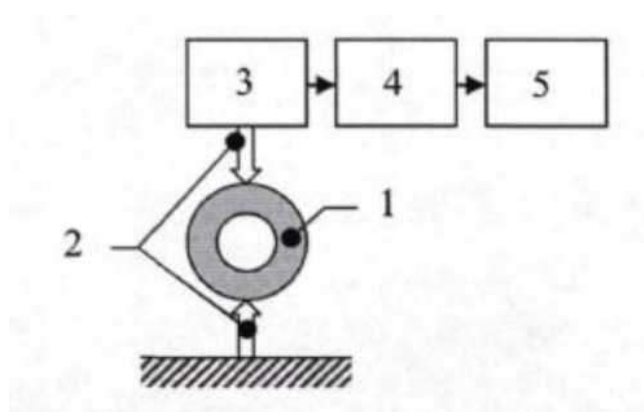


Рисунок 7.3. Структурная схема измерителя контактным методом.

1-измеряемый объект, 2-чувствительные детали, 3-преобразователь, 4-вторичный электронный прибор, 5-наводящее или фиксирующее устройство

В основном в качестве преобразователей применяются электрические, оптика – механические, механические и пневматические датчики. Главным недостатком подобных измерителей можно отметить механический контакт с самим проводом, что является причиной стирания трущихся поверхностей и деформации изолирующего покрытия.

Оптические методы измерения (бесконтактные методы)

Широко применяемый вид бесконтактного измерения диаметра объекта это – оптикоэлектронные приборы, в которых применяются кодированные шкалы оптического вида, интерференционные методы, амплитудная и импульсная модуляция, в основе которых применение точечных излучателей, фотоприемников, микроэлектроники и микроконтроллеров.

Существуют четыре основных оптических метода измерения. К ним относятся: метод измерения мощности излучения, сканирующий метод измерения, теневой метод в параллельном пучке, теневой метод в расходящемся пучке. Оптические способы отличаются от остальных методов высокой скоростью измерения, незначительной погрешностью, устойчивостью к помехам. Дают возможность работать бесконтактным путем для получения данных. Каждый метод имеет немаловажные различия, создающие ограничения в области применения.

Метод измерения мощности излучения

Данный метод основан на измерении мощности излучения. Измеряемый проводник находится в рабочей зоне между излучателем и воспринимаемым фотоприемником. Как представлено на рисунке 7.4, измеряемый проводник проходит между излучателем и приёмником (рабочая зона). Параллельный световой луч проходит через рабочую зону. Провод, в зависимости от диаметра, частично перекрывает световой луч и убавляет силу излучения. В фотоприемник поступает измененный поток излучения. Затем полученный измененный поток мощности излучения пересчитывается в диаметр измеряемого объекта.

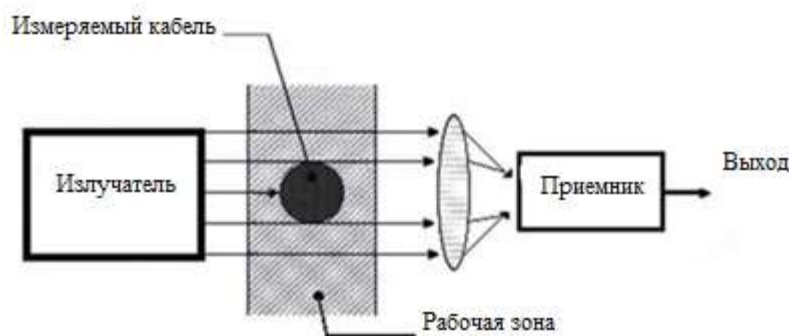


Рисунок 7.4. Схема измерения мощности

Основную погрешность измерения вносят постоянный источник излучения и фотоприемник. Со временем мощность излучения излучателя уменьшается, а чувствительность фотоприемника уменьшается

Сканирующий метод измерения

В данном методе измеряется длительность импульса фотоприемника. С помощью лазера и равномерно вращающегося шестигранного зеркала создается тонкий луч. (рисунок 7.5.) Луч вращается с постоянной скоростью V в зоне измерения шириной W . Луч, пересекая измеряемый провод, прерывается. На фотоприемнике принимающим излучение, появляется импульс длиной t . Длительность импульса равна времени t движения луча в поперечном сечении кабеля. Измеряя длительность импульса, мы можем определить диаметр провода D по формуле 7.1.

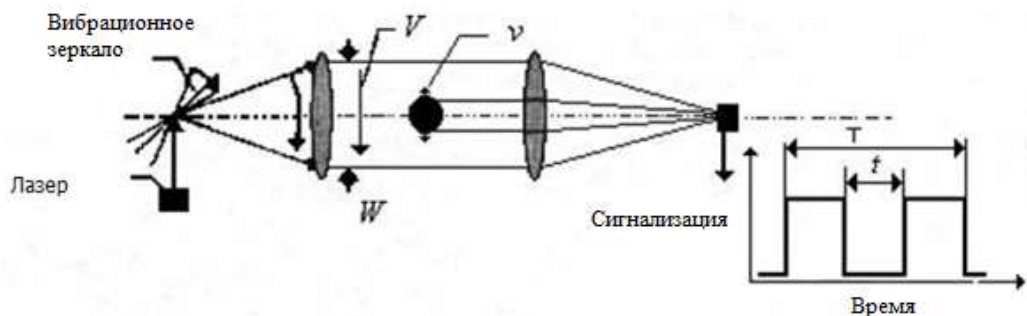


Рисунок 7.5. Оптическая схема метода сканирования

$$D = L W, \quad (7.1.)$$

где D -диаметр провода; T -период сканирования рабочей зоны; t -длительность импульса.

Расчеты в данном соотношении будут правильны только при условии, что v будет равен нулю, потому что время t зависит от скорости передвигаемого измеряемого изделия v .

При $v=0$, то есть вероятность возрастания погрешности при сильных вибрациях, по этой причине важна дополнительная стабилизация проволоки. Преимуществами этих приборов является широкий диапазон измерения, высокая скорость сканирования и низкая погрешность.

Большой недостаток этих приборов — это их стоимость, так как детали этих приборов нуждаются в высококачественных материалах.

Теневой метод в параллельном измерительном луче

На сегодняшний день это самый распространенный способ измерения диаметра. Его оптическая схема представлена на рисунке 7.6. С помощью коллиматора светодиод (точечный излучатель) создает параллельный пучок света в рабочей области. Провод перемещается горизонтально через рабочую зону. Провод, проходящий через параллельный луч света, отбрасывает тень, падающую на многоэлементный фотоприемник. Ячейки фотоприемника

расположены вертикально вдоль линии. Чтобы найти диаметр провода D , необходимо умножить количество матовых ячеек фотоприемника n на длину одной ячейки l по формуле:

$$D = n \cdot l \quad (7.2.)$$

В линейках фотодетекторов размер ячейки l составляет от 1,5 до 60 микрометров (мкм). Точность измерения таких фотоприемников очень высока. При этом методом источником излучения являются лампы накаливания, полупроводниковый лазерный модуль или светодиод. Но предпочтение отдается лазерному модулю. Но предпочтение отдается лазерному модулю, так как он близок к точечному источнику излучения.

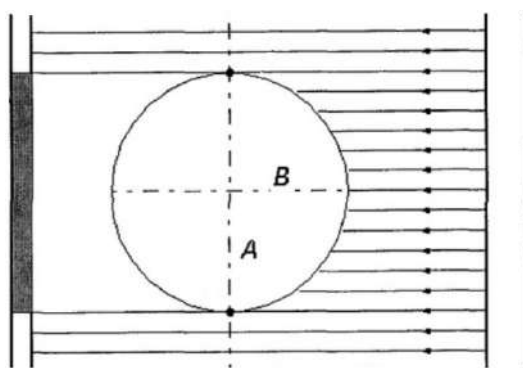


Рисунок 7.6. Метод теневого измерения диаметра

Коллиматор преобразует луч в параллельный луч от точечного источника света. Умная система оптического коллиматора дает основную погрешность рассматриваемого метода. Свет отличается от параллельного, что приводит к точному измерению в рабочей области. Ширина диафрагмы коллиматора зависит от области измерения, а увеличение диафрагмы, несмотря на используемую линейку фотоприемника с небольшим размером, увеличивает погрешность на результат измерения. Этот метод используется при измерении в диапазоне от 1 до 35 мм. Этот метод используется в одном уникальном, двух уникальных и трех уникальных оптических устройствах современности. Этот метод является наиболее надежным и эффективным из предыдущих вариантов и отличается отсутствием различных подвижных механических элементов.

Приборы для измерения толщины изоляции

Контроль толщины изоляции кабельно-проводниковых изделий снижает расход материалов на нанесение изоляции. Сокращение потребления материалов увеличивает объем производимой продукции.

На сегодняшний день существует три способа контроля и измерения толщины изоляции: это емкостный (контактный), оптический и ультразвуковой метод.

Емкостный (контактный) метод измерения толщины

Автоматические емкостные измерители отвечают за отклонение емкости при контроле толщины изоляционного материала в проводах, толщины изоляционной оболочки и Центра токоведущего стержня. Емкостный преобразователь толщиномера изоляции схематично показан на рисунке 7.7. Как видно на рисунке, проводник состоит из изолирующего покрытия 2 и проводящего стержня 1. С обеих сторон в противоположных точках поперечного сечения электроды 3 и 4 соприкасаются с проволокой.

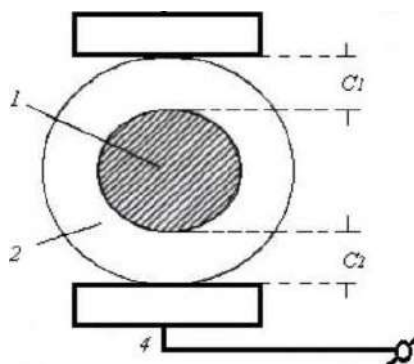


Рисунок 7.7. Емкостный преобразователь

Здесь пластины с проводящими жилами образуют конденсаторы. При изменении толщины изоляции изменяется емкость датчиков. Изменения регистрируются с помощью электронных схем: мостовой, дифференциальной, частотной, амплитудной и т. Наиболее надежные и простые устройства основаны на дифференциальных и мостовых методах управления.

Недостатки этих устройств:

- Низкая точность измерения, что заметно при измерении низкой толщины изоляции;
- Необходимость передачи токов высокой частоты на контролируемое ядро;
- Зависимость величины измерения от наличия остатков масла, влаги и других веществ на поверхности измеряемого проводника.

Ультразвуковой метод измерения толщины

Ультразвуковым методом можно измерить не только наружный диаметр проводника, но и толщину и эксцентриситет изоляции. Принцип работы заключается в том, что процессор посылает импульс на пьезоэлектрический датчик (рис.7.8). Датчик исследует звуковые волны. Когда эти звуковые волны перемещаются из одной области в другую, например, часть энергии этих волн поступает в полимер, пьезоэлектрический

преобразователь. При этом волны отражаются как от внешнего, так и от внутреннего слоя. В результате на приемный датчик поступают две отраженные волны-звук 1 и звук 2. Поэтому толщину изоляции вычисляют по формуле $V \cdot \Delta t$, где v -скорость распространения звука в материале; Δt -время между отголосками.

Недостатком этих приборов является то, что измерения можно проводить только в воде. Также при переходе на новый вид изоляционного материала необходима калибровка устройства. Ультразвуковые устройства стоят дороже, чем оптические или емкостные устройства.

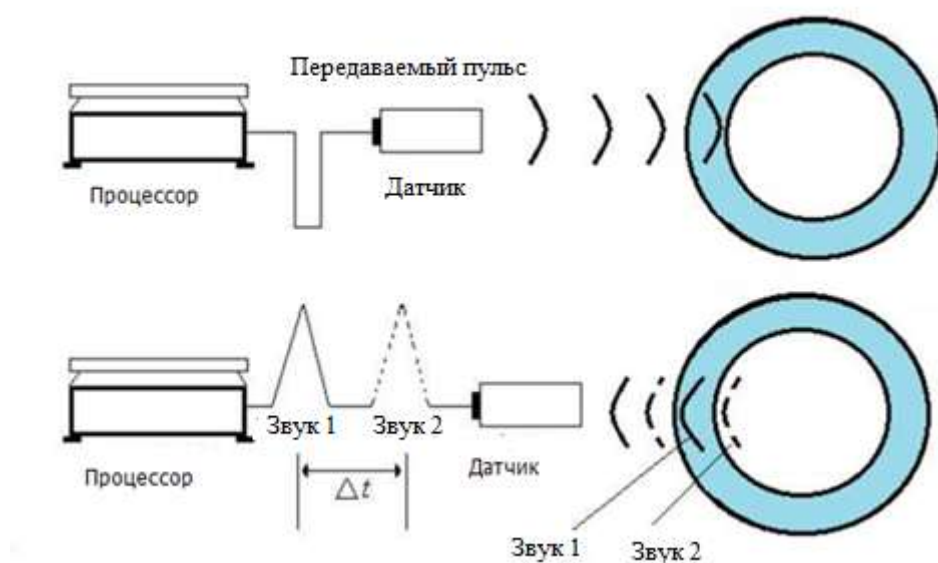


Рисунок 7.8. Измерение толщины изоляции с помощью ультразвука

Оптический метод измерения толщины

Измерение толщины изоляции оптическим методом основано на измерении разности диаметров. Первая измерительная головка устанавливается перед экструдером и измеряет диаметр сердечника провода (D_1), вторая головка устанавливается после экструдера и измеряет диаметр изолированного провода (D_2) (рисунок 7.9).

Фирма	Наименование модели	Измеряемые диаметры (мм)	Точность измерения (мкм)
«Zumbach»	UMAC R40	1,5-40	±1
	UMAC A10	10	±1
«Sikora»	CENTERVIEW 8025	0,5-25	±1
НПК «Интеграл»	ИНТ-40	1-40	±1

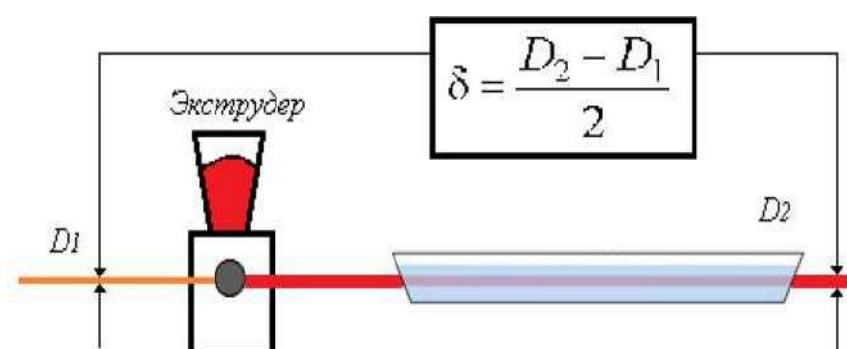


Рисунок 7.9. Измерение толщины оптическим методом

Контроль электрической прочности изоляции

Электрическая прочность изоляции контролируется наложением высокого напряжения на изоляцию провода при замыкании токопровода на землю. При попадании дефектной части изоляции провода в зону контроля происходит разрушение изоляции. Проба фиксируется электроискровым дефектоскопом. При попадании в зону контроля качественная изоляция не повреждается.

На технологической линии применяется контроль по категории ЭИ-2, т. е. "для прохождения". Величина испытательного напряжения устанавливается в соответствии с ГОСТ 23286-78. Контрольные приборы по категории ЭИ-2 называются сухими испытательными аппаратами (АСИ). Для проверки изоляции подается постоянное, импульсное, синусоидальное напряжение промышленной частоты (50-60 Гц) и синусоидальное напряжение звуковой частоты (100-1000 Гц).

Высоковольтные испытательные устройства можно разделить на: устройства с производственным напряжением частоты (ПЧ), устройства с напряжением звуковой частоты (ЗАСИ), устройства с импульсным напряжением (ИАСИ).

Устройства (ПЧ) применяются в технологических линиях при движении проволоки со средней скоростью не более 500 м/мин. Преимущество этих устройств – низкие токи, низкая потребляемая мощность и высокая амплитуда напряжения через изоляцию. Недостатками этих устройств являются их габаритные размеры и масса.

Устройства (ЗАСИ) применяются в технологических линиях с высокоскоростными проводами до 3000 м/мин. Недостатком этих устройств является большой емкостной ток, проходящий через контролируемую изоляцию, что накладывает ограничения на испытательное напряжение.

Приборы (ИАСИ) применяются на технологических линиях с низкой скоростью движения проволоки до 200 м/мин. Преимуществом этих устройств является возможность контроля изоляции с высоким испытательным напряжением, высокими диэлектрическими расходами. Сопротивление таких изоляционных материалов не превышает 5 МОм. Недостатками этих устройств являются низкая скорость управления.

Измерители длины

В зависимости от типа преобразователя измерители длины кабельных изделий можно разделить на контактные и бесконтактные. К контактным методам измерения относятся электромеханические измерители. Бесконтактный метод включает в себя импульсные фотографии, устройства с магнитными метками и устройства, основанные на эффекте Доплера.

Электромеханические измерители длины

Эти устройства работают следующим образом. Через измерительный ролик 1, свободно вращающийся на оси, постоянно перемещается провод 2. Проволока прижимается к измерительному ролику прижимным роликом 5. Вращение измерительного ролика 3 и 4 фиксирует два индуктивных датчика. Индуктивные датчики тесно связаны с измерительным роликом, который передает определенное количество импульсов за один оборот ролика. На рисунке 7.10 показана конструкция электромеханического длинномера.

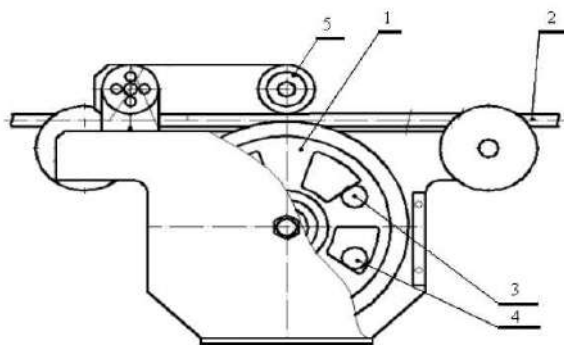


Рисунок 7.10. Электромеханический измеритель длины

В качестве импульсных датчиков используются индуктивные, электромагнитные, фотоэлектрические приборы. Преимуществом

электромеханических длинномеров является их простота и дешевизна. Недостатком этих устройств является скольжение между роликом и проводом.

Способ применения магнитных знаков

Этот метод целесообразно использовать для измерения хрупких проводников, таких как волокно. Также Этот метод используется для измерения длины стальных канатов. Принцип измерения длины и скорости заключается в применении магнитных знаков к изделию, движущемуся с помощью импульсного электромагнита, считывание этих знаков происходит на расстоянии, заданном магнитным преобразователем. Структурная схема представлена на рисунке 7.11.

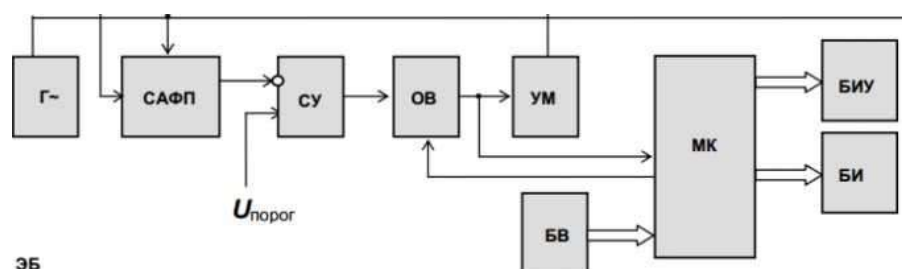


Рисунок 7.11. Измерение длины методом магнитных знаков,

где бип-блок измерительных преобразователей; СПГ-отключающая головка; ЗГ-записывающая головка; СЧГ-считывающая головка; W1-обмотка возбуждения; W2 – измерительная обмотка; ЭБ-электронный блок; Г-генератор; САФП-схема амплитудного фазового преобразования; СУ-устройство сравнения; ОВ-один вибратор; УМ-усилитель мощности; МК – микроконтроллер; БВ - входной блок; Би-индикаторный блок; БИУ-блок приводных устройств

Измерители емкости кабельных изделий

Для качественного контроля и измерения емкости проволоки во время производства необходимо немедленно поставить измерители на выход экструдера. На этом этапе производства провод не имеет второго электрода, поэтому для измерения емкости провода необходимо сформировать второй электрод. Вариант формирования второго электрода цилиндрического конденсатора определяет конструкцию измерительного преобразователя. По конструкции измерительных преобразователей емкостные измерители можно разделить на контактные, бесконтактные и жидкостные.

Контактные емкостные измерители

Второй электрод может быть сформирован в виде полого цилиндра (рисунок 7.12), таким образом провод будет полностью натянут по всей окружности. Диаметр токоведущего цилиндра равен наружному диаметру изоляции провода, т. е. нет зазора между проводом и измерительным электродом.

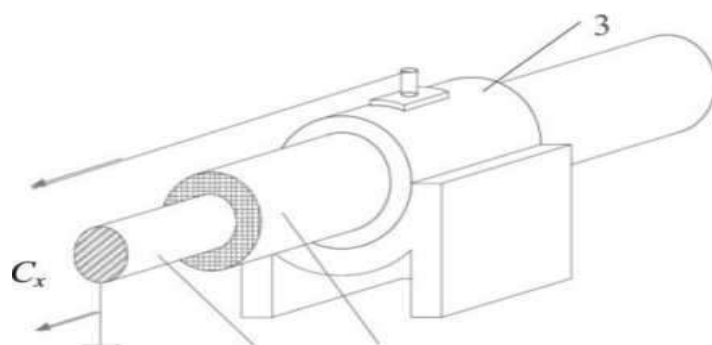


Рисунок 7.12. Измерительный преобразователь в виде полого цилиндра где 1-основной провод, 2-изоляция провода, 3-электрод в виде полого цилиндра

Недостатком данного способа является то, что они должны плотно соприкасаться с изоляцией провода, так как это влияет на точность измерений. Изоляция провода на выходе экструдера мягкая, остыть еще не успела. Поэтому даже небольшое давление или контакт могут привести к деформации, что приведет к дефекту.

Бесконтактные емкостные измерители

В бесконтактных измерителях измеритель выполнен в виде цилиндрического трубчатого электрода (рисунок 7.13), но большего диаметра, чем диаметр изолированного провода. При такой конструкции мягкий изолированный провод свободно перемещается внутри измерительного электрода. Цилиндрический конденсатор с двойной изоляцией провода и электрода в поперечном сечении – воздушная и проволочная изоляция (рисунок 7.13).

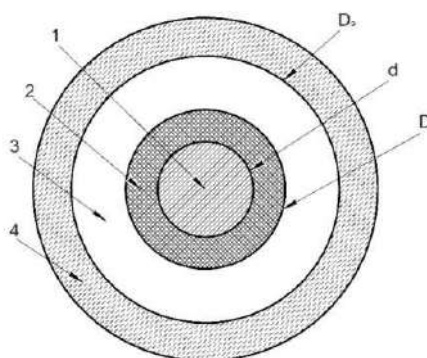


Рисунок 7.13. Провод и измеритель в сечении, где 1-проволочный сердечник, 2-проволочная изоляция, 3-воздушный зазор, 4-трубчатый электрод

Недостатком этих измерителей является то, что при движении провода центр провода смещается относительно оси измерительного электрода. Такое

колебание провода на измерительном электроде приводит к погрешности.

Контрольные вопросы:

1. Назовите область применения контактных и бесконтактных приборов.
2. Назовите недостатки приборов измерения толщины изоляции.
3. Что такое проводники?
4. Какие провода лучше использовать в системе автоматизации?
5. Назовите максимально допустимое сечение жил проводов и кабелей, применяемых в системах автоматизации.

Список литературы

1. Петрова Л.Г., Потапов М.А., Чудина О.В. Электротехнические материалы: Учебное пособие / МАДИ (ГТУ). – М., 2008. - 198 с.
2. Гормаков А.Н. Г., Материаловедение и технология обработки конструкционных материалов в приборостроении: учебное пособие / А.Н. Гормаков; Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 340 с.
3. Якубовская, Е. С. Проектирование и САПР систем автоматизации: учебно-методический комплекс. В 2ч. Ч.2 / Е. С. Якубовская. – Минск : БГАТУ, 2012. – 280 с.
4. Белоусов, О. А. Электропитание систем радиосвязи: учебное пособие/О. А. Белоусов, Д. Ю. Муромцев. – Тамбов : Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 84 с.
5. Втюрин В.А., Илющенко В.В. Проектирование автоматизированных систем. Электронный курс лекций. С-П. 2014.
6. Панфилов В.А. Электрическое измерение: учебное пособие для обучающихся среднеспециальных учебных заведений/ В.А.Панфилов. — 10-шы басыл., стер. — М. : «Академия», 2015. — 288 с.
7. Котур В. И., Скомская М. А., Храмова Н. Н. Электрическое измерение и техника электрических измерений: Пособие для техникумов. — М.: Энергоатом, 1986.
8. Мейзда Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерения: пер. с англ. — М.: Мир, 1990.
9. Методы электрических измерений: учебное пособие для ВУЗов / Л. Г. Журавин, М.А. Мариненко, Е.И. Семенов и другие; под ред. Э.И. Цветкова — Л.: Энергоатом, 1990.
10. Гончарова В.А., Голова Е.В., Гущин И.А., Сабиров Ф.С. Построение жестких моделей геометрических форм с использованием графического пакета T-FLEX CAD// Техническое творчество молодежи. 2017 г. № 3 (103). S. 20-24.
11. Жолондиевский Е.Р. Поведенчески ориентированные схемы роботов BEAM, ввод понятий нейронов N_v и N_u в зависимости от типа входных цепей// Технические науки - от теории к практике: сборник статей. Искусство по материи LVI Int. научно-практический конф. № 3 (51).Новосибирск: СибАК, 2016 г. 130-142.
12. Карпенко О.М., Фокина В.Н., Широкова М.Е., Дегтярева О.А. Роботизация как образовательный процесс// дистанционное и виртуальное обучение. 2017. №5.
13. Рудинский И.Д., Личнаровская Д.В. Организационно-методические основы обучения робототехнике как фактор мотивации детей к получению специализированного ИТ-образования // инновации в образовании. 2017. №2.
14. Аналоговая робототехника: прошлое или будущее // тезисы XIV Всероссийской научной конференции «Нейрокомпьютеры и их

применение», Москва, 15 марта 2016 г. М: Московский государственный университет психологии и образования, 2016.

15. Ступин А. А., Ступина Е. Е. Инженерный дизайн в образовательной робототехнике // инновации в образовании. 2018. № 3. 167-180.

16. Ступина Е.Е., Ступин А.А., Чупин Д.Ю., Каменев Р.В. С884 Основы робототехники: учебное пособие. — Новосибирск: Агентство «Сибпринт», 2019. — 160 с.